T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NEVŞEHİR'DE FARKLI SU KAYNAKLARIYLA SULANAN SEBZELERDE AĞIR METAL (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) BİRİKİMİ

Tezi Hazırlayan
Fatih ÖZYÜREK

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Mart 2016

T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NEVŞEHİR'DE FARKLI SU KAYNAKLARIYLA SULANAN SEBZELERDE AĞIR METAL (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) BİRİKİMİ

Tezi Hazırlayan
Fatih ÖZYÜREK

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Mart 2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ danışmanlığında **Fatih ÖZYÜREK** tarafından hazırlanan **"Nevşehir'de Farklı Su Kaynaklarıyla Sulanan Sebzelerde Ağır Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) Birikimi"** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

16.03.2016

JÜRİ

Başkan: Doç. Dr. Sevil ALBAYRAK

Üye: Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Üye: Doç. Dr. Özlem FINDIK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun..18..03..2016...tarih ve..13-141... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

8/4/2016

Doç. Dr. Şahlan ÖZTÜRK

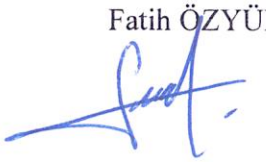
Enstitü Müdürü

T.C. NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ 1923

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Fatih ÖZYÜREK



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, aynı zamanda kişilik olarak da bana çok şey katan Sayın Hocam Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ' ye,

Maddi ve manevi olarak her zaman desteklerini hissettiren değerli AİLEME,

Laboratuar çalışmalarımızda desteğini esirgemeyen Jale ÇELİK'e ve istatistikî çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Emrah KOCAARSLAN ve Murat GÜN arkadaşlarıma, Ziraat Yüksek Mühendisi Müslüm YÜCEL ve sayın hocam Yrd. Doç.Dr. Kaan ERDEN'e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamı, yıllarca maddi manevi desteğini esirgemeyen ve beni gerçekten karşılıksız seven annem Sayın Fatma ÖZYÜREK'e adıyorum.

Teknik ve idari yardımlarından dolayı Erciyes Üniversitesi ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Fen-Edebiyat Fakültesi Dekanlığı'na, Biyoloji Bölüm Başkanlığı'na ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi BAP Birimi'ne teşekkür ederim.

ÖZET

"NEVŞEHİR'DE FARKLI SU KAYNAKLARIYLA SULANAN SEBZELERDE AĞIR METAL (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) BİRİKİMİ''

(Yüksek Lisans Tezi)

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2016

Bu araştırmada, Nevşehir bölgesinde farklı su kaynakları ile sulanan arazilerden toplanan toprak, su ve sebzelerdeki ağır metal birikiminin tespiti ve çevresel kirliliğin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütülmüştür.

Bölgede tarımsal olarak yetiştirilen 4 farklı bitki türünden; *Lycopersicon esculentum* (domates), *Capsicum annuum* (biber), *Allium cepa* (soğan), *Phaseolus vulgaris* (fasulye) ve bitkilerin yetiştikleri topraklardan, çalışma alanında mevcut sulardan (kuyu, ırmak, kanal, dere) 2012-2013 güz dönemlerinde düzenli olarak örnekler toplanmıştır. Bu örneklerde Cu, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni düzeyleri ICP-OES cihazı kullanılarak saptanmıştır.

Çalışmadan elde edilen verilere göre; Sulusaray lokasyonundan toplanan domates yaprağında 5.3583 μg g^{-1} Nikel tespit edilmiştir. Avanos lokasyonundan toplanan Soğan'ın kökünde ve Avanos toprak örneğinde sırasıyla 4.0840 μg g^{-1} ve 4.7427 μg g^{-1} Çinko tespit edilmiştir. Avonos Biber kök örneğinde 0.0287 μg g^{-1} ve Nar lokasyonu atıksu girişinden alınan Soğan yaprağında örnekte 0.0297 μg g^{-1} Kadmiyum belirlenmiştir. Fe açısından, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün verilerine göre bazı sebzelerde sınır değerlerin aşıldığı, en fazla akümülasyonun ise kök > gövde > yaprak > meyve şeklinde olduğu saptanmıştır.

