



**ÇORLU-ÇERKEZKÖY CİVARINDAKİ BAZI
FABRİKALARA YAKIN TARIM ARAZİLERİNDEKİ
ÇEŞİTLİ AĞIR METAL KİRLİLİK DÜZEYLERİNİN
TOPRAK VE BİTKİ ANALİZLERİ İLE
BELİRLENMESİ**

Pelin KOCAMAN

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Danışmanlar: Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI

2016

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇORLU-ÇERKEZKÖY CİVARINDAKİ BAZI FABRİKALARA YAKIN TARIM
ARAZİLERİNDEKİ ÇEŞİTLİ AĞIR METAL KİRLİLİK DÜZEYLERİNİN
TOPRAK VE BİTKİ ANALİZLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Pelin KOCAMAN

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DANIŞMANLAR: Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI

TEKİRDAĞ-2016

Her hakkı saklıdır.

Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK ve Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI danışmanlıklarında, Pelin KOCAMAN tarafından hazırlanan “ Çorlu-Çerkezköy Civarındaki Bazı Fabrikalara Yakın Tarım Arazilerindeki Çeşitli Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin Toprak ve Bitki Analizleri ile Belirlenmesi ” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Üye: Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK (Danışman)

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI (II. Danışman)

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. M. Fırat BARAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Sevinç ADİLOĞLU

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇORLU-ÇERKEZKÖY CİVARINDAKİ BAZI FABRİKALARA YAKIN TARIM ARAZİLERİNDEKİ ÇEŞİTLİ AĞIR METAL KİRLİLİK DÜZEYLERİNİN TOPRAK VE BİTKİ ANALİZLERİ İLE BELİRLENMESİ

Pelin KOCAMAN

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışmanlar: Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI

Bu çalışmada, son yıllarda çok hızlı bir sanayileşme süreci içerisine giren Tekirdağ İli Çorlu ve Çerkezköy çevresindeki önemli sanayi kuruluşlarının etki alanı civarında bulunan tarım toprakları ve bu topraklarda yetiştirilen özellikle buğday bitkisindeki bazı ağır metal ve iz elementlerden ileri gelen çevre kirliliği sorununun araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Toprak ve bitki örnekleri, sanayi kuruluşlarına yakın mesafelerdeki tarım alanlarından 0-20 cm derinlikte olmak üzere 20 adet toprak ve buğday bitki örnekleri alınmıştır. Topraklarda yapılan ağır metal analiz sonuçları değerlendirildiğinde ortalama As(6,85); B(1,82); Cd(6,38); Co(0,15); Cr(4,92); Cu(12,05); F(0,48), Fe(8,61); Mn(22,33); Mo(1,22); Ni(1,95), Pb(14,24); Se(1,55); Si(1,45) ve Zn(10,18) konsantrasyonlarında mgkg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bitkilerde yapılan ağır metal analiz sonuçları değerlendirildiğinde ortalama As(17,97); B(30,28); Cd(77,48); Co(0,78) Cr(24,50); Cu(47,69); F(13,62); Fe(208,47); Mn(71,09); Mo(12,51); Ni(26,46); Pb(48,15); Se(4,83); Si(698,84) ve Zn(86,07) konsantrasyonlarında mgkg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Alınan toprak örneklerindeki Cd, Co, Pb, Cr değerleri fazla, Zn ve Fe değerlerinin çok fazla seviyede olduğu bitki örneklerinde ise sadece Zn değerinin izin verilen sınırların üzerinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen çıktılar Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında Arc GIS 10.3.1 yazılımı yardımıyla mekânsal olarak değerlendirilmiş ve bu bağlamda ağır metal kirlilik düzeylerini gösteren dağılım haritaları üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kirliliği, çevre kirliliği, ağır metal, CBS, Tekirdağ.

2016, 76 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

DETERMINATION OF VARIOUS HEAVY METAL POLLUTION LEVELS WITH SOIL AND PLANT ANALYZESI IN SOME FARMS CLOSE TO SOME FACTORIES NEAR ÇORLU-ÇERKEZKÖY PROVINCE

Pelin KOCAMAN

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisors: Asst. Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

Asst. Prof. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI

In this study, it was aimed to investigate the environmental pollution problem caused by some heavy metals and trace elements especially in wheat planted in the agricultural lands of Tekirdağ province and Çorlu and Çerkezköy located in the vicinity of the important industrial establishments which have entered a very rapid industrialization process in recent years. For this purpose, 20 soil and wheat plant specimens were taken to a depth 0-20 cm from the agricultural areas which are close proximity to industrial establishments. When the results of heavy metal analysis in the soil were evaluated, the average As(6,85); B(1,82); Cd(6,38); Co(0,15); Cr(4,92); Cu(12,05); F(0,48), Fe(8,61); Mn(22,33); Mo(1,22); Ni(1,95), Pb(14,24); Se(1,55); Si(1,45) ve Zn(10,18) concentrantions were found as mgkg^{-1} . When the heavy metal results of the plants were evaluated, the average concentrantions of As(17,97); B(30,28); Cd(77,48); Co(0,78) Cr(24,50); Cu(47,69); F(13,62); Fe(208,47); Mn(71,09); Mo(12,51); Ni(26,46); Pb(48,15); Se(4,83); Si(698,84) ve Zn(86,07) were determined as mgkg^{-1} . It was determined that only Zn values exceeded the permissible limits in plant samples in which the Pb, Cd, Co, Cr values in the soil samples taken were high and Zn and Fe values were in a very high level. The contained outputs were evaluated spatially by/with the help of are GIS 10.3.1 software in the environment of Geographic Information Systems (GIS) and in this contest, distribution maps which show/showing heavy metal pollution levels were produced ments which have entered a very rapid industrialization process in recent years. For this purpose, in recent years

Key words: Soil pollution, environmental pollution, heavy metal, GIS, Tekirdağ Province.

2016, 76 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmamın hazırlanması ve yürütülmesinde değerli bilgileri ve önerileri ile beni yönlendirerek destek olan, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK'e ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği öğretim üyesi sayın hocam Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt BAĞDATLI' ya teşekkür ederim. Analizlerimin yapılmasında bana destek sağlayan, ilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU'na teşekkür ederim. Koşulsuz sevgi ve desteğiyle her zaman yanımda olarak bana güç veren değerli babam Aydoğan KOCAMAN' a ve kardeşim Funda KOCAMAN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix

1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	7
2.1. Ağır Metallerin Tanımı	7
2.2. Topraktaki Ağır Metallerin Kaynakları	8
2.3. Toprakta Toksik Olabilen Bazı Ağır Metaller	9
2.3.1. Kadmiyum (Cd)	10
2.3.2. Kobalt (Co)	12
2.3.3. Krom (Cr).....	13
2.3.4. Kurşun (Pb).....	14
2.3.5. Nikel (Ni).....	15
2.3.6. Demir (Fe).....	16
2.3.7. Bakır (Cu)	17
2.3.8. Çinko (Zn).....	18
2.3.9. Mangan (Mn)	18
2.4. Bitkilerde Ağır Metal Birikimi	19
2.5. Ağır Metallerin Çevreye Yayınımı	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Araştırma Yeri ve Konumu.....	21
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri.....	22
3.1.3. Bitki Örtüsü.....	23
3.1.4. Toprak Özellikleri	23
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Toprak ve Bitki Örneklerinin Alınması	25

3.2.2. Toprak ve Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması	29
3.2.3. Ağır Metal Analizleri	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	30
4.1. Arazi Çalışmalarına İlişkin Bulgular	30
4.1.1 Toprak Örnekleri Ağır Metal Analiz Sonuçları	30
4.1.2 Bitki Örnekleri Ağır Metal Analiz Sonuçları.....	43
4.2. CBS Ortamında Mekânsal Analizler	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
6. KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ.....	76



Şekil 1.1. Farklı toprak özelliklerinin ve gübrelemenin ağır metal alımına etkisi (Yıldız 2009)	3
Şekil 2.1. Kadmiyum kirliliği kaynakları (orjinal)	12
Şekil 2.2. Kurşun kirliliği kaynakları (orjinal)	15
Şekil 2.3. Bakır kirliliği kaynakları (orijinal)	17
Şekil 2.4. Çinko kirliliği kaynakları (orijinal)	18
Şekil 3.1. Araştırmanın yapıldığı Tekirdağ ilinin yeri ve konumu (orijinal)	21
Şekil 3.2. Tekirdağ ili uzun yıllara ait yağış miktarları (Anonim 2014)	23
Şekil 3.3. Tekirdağ ili büyük toprak grupları (orijinal)	24
Şekil 3.4. Toprak ve bitki örneklerin alınması	26
Şekil 3.5. Arazi çalışmaları	26
Şekil 3.6. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktaların mekansal dağılımı	28
Şekil 4.1. Toprak örneklerindeki Zn Değerleri (mg kg ⁻¹)	32
Şekil 4.2. Toprak örneklerindeki As Değerleri (mg kg ⁻¹)	32
Şekil 4.3. Toprak örneklerindeki B değerleri (mg kg ⁻¹)	33
Şekil 4.4. Toprak örneklerindeki Cd değerleri (mg kg ⁻¹)	33
Şekil 4.5. Toprak örneklerindeki Co değerleri (mg kg ⁻¹)	35
Şekil 4.6. Toprak örneklerindeki Cr değerleri (mg kg ⁻¹)	35
Şekil 4.7. Toprak örneklerindeki Cu değerleri (mg kg ⁻¹)	36
Şekil 4.8. Toprak örneklerindeki F değerleri (mg kg ⁻¹)	37
Şekil 4.9. Toprak örneklerindeki Fe değerleri (mg kg ⁻¹)	37
Şekil 4.10. Toprak örneklerindeki Mn değerleri (mg kg ⁻¹)	38
Şekil 4.11 Toprak örneklerindeki Mo değerleri (mg kg ⁻¹)	38
Şekil 4.13. Toprak örneklerindeki Pb değerleri (mg kg ⁻¹)	40
Şekil 4.14. Toprak örneklerindeki Se değerleri (mg kg ⁻¹)	40
Şekil 4.15. Toprak örneklerindeki Si değerleri (mg kg ⁻¹)	41
Şekil 4.16. Toprak örnekleri ortalama değerleri	42
Şekil 4.17. Toprak örneklerine ait EC değerleri (mmhos cm ⁻¹)	42
Şekil 4.18. Toprak örnekleri pH değerleri	43
Şekil 4.19. Bitki örneklerindeki As değerleri (mg kg ⁻¹)	45

Şekil 4.20. Bitki örneklerindeki B değerleri (mg kg ⁻¹).....	45
Şekil 4.21. Bitki örneklerindeki Cd değerleri (mg kg ⁻¹).....	46
Şekil 4.22. Bitki örneklerindeki Co değerleri (mg kg ⁻¹).....	46
Şekil 4.23. Bitki örneklerindeki Cr değerleri (mg kg ⁻¹).....	47
Şekil 3.24. Bitki örneklerindeki Cu değerleri (mg kg ⁻¹).....	47
Şekil 3.25. Bitki örneklerindeki F değerleri (mg kg ⁻¹).....	48
Şekil 3.26. Bitki örneklerindeki Fe değerleri (mg kg ⁻¹).....	48
Şekil 4.27. Bitki örneklerindeki Mn değerleri (mg kg ⁻¹).....	49
Şekil 4.28. Bitki örneklerindeki Mo Değerleri (mg kg ⁻¹).....	49
Şekil 4.29. Bitki örneklerindeki Ni değerleri (mg kg ⁻¹).....	50
Şekil 4.30. Bitki örneklerindeki Pb değerleri (mgkg ⁻¹).....	50
Şekil 4.31. Bitki örneklerindeki Se değerleri (mg kg ⁻¹).....	51
Şekil 4.32. Bitki örneklerindeki Si değerleri (mg kg ⁻¹).....	51
Şekil 4.33. Bitki örneklerindeki Zn değerleri (mg kg ⁻¹).....	52
Şekil 4.34. Bitki örnekleri ortalama değerleri.....	52
Şekil 4.35. Bor elementi mekânsal dağılım haritası.....	53
Şekil 4.36. Kobalt elementi mekânsal dağılım haritası.....	54
Şekil 4.37. Demir elementi mekânsal dağılım haritası.....	54
Şekil 4.38. Mangan elementi mekânsal dağılım haritası.....	55
Şekil 4.39. Çinko elementi mekânsal dağılım haritası.....	56
Şekil 4.40. Bakır elementi mekânsal dağılım haritası.....	56
Şekil 4.41. Selenyum elementi mekânsal dağılım haritası.....	57
Şekil 4.42. Nikel elementi mekânsal dağılım haritası.....	57
Şekil 4.43. Molibden elementi mekânsal dağılım haritası.....	58
Şekil 4.44. Silisyum elementi mekânsal dağılım haritası.....	58
Şekil 4.45. Arsenik elementi mekânsal dağılım haritası.....	59
Şekil 4.46. Kadmiyum elementi mekânsal dağılım haritası.....	59
Şekil 4.47. Krom elementi mekânsal dağılım haritası.....	60
Şekil 4.48. Flor elementi mekânsal dağılım haritası.....	61
Şekil 4.49. Kurşun elementinin mekânsal dağılım haritası.....	61
Şekil 4.50. EC değerlerine ait mekânsal dağılım haritası.....	62
Şekil 4.51. pH değerlerine ait mekânsal dağılım haritası.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması (Türkoğlu 2006)	7
Çizelge 2.2. Topraklarda bulunabilecek ağır metallerin sınır değerleri (mg kg ⁻¹) (Anonim 2014).....	9
Çizelge 2. 3. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Rether 2002)	20
Çizelge.3.1. 2014 Yılı aylık ortalama toprak sıcaklık değerleri (°C) (Anonim 2014).....	22
Çizelge 3.2. Tekirdağ ili arazi varlığı dağılımı (Anonim 2014)	25
Çizelge 3.3. Bitki ve toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları.....	27
Çizelge 4.1. Toprak örneklerindeki pH-EC değerleri ve bazı ağır metal analiz sonuçları	31
Çizelge 4.4. Bitki örneklerindeki bazı ağır metal analiz sonuçları	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ag	:Gümüş
B	:Bor
Cd	:Kadmiyum
Co	:Kobalt
Cm	:Santimetre
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
EC	:Elektriksel İletkenlik
F	:Flor
Fe	:Demir
g	:Gram
ha	:Hektar
Hg	:Civa
kg	:Kilogram
m	:Metre
mm	:Milimetre
Mn	:Mangan
Mo	:Molibden
Ni	:Nikel
Pb	:Kurşun
ppm	:Milyonda bir kısım
Se	:Selenyum
Si	:Silisyum
Sn	:Kalay
Ta	:Talyum
U	:Uranyum
V	:Vanadyum
W	:Volfram
Zr	:Zirkonyum
Zn	:Çinko
°C	:Santigrat derece
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri

1.GİRİŞ

Gerek dünya genelinde ve gerekse ülkemizde nüfusun artması karşısında malesef tarım alanlarımız hem azalmakta ve hem de halen tarımsal amaçla kullanılmakta olanların özellikle organik madde ve diğer önemli parametrelerinde giderek bir azalma olduğu sıkça konu uzmanlarınca dile getirilmektedir. Bu da gelecek kuşakların beslenme sorunu ile bir gün karşılaşılabileceği endişesi yaratmakta olduğu için, tarım alanlarının toprak yapısı ile ilgili çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Toprak yapısının kalite açısından ortaya konulmasında en belirleyici özellik ise toprak ve yaprak analizlerinin yapılması ve uzman kişilerce sonuçlarının değerlendirilmesi ve uygulanmasıdır.

Çağımızda doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Hızla artan dünya nüfusunun beslenmesi, gelişen endüstrilerin ve daha uygar yaşama düzeyi sağlama amacı ile sürdürülen çabaların istenilmeyen bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre sorunları günümüzde de giderek artan boyutlarda önemini korumaktadır (Baş ve Demet 1992).

Çevre kirliliği, insanların her türlü etkinlikleri sonucunda, havada, suda ve toprakta meydana gelen olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve aynı etkinliklere bağlı olarak ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen sonuçlar olarak tanımlanmıştır (Anonim 1983).

Yüzyıllar boyunca insan yaşamının sürekliliğinde ve ülkelerin kalkınmasında önemli bir yere sahip bulunan doğal kaynakların tahrip edildiği ya da yok edildiği bilinmektedir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması teknolojiye gelişmeler ile yoğun bir kentleşme ve sanayileşme, doğal kaynakların tahribini hızlandırmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Çevre sorunlarını başlıca iki grupta toplamakta yarar vardır:

A. Kirlenme sonucu ortaya çıkan çevre sorunları

- 1.İnsan yerleşimlerinden kaynaklanan kirlenmeler (Su, hava, toprak kirlenmesi)
- 2.Sanayi kuruluşlarından dolayı kirlenmeler
- 3.Tarım ilaçlarından meydana gelen kirlenmeler

B. Kaynakların aşırı, yanlış ve kötü kullanılması ile meydana gelen çevre sorunları

- 1.Yanlış arazi kullanma
- 2.Erozyon
- 3.Tarım ilaçları
- 4.Gübreleme
- 5.Kanunsuz avcılık

6.Orman yangınları

7.Aşırı otlatma

8.Ekim sonrası anız yakma

Ağır metaller, atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıklarının uzaklaştırılması gibi işlemler sonucunda toprağa karışmaktadır. Toprakların ağır metallerle kirlenmesi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu olabildiği gibi, ağır metal içeren kayaların çeşitli nedenlerle çözünerek su ve toprak ortamına taşınması ile de ortaya çıkabilmektedir.

Atom ağırlıkları 63 ile 200 arasında olan kurşun, kadmiyum, civa, arsenik, krom gibi ağır metallerin çevreye yayılmaları başlıca aşağıdaki şekillerde olmaktadır (Anonim 2009):

- Egzoz gazı kaynaklı yayılımlar (Kurşun),
- Madencilik kaynaklı yayılımlar (Krom, Bor),
- Endüstriyel kaynaklı yayılımlar;
- Pil üretimi, kullanımı (Civa, Kadmiyum)
- Demir çelik sanayi ve atıkları (Krom)
- Petrol rafinerisi (Kurşun)
- Boyalar (Kurşun, Kadmiyum)
- Elektronik sanayi ve ölçü aletleri (Civa)
- Tıbbi kaynaklı yayılımlar (Civa)
- Doğal kaynaklı yayılımlar (Kurşun, Civa, Krom, Kadmiyum, Bor)
- Termik santrallerde kaynaklı yayılımlar (Kurşun, Civa, Krom, Kadmiyum)
- Tarımsal kaynaklı yayılımlar (Kadmiyum)

İster hava kirliliği, isterse su kirliliği olsun, sonuçta bunlar diğer nedenlerle birlikte toprak kirlenmesini gündeme getirmektedir.

Gerçekte, bir çevre bileşeni olarak toprak, hava ve sudan daha önemlidir. Çünkü insan faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bileşenlerin başında mekân gelir. Ayrıca insanlar için gerekli besin maddelerinin büyük bir kısmı toprakta depolanmaktadır. Aynı şekilde evcil hayvanların hemen hepsi karada beslenir. Bu nedenle, insan yaşamında toprağın önemi büyüktür. İnsanlar başından beri toprağa bağımlı olmuşlardır ve olmaya da devam edeceklerdir (Yıldız 2003).

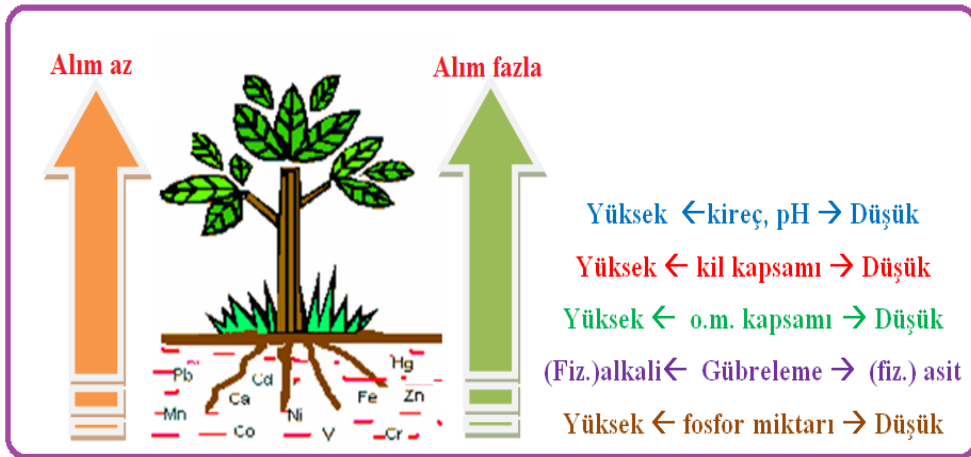
Doğal kaynaklar ya da kirlenme yoluyla ortaya çıkan yüksek konsantrasyonlardaki bazı ağır metaller, bitkileri ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanları olumsuz yönde etkileyebilmektedirler.

Krom, nikel ve kurşun topraklarda 10-100 mg kg⁻¹ arasında, kadmiyum ise 1 mgkg⁻¹ değerinin altında bulunuyorsa bu miktarlar normal seviyeler olarak kabul edilmektedir (Mattigod ve Page 1983).

Birçok durumda topraklar, ağır metaller için son depolanma yeri olabilmektedir. Bu olayda toprakların doğal filtre edici özellikleri ile tamponlanma kapasiteleri büyük önem taşımaktadır. Toprak çözeltisinde serbest halde bulunan ağır metaller toprak mikroorganizmaları ve bitki kökleri tarafından alınır veya yıkanarak yeraltı suyu kalitesinin bozulmasına, besin zincirinin kirlenmesine etken olurlar (Yıldız 2001).

Halen kullanılmakta olan fiziko kimyasal iyileştirme tekniklerinin pek çoğu, nispeten fazla derecede kirlenmiş alanların yerinde veya başka bir yerde gerçekleştirilen arıtmalarından yararlanan ana yöntem olmaktadır. Bunlar, kirleticilerin düşük konsantrasyonlarda ve yapay olarak bulunduğu dağınık ve geniş kirletilmiş alanların iyileştirilmesi için pek uygun olmayan tekniklerdir (Rulken ve ark.1998). Bu bağlamda bitki ile iyileştirme, dağınık olarak kirletilmiş alanların iyileştirilmesi için en geçerli ve diğer yöntemlere kıyasla hayli ucuz bir opsiyon olma durumundadır. Yoğun biçimde kirletilmiş olan topraklar bitki gelişimine olanak vermez ise de hafif ve orta derecede toksik metal kirlenmesine maruz kalmış olan alanlar, metal depolayan bitkilerin yetiştirilmesi suretiyle iyileştirilebilmektedir (Kumar ve ark.1995).

Toprak, atık su ve akarsuların toksik metallerle kirliliği, çevre ve insan sağlığı açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Son yıllarda ağır metal kirliliğini gidermek için yüksek maliyetli teknolojilerin yerine ekonomik, birçok toprak türünde uygulanabilir, tahrip edici özelliği olmayan ve doğal bir yöntem olan fitoremediasyon kullanılmaktadır (Karenlampi ve ark. 2000). Şekil 1.1’de görüldüğü gibi toprakların kireç içerikleri, pH’sı, kil kapsamı, organik madde içeriği ve fosfor miktarı arttıkça ağır metal alınımı azalır, azaldıkça ise artmaktadır (Yıldız 2009).



Şekil 1.1. Farklı toprak özelliklerinin ve gübrelemenin ağır metal alımına etkisi (Yıldız 2009)

Toprakta bulunan toksik metaller birçok canlıyı etkilediği gibi bitkileri de etkilemektedir. Baker (1995)'in yaptığı çalışmalara göre tüm bitkiler, çevrelerinde ki artan oranlardaki toksik metal derişimine karşı bir cevap verirler. Metal zehirliliğinin bitki üzerindeki etkisi ve bunun belirtileri bitkinin türüne, hangi metal olduğuna, metalin derişimi ve formuna göre değişiklik gösterir. Metal zehirliliğinin bitkilerde gözle görülür belirtileri ise zayıf kök gelişimi ya da kökün bodur kalması, yapraklarda klorosis (sarıcalık) ve renksizleşme, bölgesel doku ölümleri veya bitkinin ölümüyle sonuçlanmasından söz edilir. Bitki toksisitesine neden olan en belirgin etken çözülebilir tuzlardır. Bu maddeler, bitkilerin büyüüp gelişebilmesi için gereksinim duydukları, makro-mikro elementlerdir. Makro besleyicilerin yüksek oranda bulunması genellikle toksik etkilere çok fazla neden olmazken; mikro besleyicilerin yüksek oranlarda bulunması daha fazla toksik etkiye neden olmaktadır (Kalaycıoğlu 2005).

Kadmiyum, civa, krom, kurşun gibi bazı ağır metaller tarımsal ekosisteme girmişlerdir. Bu ağır metaller biyolojik döngülerde yer alarak bitkilerin çeşitli organlarında birikebilir ve yarıyşlılıkları konsantrasyonlarına ve hareketliliklerine bağlıdır. Bu noktadan hareketle, bitki türlerinin ağır metal alım kapasitelerinin bilinmesinin yanında bunların bitkinin hangi organlarında biriktiğinin de bilinmesi gerekmektedir (Yıldız 2009).

Yapılan araştırmalarda bitkilerin, az miktarda da olsa atmosferde bulunan ağır metalleri yaprakları aracılığı ile alabildikleri gösterilmesine rağmen ağır metal alınımı büyük oranda kökler aracılığı ile olmaktadır. Ağır metaller topraklarda, kolloidlere tutunmuş halde, organik maddelere bağlı halde ve toprak çözeltisi içinde iyon halinde bulunurlar.

Bitkiler ancak toprak çözeltisinde iyon halinde bulunan ağır metalleri kökleri aracılığıyla alabilirler. Koşulların değişmesi (pH, sıcaklık, organik madde miktarı, diğer metallerin varlığı, mikroorganizmalar vb.) toprak çözeltisi içindeki ağır metal konsantrasyonunu değiştireceğinden ağır metal alınımını da etkileyecektir. Örneğin pH'ın düşmesi ortamdaki H⁺ iyonlarının artmasına neden olmaktadır, artan H⁺ katyonları, ağır metal katyonları (molibdenin anyon formu da bulunduğu için istisnadır) ile rekabete girmekte, kolloidlere tutunmasını engellemekte ve böylece ağır metallerin toprak çözeltisindeki konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır (Ayhan 2006).

Bazı bitkilerin topraktan ağır metal alımına karşı yüksek oranda etkili olduğu ve bu tür bitkilerin ağır metal zehirliliğine karşı toleranslı olduğu belirlenmiştir. Hipertoplayıcı olarak da isimlendirilen bu bitkilerin arasında Brassicaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Lamiaceae ve Scrophulariaceae gibi bitki familyaları sayılabilir (Anonim 2009).

Kurşun (Pb^{+2}), bütün dünyada doğal kaynaklar içinde çeşitli formlar halinde bulunan ve günümüzde en geniş çaplı ve düzenli olarak açığa çıkan ağır metallere biridir. Pek çok çalışma göstermektedir ki önemli miktarda kurşun genellikle toprakta bulunmaktadır.

Motorlu taşıtların egzoz gazları, maden ocakları, metal işleyen tesisler, endüstriyel faaliyetler, kurşun ile kirlenmiş atık sular, sanayi atıkları ve tarımda gübreleme gibi pek çok etmen toprak ve bitkilerin maruz kaldığı kurşun kirlenmesinin başlıca sebepleridir (Kıran ve Şahin 2005). Bitkiler açısından kurşun tehlikesi 1923 yılında otomobil yakıtına kurşun tetra etilen eklenmesinden beri devam etmektedir. O günden bu güne kurşun en tehlikeli ve en yaygın çevresel ağır metal haline gelmiştir. Egzoz gazları ile saçılan kurşun bileşikler otomobil yakınlarındaki topraklarda kurşun konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Her ne kadar kurşun bitkilerde doğal olarak bulunsun da bitki metabolizması için gerekli bir element değildir.

Bitkilerde aşırı kurşun alımını çeşitli fizyolojik mekanizmalarla engellenmektedir, fakat yine de bitkiler topraktan belirli miktarlarda kurşunu almakta ve çeşitli dokularında depolayabilmektedirler. Pek çok rapor göstermektedir ki kurşun (Pb^{+2})'a maruz kalan bitkilerde; tohum çimlenmesinde, kök ve gövde uzamasında azalma, klorofil biyosentezinde inhibisyon, kloroz, fotosentez miktarında azalma birçok enzimde indüksiyon veya inhibisyon, hücre yapısında bozulma, kromozom lezyonları ve bölünme anomalileri, çekirdeklik zehirlenmesi gibi olumsuzluklar görülmektedir. Sonuç olarak kurşunun bu olumsuz etkileri bitkilerde bozulmalara ve ekosistemde tahribatlara yol açmaktadır (Kıran ve Şahin 2005).

Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiştir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır.

Ancak günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır. Kadmiyum empürüte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar (Tosyalı 2006).

Kabata-Pendias ve Pendias (1992)'ın yaptığı bir çalışmada, toprak profilinde kadmiyum, yüzey horizontunda daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni yüzey horizontunun organik maddece zengin olması ve atmosferik depozitlerdeki ya da suni gübre ve ahır gübresindeki Cd'un yüzey horizontlarda tutulabilmesidir. Bakır ve kurşunun tersine Cd (Zn ve Ni ile birlikte) toprak profilinde aşağı doğru taşınma eğilimindedir. Taşınma oranı ve derecesi iklim (yağış, buharlaşma ve oransal nem), pH ve toprak geçirgenliğine bağlı olarak değişir (Aksu ve Yıldız 2004).

Bitkiler hayvanlara göre daha yüksek dozda Cd'ü zarar görmeden alabilirler. Sadece çok aşırı alınması halinde bitkileri etkiler. Topraktaki aşırı kireç miktarı, toprak pH'sı ve yüksek kil oranı bitkinin Cd alımını yavaşlatan faktörlerdir. Fazla humuslu topraklarda Cd'un bitki tarafından alımını zorlaştırır (Şahmetlioğlu 2004).

Benavides ve ark. (2005)'e göre, Cd toksisitesinin en kolay biçimde saptanan etkisi, yaprak büyümesinin inhibisyonu, yapraklarda yuvarlanma ve sararmadır. Ayrıca aynı araştırmacılar, yapraklardaki sararmanın (klorosiz), Fe yetersizliği, P yetersizliği ya da Mn taşınımının engellenmesi nedeniyle olabileceğini de bildirmişlerdir.