Çalışma sonucunda; Kızılırmak suyu ile sulanan Avanos istasyonunda genel olarak en yüksek ağır metal değerleri tespit edilirken, en düşük ağır metal miktarlarının ise kontrol noktası olan kuyu suyu ile sulanan Kavak istasyonundaki örneklerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ***Ağır metal, Nevşehir, Toksik etki, Sebze***
Tez Danışman: Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ
Sayfa Âdeti: 112

ABSTRACT

"HEAVY METAL ACCUMULATİON (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) IN VEGETABLES IRRİGATED WİTH DİFFERENT WATER RESOURCES IN NEVSEHİR"

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY

Graduate School of Natural and Applied Sciences

March 2016

This research was carried out to determine environmental pollution and detection of heavy metal accumulation in vegetables and soil, collected from land, irrigated with different water sources, in Nevsehir.

Four different plant species grown in agricultural regions; *Lycopersicon esculentum* (tomato), *Capsicum annuum* (pepper), *Allium cepa* (onion), *Phaseolus vulgaris* (beans), the soil growing this plants and the available waters in the study area (wells, rivers, canals, streams) regularly collected in 2012-2013 fall term. In this example, Cu, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni levels were determined using ICP-OES device.

According to the data obtained from the study; Collected from Sulusaray locations, leaf of the *Lycopersicon esculentum* 5.3583 $\mu g g^{-1}$ Nickel was determined. Collected from Avanos locations, root of the *Allium cepa* and Avanos soil sample 4.0840 and 4.7427 $\mu g g$ $\mu g g^{-1}$ Zinc was determined, respectively. Pepper samples collected from Avonos locations and wastewater samples collected from Nar locations 0.0287 $\mu g g^{-1}$ and 0.0297 $\mu g g^{-1}$ Cadmium was determined, respectively. Some vegetables for according to the records of the World Health Organization (WHO) were found to exceed the limit values for Fe.

In conclusion; In generally, the highest heavy metal concentrations were determined from Avanos station, watered with water of Kızılırmak, as the lowest amount of heavy metal have been identified, irrigated with well water from the control point that Kavak station.

Key words*: Heavy metal, Nevşehir, Toxic effect, Vegetables*
Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ
Page Number: 112

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI iii

TEZ BİLDİRİM SAYFASI……..…..i

TEŞEKKÜR.……iii

ÖZET……iii

ABSTRACT…….....v

İÇİNDEKİLER…… v

TABLOLAR LİSTESİ……

.....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**x

ŞEKİLLER LİSTESİ…….. xi

RESİMLER LİSTESİ……xii

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ…….vii

BÖLÜM 1

1.1. Giriş..... 1

1.2. Amaç ve Kapsam 2

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER 4

2.1. Çalışma Alanının Özellikleri..... 4

2.1.1 Coğrafi Konumu 4

2.1.2. Topoğrafik ve Jeolojik Yapısı..... 5

2.1.3. İklim ve Bitkiörtüsü Özellikleri 7

2.2. Ağır Metaller..... 7

2.2.1. Ağır Metallerin Bulunduğu Formlar 8

2.2.2. Ağır Metal Bulaşma Kaynakları 7

2.3. Ağır Metaller ve Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri..... 9

2.3.1. Çinko 122

2.3.2. Bakır 133

2.3.3. Kadmiyum 14

2.3.4. Kurşun 16

2.3.5. Nikel 16

2.3.6. Krom……177

2.3.7. Civa……18

2.3.8. Demir ……20

2.4. Bitkilerin Ağır Metal Toksisitesine Tolerans Mekanizmaları……..…… 22

2.5. Ağır Metallerin Genel Olarak Canlılara Etkisi……..23

2.6. Ağır Metallerin Toprağa Etkisi…….…… 29

2.7. Ortam pH'nın Ağır Metallerin Alımına Etkisi Hakkında Yapılan Araştırmalar……..……30

2.8. Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Alımı Üzerine Yapılan Araştırmalar ..... …333

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD 366

3.1. Materyal 36

3.2. Materyallerin Toplanması 377

3.3. Malzemelerin Temizliği 377

3.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler 38

3.5. Toprak ve Su Örneklerinin pH'ının Tespiti 38
3.6. Materyaller İçin Çözme İşlemi 39
3.7. Kalibrasyon 40
3.8. İstatistiksel Analizler 41

BÖLÜM 4

4.1. Verilere Ait Bulgular ve Değerlendirmeler 42
4.2. Verilerin Analizi 43
4.2.1. Kadmiyum 43
4.2.2. Krom 47
4.2.3. Bakır 51
4.2.4. Demir 55
4.2.5. Nikel 59
4.2.6. Kurşun 63
4.2.7. Çinko 67

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER 72
5.1. Öneriler 87
KAYNAKLAR 89
ÖZGEÇMİŞ 100

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Çevrede bulunan zehirli ağır metallerin kaynakları [16]. 8

Tablo 2.1. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması…… 12

Tablo 3.1. Kullanılan bitki çeşitleri ve sınıflandırılması, taksonomisi……..35

Tablo 4.1. Ağır metallerin toprakta, sulama suyunda toksik kabul edilen ve kontamine olmuş bitkilerdeki konsantrasyon aralıkları……... 39

Tablo 4.2. İstasyonlarda ölçülen pH değerleri. . . . . …….. 38

Tablo 4.3. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan 70 örnekteki Cd konsantrasyonları……... . . . . .……42

Tablo 4.4. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan 70 örnekteki Cd konsantrasyonuna ait Anova sonuçları. 37

Tablo 4.5. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Cr konsantrasyonu. . . . . .…….44

Tablo 4.6. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Cr konsantrasyonuna ait Anova sonuçları . . . . . .……45

Tablo 4.7. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan 70 örnekteki Cu konsantrasyonu……. 48

Tablo 4.8. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Cu konsantrasyonuna ait Anova sonuçları.. . . . . .…….49

Tablo 4.9. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Fe konsantrasyonu. . . . . .…….54

Tablo 4.10. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Fe konsantrasyonuna ait Anova sonuçları . . . . . .……55

Tablo 4.11. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan 70 örnekteki Ni konsantrasyonu……. 57

Tablo 4.12. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Ni konsantrasyonuna ait Anova sonuçları.. 58

Tablo 4.13. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Pb konsantrasyonu. 59

Tablo 4.14. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Pb konsantrasyonuna ait Anova sonuçları 60

Tablo 4.15. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan 70 örnekteki Zn konsantrasyonu……. 64

Tablo 4.16. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan örneklerdeki Zn konsantrasyonuna ait Anova sonuçları.. 65

Tablo 4.17. İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarına ait Anova sonuçları.. 69

Tablo 4.18. İstasyonlardan alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarına ait Anova sonuçları. 69

Tablo 5.1. Kızılırmak ağır metal değerleri……. 74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 İstasyonların birbirine göre konumları…….. .4

RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. Örneklerin pH analizinde kullanılan pH metre ve Hassas terazi……..38

Resim 3.2. CEM marka Mars5 Mikrodalga Fırına yerleştirilen örnekler……...39

Resim 3.3. Ağır Metal Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı…….39

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

µg g^{-1}	Mikrogram / gram
AAT	Atık su arıtma tesisi
Al	Alüminyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
EPA	Çevre Koruma Ajansı
FAO	Dünya İlaç örgütü
Fe	Demir
Hg	Civa
K	Potasyum
KDK	Katyon değişim kapasitesi
Mg	Magnezyum
mgkg^{-1}	Miligram/kilogram
mg l^{-1}	Miligram/Litre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Azot
Ni	Nikel
OSD	Otomotiv Sanayii Derneği
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Hidrojen konsantrasyonunun (-) logaritması
Se	Selenyum
TÇM	Türk Çevre Mevzuatı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Zn	Çinko