2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Ağır Metallerin Tanımı

Yüksek konsantrasyonlarda canlı bünyesine girdiği zaman ona zararlı olan metallere toksik metaller veya ağır metaller denir (Dağdeviren 2007).

Ağır metaller, yoğunluğu 5 g/cm³'ten büyük olan metaller olarak tanımlanmaktadır (Cabrera ve ark. 1999, Müller ve ark. 2003, Üstbaş ve ark. 2009).

Bütün canlılar normal aktivitelerini sürdürebilmek için ortamda bulunan ağır metallere ihtiyaç duymaktadır (Başcı 2009). Bitki metabolizması için gerekli olanlar; bor, bakır, demir, mangan, molibden, silisyum ve kadmiyum ve hayvanlar için gerekli olanlar ise; bakır, kobalt, iyot, demir, mangan, molibden, selenyum ve çinko olarak sıralanmaktadır (Türkoğlu 2006). Ağır metallerin başlıca kaynakları bazı ana taşlar, mineral gübreler, biyositler, kanalizasyon atıkları, kentsel atıklar, atık sular, madencilik ve motorlu araçların egzoz gazlarıdır (Çepel 1997).

Çizelge 2.1. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması (Türkoğlu 2006)

Element	Özgül ağırlık gr/cm ³	Canlılar için gerekliliği	Kirletici durumu
Ag	10.5	Gerekli değil	Kirletici
Cd	8.5	Gerekli değil	Kirletici
Cr	7.2	Gerekli	Kirletici
Co	8.9	Gerekli	Kirletici
Cu	8.9	Gerekli	Kirletici
Fe	7.9	Gerekli	Kirletici
Hg	13.6	Gerekli değil	Kirletici değil
Mn	7.4	Gerekli	Kirletici
Pb	11.3	Gerekli değil	Kirletici
Mo	10.2	Gerekli	Kirletici
Ni	8.9	Gerekli	Kirletici değil
Pt	21.5	Gerekli değil	Kirletici
Tl	11.9	Gerekli değil	Kirletici
Sn	7.3	Gerekli değil	Kirletici
U	19.1	Gerekli	Kirletici
V	6.1	Gerekli	Kirletici
W	19.3	Gerekli	Kirletici
Zn	7.1	Gerekli	Kirletici
Zr	6.5	Gerekli değil	Kirletici değil

2.2. Topraktaki Ağır Metallerin Kaynakları

Ağır metaller genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde ve nispeten stabil bileşikler şeklinde bulunurlar. Ağır metaller, toprak ve su kaynaklarına, endüstriyel atıklar ya da bazı bölgelerde asit yağmurların toprağın bünyesinde yer alan bazı ağır metalleri çözmesi ve çözünen söz konusu bu ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına bulaşması ile geçmektedirler. Su kaynaklarına bu şekilde ulaşan bazı ağır metallerin konsantrasyonları önemli derecede seyrelmekte ve bazen karbonat, sülfat, sülfür gibi çeşitli bileşikler şeklinde çökelmektedir. Su kitlesinin altında bulunan sediment tabakasının ağır metal adsorbsiyon kapasitesi ise sınırlı olduğundan suların ağır metal konsantrasyonu devamlı olarak yükselmektedir (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

Çevre ve doğal kaynaklar üzerindeki ağır metallerin bulaşmaları çoğunlukla insan kaynaklı olabildiği gibi ağır metallerin çevreye bulaşmaları teknolojinin bir sonucu olarak ortaya çıkabildiği gibi bazen de yanlış kullanımlar ve istenmeyen kazalar sonucunda da oluşabilmektedir.

Ağır metallerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri demir-çelik, çimento ve gübre gibi fabrikalardan da kaynaklanabilmektedir. Ağır metal kirliliğinin en olumsuz etkilerinin başında toksik ve kanserojen etkilere sahip olmasıdır (Lagerwerff ve Speeth 1970). Kurşun, Cd ve Ni gibi bazı ağır metallerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri bazı endüstri ve sanayi tesislerinde ileri geldiğinde, şehirlerde kırsal bölgelere göre daha yaygın ve zararlı olabilmektedir (Onar ve Temizer 1987, Noll ve ark. 1990).

Kültür bitkilerinde Pd ve Cd ağır metalleri bitki besin elementi olmadıklarından dolayı genellikle bulunmazlar. Ancak söz konusu bu ve diğer bazı ağır metallerin bitkilerde bazen çok az miktarlarda bulunmaları dahi çoğunlukla toksisite ve kirlilik olarak kabul edilmektedir (Foy ve ark. 1978).

Haktanır (1995) tarafından Etimesgut-Ankara karayolunda Pb, Cd ve Cu gibi bazı ağır metallerinin topraklardaki kirliliği araştırılmış ve yol kenarlarında yer alan tarım arazilerinde ve bu toprakların üst 0-5 cm toprak derinliğinde toksik düzeylerde Pb bulunmuştur. Diğer taraftan araştırmacı yol kenarından uzaklaştıkça ağır metal kirliliğinin azaldığını ve 40 m'den sonra 500 m'ye doğru gidildikçe izin verilebilir ağır metal düzeylerinin varlığını saptamıştır. Araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarında ve refüjlerdeki bitkilerde bazı ağır metallerin konsantrasyonları yüksek düzeylere çıkabilmekte ve bitkinin bünyesinde absorbe olabilmektedir (Richard ve Van Soyoc 1984, Türkan 1986, Kovaes ve ark. 1982).

Çevreye sanayi ve motorlu araç trafiğinin yoğunluğu ile yayılan Pb, Cd, Ni, Cr gibi bazı ağır metaller başta insan olmak üzere tüm canlılar için toksik olabilmektedir (Lagerwerff ve Specht 1970, Linton ve ark. 1980, Chow 1970, Biggins ve Harrison 1980, Miller ve McFee 1983). Tarımda verimliliği ve üretkenliği yükseltmek için uygulanan DAP, TSP ve diğer fosforlu gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanılması ile toprakların verimli olan üst kısımlarında başta Cd olmak üzere bazı ağır metaller önemli miktarlarda birikebilmektedir (Camelo ve ark. 1997). Ülkemizde tarım topraklarında bulunabilecek bazı ağır metallere ilişkin toplam izin verilebilir sınır değerleri ilgili yönetmeliğe göre Çizelge 2.2’de görülmektedir.

Çizelge 2.2. Topraklarda bulunabilecek ağır metallerin sınır değerleri (mg kg⁻¹)
(Anonim 2014)

Ağır Metal	PH < 6	PH > 6
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	140**
Nikel*	30**	75**
Çinko *	150**	300**
Civa	1**	1,5**

*: Genel olarak pH değeri 7’den büyük ise bakanlık sınır değerleri % 50’ye kadar artırabilir.

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

2.3. Toprakta Toksik Olabilen Bazı Ağır Metaller

Son zamanlarda ağır metal tanımı ile kimyasal maddelerin ekolojik sisteme verdikleri zarar genelleştirilerek sık sık ağır metallerin, çevresel problemlere neden olduklarını yer almaya başlamıştır. Bunun nedeni çevresel problemler söz konusu olduğunda “ağır metal” tanımı sanki çok tanımlı ve kesin bir grupmuş gibi bu kavramın çok sık “nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal” olarak kullanılmasıdır.

Bu yaygın kaniya, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada diğer metallere kıyasla akümülyasyonunun fazla olması ve bunun sonucu negatif etkinin giderek artması yol açmaktadır.

Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya/gruplandırılmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Örneğin yoğunluğu $3,65 \text{ gcm}^{-3}$ olan baryumun veya $4,51 \text{ gcm}^{-3}$ olan titanyumun biyolojik sistemlere kadmiyum ($8,65 \text{ gcm}^{-3}$), kurşun ($11,34 \text{ gcm}^{-3}$) veya lantanit grubu metallere ($5,25 - 9,84 \text{ gcm}^{-3}$) çok farklı etkide bulunduğu kesindir. Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğın vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır. Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

2.3.1. Kadmiyum (Cd)

Ağır metallerden biri olan kadmiyum, günümüzde çeşitli kullanım alanlarıyla ve çevre kirliliğindeki önemli rolü ile gündeme gelen fazlasıyla toksik bir metaldir. Kadmiyum oldukça nadir bir elementtir ve doğada saf olarak bulunmaz. Kadmiyum bitki yaşamında daha çok toksik etkileri ile bilinen bir elementtir (Jiang ve Li 1989, Çatak ve ark. 2000).

Kadmiyum ve çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiştir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Ancak günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır.

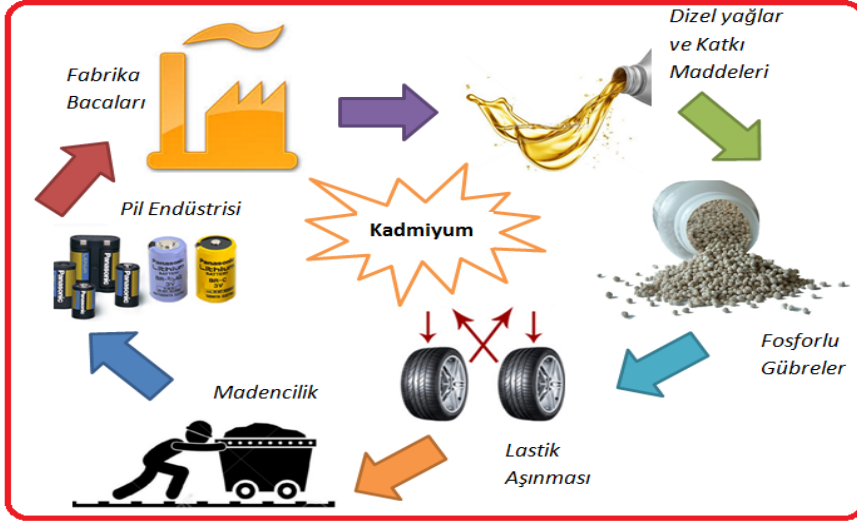
Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle deniz koşullarına dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar. Bitki yaşamını etkileyen en önemli kadmiyum kaynakları; su boruları, kömür yakılması, tohum aşamasında ve endüstriyel üretim aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (Kahvecioğlu ve ark. 2007).

Önemli kadmiyum kaynakları kirliliği hava, fosfat gübreleri arıtma, dip çamurları ve taşıtlardır. Scheffer 1989 yılında yapmış olduğu çalışmada, kadmiyum emisyonu yapan tesislerin yakınında 40 mg kg^{-1} ; trafiğin yoğun olduğu yerlerde 3 mg kg^{-1} dolayında kadmiyum ölçülmüştür. Gelişmiş şehirlerdeki şehir bahçelerinde ve parklarda da fazlasıyla yüksek ($0,5 - 5,0 \text{ mg kg}^{-1}$) kadmiyum ölçülmüştür.

Yol kenarlarından alınan örneklerle yapılan araştırmalarda ise yüzey topraklarındaki toplam kadmiyumun mesafeye bağlı değişimlerinin toplam kurşun miktarındaki gibi belirgin olmadığı ancak belli bir mesafeden sonraki azalmanın daha keskin olmasından kadmiyum miktarının da kurşunda olduğu gibi trafikten kaynaklandığı açıklanmıştır (Haktanır ve ark. 1995).

Motorlu taşıtlar tarafından çevreye verilen emisyonlar özellikle lastik aşınması ($20 - 90 \text{ mg kg}^{-1}$ Cd içeren lastik materyaller) ve dizel yağının kadmiyum içeren atıkları karayollarındaki tozların yakınlarındaki toprakların anayolların 10 metreye kadar olan mesafelerinde kadmiyum kirliliğine sebep olmaktadır (Largewerf ve Specht 1970, Shaheen 1975, Harrison 1979, Ndiokwere 1984, Yassaoğlu ve ark.1987, Ferguson ve Kim 1991).

Kadmiyum kirliliğinin bitkiler için sorun oluşturduğu tarım topraklarındaki söz konusu bu kirliliğin labada bitkisi kullanılarak fitoremediasyon yöntemi ile başarılı bir şekilde giderilebileceği ortaya konulmuştur (Adiloğlu ve ark. 2015).



Şekil 2.1. Kadmiyum kirliliği kaynakları (orjinal)

2.3.2. Kobalt (Co)

Kobalt eksikliğinde baklagil bitkilerinde yumru oluşumunun en aza indiği ve bitkilerde belirgin azot eksikliği görüldüğü saptanmıştır. Kobalt, baklagil bitkileri tarafından azot fiske edilmesinde önemli işlevi bulunan B12 vitamini ile koenzim kobalaminin metal yapı maddesidir (Kacar ve Katkat 2007).

Bitki gelişiminde kobaltın etkisi çeşitli araştırmacılar tarafından araştırılmıştır. Rossiter ve ark. (1948) toprağa uygulanan kobaltın üçgül bitkisinin Co içeriğini artırdığını ancak ürünü etkilemediğini belirtmişlerdir.

Bolle-Jones ve Mallikarjuneswara (1957) toprağa çok az miktarlarda uygulanan Co'nun kauçuk ve domates bitkilerinin gelişimini olumlu etkilediğini ve bu bitkilerden elde edilen ürünü artırdığını belirtmişlerdir.

Carrigan ve Erwin (1951)'e göre toprakların toplam Co içeriği 1- 40 mg kg⁻¹, ekstrakte edilebilir Co içeriği ise 0,03 - 0,09 mg kg⁻¹ arasında bulunmaktadır. Araştırmacılara göre tarım topraklarında ekstrakte edilebilir Co'nun toksisite sınır değeri 0,09 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Sarı (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Co miktarının 0,011 ile 0,583 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı incelenen alanlarda Co kirliliğinin mevcut olduğunu ortaya koymuş ve söz konusu bu kirliliğin % 32,14 gibi yüksek bir değerde olduğunu belirlemiştir.

2.3.3. Krom (Cr)

Krom günümüzde sanayi ve endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarının başında paslanmaz çelik üretimi, çeşitli lehim ve pas engelleyicilerin üretimi ile ilgili metalürji endüstrisi, boya, cila, cam ve seramik malzemeleri, deri sanayi gelmektedir. Krom toprakta çoğunlukla ana materyale göre değişmekte olup genellikle toprakta toplam krom 5 - 100 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Krom bitkilerde ise kuru madde esasına göre 100 mgkg⁻¹ düzeyine çıktığında genellikle toksik olarak kabul edilmektedir (Özbek ve ark. 1995).

Bitki gelişmesi için Cr'un mutlak gerekli olduğu henüz bilinmemektedir. Çoğu bitkilerde Cr kuru madde esasına göre 0,03 - 14 mgkg⁻¹ arasında değişen düzeylerde bulunur. Bitkilerdeki 5-30 mgkg⁻¹ arasındaki Cr düzeyi çoğu kültür bitkisi için toksik düzey olarak kabul edilmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992).

Krom ağır metalinin tarım topraklarında izin verilebilir toplam miktarı 100 mgkg⁻¹ ve ekstrakte edilebilir Cr miktarı ise 1 mgkg⁻¹ olarak kabul edilmektedir (Bowen 1966). Kromun topraklardaki toplam miktarı ana materyale göre değişmekle birlikte genellikle 7 - 750 mgkg⁻¹ arasında bulunmaktadır.

Krom da Nikel gibi serpantinli topraklarda fazla miktarda bulunur Topraklarda bulunan kromun ve özellikle krom yönünden zengin toprakların kaynağı kromit adı verilen mineraldir. Toprakta bulunan Cr ve kromit minerali kimyasal yönden tamamen etkisiz durumdadır (Hossner ve ark. 1998).

Krom zehirlenmesi belirtilerinin görüldüğü bitki yapraklarında Cr miktarının 1 ile 4 mgkg⁻¹ arasında değiştiği, bitki köklerinde ise bu miktarın daha fazlasının bulunduğu saptanmıştır (Wallace ve ark 1976).

Krom toksisitesi bitkilerde çimlenmeyi azaltmanın yanında fotosentetik pigment, besin dengesi ve antioksidan enzimlerde bozunmaya yol açarak oksidatif strese ve biyolojik membranların zarar görmesine de neden olmaktadır (Kacar ve İnal 2008). Trakya Bölgesi'nde yapılan bir araştırmada (Sarı 2009) otoban kenarlarındaki tarım alanlarında ekstrakte edilebilir Cr miktarı 0,044 ile 0,182 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Söz konusu tarım alanlarında belirlenene bu krom miktarlarının şimdilik kirliliğe neden olmadığını açıklanmıştır.

2.3.4. Kurşun (Pb)

Kurşun ağır metali doğada hem organik ve hem de inorganik halde bulunabilmektedir. İnorganik kurşun atmosferde partiküller halinde bulunurken, organik kurşun uçucu olup çoğunlukla gıda maddeleri ve içme suyuna karışmaktadır. Bu nedenle organik kurşun inorganik kurşuna göre canlı yaşamı üzerinde daha fazla öneme sahiptir (Karademir ve Toker 1995, De Jonghe ve Adams 1982).

Kurşun, çoğunlukla insan faaliyetleri ile çevreye ve doğal kaynaklara en fazla zarar veren ağır metallere olma özelliğindedir. Diğer taraftan kurşun, atmosfer kirliliğinde de önemli bir yer tutmaktadır (Saygıdeğer 1995, Karademir ve Toker 1995).

Kurşun endüstri ve yerleşim yerlerine yakın alanlardaki tarım alanlarındaki kültür bitkilerinde bazen toksik düzeylerde bulunabilmektedir. Diğer taraftan bitki koruma ilaçları da tarım alanlarına kurşun taşıyabilmektedir (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

Topraklarda çözünebilir şekilde bulunan kurşun bazen yıkanıp derinlere inebilmektedir. Kurşun mikroorganizmalar tarafından immobil şekle dönüştürüldüğü gibi toprağın değişim kompleksleri tarafından fikse edilmek ve organik bileşikler şeklinde tutulmak suretiyle de immobil şekle dönüştürülmektedir (Tornabene ve Edward 1972).

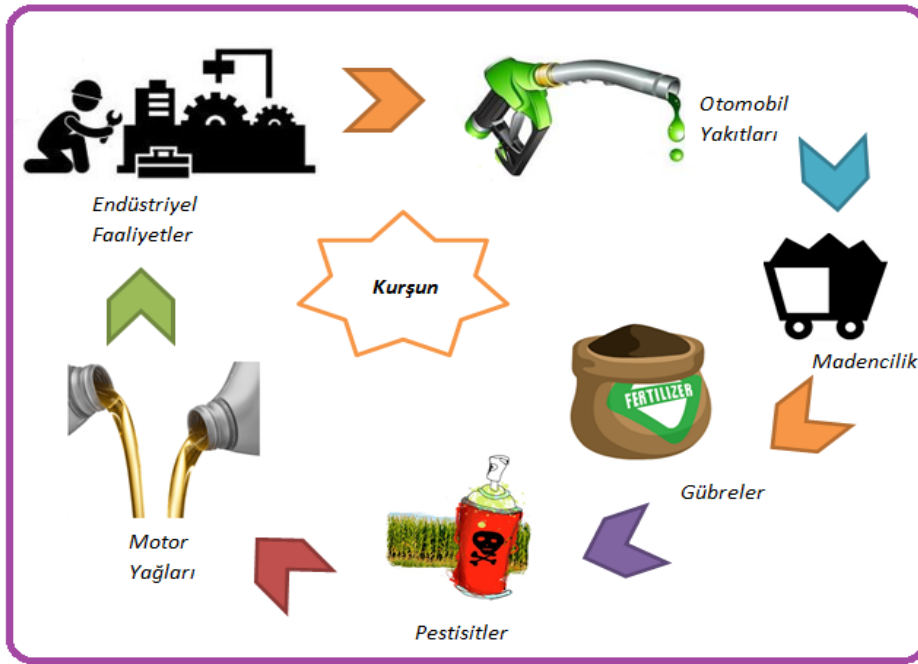
Tarım alanlarında izin verilebilir toplam Pb konsantrasyonu 100 mgkg^{-1} , ekstrakte edilebilir Pb miktarı ise 4 mgkg^{-1} olarak kabul edilmiştir. Ancak söz konusu bu değerler aşıldığında potansiyel olarak insan sağlığı risk altında kalabilmektedir (Chapman 1971, Dürüst ve ark. 2004). Kurşun doğal olarak tüm topraklarda bulunmaktadır. Topraklarda toplam Pb; $1 - 200 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmekte ve ortalama miktar 15 mgkg^{-1} dir (Swaine 1955).

Tarım topraklarında ortaya çıkan kurşun kirliliği çoğu kez, benzinin yanması sonucu oluşan atmosferik Pb'dan meydana gelmektedir. Topraklara çeşitli yollardan ulaşan Pb miktarı $0,18 - 4,80 \text{ mg m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ düzeyine kadar ulaşabilmektedir (Deniz 2003).

Kurşun ağır metali özellikle otoyolların yakınında yetiştirilen kültür bitkileri ile çayır mera alanlarında bazen toksisite oluşturabilmektedir. Kurşun ağır metalinin bitkiler üzerindeki toksisite etkileri bitkinin hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesi üzerindeki olumsuz etkileri, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması ve bitkinin su alımının azalması şeklinde sıralanabilir (Asri ve Sönmez 2006).

Adana'da karayolu kenar topraklarında kurşun kirlenmesi araştırılmış ve yol kenarındaki kurşun seviyesinin 424 mgkg^{-1} 'a kadar çıktığı tespit edilmiştir. Bu değer normal değerlerden 20 kat fazla olduğu belirtilmiştir. Yoldan uzaklaştıkça Pb değerlerinde azalma gözlenmiş ancak 40 m'den sonra bile kirliliğin olduğu bildirilmiştir (Yaman 1995).

Sarı (2009) Edirne ili otopan kenarlarındaki tarım arazilerinde Pb kirliliğinin önemli bir sorun olduğunu ve kirliliğin araştırma alanında %42,85'e ulaştığını belirlemiştir. Araştırmacı incelenen tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Pb miktarının $1,212$ ile $5,560 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini belirlemiştir.



Şekil 2.2. Kurşun kirliliği kaynakları (orjinal)

2.3.5. Nikel (Ni)

Jeokimyasal özelliklerinin benzerliği nedeniyle yer kabuğunda Ni, Co, Fe'in dağılımı benzerlik göstermektedir. Tarım topraklarında bulunan Ni ağır metalinin izin verilebilir toplam miktarı 50 mgkg^{-1} ekstrakte edilebilir miktarı ise 10 mgkg^{-1} olarak belirlenmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992, Gerendas ve ark. 1999).

Nikelin bitkiler için mutlak gerekli olduğu henüz tam olarak kanıtlanmamış olmakla birlikte bitkiler için büyük önem taşımaktadır. Nikel, bitkilerde üreaz ve birçok hidrogenaz gibi enzimlerinin yapı maddesini oluşturmaktadır.

Dolayısıyla Ni içerikleri yetersiz olan bazı kültür bitkileri üre formunda uygulanan azotlu gübrelerden yararlanamadıkları gibi, söz konusu bu üre bazı bitkilere toksik etki de yapabilmektedir (Kacar ve Katkat 2007).

Nikel toksisitesi sonucu bitki kökleri tahrip olmakta, tahıllarda yapraklar üzerinde boydan boya solgun sarı çizgiler ortaya çıkmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Daha yüksek dozlarda ise yaprak uçlarında yanma başlamaktadır (Topbaş ve ark. 1998).

Topraktaki Ni toksisitesini azaltan en önemli olay toprağa fosforlu gübrelerin uygulanmasıdır. Topraklara fosforlu gübre uygulaması ile birlikte çözünürlüğü düşük olan Ni fosfatlar oluşmakta ve Ni toksisitesi azalmaktadır (Tok 1997).

Bitkilerde yüksek düzeylerde bulunan Ni, bitkinin bazı biyokimyasal süreçlerinin olumsuz etkileyerek diğer bazı besin elementleri eksikliklerinin ve beslenme bozukluklarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Zengin ve Munzuroğlu 2005).

Araç trafiğinin yoğun olduğu yerlerde yol kenarlarından uzaklaştıkça tarım alanlarındaki Ni miktarı da genellikle azalmaktadır. Bu duruma en önemli sebep olarak ise karayolu taşımacılığında bazen Ni içeren yakıtların kullanılması gösterilmiştir (Tok 1997).

2.3.6. Demir (Fe)

Topraklarda toplam Fe miktarı genellikle yüksek olmasına karşılık bitkilere yarayışlı Fe miktarı azdır. Bu nedenle bitkilerde Fe eksikliği sık ve yaygın olarak görülmektedir. Topraklardaki toplam Fe miktarı ana materyalin özelliğine göre % 0,02 ile % 10,00 arasında değişmekte olup ortalama % 3,8 dolaylarındadır (Kacar ve Katkat 2007).

Toprakta ekstrakte edilebilir Fe miktarı $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ 'in altında ise az, $0,2 - 4,5 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında orta ve $4,5 \text{ mgkg}^{-1}$ 'den fazla ise genellikle yüksek ve toksik olarak değerlendirilmektedir (Lindsay ve Norwell 1978).

Eyüpoğlu ve ark. (1996), Türkiye'nin farklı bölgelerinden aldığı 1511 toprak örneği üzerinde yaptıkları bir araştırmaya göre; toprakların yaklaşık % 27'sinde yarayışlı Fe miktarı orta ve % 73'ünde ise yüksek düzeylerde bulunmuştur.

Topraklar genellikle normal bitki gelişmesine yetecek miktarlarda demir içerirler. Kireç ve diğer elementlerle ve özellikle mangan ile demir arasındaki interaksiyon bitkilerde demir eksikliği belirtisinin (kloroz) görülmesine neden olmaktadır. Demir elementi klorofil molekülünün bileşiminde yer almamakla birlikte yeşil bitkilerde klorofil oluşumu için gerekli olan elementlerden biridir (Pak 2011).

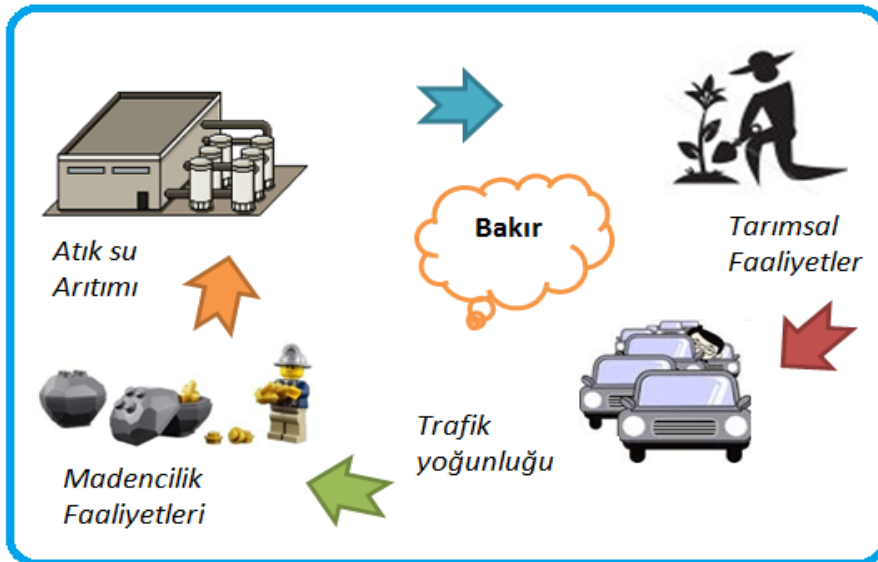
Bitkilerde bulunan demirin genellikle 10 - 1000 mgkg⁻¹ arasında değiştiği, yeterli demir miktarının 50 - 250 mgkg⁻¹ arasında olduğu ve 50 mgkg⁻¹'den az demir içeren bitkilerde demir eksikliği belirtilerinin görüldüğü belirlenmiştir (Kacar ve Katkat 2007).

Demirin bitkide taşınması oldukça düşüktür. Demir bitkinin yaşlı aksamından geç aksamına taşınmamaktadır. Bu nedenle demir eksikliği önce bitkinin geç aksamında görülmektedir. Bitkilerde demir eksikliğinde yapraklarda damarlar arasında sararmalar meydana gelmektedir.

Bitkilerde Fe toksisitesi ise koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdede bodurlaşma ve bazı bitkilerde mor ile koyu kahverengi arasında değişen yaprak rengi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

2.3.7. Bakır (Cu)

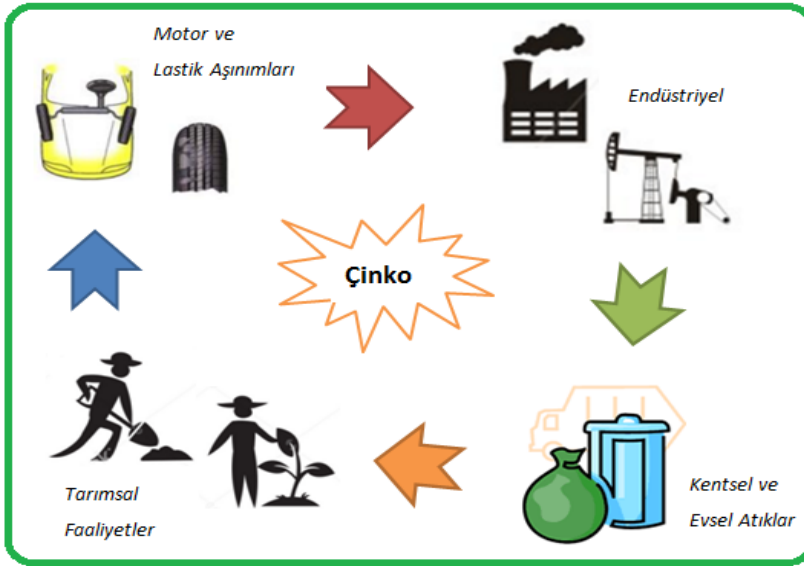
Bakır, çeşitli alanlarda kullanılan bir materyal olduğu için bu elementin oluşturduğu kirliliğin pek çok kaynağı mevcuttur. Bu elementin proseslerde veya paketlemelerde kullanılması ürünleri kirletebilir ve çevreye zarar verebilir (Nuhoğlu ve ark. 2002). Bakır ve çinko ve gibi ağır metallerin proteinlerin ve enzimlerin katalitik ve yapısal bileşenleri olarak, normal bitki büyüme ve gelişmesi için kofaktör olarak gerekli olduğu bilinmektedir. Ancak bu mikro besinler ile kadmiyum, nikel ve kurşun gibi ağır metallerin fazlalığı bitkilerde toksik etki yapmaktadır (Vural 1993).