BÖLÜM 1

1.1. Giriş

Günümüzde insanların en önemli sorunlarından birisi çok hızlı nufus artışı ve buna bağlı olarak da sürekli genişleyen yaşamsal alan ve konut ihtiyacı yani artan kentleşmedir. Bu durum karşısında da sürekli daralan tarımsal alanlar ve bunların bir sonucu olarakta artan çevre kirliliğidir. Miras yoluyla sürekli bölünen, kentleşmeyle de sürekli daralan tarımsal alanlardan, hızla artan insan nüfusunu besleme çabaları, tarımda kimyasal gübre ve pestisit kullanımını artırmıştır [1]. Son yıllarda artan savaşlar gün geçtikçe gelişen teknolojik ve endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atıklar, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıklar ve bunlara karşı sürekli daralan ormanlık ve doğal alanlar insanlar açısından hayati öneme sahip hava, su ve toprağın sürekli olarak hırpalanmasına ve kirletilmesine neden olmaktadır [1]. Çevre kirliliğinin en önemli nedenlerinden birisi olarak önemi gün geçtilçe artan endüstrileşme, nüfustaki yoğun artış, yaşamın üç temel gereksinimi olan toprak, su ve havanın kirlenmesine yol açmıştır. Kirliliğe sebep olan değişik tüketim mallarının bol miktarlarda kullanıma sunulması, yoğun nüfus artışı ile artan bitkisel ve hayvansal gıda ihtiyacını karşılamak için tarımsal işlemlerin fazlalaşması ve üretim sınırının zorlanması, ambalaj vs atıkların gün geçtikçe çeşit ve miktarlarının sürekli artması gösterilebilir [2]. Bu faaliyetler sonucu çevrede yoğun miktarlarda ağır metal birikimi meydana gelebilir ve bu durum insanlar hayvanlar ve bitkiler gibi tüm canlılar açısından geri döndürülemez sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir. Çünkü ağır metaller vücutta lipit metabolizmasına veya proteinlere bağlanarak birikirler. Kısa veya uzun zaman zarfında, toksin etki yaparak canlının sağlık açısından olumsuz etkilenmesine neden olurlar [2]. Canlı bünyesine girdiği zaman ona zararlı olan metallere toksin metaller denir. Toksinlik metalden metale, canlıdan canlıya değiştiği gibi konsantrasyona bağlı olarak da değişir. Toksin metaller canlı bünyesine havadan, sudan ve özellikle de alınan besinlerden girerler. Bunların toksin ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimi göstererek belirli noktalarda yığılmaları ve yoğun miktarlara ulaşmaları nedeniyle de artan toksisite de söz konusudur. Birikme sonucu ağır metallerin konsantrasyonu suda ve havada normal şartlarda bulunan veya bulunması gerekenin çok üstüne çıkabilir. Böyle bir oranda toksin metal ihtiva eden besin maddesini veya herhangi bir gıdayı alan

insan, bitki veya hayvan zehirlenebilir [2]. Ülkemiz tarımında ve dünyada genellikle bitkisel ve hayvansal üretim, deniz, ırmak, kanal suyu doğal su kaynaklarından faydalanma, ekimden hasada hatta depolama ve gıdaların işlenmesi gibi çeşitli faaliyetleri de içerisine alan tarımsal uygulamalar, yanlış ve bilinçsiz bir biçimde yapılabilmektedir. Buna benzer tüm uygulamalar uzmanlar tarafından denetlenmediği takdirde yapıcı olduğu kadar da yıkıcı olabilmektedir [3].

Sanayi devrimiyle birlikte hızla ilerleyen endüstriyel faaliyetler ve buna bağlı olarak ortaya çıkan nüfus hareketleri ve yoğun tarımsal etkinlikler özellikle son ikiyüzyıldır, doğal çevreyi etkileyen ve kirleten ana etmenler olmuştur. Sanayi devrimi ve yoğun kentleşmenin ilk dönemlerinde, doğanın, tüm kirleticileri sonsuza kadar saklayabilme yeteneğine veya sonsuz bir arıtma gücüne sahip olduğu zannedilmiş veya söz konusu kirlenme sürekli göz ardı edilerek önemsenmemiştir [3]. Zaman içerisinde gerçeklerle yüz yüze gelinmiş, doğa ve canlılar çevre kirliliğinden olumsuz şekilde etkilenmeye başladığında ve artık doğanın meydana gelen olumsuz etkileri tolere edemediğini anlama, yenilenme ivmesinin yetersiz kaldığını tanımlama, önlem alma ve çözüm bulma çalışmaları büyük bir hız ve önem kazanmıştır. Belirli zaman aralıklarıyla akarsulardan su örnekleri alınarak incelenmesi ve hertürlü kimyasal analizlerinin yapılarak kirliliğin akarsular üzerindeki etkilerinin tespiti ve boyutlarının sürekli izlenmesi bu çalışmaların önemli bir parçasını oluşturmaktadır [4].

1.2. Amaç ve Kapsam

Ağır metaller; bitki, hayvan ve insanları da içerisine alan tüm canlı organizmalar için hem hayati faaliyetlerin yürütülmesinde görev almaları hem de canlı bünyesindeki varlıklarının gerek eksikliğinin gerekse aşırı dozlarda bulunmasının canlı hayatiyetinin devamlılığı ve kalitesi açısından genel sağlık durumunu direkt olarak etkilemesi nedeniyle büyük önem taşırlar. Doğal ve yapay nedenlerle, ağır metallerin akümülasyon ile birikimi ve bu birikimin nedenleri önemli çevresel sorunlar arasında yer almaktadır. Metallerin büyük bir bölümü biyolojik ortamda birikim göstermektedir. Bu birikim bir tek metal için besin zincirinin değişik kademelerinde farklı zenginleştirme faktörüyle kendini gösterir. Kirlenme açısından düşünüldüğünde ise ortamlarda ve oradan geçtikleri canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili dozlarda bulunduklarında ciddi hastalık hatta ölümlere yol açabilen zehirli maddelerdir. Eser

miktarda bile zehir etkisi yapabilen bu metaller arasında en önemli grubu; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, V, Zn, Ar, Cd, Al, Ca, Fe, Cu gibi elementler oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğu ağır metal grubuna girmekte ve bu metallerin büyük bir kısmı mikro besin elementi olarak da kullanılmaktadır [1, 5].

Bu çalışma ile ağır metal kirliliğine maruz kalmış farklı lokalitelerden toplanmış olan *Lycopersicon esculentum* (domates), *Capsicum annuum* (biber), *Phaseolus vulgaris* (fasulye) ile *Allium cepa* (soğan) bitkileri ve yetiştikleri toprak ile sulama suyu örneklerinden yararlanılarak, aşağıda sıralanmış olan işlemlerin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

a) Yukarıda sayılan bitkilerin çeşitli organlarının ne derece ağır metal kirliliğine maruz kaldıklarını, aşırı derecede (izin verilebilir maksimum seviyeden daha yüksek oranda) akümülasyon yapabilen bitkilerin insan ve hayvan beslenmesinde kullanılabilirliği ve sonuçlarını tartışmak.

b) Kirlilik kaynaklarının çeşitlerini, yani nelerden kaynaklandığını, sebepleri ile araştırmak ve Kızılırmak suyu ile atık su havzalarının ağır metal birikimine olan etkinliğini belirlemek.

c) Nevşehir'in çeşitli bölgelerinde, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin neden olduğu çevre kirliliğin boyutlarını gözlemlemek ve dağılımını izleyerek bu bitkilerde tespit etmek, sonuçlarını tartışarak farklı çözüm yolları araştırmak.

d) Nevşehir'de ağır metal kirliliğini en az seviyeye indirmede, atık su arıtma tesisinin katkısı olup olamayacağını araştırarak ortaya koymak, aşırı akümülasyonun insan sağlığı üzerine etkilerini ve zararlarını ortaya koyarak çözüm yollarını araştırmak.

Araştırmamız sonucunda elde ettiğimiz bulguların, ağır metal kirliliğinin olumsuz etkilerinin giderilmesine veya hiç değilse azaltılmasına yönelik hertürlü tedbirin alınmasına katkı sunacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. Çalışma Alanının Özellikleri

2.1.1 Coğrafi konumu

Çalışma alanı İç Anadolu bölgesinde Nevşehir ili sınırları içerisindedir. Nevşehir ilinde Kızılırmak havzası ve atık su tahliye bölgeleri asıl inceleme alanımızı oluşturmaktadır (Şekil 1). Çünkü şehre hayat veren en önemli su kaynaklarının başında gelmektedir. Kızılırmak, Türkiye'nin en uzun akarsuyu olma özelliğine sahiptir. Ülkemiz topraklarından doğar ve uzun bir yay çizerek yine, Türkiye topraklarından Karadeniz'e dökülür. Uzunluğu 1.355 km'dir. Deniz taşımacılığı için kullanılmaz. Başlıca kolları Delice Irmağı, Devrez ve Gökırmak'tır [6].