şekil 2.3. Bakır kirliliği kaynakları (orjinal)

2.3.8. Çinko (Zn)

Çinkonun, suda çözünen formları bitkiler için uygundur ve çinko alınışı, maddenin topraktaki konsantrasyonu arttıkça artar. Çinko alınımı, bitkinin türüne olduğu kadar bulunduğu ortama da bağlıdır. Özellikle ortamdaki kalsiyum miktarı çinko alınımını etkiler. Çinko, genellikle bitki köklerinde bulunur. Çinko, bitki metabolizması için çok gerekli bir elementtir. Bazı bitki türlerinin çinko fazlalığına karşı büyük bir toleransı vardır. Ayrıca bitkiler, topraktaki çinko değişimlerine çok çabuk tepki verirler. Yapraklarda oluşan klorosis ve yavaşlamış bitki gelişimi, çinko eksikliğinin ilk belirtilerindedir. Çinko zehirlenmelerinin etkisi diğer ağır metallerinkine benzemesine karşın çinko, diğer metaller kadar zehirli değildir (Çıngı 2007).



Şekil 2.4. Çinko kirliliği kaynakları (orjinal)

2.3.9. Manganez (Mn)

Manganez toksisitesi bitki türlerine göre değişmekle birlikte genellikle kuru madde esasına göre 100 mgkg⁻¹'den daha fazla Mn içeren bitkilerde Mn toksisitesi görülmeye başlamaktadır. Manganez toksisitesi çoğu bitkilerde olgun yapraklarda kahverengi lekeler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Zamanla lekelerin bulunduğu alanlar mantarlaşmaktadır. Bu olgu Mn toksisitesinin en belirgin bir göstergesidir. Çoğu zaman Mn toksisitesi belirtileri damarlar arasındaki kloritik ve nekrotik alanlarda görülmektedir. Fasulye ve pamuk gibi özellikle çift çenekli bitkilerde bu belirtiler genç yapraklarda şekil bozulmalarına neden olmaktadır (Kacar ve Katkat 2007). Bitkiler manganez genellikle Mn⁺² iyonu olarak almaktadırlar.

Mangan hem kök hem de yapraklardan alınabilmektedir. Bitkilerin mangan gereksinimlerinin düşük olması manganın bitki dokularının yapı maddesi olmamasına bağlanmıştır. Demire göre, mangan bitkide daha kolay taşınabilir durumdadır. Mangan eksikliği genç yapraklarda görülmektedir. Özellikle geniş yapraklı bitkilerde mangan eksikliğinde yaprakta damarlar arası sararmakta, damarlar yeşil kalmaktadır. Mangan eksikliğinde bitkilerde görülen sararma yeterince klorofil oluşturulamamasıyla ilgilidir. Klorofilin bileşiminde yer almamasına karşın mangan noksanlığında klorofil oluşumu önemli oranda azalmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

2.4. Bitkilerde Ağır Metal Birikimi

Önemli çevresel kirlenici olan ağır metallerin düşük konsantrasyonları bile zehirlidir. Zehirli metallerle birlikte biyosferin kirlenmesi endüstriyel gelişimin başlamasıyla çarpıcı bir şekilde hızlanmıştır (Nriogo 1979). Ağır metallerin bitkiler tarafından alınma miktarı değişiktir. Bütün bitkiler toprak ve sudan kendi büyüme ve gelişimleri için şart olan ağır metalleri toplama kabiliyetine sahiptirler (Langille ve MacLean 1976). Bazı bitkiler de biyolojik fonksiyonları bilinmeyen ağır metalleri biriktirme kabiliyetine sahiptirler. Bunlar Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se ve Hg içermektedirler (Hanna ve Grant 1962, Baker ve Brooks 1989). Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metallerin hem tolere edilebilir hem de biriktirilebilir üst sınırları farklı bitki türlerine göre değişmektedir (Ernst ve ark. 1992).

2.5. Ağır Metallerin Çevreye Yayınımı

Ağır metaller yağış durumuna göre, doğrudan doğruya toprağa gelip, oradan bitkilere, hatta bazı koşullarda taban sularına ulaşır. Kısmen de yüzeysel akışla uzak çevreye yayılır (Yıldız 2004). Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımları söz konusu olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayınımları önemli miktarlara ulaşabilmektedir (1979'da Lengrich'te çimento tesisinden talyum kaçağı). Ağır metallerin çevreye yayınımlarında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da bitki, hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar. Temel endüstrilerden atılan metal türleri ile bazı sanayi kollarındaki girdilerin işlenmesi sonucu çıkan bazı metaller Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2. 3. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Rether 2002)

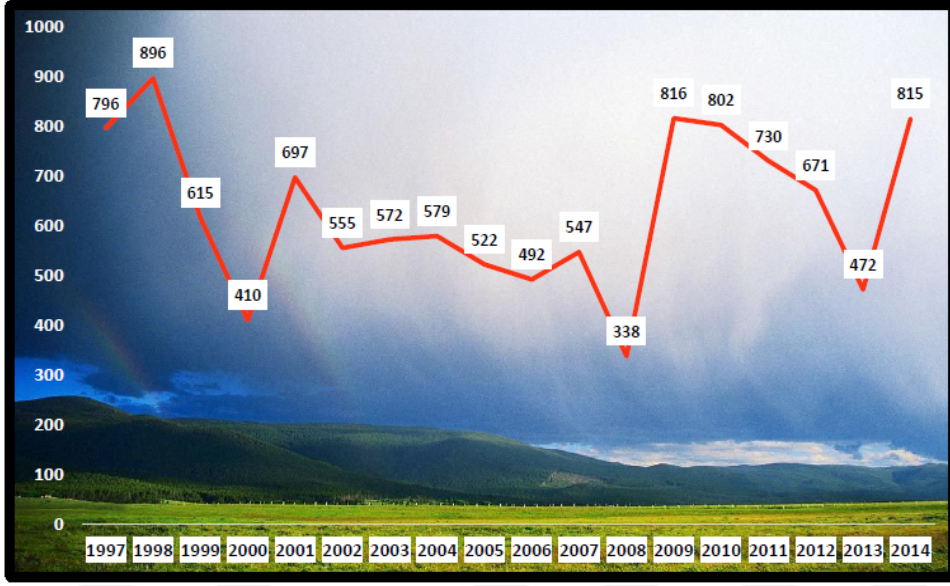
	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn
Endüstri	-	+	+	+	+	+	-
Kağıt Endüstrisi	+	+	-	+	+	-	+
Petro-Kimya	+	+	-	+	+	-	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	+	+	+	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+

3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Tekirdağ ilinin iklimi, ılıman yarı nemli olarak nitelenir. Kıyı kesiminden iç kesimlere girildikçe denizden uzaklığın ve yükseltinin etkisiyle sıcaklık ve yağış değerlerinde küçük farklılaşmalar görülür. Marmara Denizi kıyısı boyunca, yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ise ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin özellikleri görülür. Ancak, Karadeniz ikliminin etkisiyle yaz kuraklığı hafiflemiştir. Kış mevsiminde kar yağışları olağandır. İç kesimlere girildikçe yaz mevsimi daha kurak, kış mevsimi daha soğuk geçen yarı karasal iklim özellikleri belirginleşir. Tekirdağ'ın Marmara kıyılarında yağış bakımından Akdeniz iklimi egemendir. Kıyı şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılık geçer. Buralarda Akdeniz ikliminden tek fark kışın kar yağmasıdır. Yörede zaman zaman esen kuzey rüzgârları, ısının düşmesine neden olur. Kuzeye paralel uzanan Tekir Dağları da kıyı kesimini Balkanlardan gelen soğuk hava kütesine karşı korur. İlin iç bölgelerinde ise karasal iklim egemendir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Bölge kış boyunca esen kuzey rüzgârlarının etkisi altında kalır (Anonim 2014). Tekirdağ iline ait 2014 yılı aylık ortalama toprak sıcaklık değerleri (°C) Çizelge 3.1'de ve uzun yıllara ait yağış miktarları ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge.3.1. 2014 Yılı aylık ortalama toprak sıcaklık değerleri (°C) (Anonim 2014)

İlçeler	Toprak Derinliği (cm)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Çorlu	5 cm	6,4	7,0	9,5	15,9	19,0	21,9	24,9	25,7	21,5	16,7	-	9,3
	10 cm	6,8	7,2	9,7	15,2	19,8	22,7	25,6	26,2	21,2	16,2	-	8,6
	20 cm	7,1	7,4	9,8	15,0	19,0	21,9	24,9	25,7	21,7	16,9	-	9,5
	50 cm	7,6	7,6	9,7	14,2	17,7	20,7	23,7	24,8	22,0	17,5	-	10,4
	100 cm	9,0	8,8	10,0	13,3	16,5	19,7	22,6	24,0	22,3	18,4	-	11,7
Merkez	5 cm	8,1	8,5	10,6	15,0	19,0	24,2	27,8	27,0	21,5	16,6	12,1	8,9
	10 cm	8,7	9,1	11,1	15,3	19,3	24,4	28,0	27,4	22,2	17,3	12,7	9,5
	20 cm	9,4	9,6	11,5	15,4	19,2	24,1	27,8	27,6	23,0	18,1	13,4	10,4
	50 cm	9,9	9,8	11,1	14,5	17,8	22,2	26,0	26,3	23,1	18,6	14,0	11,2
	100 cm	11,7	11,2	11,7	13,9	16,4	20,0	23,5	24,7	23,8	20,3	16,1	13,5
Malkara	5 cm	7,7	8,4	10,0	13,5	19,1	23,2	27,4	26,8	21,3	15,5	-	8,4
	10 cm	7,9	8,5	10,1	13,5	18,9	23,0	27,0	27,0	21,6	15,7	-	8,5
	20 cm	8,3	8,8	10,4	13,5	18,9	22,4	26,1	26,5	22,0	16,4	-	9,2
	50 cm	8,8	8,9	10,4	13,0	17,5	21,1	24,4	25,3	22,3	17,1	-	10,2
	100 cm	10,5	10,2	10,9	12,7	15,4	18,6	21,4	22,9	22,1	18,7	-	12,5



Şekil 3.2. Tekirdağ ili uzun yıllara ait yağış miktarları (Anonim 2014).

3.1.3. Bitki Örtüsü

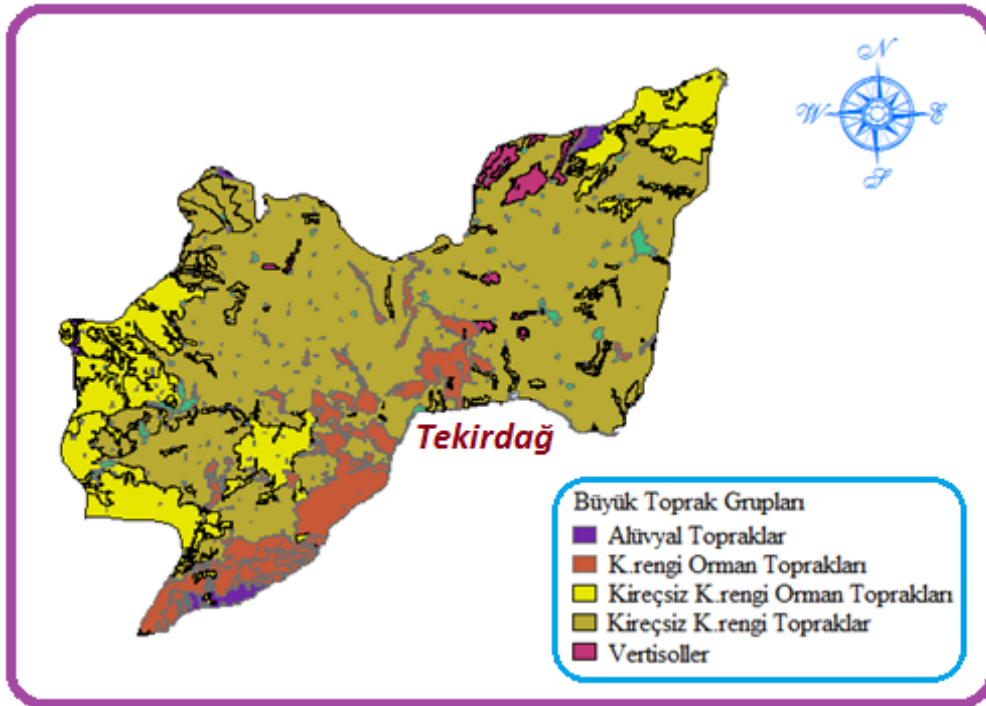
Trakya Bölgesi'nde genellikle arazi yapısı ve iklimin etkisiyle orman alanları kuzey ve güney kesiminde yoğunluk arz etmektedir. Kuzeyde Istranca Dağları boyunca Karadeniz'e paralel uzanan orman bloğu, Karadeniz ikliminin etkisiyle rutubeti seven kayın, meşe, kızılçam, dişbudak gibi ağaç türlerinden oluşmaktadır. Güneyde Ganos Dağları boyunca Saroz Körfezine doğru uzanan ve İç Trakya ile Gelibolu Yarımadasını ayıran orman bloğunun güneye bakan yüzü Akdeniz iklimine uygun ve yaz kuraklığına dayanıklı kızılçam, pınal meşesi gibi ağaç türleri ile kaplı iken, kuzeye bakan yüzü ise kızılçam, karaçam, meşe, ıhlamur, gürgen gibi ağaç türleri ile kaplıdır. Kuzey ve güneydeki iki orman bloğunun arasındaki düz arazide karasal iklime ve toprak yapısına uygun meşe türlerinden oluşan ormanların gruplar halinde dağınık vaziyette bulunduğu ve kuzey ile güneyde bulunan ana orman blokları arasında bağlantının bulunmadığı görülmektedir (Anonim 2014).

3.1.4. Toprak Özellikleri

Ülkemizde tarım toprakları bol bir üretim faktörü değildir. Araştırmalara göre toplam arazinin yaklaşık %34'lük bir bölümü tarıma elverişlidir (Sazak 1996). 1950'lerden sonra yaşanan sanayileşme, plansız kentleşme, büyük ölçekli kamu yatırımları, turistik kullanımlar verimli tarım topraklarının yitirilmesine neden olmaktadır. Özellikle sanayileşme nedeniyle her yıl binlerce dekar tarım toprağı sanayi ve yerleşim yeri olarak kullanılmaktadır. Böylece amaç dışı arazi kullanımı giderek artmaktadır.

Dünyanın diğer ülkelerinde tarım topraklarını korumayı amaçlayan önlemlerin çok önceden alınmaya başlanmasına rağmen, ülkemizde zaten çok sınırlı olan tarım toprakları hala büyük bir hızla kaybedilmektedir (Sazak 1996).

Trakya Bölgesi'nde de yoğun sanayileşmeden ve kentleşmeden dolayı amaç dışı arazi kullanımı artmaktadır. İstanbul'dan Saroz'a kadar olan kıyı kesimi tamamen ikinci konut ağırlıklı olarak yapılaşmıştır ve kıyı ovaları tamamen tahrip edilmiştir. 1968-1982 yılları arasında Tekirdağ'da da arazi kullanımında bazı değişiklikler yaşanmaya başlanmış olup, yerleşim yerlerinde artma ve tarım arazilerinde azalma görülmektedir. Bölgedeki tarım alanlarının önemli bir bölümü kirlilik, erozyon, taşlılık ve çoraklık gibi toprak kalitesini bozan etmenlerle karşı karşıyadır. Gerek turistik tesisler, gerek sanayi, gerek konut yapımı gibi nedenlerden dolayı ilde amaç dışı arazi kullanımı giderek artmaktadır. Yerleşim yerlerinin artmasından dolayı arazi kaybı çoğunlukla Tekirdağ il merkezine ve ilçelere yakın genellikle I. II. ve III. sınıf tarım arazilerinden görülmektedir (Anonim 2014). Şekil 3.3'te Tekirdağ ili büyük toprak gruplarının alansal bazda dağılımları Çizelge 3.2'de ise Tekirdağ iline ait arazi varlığı dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.3. Tekirdağ ili büyük toprak grupları (orjinal)

Çizelge 3.2. Tekirdağ ili arazi varlığı dağılımı (Anonim 2014)

Kullanılış Biçimi	Alan (da)	Oranı (%)
Çayır-Mera Alanı	325.824	%5.16
Tarım Dışı Arazi	1.230.311	%19.49
İşlenen Tarım Alanı	3.714.330	%58.84
Ormanlık Alan	1.042.535	%16.51
Toplam	6.313.000	%100.0

İlde yoğun sanayileşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan sanayi atıkları Ergene Nehri ve kolları ile Saroz-Enez'e kadar uzanmakta ve nehrin etrafındaki araziler taşkınlardan dolayı kirli sulardan önemli ölçüde etkilenmektedir. Ayrıca bu sanayi atıklarından dolayı yer altı su kaynakları da büyük ölçüde kirlenmektedir (Sazak 1996).

Tekirdağ ilinin arazi varlığı bölge yüzölçümünün %26,3'ünden ibarettir. İlin önemli bir bölümü tarım alanı olup, düzlük ve ova şeklinde coğrafik bir yapıdadır. Orman alanları ve tarım dışı alanlar daha azdır. Çayır ve mera alanlarının yıllardır tarım alanlarına dönüştürülmesi nedeniyle ildeki mera alanları giderek azalmaktadır.

Tarımsal amaçlı kullanılan arazi varlığı fazla olmasından dolayı su kaynaklarına gereksinim de fazladır. İl arazisinin yaklaşık %18'i tarımsal amaçlı ve tarım dışı kullanılmaktadır. Yörenin iyi nitelikli ve verimli tarım toprakları I. II. ve III. sınıf tarım arazileri grubuna girmektedir. Bu araziler hassas tarım bölgesi içerisinde değerlendirilmeli, dikkatle ve özenle korunmalıdır (Sezen 2008).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak ve Bitki Örneklerinin Alınması

Toprak örnekleri değişik sanayi kuruluşlarının bulunduğu alt bölgelerde genellikle fabrikalara en az 100 metre, en çok 500 metre kadar uzaklıktan ve kuru tarım uygulanan kireçsiz kahverengi topraklardan 20 adet buğday bitki örneği, aynı tarlalardan 20 adet toprak örneği alınmıştır. Bitki ve toprak örneklerinin alındığı alanlarda yapılan uygulamalara ilişkin görüntü Şekil 3.4 ve 3.5'de verilmiş olup örneklem noktalarına ilişkin koordinat değerleri ise Çizelge 3.3'te, toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktaların mekânsal dağılımı ise Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



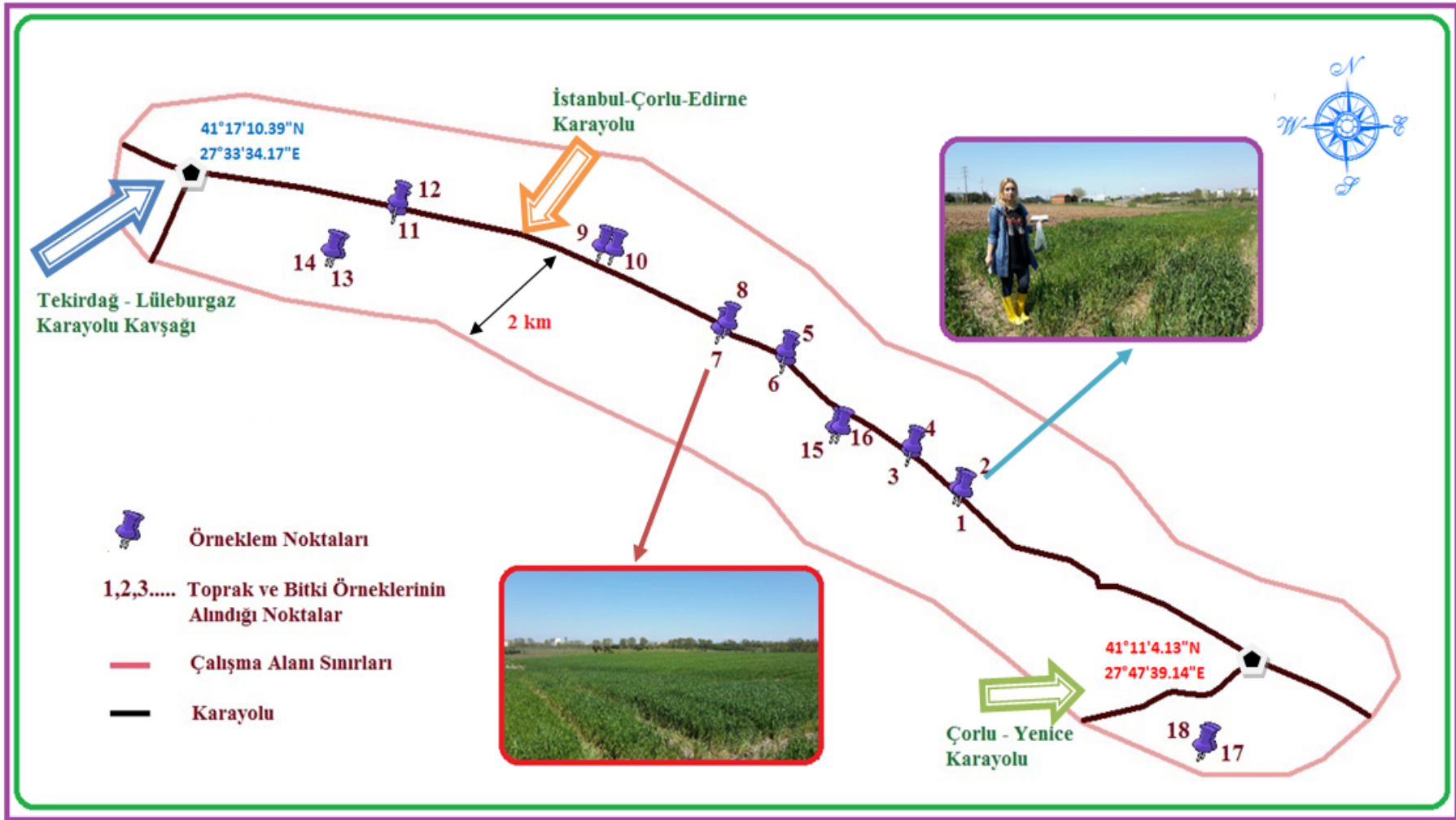
Şekil 3.4. Toprak ve bitki örneklerin alınması



Şekil 3.5. Arazi çalışmaları

Çizelge 3.3. Bitki ve toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları

Toprak Örnekleri	Bitki Örnekleri	X	Y
T1	B1	27,728673	41,220913
T2	B2	27,729708	41,220469
T3	B3	27,718211	41,228655
T4	B4	27,718475	41,229692
T5	B5	27,690758	41,248049
T6	B6	27,690664	41,249422
T7	B7	27,676471	41,254254
T8	B8	27,677839	41,255475
T9	B9	27,650222	41,271390
T10	B10	27,652739	41,270539
T11	B11	27,605001	41,279227
T12	B12	27,605264	41,280647
T13	B13	27,591378	41,270064
T14	B14	27,590556	41,270506
T15	B15	27,701638	41,233581
T16	B16	27,702850	41,233536
T17	B17	27,783562	41,167771
T18	B18	27,782525	41,167267
T19	B19	27,714856	41,023525
T20	B20	27,712672	41,021808





Şekil 3.6. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktaların mekânsal dağılımı

3.2.2. Toprak ve Bitki Örneklerinin Analize Hazırlanması

Bitki örnekleri araziden laboratuvara geldiğinde önce kökleri toprak kalıntılarında temizlemek için musluk suyu konulan 3 kovada sırayla yıkanıp dördüncü leğendeki saf suyla yıkandıktan sonra hava kuruda kurutmaya bırakılmıştır. Önce laboratuvar koşullarında ve havada nemini belirli düzeyde kaybeden bitkiler daha sonra 65 °C'ye ayarlanmış bir etüvde 24 saat kurutulduktan sonra öğütülerek örnek kaplarına etiketlenip konulmak suretiyle analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örnekleri ise, tıpkı bitki örneklerinde olduğu gibi laboratuvar ortamında hava kuru toprak haline getirilerek 2 mm'lik çelik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

3.2.3. Ağır Metal Analizleri

Toprak örnekleri ekstrakte edilebilir bazı ağır metal analizi için önce 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA (pH: 7.3) ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). Daha sonra ekstrakttaki Cd, Co, Cr, Ni, Pb miktarları ICP-OES'de belirlenmiştir. Çalışmadaki Fe, Cu, Zn ve Mn elementlerinin analizleri ise DTPA ile ekstrakte edildikten sonra ICP-OES cihazında, mg kg⁻¹ cinsinden belirlenmiştir (Kacar 1995).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Arazi alıŐmalarına İlişkin Bulgular

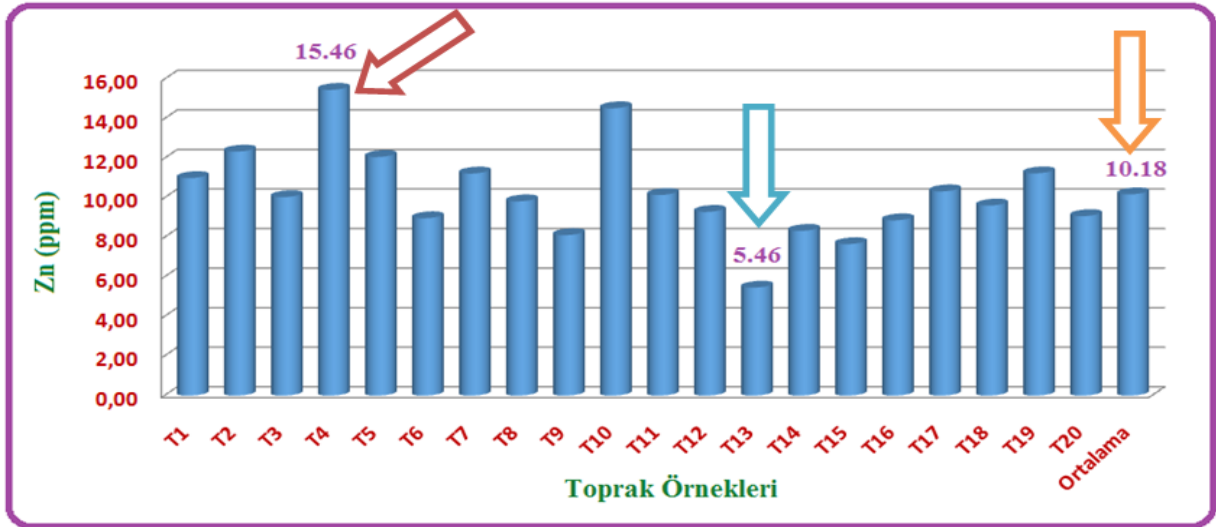
Tekirdağ-Edirne karayolu zeri Tekirdağ-Lüleburgaz karayolu kavşağı ile orlu-Yenice karayolu kavşağı arasında kalan karayolu üzerindeki alanlardan alınan 20 adet toprak rneği ayrı ayrı analize tabi tutularak değerlendirilmiş elde edilen sonuçlar baŐlıklar halinde aŐađıda detaylı olarak sunulmuştur.

4.1.1 Toprak rnekleri Ağır Metal Analiz Sonuçları

Alınan 20 adet toprak örneğine yapılan pH-EC ve ağır metal analiz sonuçlarının tümü izelge 4.1’de Araştırma bölgesinden alınan toprak örneklerinde Zn değerlerinin dağılımı ise Şekil 4.1’de detaylı verilmiştir.

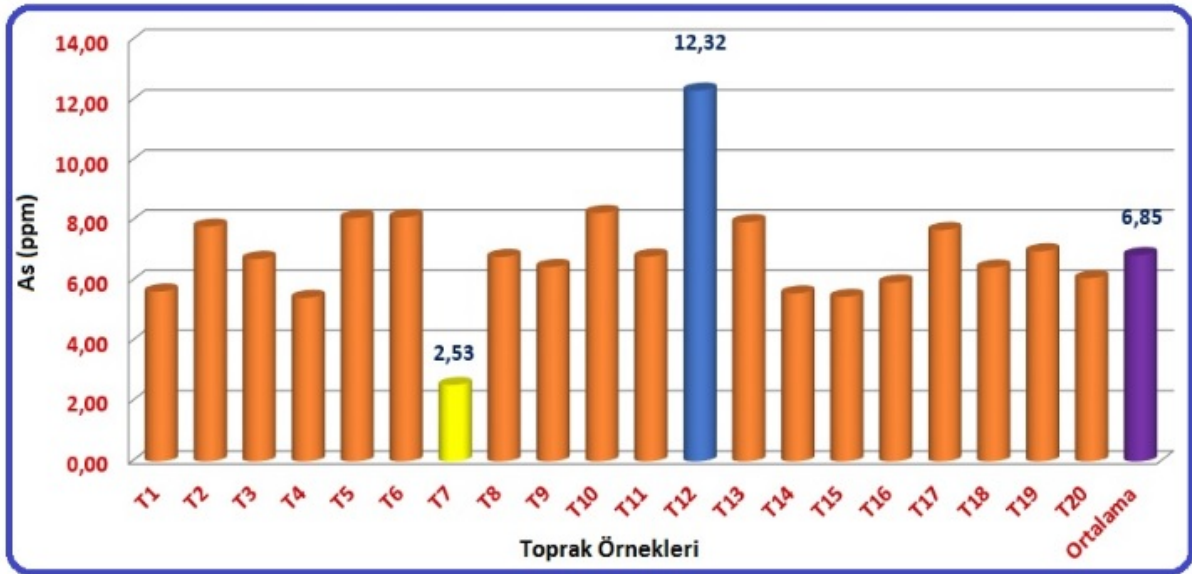
Çizelge 4.1. Toprak örneklerindeki pH-EC değerleri ve bazı ağır metal analiz sonuçları

Toprak Örnekleri	pH	EC	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Co	Ni	Se	Pb	As	Cd	Cr
		mmhos/cm	mg kg ⁻¹											
T1	7,2	0,89	1,12	9,29	10,31	25,77	11,00	0,15	2,25	1,56	12,34	5,64	6,78	3,25
T2	7,3	0,96	1,36	10,13	13,78	27,21	12,34	0,13	2,12	1,51	15,37	7,80	6,92	4,55
T3	7,2	0,68	1,17	8,12	14,80	15,46	10,04	0,12	1,68	1,98	13,24	6,73	5,43	3,24
T4	6,1	0,67	1,43	12,32	11,45	24,09	15,46	0,17	1,78	1,65	14,39	5,43	6,48	5,06
T5	7,1	0,68	1,26	10,15	12,04	27,19	12,07	0,13	2,37	1,49	15,43	8,09	6,04	2,31
T6	7,0	0,68	1,47	9,61	13,43	14,53	8,97	0,18	2,31	1,21	12,48	8,11	4,53	5,94
T7	7,6	0,63	1,57	6,56	5,46	24,09	11,23	0,10	2,10	1,63	17,55	2,53	6,06	5,38
T8	7,0	0,54	1,36	9,08	10,48	22,39	9,83	0,13	1,76	1,88	11,69	6,79	7,65	3,24
T9	7,6	0,58	1,57	5,43	13,24	15,46	8,12	0,23	1,68	1,59	15,36	6,46	5,12	7,43
T10	7,2	0,48	1,66	11,64	12,05	24,12	14,53	0,13	2,54	1,67	11,23	8,25	8,32	6,34
T11	6,9	0,46	1,23	10,04	17,68	20,64	10,15	0,16	1,80	1,47	14,69	6,80	4,56	4,34
T12	6,1	0,57	1,47	4,12	12,06	23,43	9,29	0,19	1,87	1,11	17,65	12,32	6,05	5,76
T13	6,9	0,49	1,66	12,07	14,32	21,00	5,46	0,07	1,83	1,48	14,58	7,94	6,56	4,41
T14	6,4	0,37	1,72	8,97	10,15	23,90	8,33	0,15	1,76	1,78	12,47	5,58	6,75	3,45
T15	7,3	0,57	1,56	3,78	10,21	25,32	7,66	0,12	2,21	1,58	14,53	5,46	6,12	5,32
T16	7,1	0,48	1,28	11,85	13,79	18,79	8,86	0,14	1,54	1,32	12,32	5,94	6,92	6,11
T17	6,5	0,51	1,46	8,33	11,13	23,60	10,33	0,14	2,06	1,62	13,41	7,68	7,75	6,12
T18	7,2	0,57	1,54	5,46	13,78	24,12	9,61	0,21	1,45	1,54	18,76	6,44	5,45	5,07
T19	7,3	0,48	1,77	8,86	8,79	25,46	11,24	0,17	2,40	1,48	11,68	6,98	8,13	5,42
T20	6,8	0,54	1,34	6,32	12,08	20,11	9,08	0,13	1,45	1,44	15,64	6,08	6,06	5,67
T min	6,1	0,37	1,12	5,43	5,46	14,53	5,46	0,1	1,45	1,11	11,23	5,46	4,53	2,31
T max	7,6	0,68	1,77	12,32	17,68	25,46	15,46	0,19	2,4	1,88	17,55	12,32	8,32	7,43
T ort	6,9	0,59	1,45	8,61	12,05	23,33	10,18	0,15	1,95	1,55	14,24	6,85	6,38	4,92



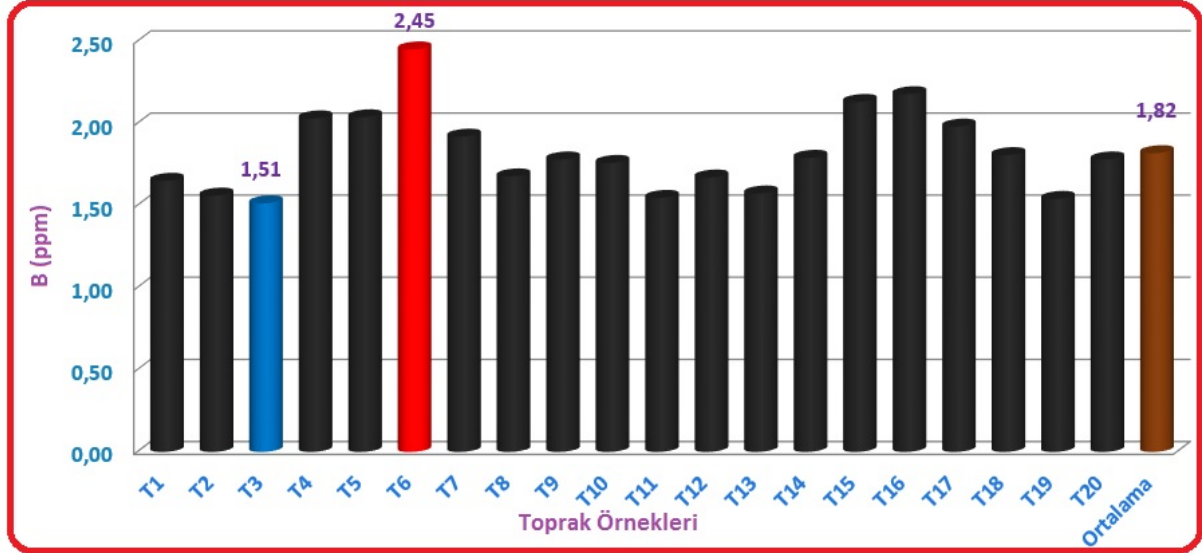
Şekil 4.1. Toprak örneklerindeki Zn Değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.1'de görüldüğü üzere 20 ayrı noktadan alınan toprak örneklerinde Zn değeri ortalama olarak $10,18 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu saptanmıştır. En yüksek değer ölçüldüğü T4 noktasındaki Zn değerinin $15,46 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük Zn değerinin ise T13 nolu noktadan alınan toprak örneğinde $5,46 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeylerinde olduğu saptanmıştır. Yapılan analizlere göre Zn değerlerinin literatürde verilen sınır değerlerine ($>8,0$) göre çok fazla miktarda bulunduğu tespit edilmiştir (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996). Bellitürk (2005)'ün Tekirdağ koşullarında yaptığı benzer bir çalışmada, toprak örneklerinin yaklaşık olarak % 85'inde Zn değerlerinin düşük olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada alınan toprak örneklerindeki As dağılımına ilişkin grafik Şekil 4.2'de detaylı olarak verilmiştir.



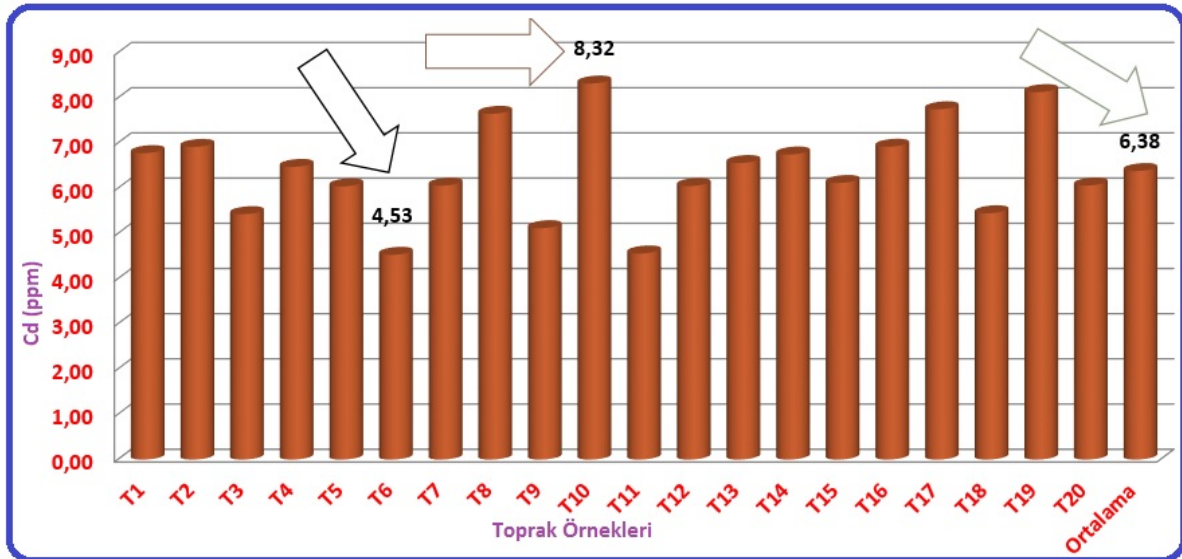
Şekil 4.2. Toprak örneklerindeki As Değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Alınan örneklerde en yüksek As değerinin T2 noktasında ve $12,32 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük As değerinin T7 noktasında $2,53 \text{ mg kg}^{-1}$, ortalama As değerinin ise $6,83 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerindeki B değerleri dağılımı Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Toprak örneklerindeki B değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Araştırma bölgesinden alınan 20 toprak örneğinde en yüksek B değeri T6 noktasında olup $2,45 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük B değeri T3 noktasına ait olup $1,51 \text{ mg kg}^{-1}$ ve ortalama B değeri $1,82 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyindedir. Şekil 4.4'te Cd ortalama değerleri görülmektedir.



Şekil 4.4. Toprak örneklerindeki Cd değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

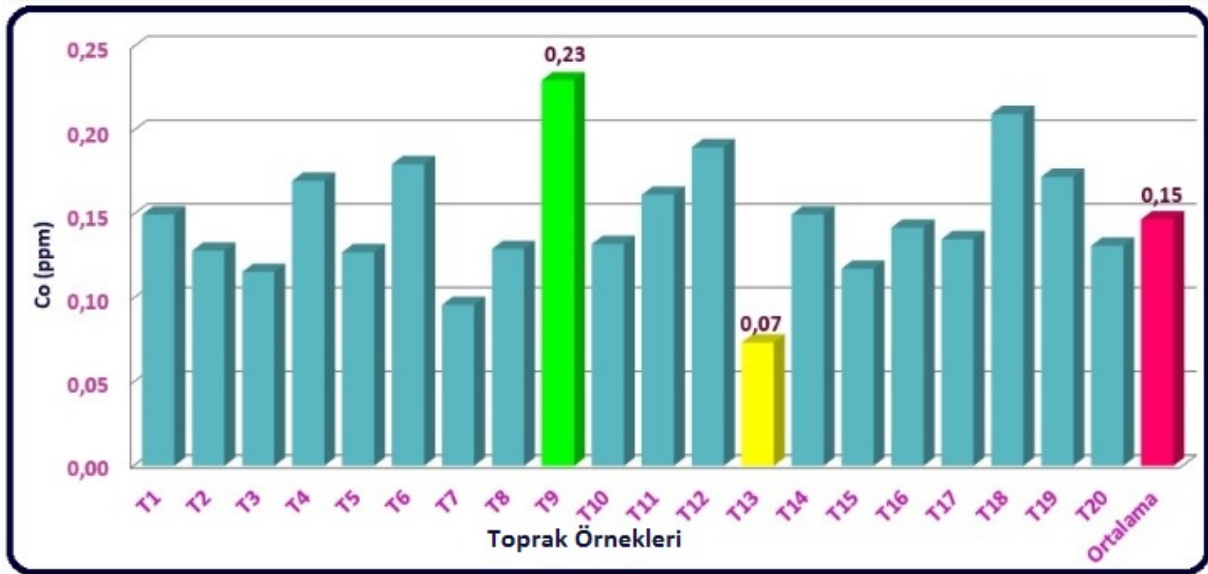
Ana yola yakın yerlerden alınan 20 toprak örneğinin Cd değerlerine bakıldığında ise; en yüksek değer T10 noktasında $8,32 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük değer T6 noktasında $4,53 \text{ mg kg}^{-1}$ ve ortalama değerinde $6,38 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu saptanmıştır.

Cd değerlerinin literatürde verilen sınır değerlerinden (>0.2) yüksek olduğu görülmektedir (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996).

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinde genellikle Cd miktarı sınır değerinin üzerinde çıkmıştır. Ancak, tarım topraklarında çok az miktarda da olsa genellikle Cd bulunur (Hesse 1971). Mesela, tarım ilaçlarından fungusitlerde bulunan Cd ilaçlama yolu ile de toprağa karışabilmektedir (Ross ve Steward 1969). Tekirdağ ilinde çok fazla gerek kimyasal gübre ve gerekse tarım ilaçlarının kullanıldığına dair pek çok çalışma bulunmaktadır (Bellitürk 2005). Öte yandan, araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarına yakın birçok tarla topraklarındaki Cd miktarı da yüksek çıkabilmektedir. Bu durum, bazı fabrika yakınlarındaki tarlaların topraklarında da söz konusu olabilmektedir. Yani atmosfer kirliliği Cd birikmesini tetikleyen unsurlardan birisidir. Atmosferde Cd bulaşmasının olduğu yörelerde yetiştirilen bitkilerde biriken Cd topraktan olduğu kadar, atmosferden de kaynaklanabilmektedir (Kacar ve İnal 2008). Bu bilgiler ışığında araştırma sonuçlarımızın önceki birçok çalışma ile de desteklendiğini söylemek mümkündür.

Tekirdağ ilinde aşırı miktarda N, P ve K gübrelere kullanıldığına dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Bellitürk ve Sağlam, 2005).

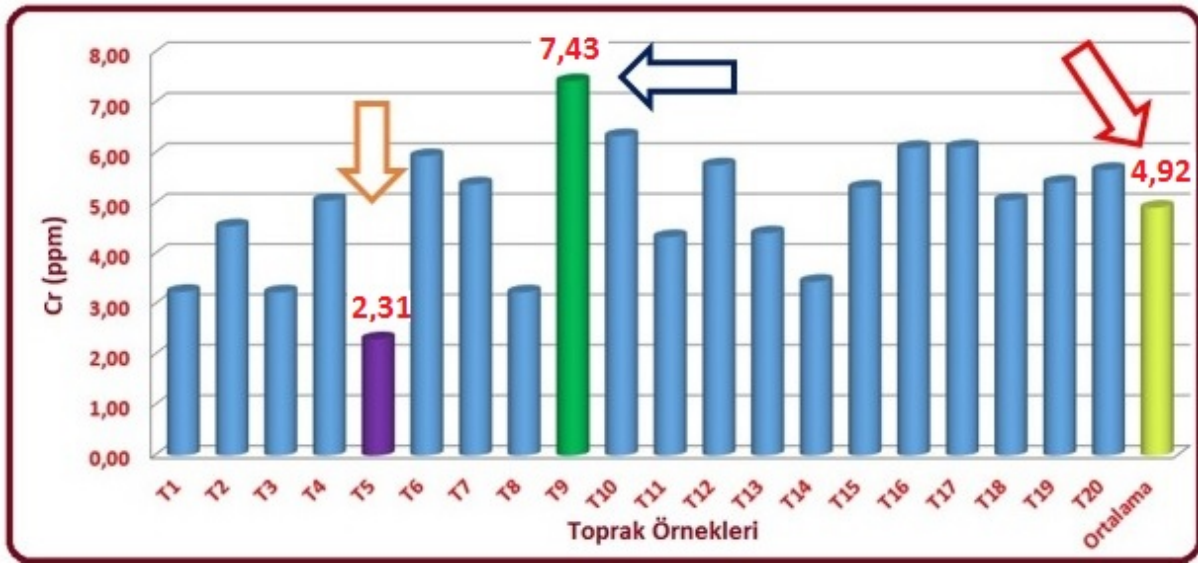
Dağdeviren (2007)'e göre ekonomik değeri yüksek olan buğday bitkisi topraktan kökleri aracılığıyla Cd'ü kolaylıkla alabilmektedir. Bu da topraktaki ağır metal kirliliğinin bitkiye ne kadar kolay geçebildiğini ispatlamaktadır. Alınan örneklerdeki Co değeri saptaması Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Toprak örneklerindeki Co değerleri (mg kg⁻¹) (ppm)

Çeşitli endüstri kuruluşlarının bulunduğu yerlerden alınan toprak örneklerinin 20 nokta içerisinde en yüksek seviye 0,23 mgkg⁻¹ ile T9 noktasında, en düşük seviye 0,07 mgkg⁻¹ ile T13 noktasında tespit edilmiştir. Ortalama Co seviyesi ise 0,15 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır.

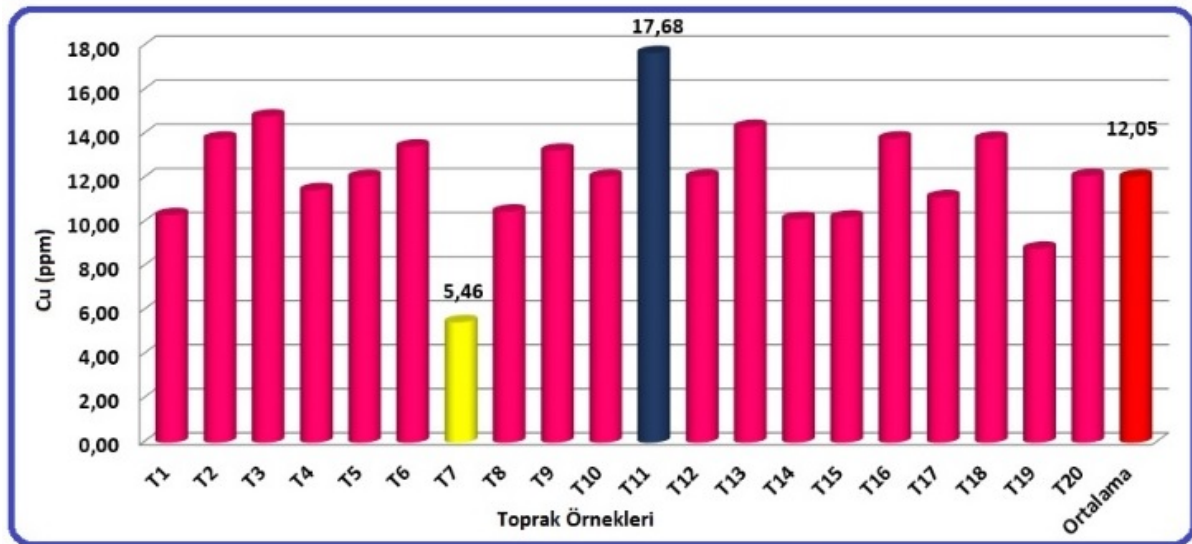
Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005) önemli bir Co kirliliğinin olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada sınır değerlerine göre (>0,09) Co kirliliğine rastlanmaktadır. (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996). Araştırma bölgesinden alınan topraklardaki Cr düzeyleri Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.6. Toprak örneklerindeki Cr değerleri (mg kg⁻¹) (ppm)

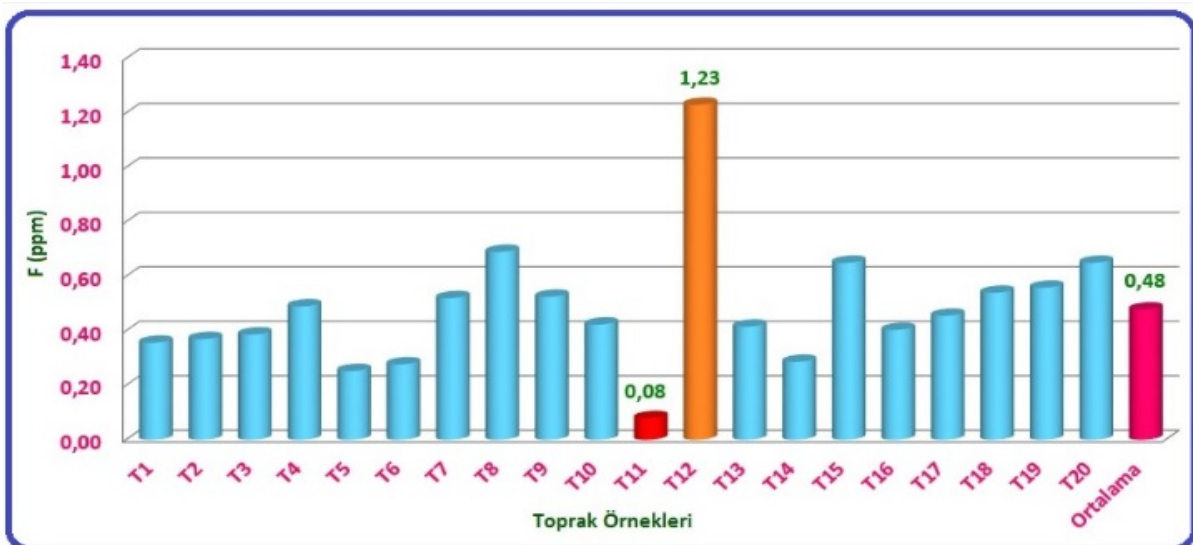
Ağır metal kirliliği üzerine yapılan araştırmamız için alınan örneklerde Cr değerleri incelendiğinde en yüksek değer T9 noktasında 7,43 mg kg⁻¹, en düşük değer T5 noktasında 2,31 mg kg⁻¹, ortalama Cr değerinde 4,92 mg kg⁻¹ olduğu sonucuna varılmıştır. Cr değerlerinin literatürde verilen sınır değerlerinden (>1 mg kg⁻¹) yüksek olduğu görülmektedir (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996)

Az miktardaki Cr'un insanların beslenmesi için esas olduğu ve yararlı bulunduğu (Mertz 10-969, Pratt 1966) e göre tespit edilmiştir. Ancak fazla miktarda toprakta bulunan Cr çevre kirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneklerdeki Cu düzeyleri Şekil 4.7'de verilmiştir.



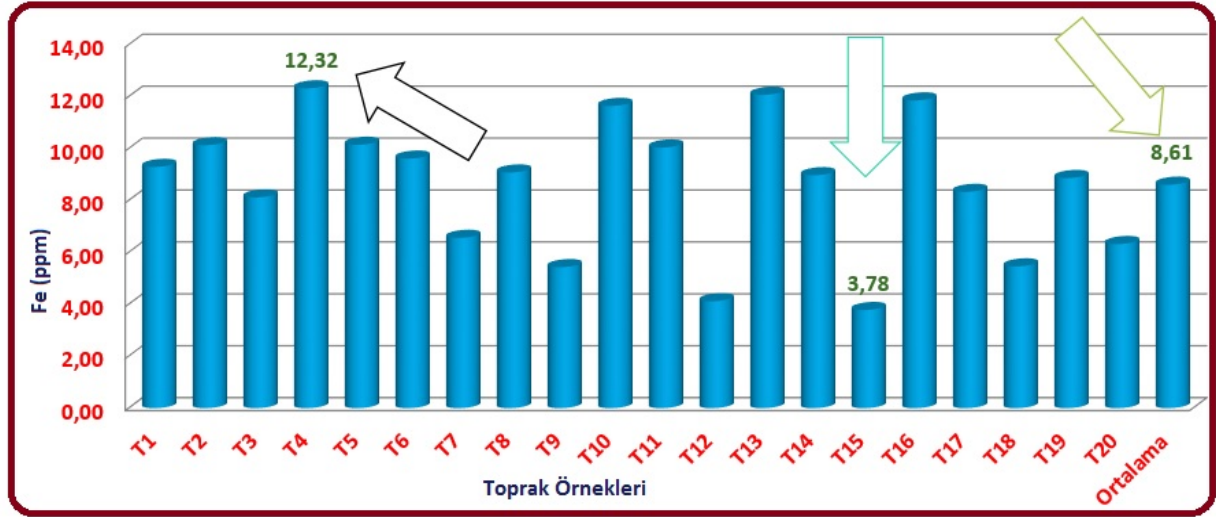
Şekil 4.7. Toprak örneklerindeki Cu değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi alınan örneklerde Cu ortalama değerinin $12,05 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. En yüksek Cu değerinin $17,68 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyi ile T11 noktasında, en düşük değer $5,46 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyi ile T7 noktasında olduğu saptanmıştır. Cu değerlerinin literatürde verilen sınır değerlerinden ($>0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) yeterli düzeyde olduğu görülmektedir (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996). Şekil 4.8'de alınan örneklere ait F değerleri verilmiştir.



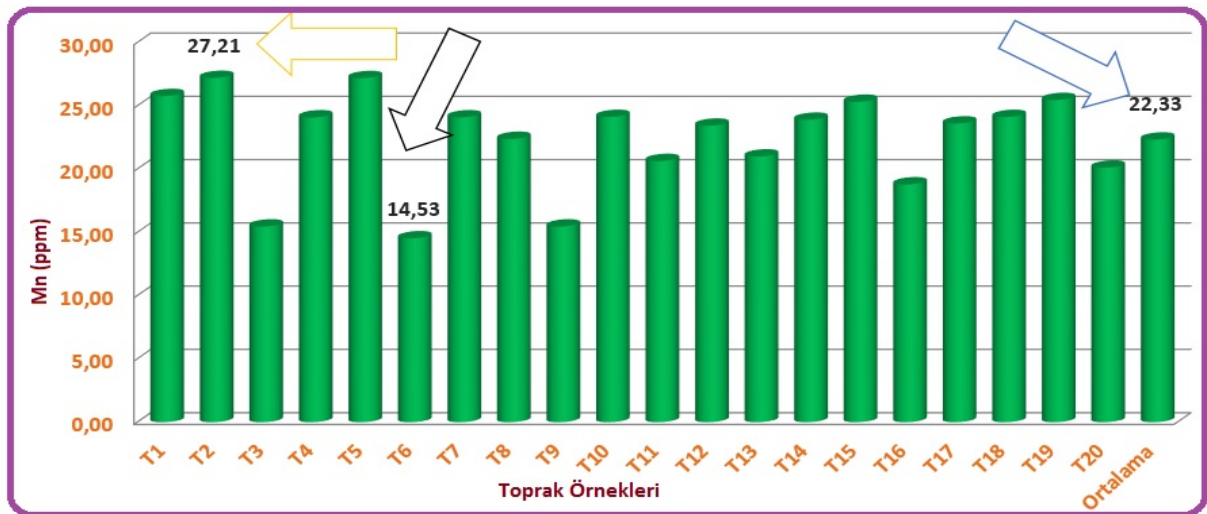
Şekil 4.8. Toprak örneklerindeki F değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere en yüksek F değerinin T12 noktasında olup $1,23 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük F değerinin T11 noktasında $0,08 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Ortalama F değeri ise $0,48 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyindedir. Fe düzeyleri ise Şekil 4.9’ da detaylı bir şekilde verilmiştir.



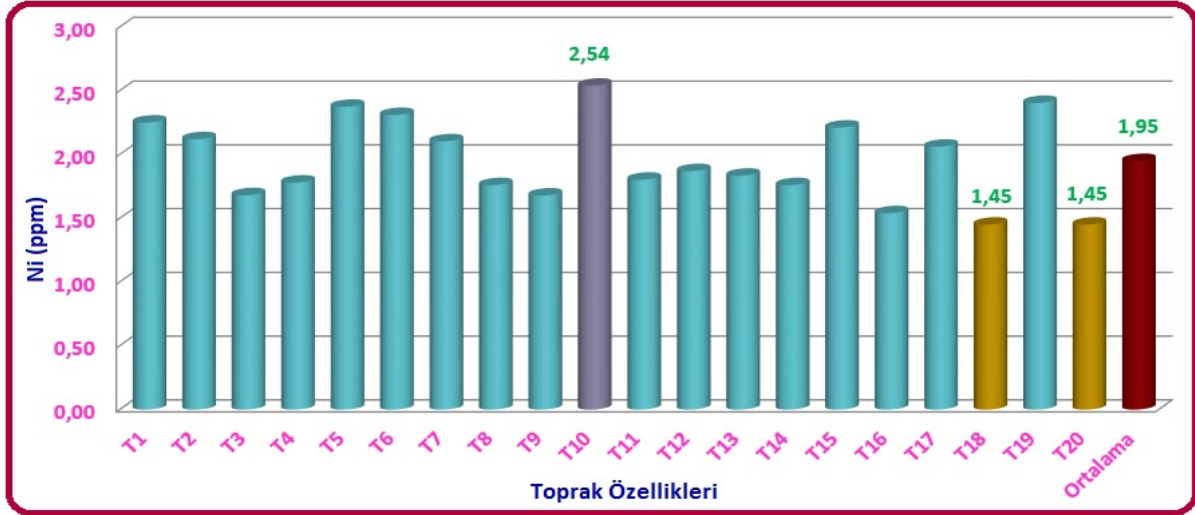
Şekil 4.9. Toprak örneklerindeki Fe değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Alınan örneklerdeki Fe ortalama değeri $8,61 \text{ mg kg}^{-1}$ dir. T8 noktasındaki örneğin $12,32 \text{ mg kg}^{-1}$ ile alınan örnekler içerisinde en yüksek Fe düzeyine, T15 noktasındaki örneğin $3,78 \text{ mg kg}^{-1}$ ile en düşük Fe düzeyine sahip olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmada Fe değerleri sınır değerlerine ($>4,5$) göre fazla miktarda Fe içermektedir (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996). Ortalama Fe düzeyi ise $8,61 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Örneklerdeki Mn değerleri Şekil 4.10’ da verilmiştir.



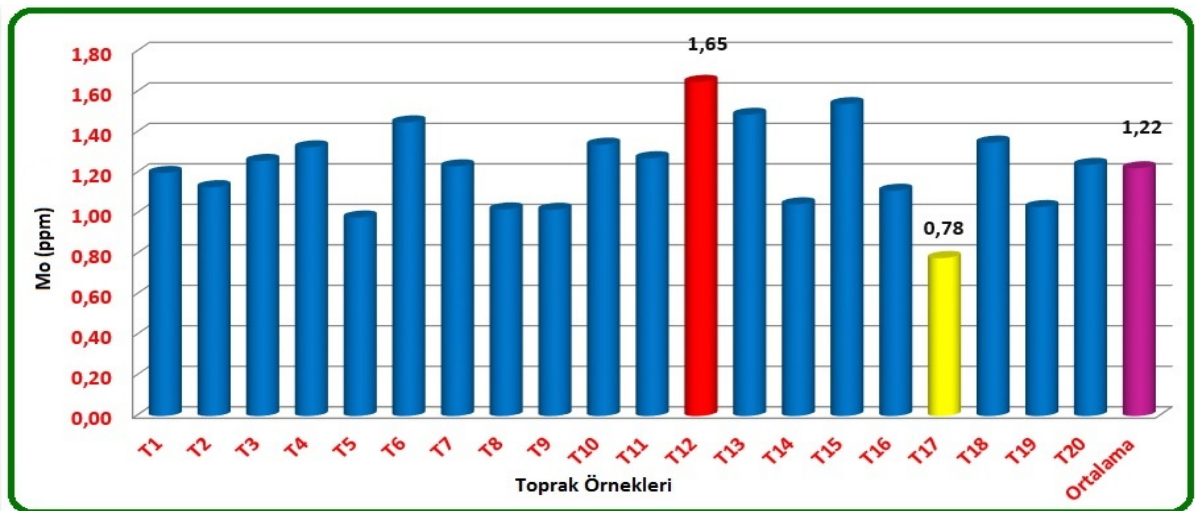
Şekil 4.10. Toprak örneklerindeki Mn değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 3.10' da verilen Mn değerlerinde en yüksek içeriğin 27,21 mgkg⁻¹ ile T2 noktasına, en düşük değerin 14,53 mgkg⁻¹ ile T6 noktasına ait olduğu tespit edilmiştir. Ortalama Mn değerinin 22,33 mgkg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Şekil 4.11'de toprak örneklerindeki Mo (mg kg⁻¹) düzeyleri verilmiştir.



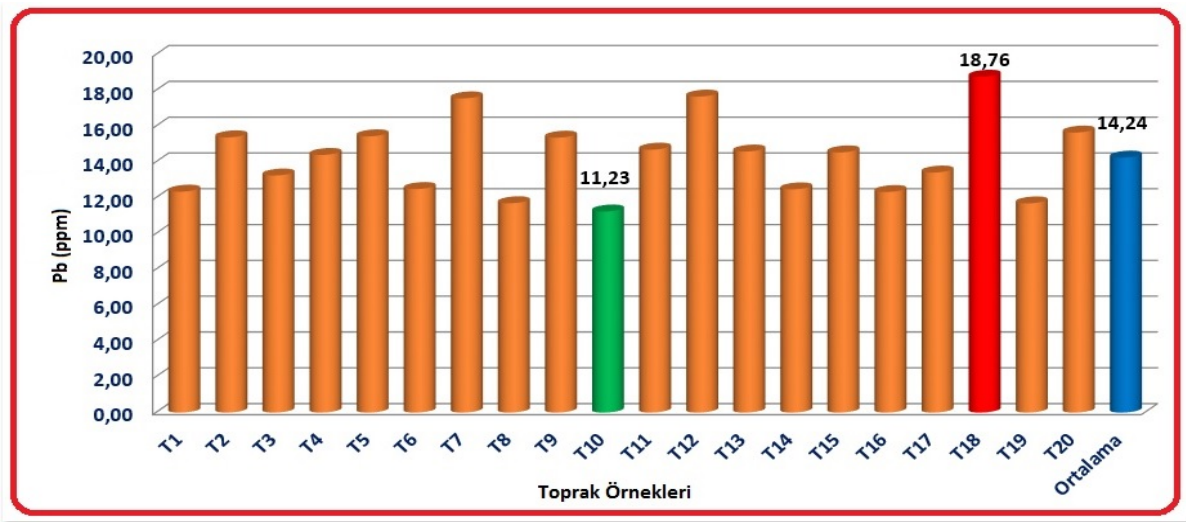
Şekil 4.11 Toprak örneklerindeki Mo değerleri (mg kg⁻¹) (ppm)

Grafikte de görüldüğü gibi alınan örneklerde ortalama Mo değerinin 1,22 mg kg⁻¹, en yüksek Mo değerinin T12 noktasında 1,65 mg kg⁻¹, en düşük Mo değerinin ise T17 noktasında 0,78 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Araştırmalar molibden ile Cu, Mn, Zn ve Fe arasında da yakın bir interaksiyonun bulunduğunu ve anılan elementlerin bitkilerin molibden gereksinimlerini artırdığını göstermiştir (Kacar ve İnal 2008). Alınan örneklerdeki Ni değerleri Şekil 4.12' de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Toprak örneklerindeki Ni değerleri (mg kg⁻¹) (ppm)

Alınan örneklerde Şekil 4.12’de görüldüğü gibi ortalama Ni değeri $1,95 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Örneklerdeki en yüksek Ni seviyesinin T10 noktasına ait ve $2,54 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyesinde, en düşük Ni seviyelerinin ise T18 ve T20 noktalarına ait ve $1,45 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Ni değerlerinin literatürde verilen sınır değerlerinden (50 mg kg^{-1}) düşük olduğu görülmektedir. Bitki gelişmesi için gerekli olmamakla beraber bitkiler nikeli kolaylıkla alırlar. Çok düşük miktarları hariç nikel bitkilerde zehir etkisi yapar (Kacar ve İnal 2008). Şekil 4.13’te alınan toprak örneklerindeki Pb elementine ait değerler gösterilmiştir.

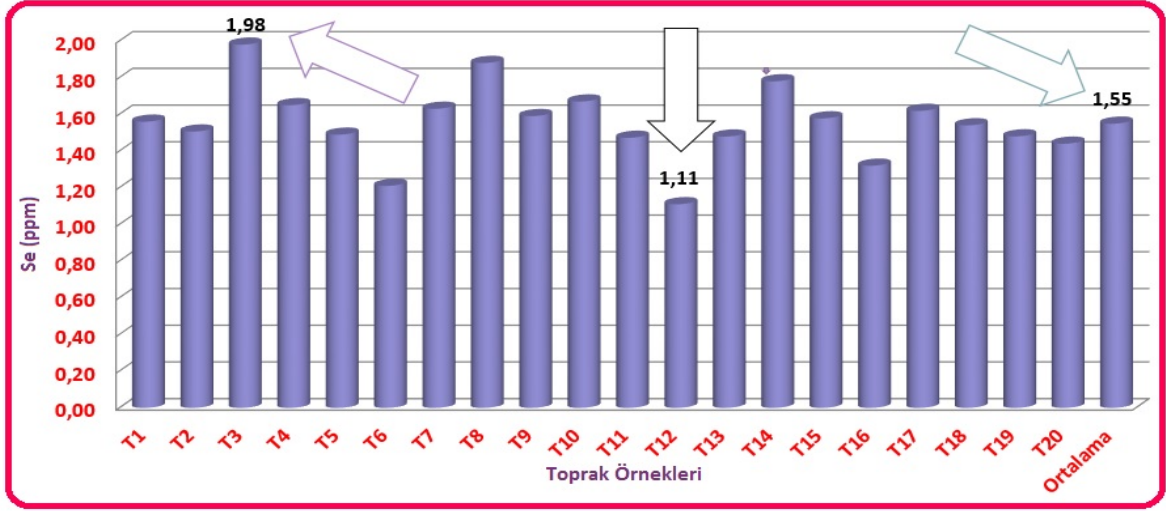


Şekil 4.13. Toprak örneklerindeki Pb değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.13’te verilen Pb sonuçlarına bakıldığında ortalama değer $14,24 \text{ mg kg}^{-1}$, en yüksek düzeyin T18 noktasında ve $18,76 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük düzeyin T10 noktasında ve $11,23 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu saptanmıştır. Pb değerlerinin literatürde verilen sınır değerlerinden ($>4 \text{ mg kg}^{-1}$) yüksek olduğu görülmektedir (Lindsay ve Norwell 1969, FAO 1990, Tovep 1991, Güneş ve ark. 1996).

Kırklareli ilinde 50 toprak örneği üzerinde yapılan çalışmada % 2 oranında ‘‘toksik’’ ve % 98 oranında ‘‘izin verilebilir’’ olmak üzere Pb bulgularına ulaşılmıştır (Pak 2011). Fazla Pb bazı bitki besin elementlerini almasında sorunlara neden olarak bitkinin kök gelişimini olumsuz etkiler (Asri ve Sönmez 2006).

Hakerlerler ve ark. (1995)’e göre otoyollardaki yakın tarım arazilerinde özellikle Cd, Pb ve Ni kirliliği önemli ölçüde saptanmıştır. Bu da tarım topraklarının yoğun araç trafiğinden önemli ölçüde etkilendiğini ağır metal kirliliğine maruz kaldığını ispatlamaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.14’te alınan örneklerin Se değerleri verilmiştir.



Şekil 4.14. Toprak örneklerindeki Se değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

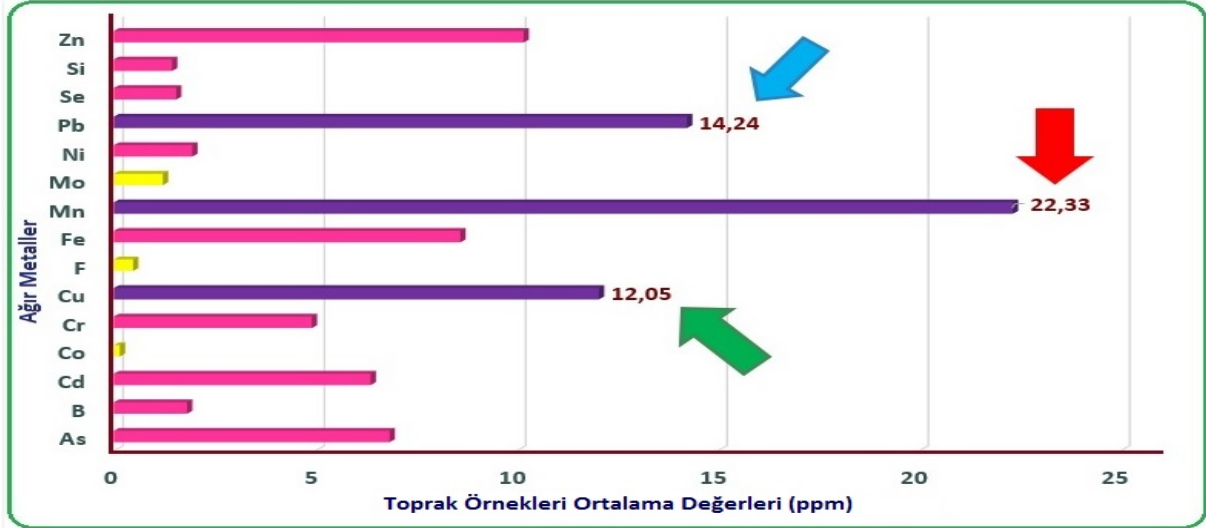
Ana yola yakın ve endüstri kuruluşlarının fazla olduğu bölgelerden alınan toprak örneklerindeki ortalama değeri $1,55 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. T12 noktasında $1,11 \text{ mgkg}^{-1}$ olarak tespit edilen değer örneklerdeki en düşük Se (mg kg^{-1}) seviyesine sahiptir. $1,98 \text{ mg kg}^{-1}$ tespit edilen T3 noktasına ait örnek, örnekler içerisinde en yüksek Se düzeyine sahiptir. Selenyumun miktarca fazla bulunması bu topraklarda yetişen çayır bitkilerini yiyen hayvanlarda zehir etkisinin görülmesine neden olmaktadır (Fleming ve Walsh 1957). Şekil 4.15'te alınan örneklerin Si değerleri belirtilmektedir.



Şekil 4.15. Toprak örneklerindeki Si değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

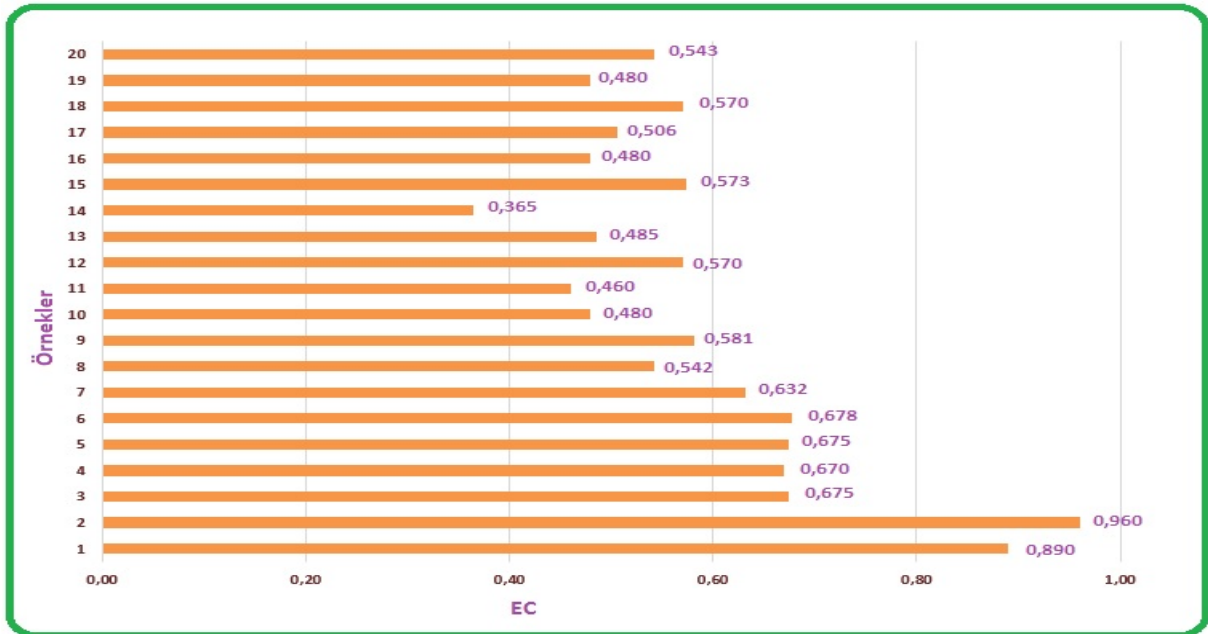
Şekil 4.15'te görüldüğü gibi örneklere ait ortalama Si değeri $1,45 \text{ mgkg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Alınan toprak örnekleri içerisinde en yüksek Si değeri T19 noktasında ve $1,77 \text{ mgkg}^{-1}$, en düşük Si değeri ise T1 noktasında ve $1,12 \text{ mgkg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Silisyumun olumlu ve en önemli etkisi topraklarda fazla miktarda bulunan Mn, demir ve aktif alüminyumun toksik etkisini gidermesini, bitki yapraklarında mangan birikimini önlemesini sağlamaktadır (Kacar ve İnal 2008). Alınan 20 örnekteki yapılan ağır metal analizlerine göre ortalama değerleri Şekil 4.16'da tüm detaylarıyla verilmiştir.



Şekil 4.16. Toprak örnekleri ortalama değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 3.16'da görüldüğü üzere toprak örneklerinde yapılan ağır metal analiz sonuçlarının ortalama değerleri kıyaslandığında en yüksek Mn ($22,33 \text{ mgkg}^{-1}$), Pb ($14,24 \text{ mgkg}^{-1}$) ve Cu ($12,05 \text{ mgkg}^{-1}$) olarak tespit edilmiştir. Alınan toprak örneklerinin EC (mmhos cm^{-1}) değerleri Şekil 4.17 de tüm detaylarıyla verilmiştir.



Şekil 4.17. Toprak örneklerine ait EC değerleri (mmhos cm^{-1})

Alınan 20 örnekteki yapılan analizlere göre pH değerleri Şekil 4.18 de tüm detaylarıyla verilmiştir.



Şekil 4.18. Toprak örnekleri pH değerleri

Toprak örneklerinin pH miktarları 6,0-7,7 değerleri arasında bulunmuştur (Şekil 4.18). Jackson (1967)'in verdiği kriter değerlerine göre alınan toprak örneklerinin hafif asidik ve hafif alkalin bir yapıya sahip olduğu saptanmıştır.

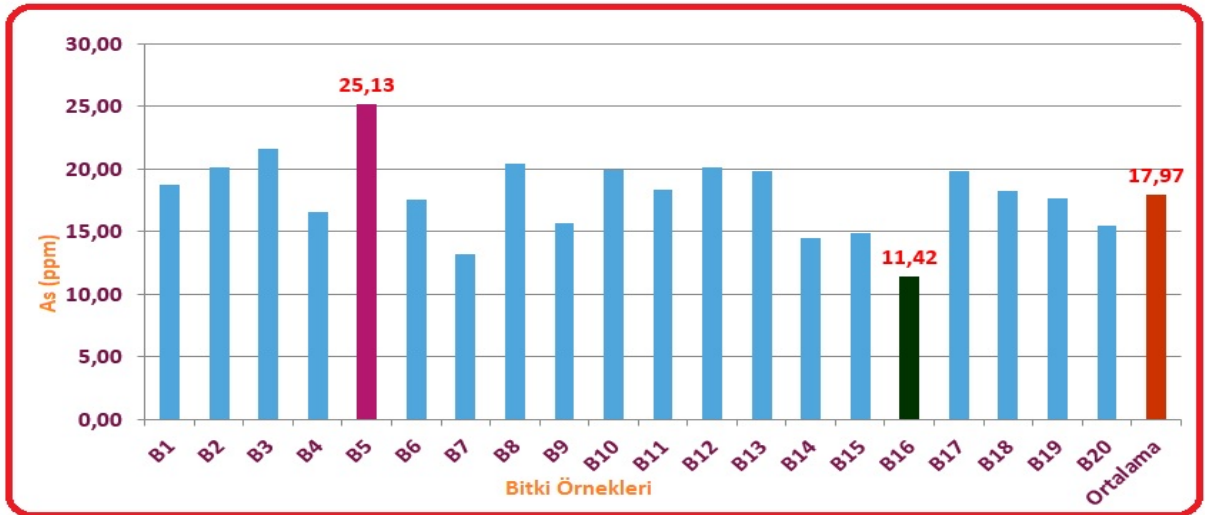
Trakya yöresinde genellikle amonyum sülfat ile 20-20-0 gibi kompoze gübrelerin yoğun olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bilinçsizce ve cömertçe gübre kullanımı neticesinde toprakların pH değerlerinde uzun vadede istenmeyen düşüşler olduğu bildirilmektedir (Bellitürk ve ark. 2012).

4.1.2 Bitki Örnekleri Ağır Metal Analiz Sonuçları

Alınan 20 adet bitki örneğine yapılan ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.4' te araştırma bölgesinde alınan bitki örneklerinde As değerlerinin dağılımı ise Şekil 4.19'da detaylı olarak verilmiştir.

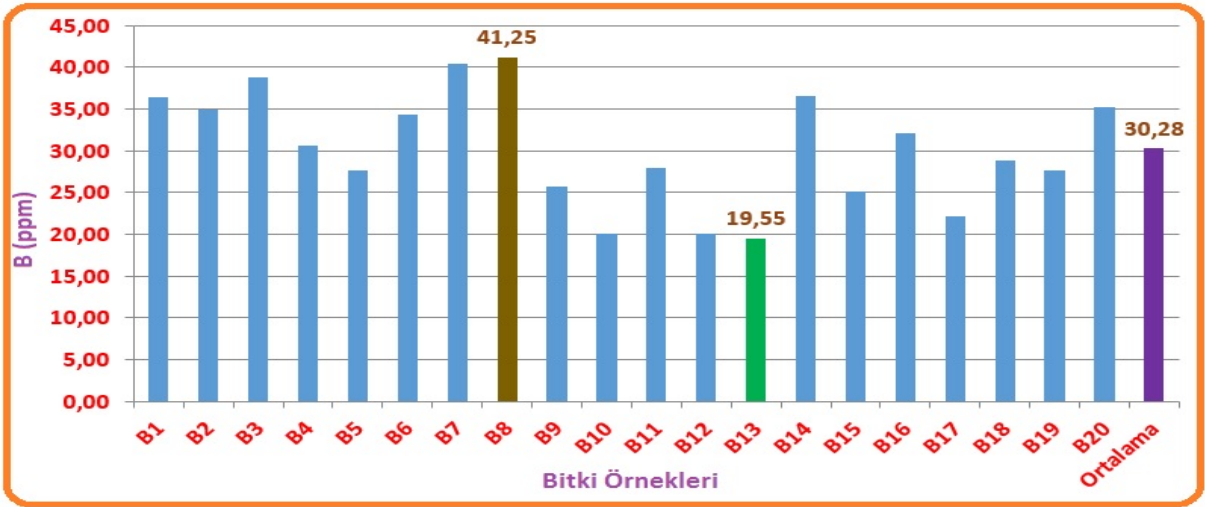
Çizelge 4.4. Bitki örneklerindeki bazı ağır metal analiz sonuçları

Bitki Örnekleri	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Co	Ni	Se	Pb	As	Cd	Cr
mg kg⁻¹												
B1	745	226	32,89	70,50	86,38	0,84	22,66	5,70	46,71	18,73	59,60	25,87
B2	605	254	46,49	61,29	92,70	0,85	27,58	5,47	62,02	20,10	79,66	24,35
B3	794	272	39,92	80,48	99,73	0,90	23,41	6,07	66,58	21,63	65,65	22,60
B4	634	312	50,09	70,45	94,65	0,78	28,60	5,17	50,12	16,57	66,18	31,23
B5	634	423	42,87	74,78	87,98	1,23	22,34	4,56	54,56	25,13	54,78	28,25
B6	887	227	50,09	78,28	93,43	0,54	29,37	5,80	44,53	17,53	101,23	18,67
B7	604	143	57,19	59,49	90,13	0,95	31,76	6,83	24,73	13,24	31,56	22,90
B8	697	226	46,49	68,62	93,95	0,97	28,76	5,43	54,43	20,41	123,32	14,35
B9	567	132	53,52	58,56	85,53	0,93	31,75	4,12	59,98	15,67	98,45	30,63
B10	845	116	54,41	78,28	91,84	0,55	33,52	3,73	54,59	19,95	69,65	15,46
B11	854	149	38,50	84,04	81,17	0,66	24,60	3,60	60,12	18,32	76,58	27,96
B12	744	165	48,17	75,92	90,80	0,56	20,11	5,17	54,26	20,10	69,70	17,69
B13	695	172	54,38	70,87	89,43	0,43	33,12	3,09	34,54	19,80	112,34	33,61
B14	646	219	56,57	65,87	80,48	0,87	26,57	4,30	45,98	14,53	58,67	22,32
B15	423	172	48,17	71,05	67,41	0,56	31,56	3,98	30,25	14,93	78,54	27,36
B16	754	215	42,00	76,93	51,59	0,93	25,87	5,48	62,47	11,42	79,71	24,35
B17	645	188	47,80	65,77	75,89	0,49	17,68	3,31	34,11	19,86	64,33	23,20
B18	589	188	50,64	59,69	79,88	1,11	30,84	5,46	28,79	18,28	99,34	25,41
B19	796	132	46,49	80,62	96,53	0,69	12,32	4,93	39,56	17,68	90,43	24,68
B20	693	240	47,21	70,27	91,87	0,70	26,80	4,31	54,73	15,43	69,84	29,07
En Düşük	423	132	32,89	59,49	51,59	0,43	12,32	3,09	30,25	11,42	31,56	14,35
En Yüksek	887	423	57,19	84,04	99,73	1,23	33,52	6,07	66,58	25,13	99,34	31,23
Ort	693	209	47,69	71,09	86,07	0,78	26,46	4,83	48,15	17,97	77,48	24,50



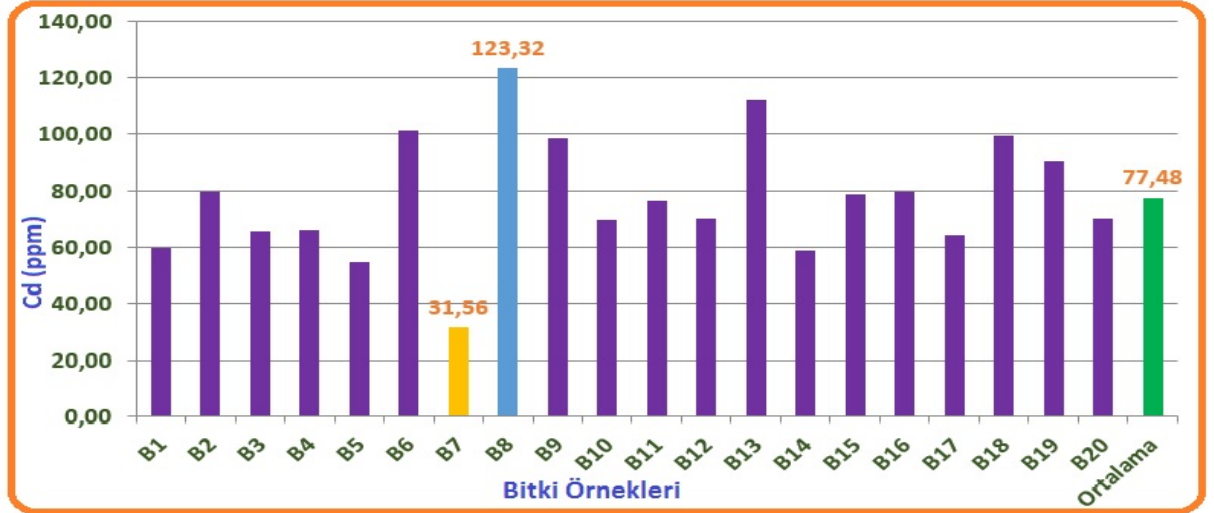
Şekil 4.19. Bitki örneklerindeki As değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Alınan örneklerde en yüksek As değerinin B5 noktasında ve $25,13 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük As değerinin B16 noktasında $11,42 \text{ mg kg}^{-1}$, ortalama As değerinin ise $17,97 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Bitki örneklerindeki B değerleri dağılımı Şekil 4.20’de verilmiştir.



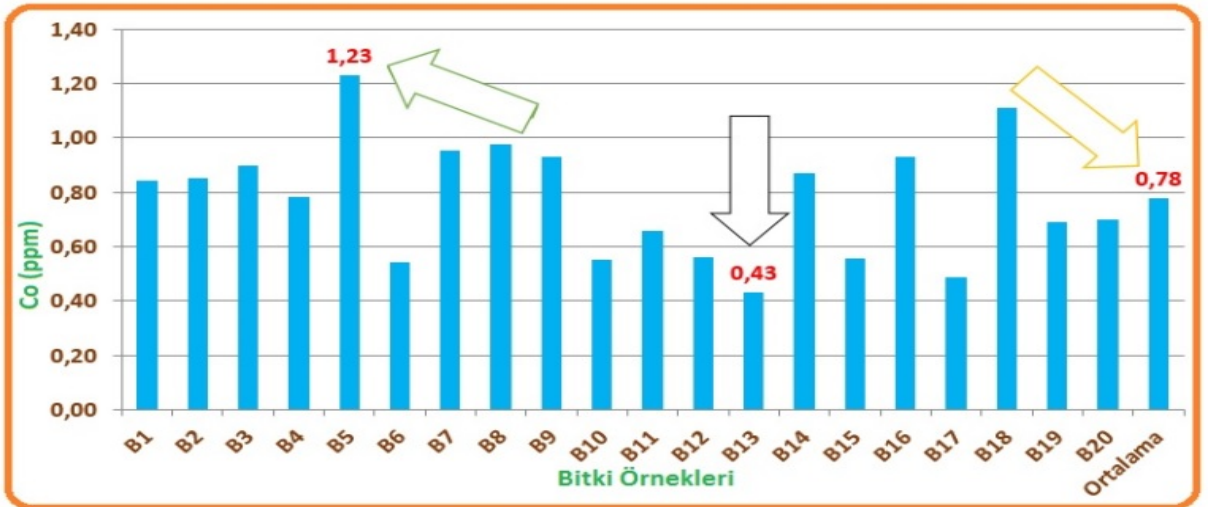
Şekil 4.20. Bitki örneklerindeki B değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Araştırma bölgesinden alınan 20 bitki örneğinde en yüksek B değeri B8 noktasında olup $41,25 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük B değeri B13 noktasına ait olup $19,55 \text{ mg kg}^{-1}$ ve ortalama B değeri $30,28 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyindedir. Purves ve McKenzie (1974) ‘e göre organik materyalin fazla miktarda uygulandığı topraklarda bor alımının ve bitkilerde dönem dönem fitotoksik etkilerin görüldüğü rapor edilmiştir. Şekil 4.21’de Cd ortalama değerleri görülmektedir.



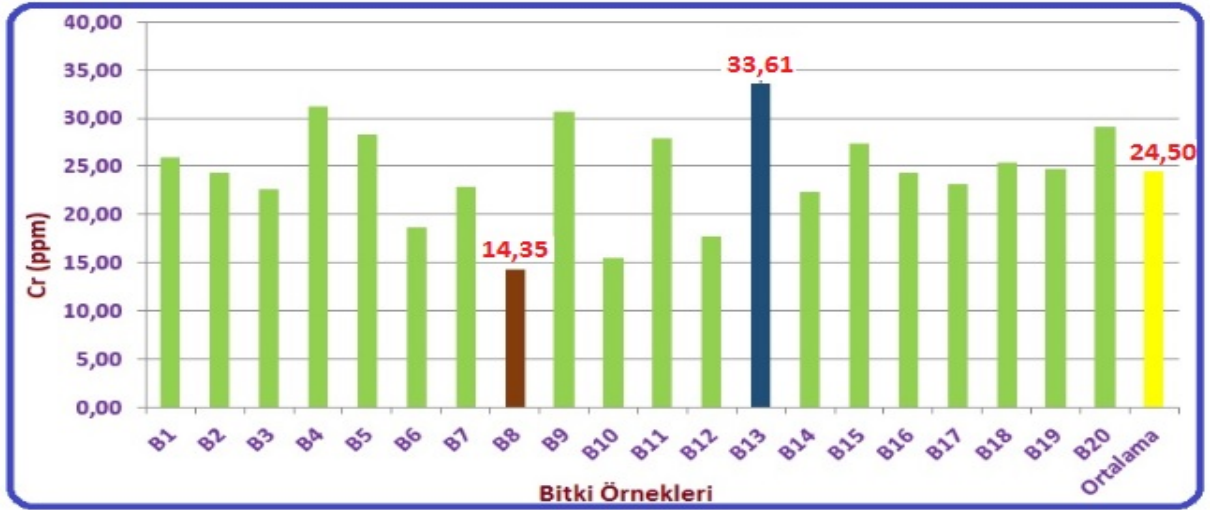
Şekil 4.21. Bitki örneklerindeki Cd değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Ana yola yakın yerlerden alınan 20 bitki örneğinin Cd değerlerine bakıldığında ise; en yüksek değer B8 noktasında $123,32 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük değer B7 noktasında $31,56 \text{ mg kg}^{-1}$ ve ortalama değerinde $77,48 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu saptanmıştır. Alınan örneklerdeki Co değeri saptaması Şekil 4.22’de verilmiştir.



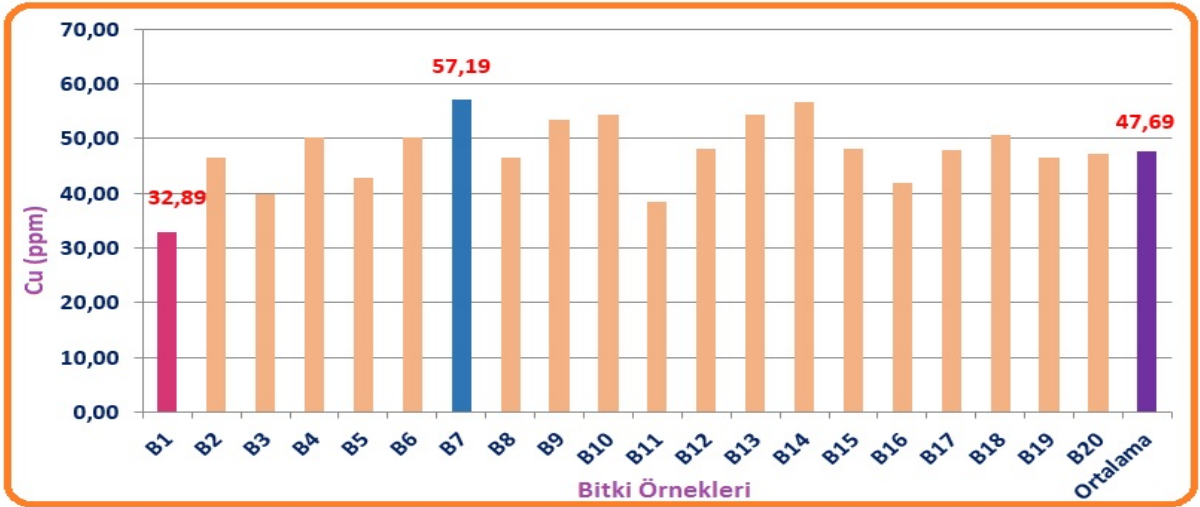
Şekil 4.22. Bitki örneklerindeki Co değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Çeşitli endüstri kuruluşlarının bulunduğu yerlerden alınan bitki örneklerinin 20 nokta içerisinde en yüksek seviye $1,23 \text{ mg kg}^{-1}$ ile B5 noktasında, en düşük seviye $0,43 \text{ mg kg}^{-1}$ ile B13 noktasında tespit edilmiştir. Ortalama Co seviyesi ise $0,78 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Araştırma bölgesinden alınan bitki örneklerindeki Cr düzeyleri Şekil 4.23’te görülmektedir.



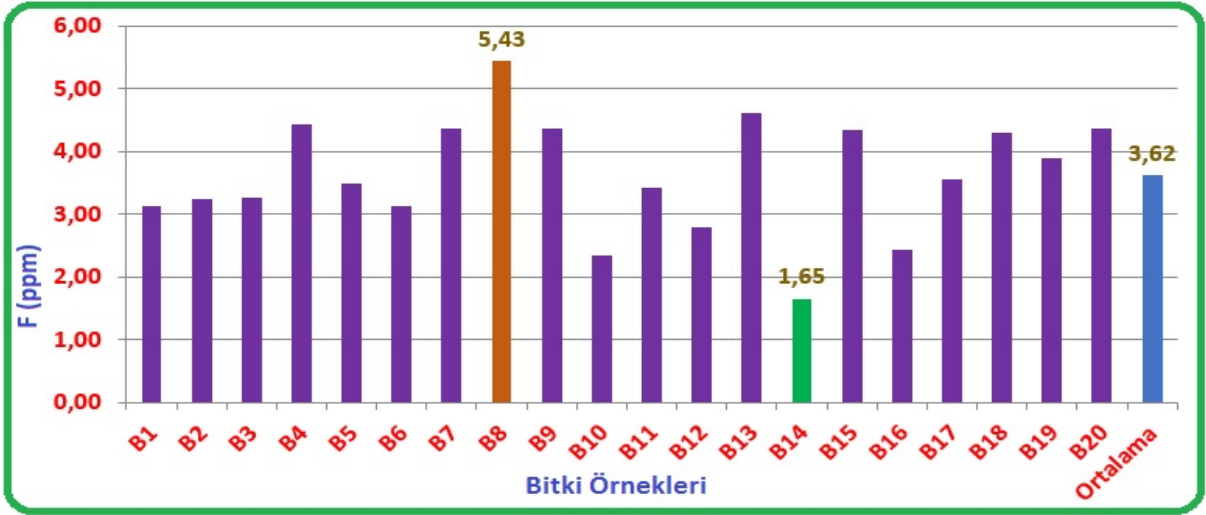
Şekil 4.23. Bitki örneklerindeki Cr değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Ağır metal kirliliği üzerine yapılan araştırmamız için alınan örneklerde Cr değerleri incelendiğinde en yüksek değer B13 noktasında $33,61 \text{ mg kg}^{-1}$ en düşük değer B8 noktasında $14,35 \text{ mg kg}^{-1}$, ortalama Cr değerinin de $24,50 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu sonucuna varılmıştır. Örneklerdeki Cu düzeyleri aşağıdaki Şekil 4.24'te verilmiştir.



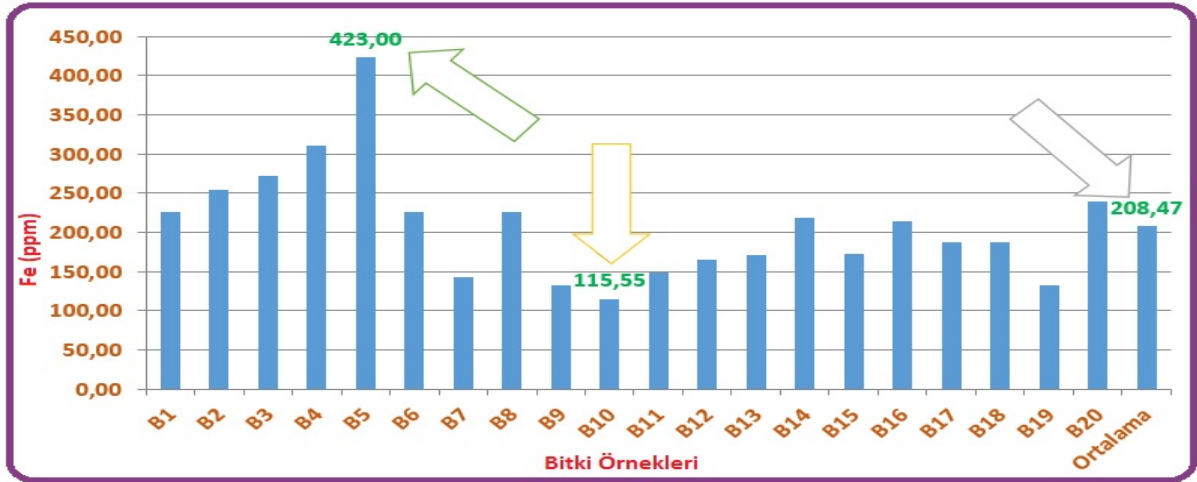
Şekil 3.24. Bitki örneklerindeki Cu değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 3.21'de görüldüğü gibi alınan örneklerde Cu ortalama değerinin $47,69 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. En yüksek Cu değerinin $57,19 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyi ile B7 noktasında, en düşük değer $32,89 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyi ile B1 noktasında olduğu saptanmıştır. Bol ürün alınabilmesi için tarım ürünlerinin yeterli düzeyde bitki besin elementi içermesi gerekmektedir. (Kacar ve İnal 2008) Şekil 3.25'de alınan örneklere ait F değerleri verilmiştir.



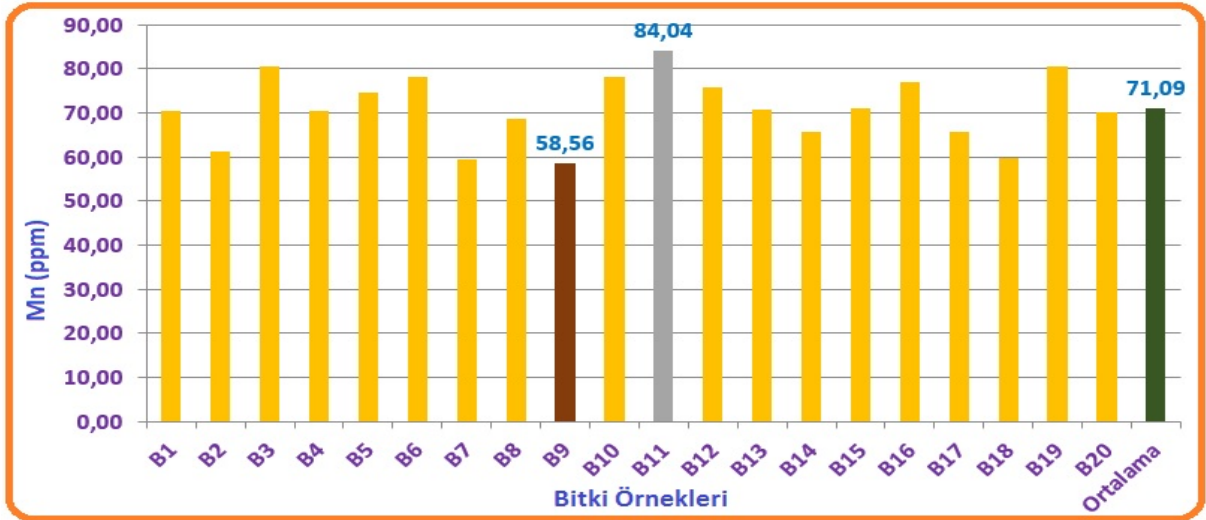
Şekil 3.25. Bitki örneklerindeki F değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.25’ de görüldüğü üzere en yüksek F değerinin B8 noktasında olup $5,43 \text{ mgkg}^{-1}$, en düşük F değerinin B14 noktasında ve $1,61 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Ortalama F değeri ise $3,62 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeyindedir. Fe düzeyleri ise Şekil 4.26’da detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 3.26. Bitki örneklerindeki Fe değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Alınan örneklerdeki Fe ortalama değeri $208,47 \text{ mgkg}^{-1}$ dir. B5 noktasındaki örneğin $423,00 \text{ mgkg}^{-1}$ ile alınan örnekler içerisinde en yüksek Fe düzeyine, B10 noktasındaki örneğin $115,55 \text{ mgkg}^{-1}$ ile en düşük Fe düzeyine sahip olduğu saptanmıştır. Ortalama Fe düzeyi ise $208,47$ olarak bulunmuştur. Gelişme ortamında gereğinden fazla miktarda bulunan Fe, diğer bitki besin elementlerinin alınmasını, taşınmasını ve bitkiler tarafından yararlanılmasını engelleyerek besin elementi noksanlığının oluşmasına yol açar (Fageria ve ark 1990). Örneklerdeki Mn değerleri Şekil 4.27’de verilmiştir.



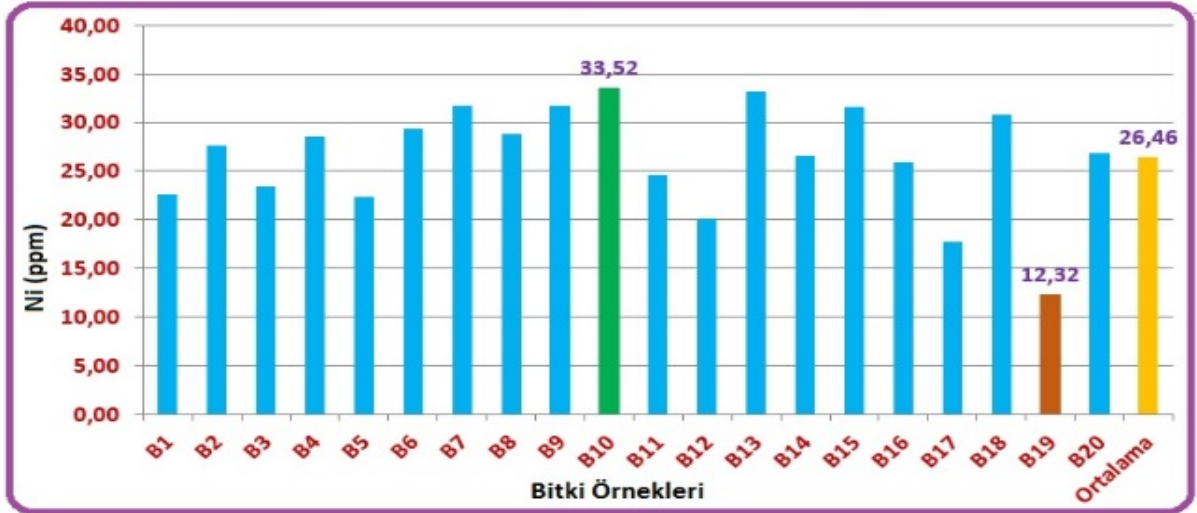
Şekil 4.27. Bitki örneklerindeki Mn değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.27’ de verilen Mn değerlerinde en yüksek içeriğin $84,04 \text{ mg kg}^{-1}$ ile B11 noktasına, en düşük değerin $58,56 \text{ mg kg}^{-1}$ ile B9 noktasına ait olduğu tespit edilmiştir. Ortalama Mn değerinin $71,09 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. Marschner (1995)’ e göre bitkilerin Mn alımı üzerine gelişme ortamının pH’ sı diğer mikro elementlerden daha fazla etkilidir. Şekil 4.28’de bitki örneklerindeki Mo (mgkg^{-1}) düzeyleri verilmiştir.



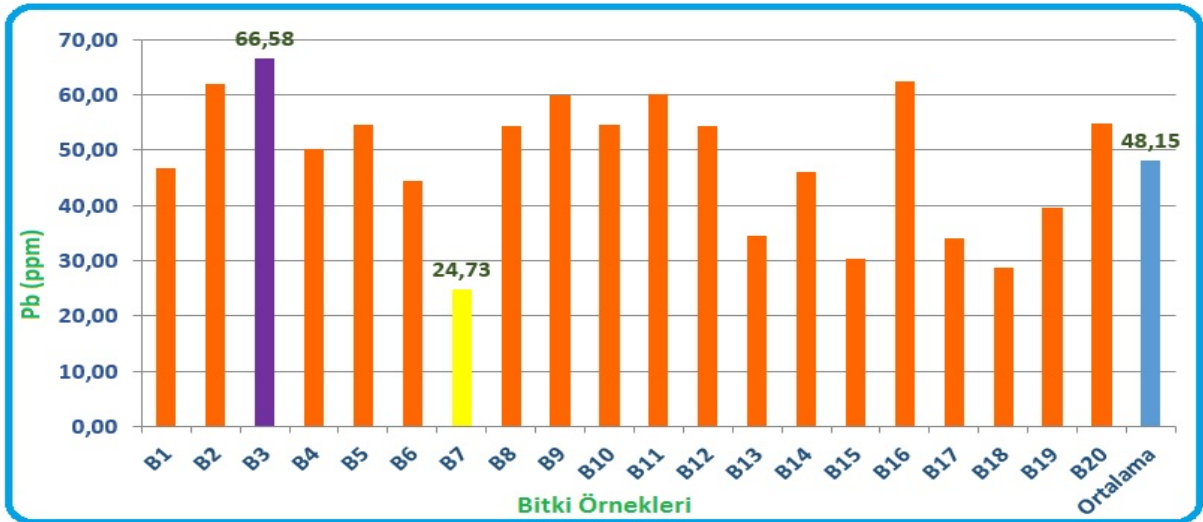
Şekil 4.28. Bitki örneklerindeki Mo Değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Grafikte görüldüğü gibi alınan örneklerde ortalama Mo değerinin $12,51 \text{ mg kg}^{-1}$, en yüksek Mo değerinin B19 noktasında $14,76 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük Mo değerinin ise B8 noktasında $10,95 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Alınan bitki örneklerindeki Ni değerleri Şekil 4.29’da detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



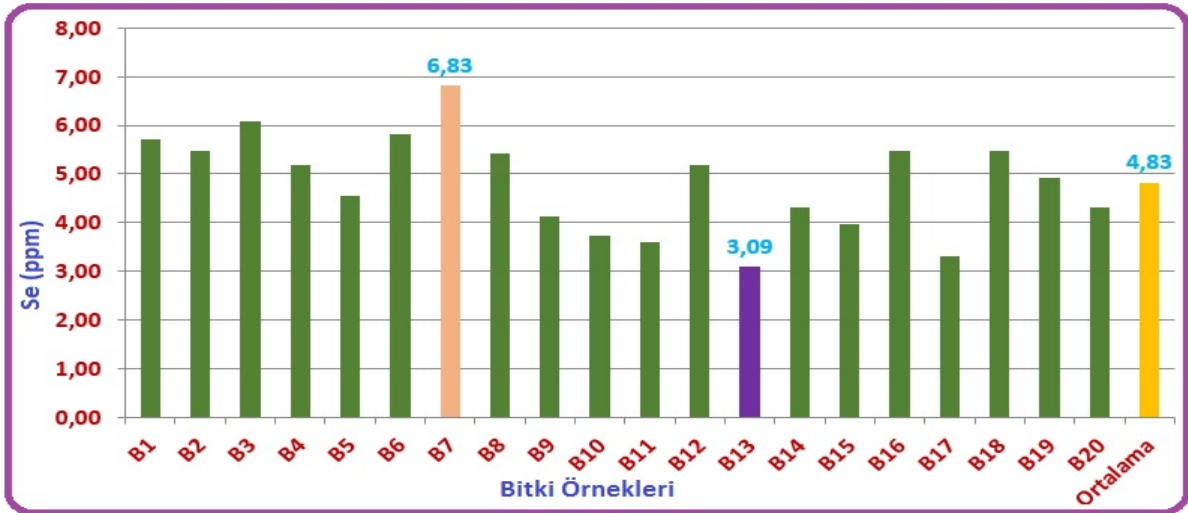
Şekil 4.29. Bitki örneklerindeki Ni değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Alınan örneklerde Şekil 4.29’da görüldüğü gibi ortalama Ni değeri $26,46 \text{ mgkg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Örneklerdeki en yüksek Ni seviyesinin B10 noktasına ait ve $33,52 \text{ mgkg}^{-1}$ seviyesinde, en düşük Ni seviyesinin ise B19 noktasına ait ve $12,32 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Hovmand 1984’e göre Ni içeriği yüksek hava kirliliğinin olduğu yörelerde yetişen bitkilerde nikel yüksek bulunmuştur. Şekil 4.30’da alınan bitki örneklerindeki Pb elementine ait değerler gösterilmiştir.



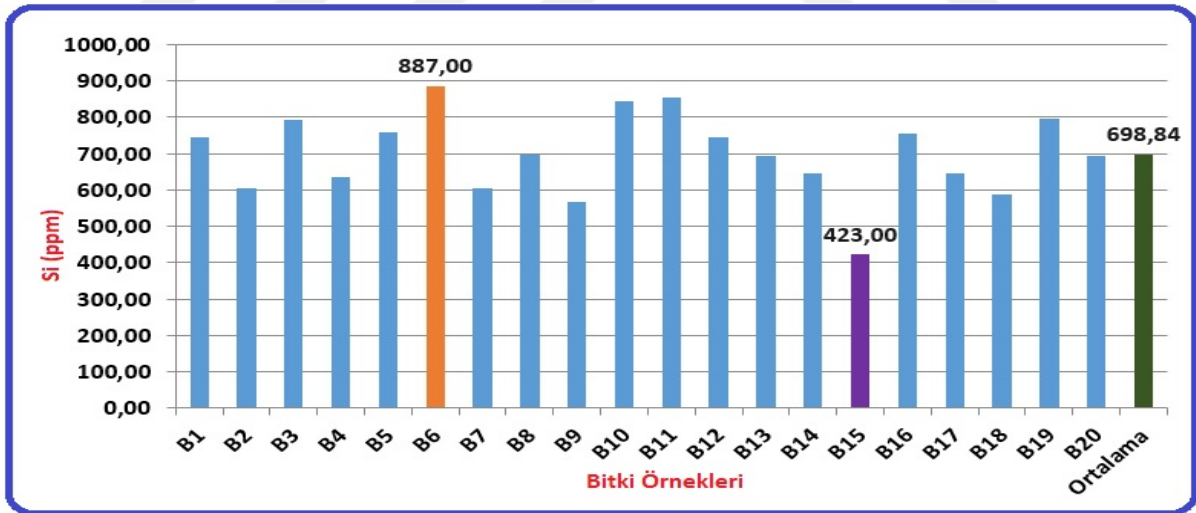
Şekil 4.30. Bitki örneklerindeki Pb değerleri (mgkg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.30’da verilen Pb sonuçlarına bakıldığında ortalama değer $48,15 \text{ mg kg}^{-1}$, en yüksek düzeyin B3 noktasında ve $66,58 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük düzeyin B7 noktasında ve $24,73 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu saptanmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.31’de alınan bitki örneklerin Se değerleri verilmiştir.



Şekil 4.31. Bitki örneklerindeki Se değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

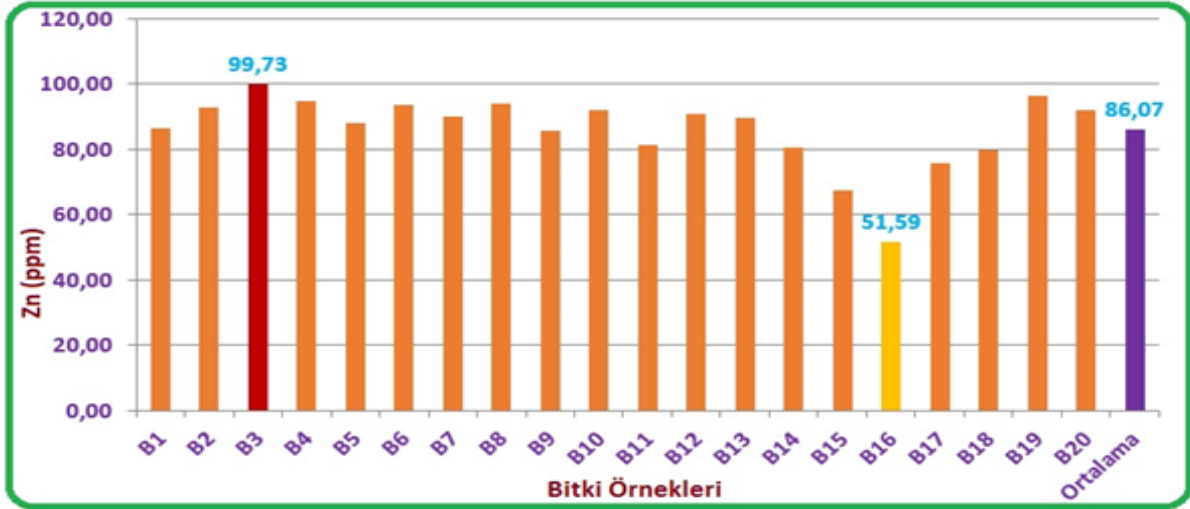
Ana yola yakın ve endüstri kuruluşlarının fazla olduğu bölgelerden alınan bitki örneklerindeki ortalama değeri $4,83 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. B13 noktasında $3,09 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit edilen değer örneklerdeki en düşük Se (mg kg^{-1}) düzeyindedir. B7 noktasına ait örnek $6,83 \text{ mg kg}^{-1}$ değeriyle örnekler içerisinde en yüksek Se düzeyine sahiptir. Selenyum genelde kumlu podzolik topraklarda en az histosol topraklarda da en fazla düzeyde bulunur. Şekil 4.32’de alınan bitki örneklerinin Si değerleri belirtilmektedir.



Şekil 4.32. Bitki örneklerindeki Si değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

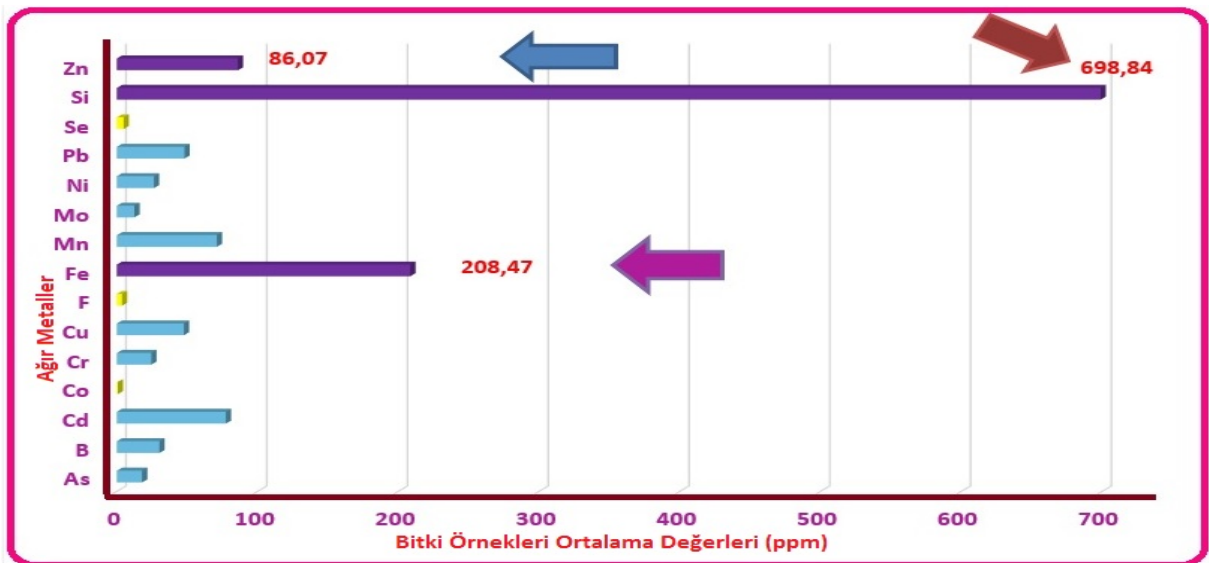
Şekil 4.32’de görüldüğü gibi örneklere ait ortalama Si değeri $698,84 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Alınan bitki örnekleri içerisinde en yüksek Si değeri B6 noktasında ve $887,00 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük Si değeri ise B15 noktasında ve $423,00 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Yeterli miktarda silisyum içermeyen ortamda yetişen bazı bitkilerde çiçeklenmenin gerilediği gözlenmektedir (Miyake 1993). Ayrıca Matchenkov 1990'a göre silisyumlu gübre uygulamasının da mısır bitkisinde de erken olgunluğa erişilmesini sağladığı belirlenmiştir. Şekil 4.33'te Zn değerlerine ilişkin sonuçlar detaylarıyla verilmiştir.



Şekil 4.33. Bitki örneklerindeki Zn değerleri (mg kg^{-1}) (ppm)

Şekil 4.33'de görüldüğü üzere 20 ayrı noktadan alınana bitki örneklerinde Zn değeri ortalama olarak $86,07 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeyinde olduğu saptanmıştır. En yüksek değer ölçüldüğü B3 noktasındaki Zn değerinin $99,73 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük Zn değerinin ise B16 nolu noktadan alınan toprak örneğinde $51,59 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeylerinde olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmamızda Zn fazlalığı tespit edilmiştir. Alınan 20 örnekteki yapılan ağır metal analizlerine göre ortalama değerleri Şekil 4.34'te tüm detaylarıyla verilmiştir.

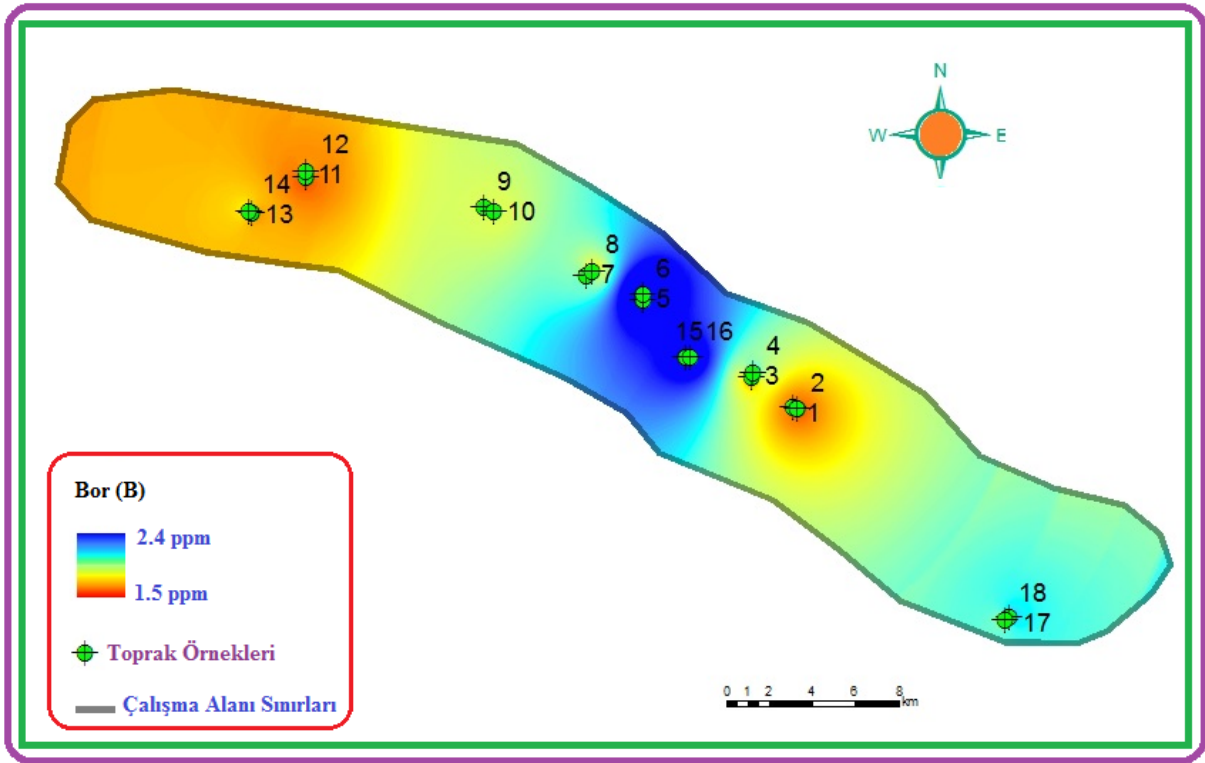


Şekil 4.34. Bitki örnekleri ortalama değerleri

Bitki örneklerine yapılan ağır metal analizi sonucu ortalama değerler içerisinde en yüksek değer Si ($698,84 \text{ mg kg}^{-1}$), en düşük değerin ise Zn ($86,07 \text{ mg kg}^{-1}$) elementlerine ait olduğu saptanmıştır. Ortalama değeri ise Fe ($208,47 \text{ mg kg}^{-1}$) elementinin sağladığı tespit edilmiştir.

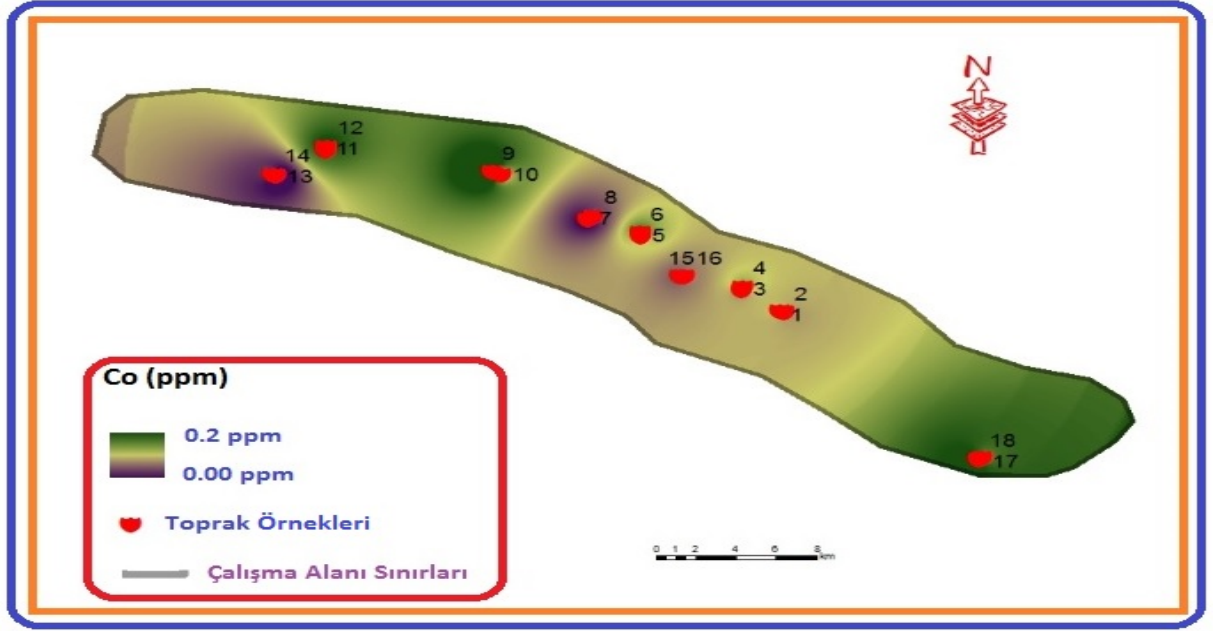
4.2. CBS Ortamında Mekânsal Analizler

Çalışma alanı kapsamında tesadüfî olarak alınan 20 toprak örneğindeki ağır metal düzeyleri mekânsal olarak değerlendirilerek ilgili elementlere ilişkin dağılım haritaları ortaya konulmuştur. Bu anlamda Bor elementinin mekânsal dağılım haritası CBS ortamında analiz edilerek oluşturulmuş ve Şekil 4.35'te detaylı olarak sunulmuştur.



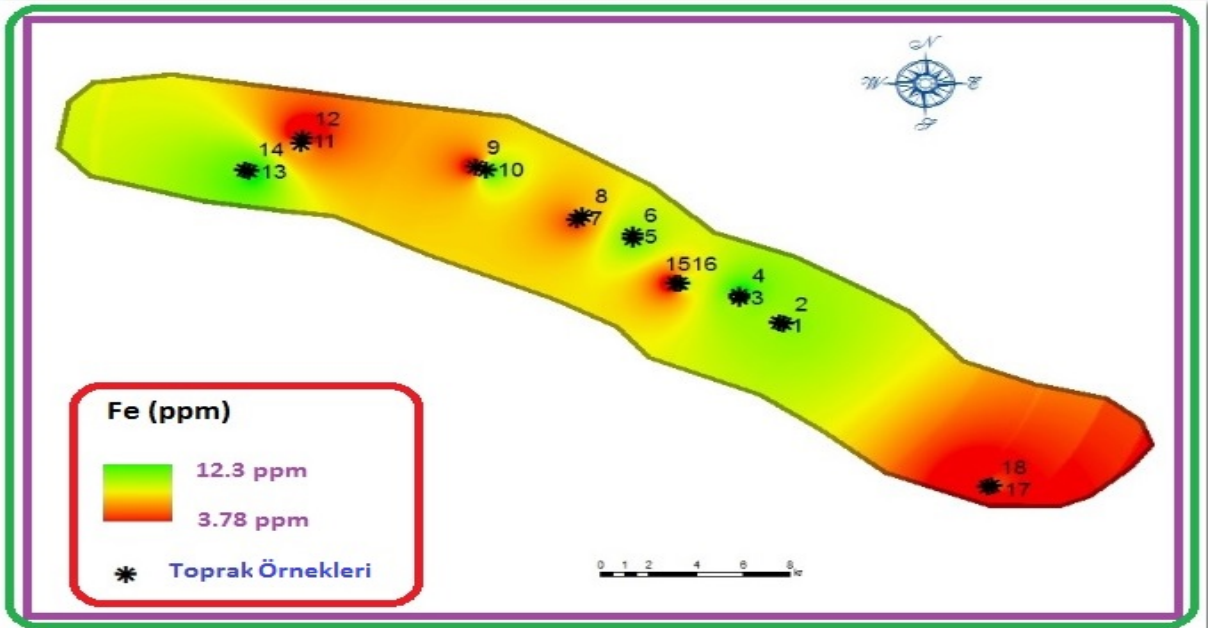
Şekil 4.35. Bor elementi mekânsal dağılım haritası

Bor elementinin örnekleme noktalarına göre mekânsal dağılım haritasına bakıldığında $1,5-2,4 \text{ mg kg}^{-1}$ (ppm) arasında bir değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanı sınırları içerisinde tesadüfî örnekleme ile alınan toprak örneklerindeki bor değerleri alanın orta noktalarında $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeylerinde seyrederken bu oran kenar noktalara doğru gidildikçe $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda alansal bakımdan bor çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir. Çalışma alanındaki Kobalt değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.36'da verilmiştir.



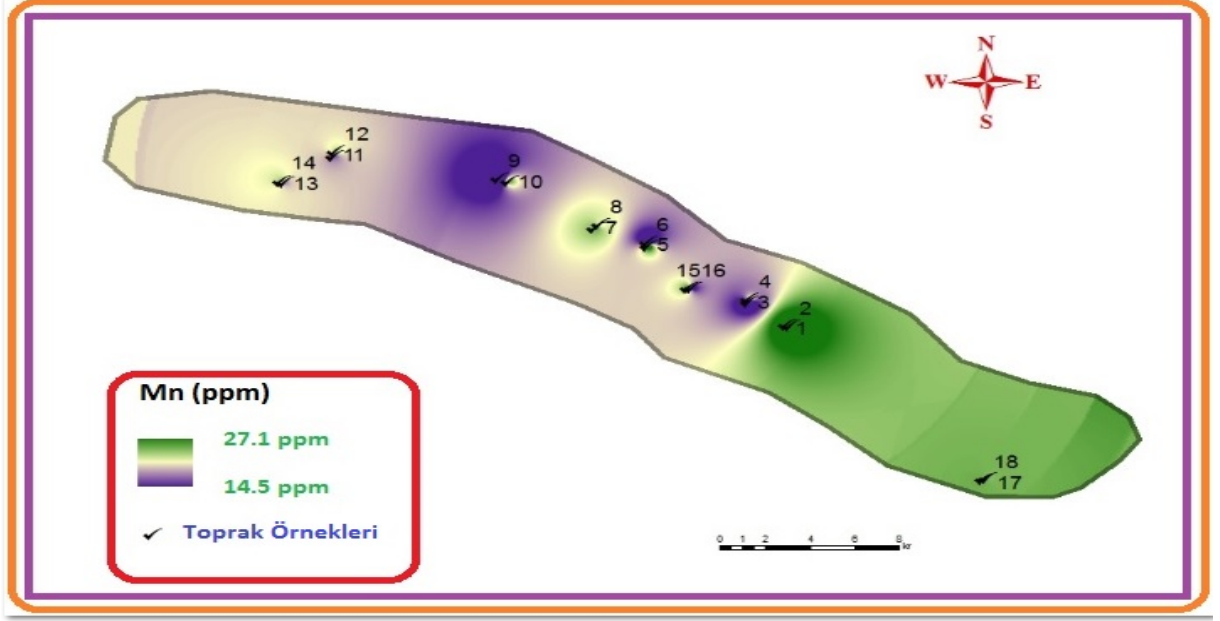
Şekil 4.36. Kobalt elementi mekânsal dağılım haritası

Örneklerin alındığı noktalara göre Co (mg kg^{-1}) (ppm) elementinin mekânsal dağılım haritasına bakıldığında $0,00\text{--}0,2 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında bir değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanı sınırları içerisinde tesadüfi örnekleme ile alınan toprak numunelerindeki Co değerleri alanın orta noktalarında $0,2 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeylerinde seyrederken bu oran kenar noktalara doğru gidildikçe $0,00 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda alansal bakımdan Co (mg kg^{-1}) çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir. Çalışma alanındaki Fe değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.37'de verilmiştir.



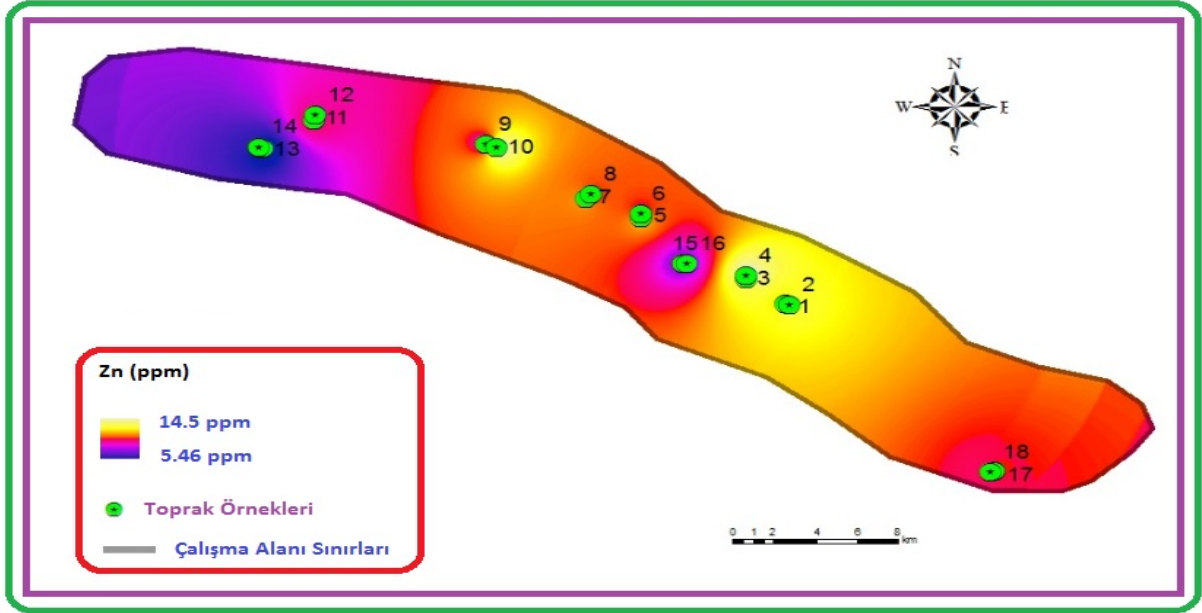
Şekil 4.37. Demir elementi mekânsal dağılım haritası

Örneklerin alındığı noktalara göre Fe (mg kg^{-1}) (ppm) elementinin mekânsal dağılım haritasına bakıldığında $12,3-3,78 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bir değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanı sınırları içerisinde tesadüfi örnekleme ile alınan toprak numunelerindeki Fe değerleri alanın kenarlarda $3,78 \text{ mg kg}^{-1}$ orta noktalarına doğru gidildikçe $12,3 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyelerine kadar ilerlediği görülmektedir. Bu bağlamda alansal bakımdan Fe (mg kg^{-1}) çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir. Çalışma alanındaki Mn değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.38'de verilmiştir.



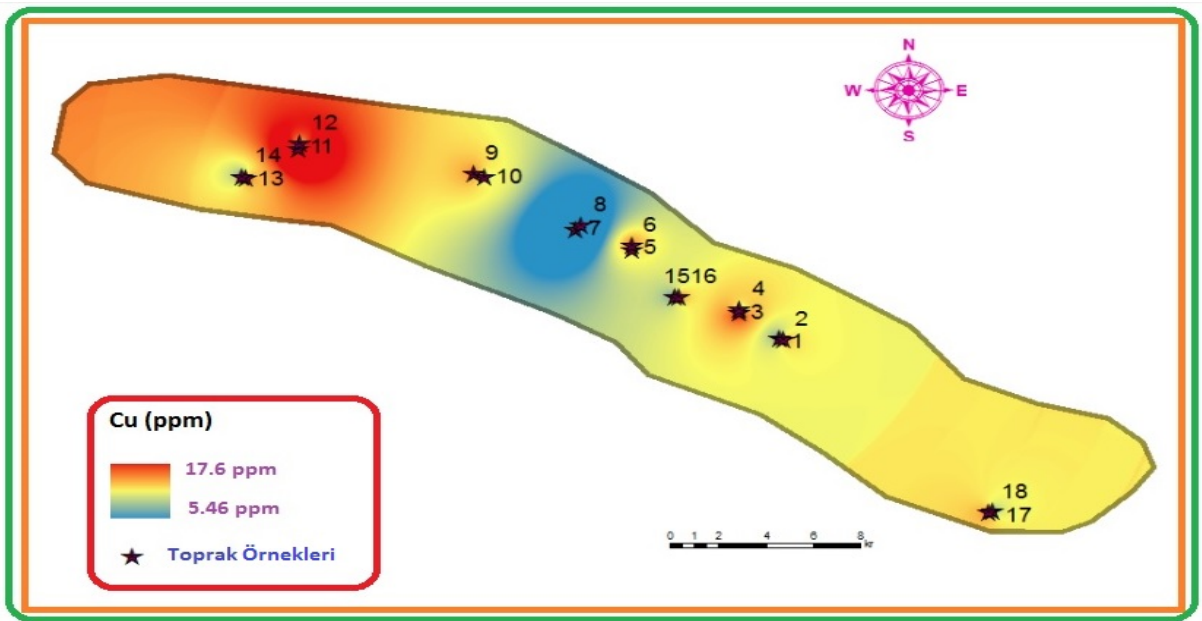
Şekil 4.38. Manganez elementi mekânsal dağılım haritası

Mekânsal dağılım haritasına göre Mn elementinin $14,5-3,78 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişiklik gösterdiği ve alınan örneklerdeki Mn değerlerinin orta noktalarda $27,1 \text{ mg kg}^{-1}$ kenarlara doğru gidildikçe $14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda Mn (mg kg^{-1}) elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir. Çalışma alanındaki Zn değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.39'da verilmiştir. Çinko elementinin örneklem noktalarına göre mekânsal dağılım haritasına bakıldığında $5,46-14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bir değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanı sınırları içerisinde tesadüfi örnekleme ile alınan toprak numunelerindeki çinko değerleri alanın orta noktalarında $14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeylerinde seyrederken bu oran kenar noktalara doğru gidildikçe $5,46 \text{ mg kg}^{-1}$ seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda alansal bakımdan Çinko çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir.



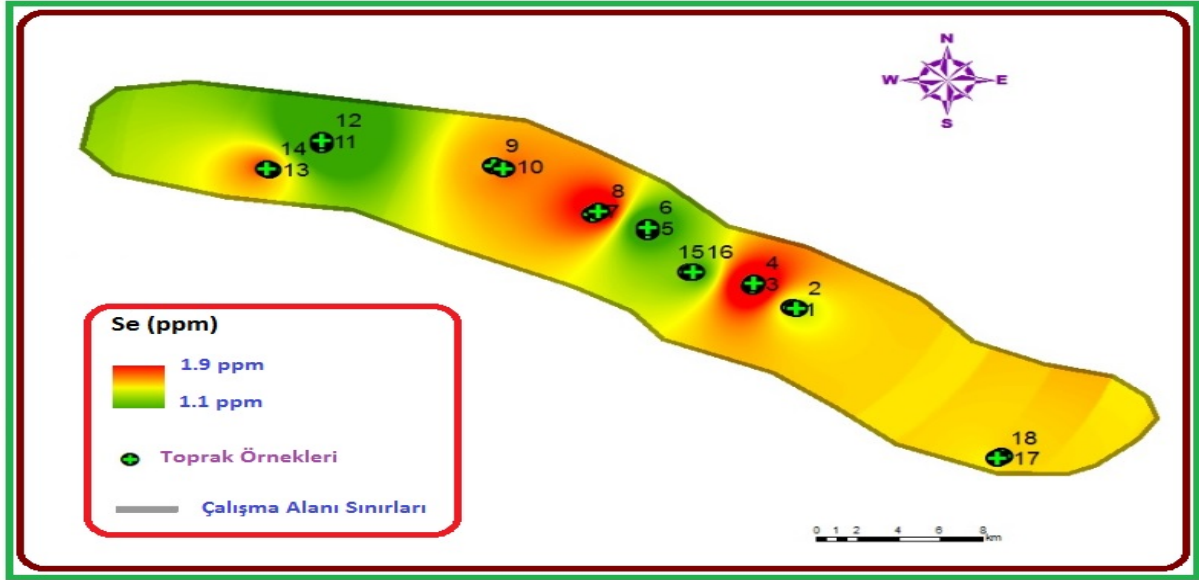
Şekil 4.39. Çinko elementi mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki Cu (ppm) değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.40'da verilmiştir. Mekânsal dağılım haritasına göre Cu elementinin 5,46–17,6 mg kg⁻¹ arasında değişiklik gösterdiği ve alınan örneklerdeki Mn değerlerinin orta noktalarda 17,6 mg kg⁻¹ kenarlara doğru gidildikçe 5,46 mg kg⁻¹ seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda Cu (mg kg⁻¹) elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir.



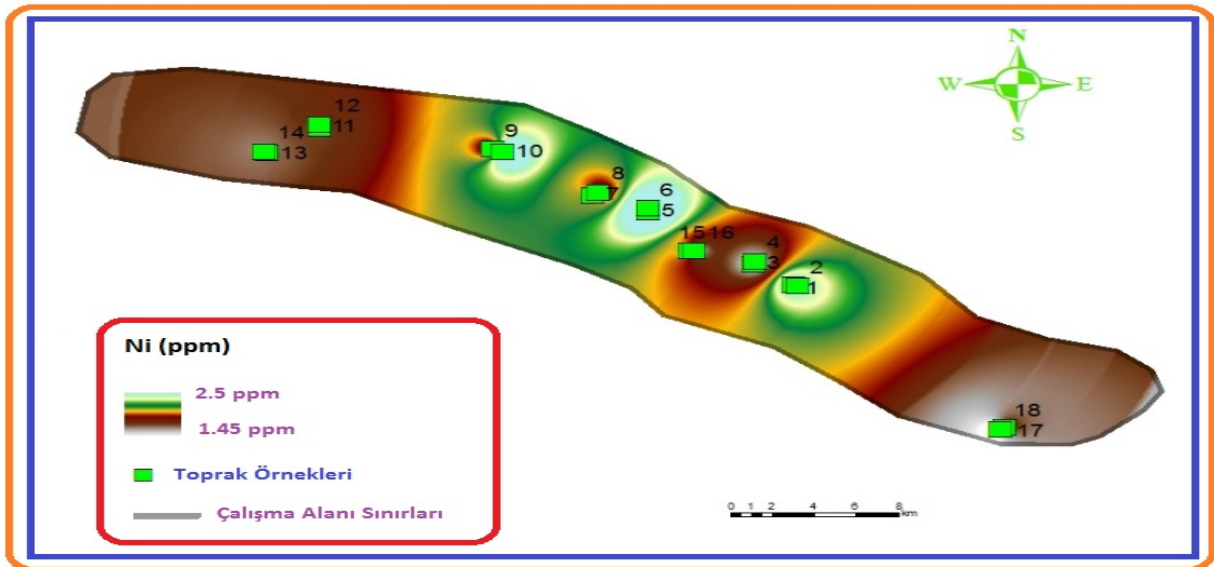
Şekil 4.40. Bakır elementi mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki Mn değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.41’de verilmiştir. Görüldüğü üzere Se elementi mekânsal dağılım haritasına göre 1,1-1,9 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir. Se değerlerinin orta noktalarda 1,9 mg kg⁻¹ olduğu bu değer kenarlara doğru gidildikçe 1,1 mg kg⁻¹ düzeyine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda Se elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişiklikler göstermektedir.



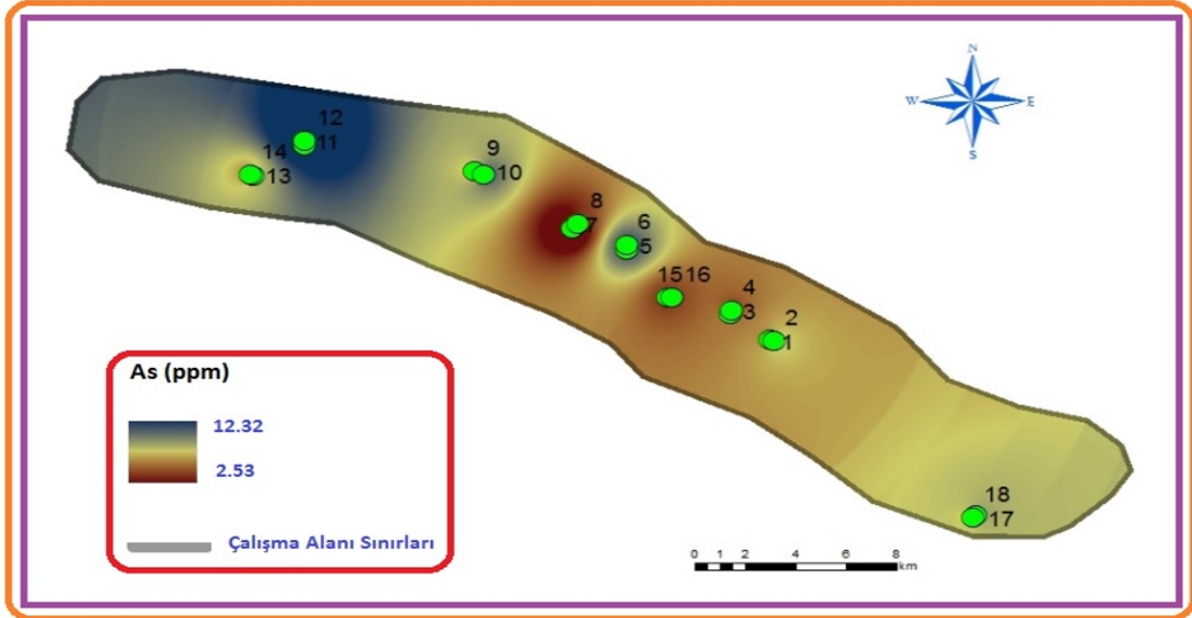
Şekil 4.41. Selenyum elementi mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki Ni değerlerinin mekânsal dağılım haritası 4.42’de verilmiştir. Ni elementi mekânsal dağılım haritasına göre 1,45-2,5 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir. Ni değerlerinin orta noktalarda 2,5 mg kg⁻¹ olduğu bu değer kenarlara doğru gidildikçe 1,45 mg kg⁻¹ düzeyine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda Ni elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişiklikler göstermektedir.



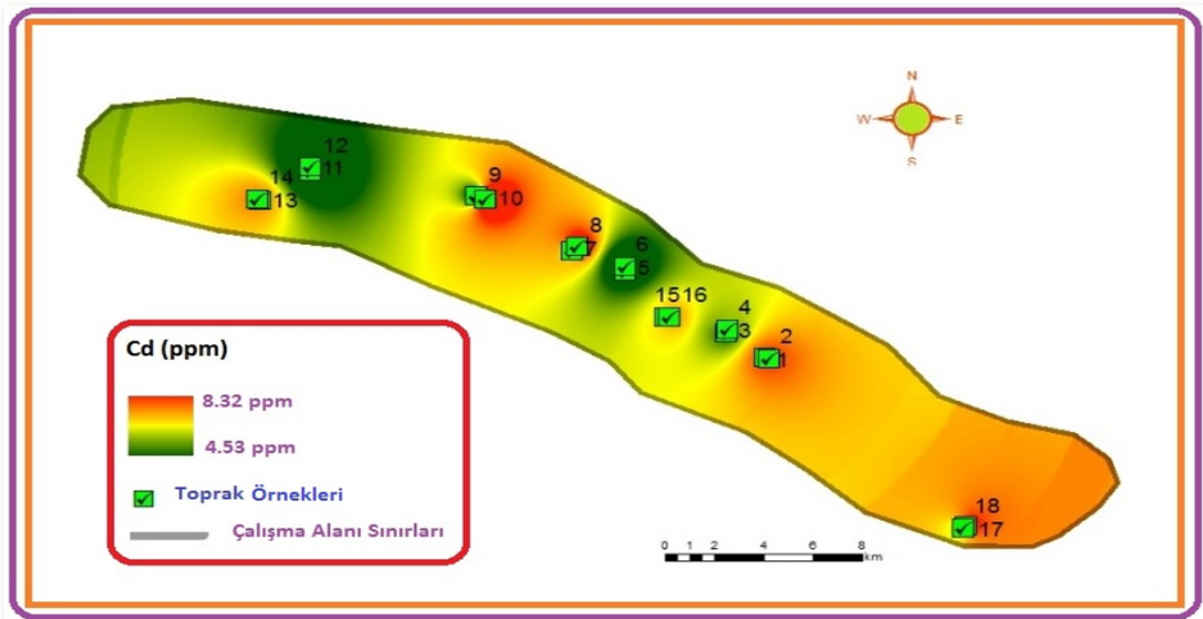
Şekil 4.42. Nikel elementi mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki As değerlerinin mekânsal dağılım haritası 4.45’de verilmiştir. As elementi mekânsal dağılım haritasına göre 12,32-2,53 mgkg⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir. As değerlerinin orta noktalarda 12,32 mgkg⁻¹ olduğu bu değer kenarlara doğru gidildikçe 2,53 mgkg⁻¹ düzeyine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda As elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişiklikler göstermektedir.



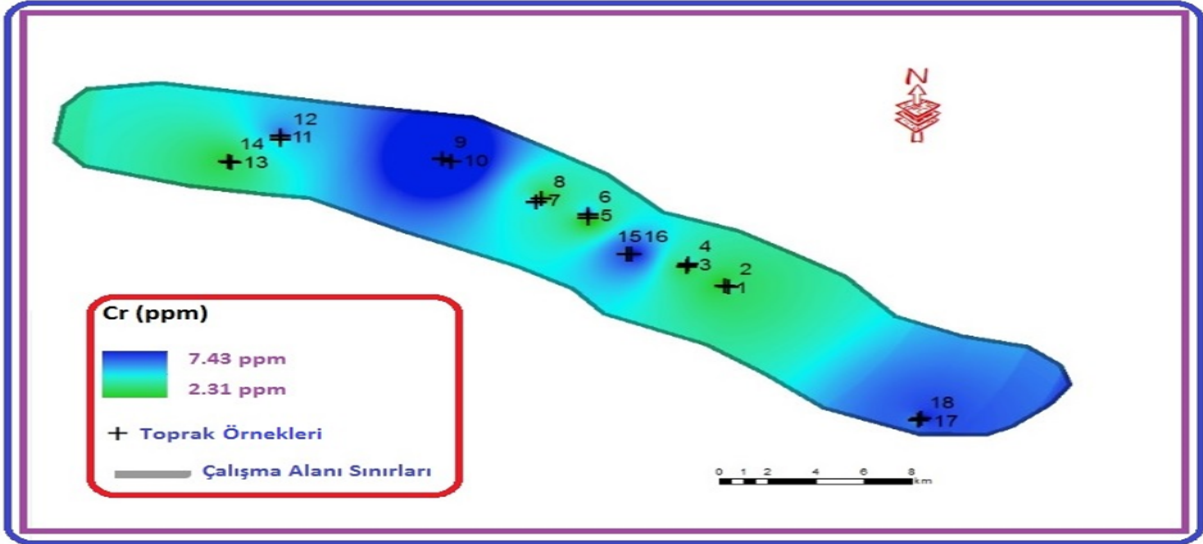
Şekil 4.45. Arsenik elementi mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki Cd değerlerinin mekânsal dağılım haritası 4.46’da verilmiştir.



Şekil 4.46. Kadmiyum elementi mekânsal dağılım haritası

Şekil 4.46'da görüldüğü üzere Cd elementi mekânsal dağılım haritasına göre 8,32-4,53 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir. Cd değerlerinin orta noktalarda 8,32 mg kg⁻¹ olduğu bu değer kenarlara doğru gidildikçe 4,53 mg kg⁻¹ düzeyine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda Cd elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişiklikler göstermektedir. Çalışma alanındaki Cr değerlerinin mekânsal dağılım haritası 4.47'de verilmiştir.

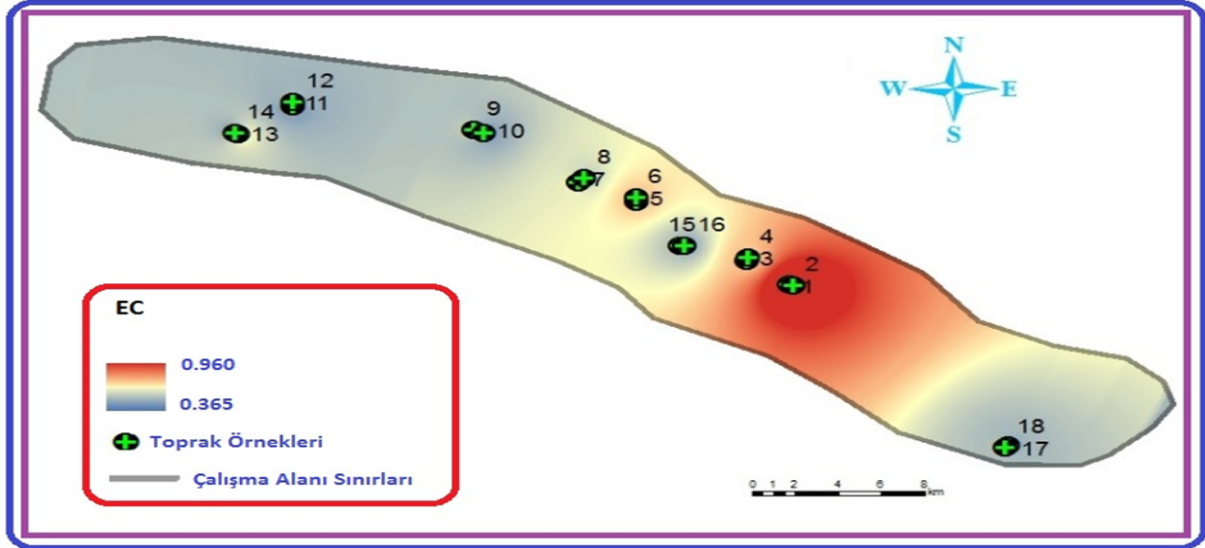


Şekil 4.47. Krom elementi mekânsal dağılım haritası

Şekil 4.47'de görüldüğü üzere Cr elementi mekânsal dağılım haritasına göre 7,43-2,31 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermektedir. Krom değerlerinin orta noktalarda 7,43 mg kg⁻¹ olduğu bu değer kenarlara doğru gidildikçe 2,31 mgkg⁻¹ düzeyine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda Cr elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişiklikler göstermektedir. Çalışma alanındaki F değerlerinin mekânsal dağılım haritası 4.48'de verilmiştir.

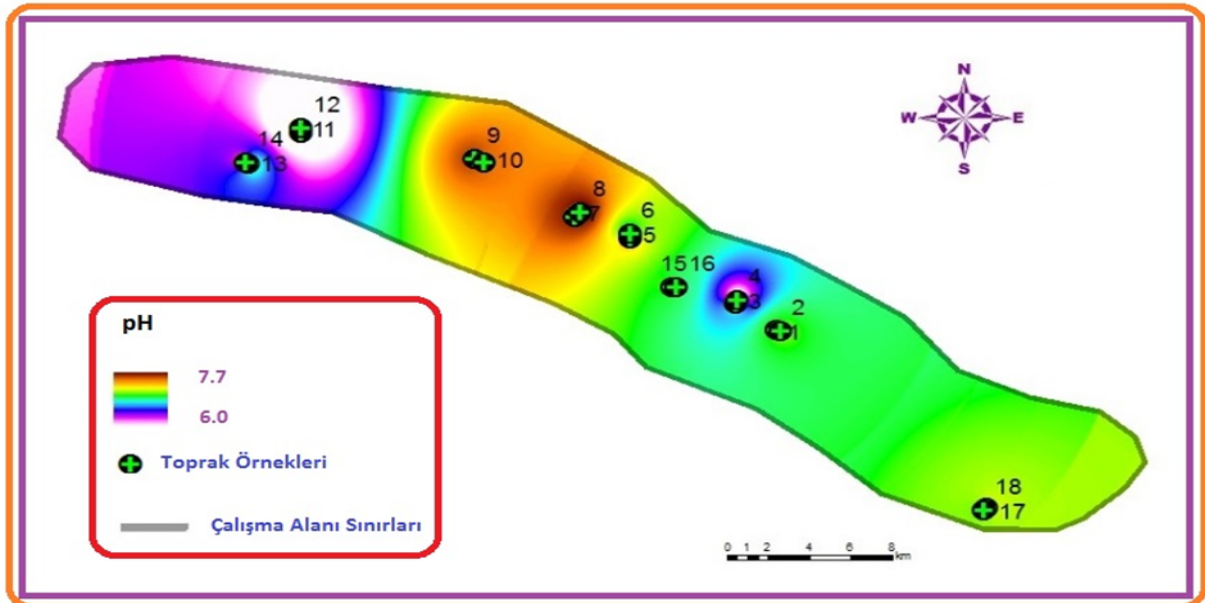
Mekânsal dağılım haritasına göre F elementinin 1,23 – 0,08 mgkg⁻¹ arasında değişiklik gösterdiği ve alınan örneklerdeki F değerlerinin orta noktalarda 1,23 mgkg⁻¹ kenarlara doğru gidildikçe 0,08 mg kg⁻¹ seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda F (mgkg⁻¹) elementinin çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir.

Alınan örneklerdeki EC değerlerinin orta noktalarda 0,960 kenarlara doğru gidildikçe 0,365 seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda EC değerlerinin çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir.



Şekil 4.50. EC değerlerine ait mekânsal dağılım haritası

Çalışma alanındaki pH değerlerinin mekânsal dağılım haritası Şekil 4.51’de verilmiştir. Mekânsal dağılım haritasına göre pH değerlerinin 7,7-6,0 arasında değişiklik gösterdiği ve alınan örneklerdeki pH değerlerinin orta noktalarda 7,7 kenarlara doğru gidildikçe 6,0 seviyelerine kadar gerilediği görülmektedir. Bu bağlamda pH değerlerinin çalışma alanının tamamında farklı değişkenlikler göstermektedir.



Şekil 4.51. pH değerlerine ait mekânsal dağılım haritası

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada tarıma elverişli toprak miktarı çok düşük bir düzeydedir. Tehlike oluşturan ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğini en aza indirmek için acil önlemler alınmalıdır. Ağır metal kirliliği olan topraklar yitirilmiş topraklar anlamına gelir. Kirli toprakta sağlıklı yetişen bitkisel ürünler ise insan ve hayvan hayatını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Ağır metal toprak kirliliği doğadan yok edilemediği gibi sürekli kalabilmektedir, Bu durumda öncelikle ağır metal maden işletmeciliği, sanayi diğer endüstri üretimleri ve diğer toprak kirletici faaliyetler ve üretim yöntemleri toprak kirliliğine en az zarar verecek hatta hiç zarar vermeyecek koşullarda yapılmalıdır.

Örnek bir alan olarak seçilen İstanbul-Edirne karayolu üzeri Tekirdağ-Lüleburgaz karayolu kavşağı ile Çorlu-Yenice karayolu kavşağı arasında kalan karayolu üzerindeki sanayi alanlarında yoğun bir tarımsal üretim yapılmaktadır. Bu bağlamda daha çok buğday üretiminin yapıldığı bu alanda endüstriyel atıklardan ve trafik yoğunluğundan oluşabilecek ağır metal kirliliğinin tarım toprakları üzerinde ve bitki bünyesinde oluşturduğu ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

Çalışma için ana materyal olarak seçilen buğday bitkisinin % 15'lik kısmı Marmara Bölgesinde yetişmektedir. Aynı zamanda karayoluna ve fabrikalara yakın arazilerden alınan örnekleme dönemi boyunca buğday bitkisi bölgede yaygın olarak ekili durumdadır. Çalışma sonucunda sınır değerlere göre toprak örneklerinde Zn, Cd, Co, Pb ve Fe kapsamalarının fazla olduğu, bitki örneklerinde ise Zn değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kadmiyum motorlu taşıtların akü veya karbüratörlerinde yanma ürünü olarak ortaya çıkan bir ağır metaldir (Dıvrıklı ve ark. 2006). Bu yüzden ki toprak kirliliğinin önlenmesi adına alınması gerekli önlemler fazlalaştırılmalı gerekli yasal tedbirler mutlaka alınmalıdır. Ağır metal kirliliği belirlenen tarım alanlarının başta fitoremediasyon yöntemi olmak üzere çevreye duyarlı ve ekolojik yöntemler ile ağır metal kirliliğinden arındırılması gereklidir.

Araştırma yapılan alandan toplanan toprak örneklerinde As, B, Cr, Cu, F, Mn, Mo, Ni, Se ve Si elementlerinin bitki örneklerinde ise Zn elementi dışındaki birçok elementin "izin verilebilir" düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Fakat bahsi geçen bu elementlerin bazı noktalarda sınır değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde kirlilik parametrelerinin artmasıyla birlikte "yeterli" ve "izin verilebilir" durumda olan tarım alanlarının "toksik" duruma geçerek olumsuz etkiler doğurabileceği dikkate alınmalıdır.

Dünyada tarıma elverişli toprak miktarı çok düşük bir düzeydedir. Tehlike oluşturan ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğini en aza indirmek için acil önlemler alınmalıdır. Ağır metal kirliliği topraklar yitirilmiş topraklar anlamına gelir. Kirli toprakta sağlıklı yetişen bitkisel ürünler ise insan ve hayvan hayatını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Ağır metal toprak kirliliği doğadan yok edilemediği gibi sürekli kalabilmektedir, Bu durumda öncelikle ağır metal maden işletmeciliği, sanayi diğer endüstri üretimleri ve diğer toprak kirlenici faaliyetler ve üretim yöntemleri toprak kirliliğine en az zarar verecek hatta hiç zarar vermeyecek koşullarda yapılmalıdır.

Yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinin hafif asit ve hafif alkalin arasında değişen bir pH değerine sahip, kireççe fakir ve tuzluluk problemlerinin olmadıkları gözlenmektedir. Bitkilerin arzuladığı düzeydeki toprak reaksiyonunun sağlanması, verimi arttıran bir durumdur. Asit toprakların kireçlenmesi önemli bir ıslah çalışmasıdır. Özellikle ağır metaller söz konusu olduğunda, toprak pH'sının bilinmesi çok önemlidir. Toprak pH'sının yükseltilmesiyle, bitkilerin ağır metal alımı arasındaki ilişkiler detaylı olarak ele alınmalı, bu konuda tarla ve sera denemeleri yapılmalıdır.

Alınan bitki örneklerinin Fe içeriği 115,55 ile 423,00 mg kg⁻¹, Zn içeriği 51,59 ile 99,73 mg kg⁻¹, Mn içeriği 58,56 ile 84,04 mg kg⁻¹, Cu: 32,89 ile 57,19 mgkg⁻¹ arasında değişen değerlerde saptanmıştır.

Bölge üst topraklarında ağır metal konsantrasyonlarının yer yer kirlilik düzeyine erişmesinin nedeni olarak bu elementlerin emisyonunu sağlayan tekstil, deri, otomotiv ve metal, kimya, selüloz ve kağıt-karton sanayilerinin bölgede yoğunlaşması gösterilebilir.

Toprak örneklerinin ortalama Zn değeri 10,18 mgkg⁻¹ aynı zamanda bitki örneklerindeki ortalama Zn değeri 86,07 mg kg⁻¹ olup oldukça yüksek olduğu bulunmuştur.

Toprak örneklerinin ortalama Fe değerinin 8,61 mg kg⁻¹ düzeyinde ve fazla düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Tarım topraklarında yetersiz düzeyde bulunan bitki besin elementlerini kültür bitkilerine sağlamak amacıyla genellikle gübreleme yapılmaktadır. Besin elementlerinin toprağa ilavesi organik ve inorganik gübrelemeyle olmaktadır. Tarımda kullanılan gübrelerden kaynaklanan çevre kirliliği ve bu kirlenmenin insan sağlığı üzerindeki etkileri son yıllarda yoğun biçimde tartışılmaktadır (Bellitürk 2005). Günümüzde özellikle vermikompost (solucan gübresi), termofilik kompost, yarasa gübresi, yeşil gübreler vb. gibi organik kaynaklı gübrelerin kullanımında bir artış olduğu görülmektedir. Bu hem toprak kirliliğini önlemek, toprakları ıslah etmek ve hem de üretilen ürünlerdeki kimyasal kalıntıları azaltmak açısından son derece yerinde bir uygulamadır.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada tarımsal faaliyetlerin yapıldığı topraklarda ve elementlerinin "toksik" düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bazı toprak örneklerinde ise bu elementlerin kritik değerlerde olduğu kirlilik düzeyinin artmasıyla kritik düzeyde olan toprakların "toksik" düzeye geçme ihtimali bulunmaktadır. Bu yüzden ki toprak kirliliğinin önlenmesi adına alınması gerekli önlemler sıklaştırılmalı gerekli yasal tedbirler mutlaka alınmalıdır. Ayrıca kirlilik belirlenen tarım alanlarının başta fitoremediasyon yöntemi olmak üzere çevreye duyarlı ve ekolojik yöntemler ile ağır metal kirliliğinden arındırılması gereklidir. Fitoremediasyon yöntemi hem uygulanabilirliği hemde ekonomik maliyeti açısından diğer ıslah yöntemlerine ile kıyaslandığında çok daha avantajlı bir yöntemdir.



6. KAYNAKLAR

- Anonim (1983). Çevre Kanunu. (Kanun No: 2572) 11.8.1983 gün ve 18132 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır.
- Anonim (2009). Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği, E. Adresi: <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm>, E. Tarihi: 21.09.2016).
- Anonim (2014). Tekirdağ İli 2014 Yılı Tarım Raporu. T.C. Tekirdağ Valiliği, İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Tekirdağ,
E. Adresi: <http://tekirdag.tarim.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=47>, Erişim Tarihi: 22.09.2016).
- Adiloğlu S, Adiloğlu A, Eryılmaz F, Yeniaras T, Solmaz Y (2015). Labada (*Rumexpatientia* L.) Bitkisinin Kurşun Kirliliğinin Gideriminde Kullanım Kapasitesinin Araştırılması. IAAOJ. Scientific Science, 3(2), 1-7.
- Aksu E ve Yıldız N (2004) 'Besin çözültisine artan Konsantrasyonlarda Uygulanan Cd ve Pb Metallerine Farklı Domates Çeşitlerinin Tepkisinin Araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum.
- Asri FÖ, Sönmez S (2006). Ağır Metal Toksikitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi, Cilt 23 (2): 36- 45.
- Ayhan B (2006). Mısır (*Zea mays* L.)'ın Bazı Çeşitlerinde Ağır Metal (Cd, Pb) Stresinin Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Baker AJM, Brooks RR (1989). Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements—A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry. Biorecovery 1: 81–126.
- Baker AJM (1995). Metal Hyperaccumulation by Plants: our Present Knowledge of the Ecophysiological Phenomenon. Will plants have a role in Bioremediation. 14th Annualsymposium on Current Topics in Plant Biochemistry, Physiology and Molecular Biology, Columbia, MO, pp.7-8.

- Baş L ve Demet Ö (1992). Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. Ekoloji, Sayı: 5: 42-46.
- Başar H ve Aydınalp C (2005). Heavy Metal Contamination in Peach Trees Irrigated with Water From a Heavily Polluted Creek. J. of Plant Nutrition, 28 (11):
- Başçı N (2009). Krom (Cr) (VI) İyonunun Süs Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Adana.
- Bellitürk K ve Sağlam MT (2005). Tekirdağ İli Topraklarının Mineralize Olan Azot Miktarları ile Mineralizasyon Kapasiteleri Üzerinde Bir Araştırma. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi (JOTAF), Tekirdağ, 2 (1): 89-101.
- Bellitürk K (2005). Tekirdağ Koşullarında Buğday Yetiştirilen Toprakların Mikro Besin Elementleri ve Ağır Metal İçeriklerinin Saptanması. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi (Uluslararası Katılımlı), 5-9 Eylül, Cilt 2, s: 1211-1215, Antalya.
- Bellitürk K, Karakaş Ö, Arabacı O, Kocaman P ve Gür B (2012). Çeltik Tarımı Yapılan Toprakların Beslenme Durumlarının Belirlenmesi: İpsala ve Meriç Örneği. Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi, 14 (1): 187-196, Sakarya.
- Benavides M P, Gallego SM and Tomaro ML (2005). Cadmium Toxicity in Plants. Braz J. Plant Physiol 17, 21–34.
- Biggins, P.D.E. and Harrison, R.M., “Chemical specification of leaf compounds in street dusts”, Env. Sci.Tech.14, 336 ,1980.
- Bolle Jones EW, Mallikarju-neswara VR (1957). Cobalt: Effects on the Growth and Composition of Hevea. J. Rubber Research Inst. Malaya, 15: 128-140.
- Bowen HJM (1966). Trace Element in Biochemistry, Academic Press, London.
- Blagojevic S. (1998). Influence of Long-term Fertilization on the Selenium Content of Calcareous Chernozem soil, J. Environ. Pathol. Toxic. Oncol. 17:183.

- Cabrera F, Clemente L, Díaz Barrientos E, López R ve Murillo J M (1999). Heavy Metal Pollution of Soils Affected by the Guadiamar Toxic Flood, the Science of the Total Environment, 242, 117-129.
- Camelo LGL, Miguez SR ve Marban L (1997). Heavy Metals Input with Phosphate Fertilizers Used in Argentina. The Science of The Total Environment 204 (3): 245-250.
- Carrigan RA ve Erwin TC (1951). Cobalt Determination in Soils by Spectrographic Analysis Following Chemical Preconcentration. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 15: 145- 149.
- Chapman HD (1971). Proceedings of Int. Symposium Soil Fert. Eval. New Delhi 1: 927-947.
- Chow TJ (1970) "Lead accumulation in roadside soils and grass", Nature (London) 225, 295.
- Çatak E, Güler Ç, Süleyman T ve Orhan B (2000). Bazı Domates ve Tütün Genotiplerinde Kadmiyum Etkilerini İnceleyen İstatistiksel Bir Çalışma. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2 (1).
- Çepel (1997). Ağır Metal İçeren Atık Suların İleri Arıtımında Su Mercimeği (Lemna sp.) Bitkisinin Kullanılması. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Çingı F (2007). Eser elementler. (erişim adresi: www.firochromis.com, erişim tarihi: 12.04.2007).
- Dağdeviren Ş (2007). Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçların Yapay Sinir Ağları ile Değerlendirilmesi T.E. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisan Tezi, Edirne.
- De Jonghe WRA ve Adams FC (1982). Biochemical Cycling of Organic Lead Compounds. Ecotoxicology. 561-593.
- Deniz M (2003). Ağır Metal Kirliliği ve Ekosistem Üzerine Olan Etkileri. Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü. Ekonomisi Bölümü, Tekirdağ.

- Divrikli U, Horzum N, Soylak M, ve Elci L (2006). Trace Heavy Metal Contents of Some Spices and Herbal Plants from Western Anatolia, Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*. 41: 712-716.
- Dürüst N, Dürüst Y, Tuğrul D and Zengin (2004). Heavy Metal Contents of *Pinus Radiata* Trees of İzmit (Turkey). *Asian Journal of Chemistry*. Vol. 16, No. 2, 1129-1134.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S, (1996). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro Element (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. *Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Gen Müd. Yayın No: 217 Ankara*.
- Ernst WHO, Verkleji JAC ve Schat H (1992). Metal Tolerance in Plants. *Acta Bot Neerl* 41: 229-248
- FAO (1990). *Micronutrient, Assesment at The Country Level: An International Study*. FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Fageria NK (2009). Demir. In: *The Use of Nutrients in Crops Plants: An Overview on the Chemistry and Physiology of its Deficiency and Toxicity*. *Pesq. Agropec. Bras.* 25:553-570.
- Fergusson, JE ve Kim ND (1991). *Sci total environ*, 100, 125.
- Follet RH (1969). Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. PhD. Dissertation. Colo. State Univ.
- Foy CD, Chaney RL ve White MC (1978): "Physiology of Metal Toxicity in Plants", *Annual Review Plant Physiology*. 29, 511.
- Fleming G.A ve Walsh T.(1957). *Royal ırish acad proc*. 58B:151-165.
- Gerenda's, J, Polacco, JC, Freyermuth, SK ve Sattelmacher B (1999). Significance of nickel for plant growth and metabolism. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 162, 241–256.
- Güler Ç ve Çobanoğlu Z (1997). *Toprak Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi:40 Ankara*.
- Güneş A, Aktaş M, İnal A ve Alpaslan M (1996). Konya kapalı havzası topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*. No: 1453.

- Grant CL (1962). Spectrochemical Analysis of the Foliage of Certain Trees and Ornamentals for 23 Elements. Bull Torrey Bot Club. 89: 293-302.
- Hakerlerler H, Okur B ve Yağmur B (1995). Gediz Havzasında Yollara Yakın Arazilerde Motorlu Araç Trafığından Kaynaklanan Ağır Metal Kirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. 1. Gediz Havzası Erozyon ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 10-11 Ekim 1995, sf: 138-148.
- Haktanır K, Arcak S, ve Erpul G (1995). Yol Kenarlarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science 19: 423-431
- Hanna WJ ve Grant CL (1962). Spectrochemical Analysis of The Foliage of Certain Trees and Ornamentals for 23 Elements. Bull Torrey Bot Club 89:293-302.
- Harrison Rm (1979). Toxic Metals in Street and House Hold Dusts, Science Tot. Environ., 11, 89-97.
- Harrison Rm, Laxen Dph ve Wilson Sj (1981). Chemical Association of Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Street Dust and Roadside Soils. Environmental Science Technology, 15, 1378–1383.
- Hesse PR. (1971). Alectbook of Soil Chemical Analysis. P.1-520. Chemical Publishing Co., Inc. New York.
- Hossner LR, Loppert RH ve Newton RJ (1998). Literature Review: Phytoaccumulation of Chromium, Uranium and Plutonium in Plant Systems. Amarillo National Resource Center for Plutonium, ANRCP-1998-3.
- Hovmand MF (1984). Cycling of Pb, Cd, Cu, Zn and Ni in Danish Agriculture: D.Reidel, pp 166-185.
- Jackson ML (1967). Soil Chemical Analysis Prentice- Hall of India Private Limited, NewDelhi.
- Jiang WZ ve Li JL (1989). “Effects of Cadmium on Photosynthetic Characteristics of Tobacco” Plant Physiology Communications, 6: 27-31.

- Kabata Pendias A ve Pendias H (1992). Trace Elements in Soils and Plants, 2nd Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London.
- Kacar B (1995). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III.Toprak Analizleri, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3.
- Kacar B ve Katkat AV (2007). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayınları No: 1119
- Kacar B ve İnal A (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A ve Timur S (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji Dergisi, s: 47-53, Sayı 136.
- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A ve Timur S (2007). Metallerin Çevresel Etkileri –I. (E. Adresi: www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, E. tarihi: 13.05.2007).
- Kalaycıoğlu S (2005). Isırgan (*Urtica dioica* L.) Bitkisinde Bazı Ağır Metallerin Büyüme Parametreleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul.
- Karademir M ve Toker MC (1995). Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egsoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi. II. Ul. Eko. ve Çevre Kong., s: 699-711.
- Karenlampi S, Schat H, Vangronsveld J, Verkleij JAC, van der Lelie D, Mergeay M ve Tervahauta AI (2000). "Genetic Engineering in the Improvement of Plants for Phytoremediation of Metal Polluted Soils", Environmental Pollution, 107, 225-231.
- Kıran Y ve Şahin A (2005). Kurşunun Lens Culınarıs Medik. Tohumlarının Çimlenmesi, Kök Gelişimi Ve Kök Ucu Hücreleri Üzerindeki Mitotik Etkileri. Fırat Üniversitesi G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi 18(1): 17 -25 (2005).
- Kovacs M, Opanszky I, Klincsek P ve Podani J. (1982) Leaves of City Trees as Accumulation Indicators. Tasks Veg Sci. 7, 149.

- Kumar PBAN, Dushenkov V, Motto H ve Raskin L (1995). Phytoextraction: The Use Of Plants To Remove Heavy Metals From Soils. *Environ. Sci. Technol.* 29, 1232–1238.
- Lagerwerff JW ve Speckh AW (1970). “Contamination of Roadside Soil and Vegetation with Cadmium, Nickel, Lead and Zinc”, *Environ. Sci. Technol.* 4,583-586.
- Langille WM ve MacLean KS (1976). Some Essential Nutrient Elements in Forest Plants as Related to Species, Plant Part, Season and Location. *Plant Soil.* 45: 17-26.
- Lindsay WL ve WA Norwell (1969). Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. *Soil Sci. Am. Proc.* 35: 600-602.
- Linton, RW, Natunsh, DFS, Solomon RL ve Evans CA (1980). Physicochemical Characterization of Lead in Urban Dusts. A Microanalytical Approach to Lead Tracing *Env. Sci. Tech.* 14, 158.
- MacLean KS (1976). Some Essential Nutrient Elements in Forest Plants as Related to Species, Plant Part, Season and Location. *Plant Soil.* 45: 17-26.
- Marschner H (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd edition. New York Academic.
- Matichenkov VV (1990). Amorphous Oxide of Silicon in Sodic Podzolic Soil and its Influence on Plants. Autoref. Diss. Cand., Moscow State University, Moscow.
- Mattigod SV ve Page AL (1983). Assessment of Metal Pollution in Soils. Pages 355 - 394 in I. Thornton, Ed. *Applied Environmental Geochemistry*. Academic Press. London.
- Mertz W (1969). Chromium Occurrence and Function in Biological Systems. *Physiol. Rev.* 49:16-239.
- Miyake (1993). On the Environmental Condition and Nitrogen Source to Appearance of Silicon Deficiency of the Tomato Plant. *Sci. Rep. Of the Faculty of Agriculture Okayama Univ.*, Japan 81:27-35.
- Müller WP ve McFee WW (1990). Distribution of Cd, Zn, Cu and Pb in Soils of Industrial Northwestern Indiana. *J. Env. Qual.* 12, 29, 1983. Noll KE, Yuen PF ve Fang. KYP “Atmospheric Coarse Particulate Concentrations and Dry Deposition Fluxes for ten Metals in Two Urban Environments. *Atm. Env.* 24A.4, 903.

- Ndiokwere CL (1984). Environ. Pollut. (Series B) 7,35.
- Nuhoğlu Y, Malkoç E, Gürses A ve Canpolat N (2002). Removal of Cu(II) From Aqueous Solution by Ulothrix Zonata. Bioresource Technology 85,3,331-333.
- Nriogo JO (1979). Global Inventory of Natural and Anthropogenic Emissions of Trace Metals to the Atmosphere. Nature 279: 409-411.
- Okcu ve Ark (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri 17 (B) – 2009 14-26.
- Onar AN ve Temizer A (1987). "Çevre Kirliliğine Etkisinin Ölçüsü Olarak Cd ve Pb Derişimlerinin İdrarda Tayini", Doğa Tü. Müh. ve Çev. D.C., 11(2) 254-267 .
- Özbek H, Kaya Z, Gök M ve Kaptan H (1995). Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA.
- Pak O (2011). Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Enst. Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Pratt PF (1996). Chromium Occurrence and Function in Biological Systems. Physiol. Rev.49:163-239.
- Purves D. ve E.J. Mckenzie (1974). Phytotoxicity Due to Boron in Municipal Compost. Plant and Soil 40:231-235.
- Rether A (2002). Entwicklung and Charakterisierung Wasserlöslicher Benzoylthioharnstoffunktionalisierter Polymere zur Selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwassern und Prozesslösungen. Doktora Tezi. Münih Teknik Üniversitesi.
- Richard WH ve Van Scoyoc S (1984) "Trace Element Uptake by Sagebrush Leaves in Washington", Environmental Experiment Botany 24, 1984, 101
- Ross R.G. ve D.K.R. Stewart (1969). Cadmium Residues in Apple Fruit and Foliage Following a Cover Spray of Cadmium Chloride. Can.J.Plant Sci. 49:49-52.

- Rossiter RC, Curnaw DH ve Underwood EJ (1948). The Effect of Cobalt Sulfate on the Cobalt Content of Subterranean Clover (*Trifolium subterraneum* var. *Dwalganup*) at Three Stages of Growth. *Jour. Australian. Inst. Agr. Sci.* 14 (1): 9-14.
- Rulkens, WH, Tichy R ve Grotenhuis JTC (1998). Remediation Of Polluted Soil and Sediment: Perspectives And Failures. *Water Sci. Technol.* 37, 27 –35.
- Sarı T (2009). Edirne ili ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. NKÜ Fen Bil. Enst. Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ
- Saygıdeğer S (1995). *Lycopersicum esculentum L.* Bitkisinin Çimlenmesi ve Gelişimi Üzerine Kurşunun Etkileri II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, s: 588-597 Ankara.
- Sazak Ş (1996). Trakya Bölgesinde Kentleşmenin Tarım Topraklarına Etkisi. Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu (I), 63-73, Çorlu, Tekirdağ.
- Seaward MRD ve Richardson, DHS (1989). Atmospheric Sources of Metal Pollution an Effects on Vegetation, pp. 75-92. In: Shaw A.J. (ed.) Heavy Metal Tolerance in Plants.
- Sezen J (2008). Tekirdağ İlinde Su Kirliliğinin Önlenememesinin Nedenleri ve Ekonomik Etkileri. Doktora Semineri, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Bölümü, Tekirdağ.
- Scheffer (1989). Schachtshabel, Lehrbuch der Bodenkunde, Enke Verlag.
- Shaheen DG (1975). Environmental Protection Agency Report. EPA 600/2-75-004, Washington, D.C
- Swaine DJ (1955). The Trace Element Content of Soils. Commonwealth Bur. Soil Sci. Tech. Comm. No. 48, p. 151. Herald Printing, York, England.
- Şahmetlioğlu N (2004). Asit Özellikteki Topraklarda Kireçlemenin Topraktaki Ağır Metal (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu) Konsantrasyonuna ve Yulaf bitkisine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi. Niğde
- Tok HH (1997). Çevre Kirliliği. Anadolu Matbaacılık, İstanbul.

- Toker MC (1995). Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi. II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi., 699-711. Ankara.
- Tornabene TG ve Edward HW (1972). Microbial Uptake of Lead. Science 176, 1334-1335.
- Topbaş MT, Brohi AR ve Karaman MR (1998). Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Tosyalı K (2006). Araç Egzozlarından Kaynaklanan Ağır Metal Tayini, Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul.
- Tovep (1991). Productivity Inventory of Turkey Soils. T.C. The Ministry of Agriculture and Rural Affairs.
- Türkan İ (1986). İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun, Çinko ve Kadmiyum Kirlenmesinin Araştırılması. Doğa Türk Tarih ve Biyoloji Dergisi, 10:1, 116 – 120.
- Türkoğlu (2006). Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Üstbaş Y, Taşan M ve Geçgel Ü (2009). Trakya Bölgesinde Üretilen Ayçiçeği Tohumu (*Helianthus annus* L.) Yağlarında Bakır, Demir, Kadmiyum Ve Kurşun İçeriklerinin Belirlenmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1).
- Vural H (1993). Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Ekoloji 8, 3-8.
- Wallace A, Soufi SM, Cha JW ve Romney EM (1976). Some Effects of Chromium Toxicity on Bush Bean Plants Grown in Soil. Plant Soil, 44: 471-473.
- Yaman S, (1995). Karayolu Kenar Topraklarında Kuşun Kirlenmesi (Ceyhan-Adana), Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 19: 303-306.
- Yassaoğlu N, Kosmas C, Asimakopoulos J ve Kallianou C (1987). Heavy Metal Contamination of Roadside Soils in The Greater Athens Area Environmental Pollution, Vol. 47(4), (1987) 293-304.

- Yıldız N (2001). Toprak Kirlenici Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 32 (2): 207–213, Erzurum.
- Yıldız N (2003). Toprak Kirlenici Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri. I. Ulusal Çevre Sempozyumu. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü Erzurum.
- Yıldız N (2004). Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.
- Yıldız N (2009). Toprak ve Çevre Kirliliği, 62, Erzurum. Yıldız T., Ceylan N. 2009. Nır Analiz Sisteminin Hayvan Beslemede Kullanımı. Ziraat Mühendisliği Dergisi. Sayı: 352 S. 52-56.
- Zengin KF ve Munzuroğlu Ö (2005). Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni^2 , Co^2 , Cr^3 , Zn^2) Etkileri. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (1): 164-172.

ÖZGEÇMİŞ

Pelin KOCAMAN 14 Mart 1990 yılında Denizli’de doğdu. İlköğretimini Denizli Doğan Demircioğlu Emsan İlköğretim Okulu’nda 2004 yılında tamamladı. 2004 yılında girmiş olduğu Hasan Tekin Ada Lisesi’nden 2007 yılında mezun olarak, 2008 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı. Mesleki stajını İzmir Bornova Zeytincilik Araştırma İstasyonunda gerçekleştirdi. 2013 Yılında Ziraat Mühendisi ünvanı ile ilgili bölümden mezun oldu. Aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2014 Yılında Tekirdağ Süleymanpaşa Ziraat Odası Başkanlığında Tarım Danışmanı olarak işe başlamış ve halen bölge çiftçisine tarım danışmanlığı anlamında destek vermektedir.