Nevşehir ili; İç Anadolu Bölgesinde, 38 ve 39 derece kuzey enlemleri ile 34 ve 35 derece doğu boylamları arasında yer alan yüz ölçümü nispeten küçük bir ilimizdir. Matematiksel konum olarak, Türkiye'nin ve bulunduğu bölgenin tam ortasında yer almaktadır. İlin yüzölçümü 5467 km^2 'dir. İl merkezinin rakımı 1150 m'dir. Kontrol noktamız olan Kavak Beldesinde ise rakım 1500 metrelere ulaşır. İl, Kızılırmak vadisinin güney yamacında kurulmuştur. İl alanı, doğudan Kayseri'nin Yeşilhisar, İncesu ve Merkez, kuzeydoğudan Yozgat'ın Boğazlıyan ve Şefaatli, güney, güneybatı ve batısından Niğde, Aksaray, Merkez ve Ortaköy ilçesi ile çevrili olup genel kanıya göre harita üzerinde armut şekline benzediği söylenmektedir [6].

Şekil 2.1 İstasyonların birbirine göre konumları [7].

Nevşehir ilinde Kızılırmağın geçiş güzergâhı ve çevresinde yaptığımız bu çalışmada 4 ayrı istasyon belirlenmiştir. Bunlar Avanos, Nar, Sulusaray ve Kavak Kasabasıdır. Bu lokasyonların belirlenme sebebi; Şekil.1'de de görüldüğü üzere şehir ana tahliye suyunun Nar lokasyonunu geçerek atık su arıtma tesisine akabinde Sulusaray lokasyonuna ardından da Avanos lokasyonuna yani Kızılırmak'a boşalıyor olmasından dolayı bu lokasyonlarda yoğun olarak tarım yapıldığı için seçilmişlerdir. Çalışma alanımızın merkezinde yer alan nehir İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ili İmranlı ilçesinde Kızıldağ'ın güney yamaçlarından yaklaşık 39,8° Kuzey 38,8° doğu noktasından doğar. İlk önce batı ve güney batıya 38,7° Kuzey 34,8° doğu ya kadar akar, daha sonra yay şeklinde biçimlenir. Öncelikle batıya yönelen nehir, daha sonra kuzey doğudaki Tuz Gölü'nü de geçerek kuzey batıya akmaktadır. Daha sonra kuzey ve kuzey doğuya yönelir. Burada Delice Irmağı ile 40.47° doğu 34.14° batı noktasında birleşir. Sonra zig zaglar çizerek kuzey batıya akar. 41.10° doğu 34.42° batı da Devrez Nehri ile birlikte akar. Sonuçta Karadeniz'e 41.72° kuzey 35.95° doğu noktasında boşalır [6].

Kızılırmak havzası dışında kanallardan, atık sulardan, kanalizasyon suları ve ana tahliye kanalıyla sulanan bölgeler incelenmiştir. Genellikle yağan yağmur ve eriyen kar sularıyla beslenen Kızılırmak'a çok sayı da tesis atıksuyunu tahliye etmektedir. Buna karşın ırmağın rejimi gayet düzensizdir. Temmuz ve Şubat arasında düşük su düzeyinde akar, Mart ayında hızla kabarmaya başlar ve Nisan ayında en yüksek su düzeyine ulaşır. Ortalama debisi 184 m^3/sn olan nehrin 20 yıllık gözlem süresince en az 18,4 m^3/sn'ye ve en çok 1.673 m^3/sn'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Nehir üzerine sulama için de yararlanmak amacıyla 8 adet baraj yapılmış olup, bunlar; Kayseri ilinde yer alan Sarıoğlan ve Yemliha kasabasında kurulmuş olan Yamula Barajı, Ankara yakınlarındaki Kesikköprü, Hirfanlı ve Kapulukaya barajları ile nehrin denize giderek yaklaştığı kısım olan Bafra Ovası'na kurulmuş Altınkaya ve Derbent barajlarıdır. Kızılırmak üzerine son olarak Obruk Barajı yapılarak 2007 yılı içerisinde su tutumuna başlanılmıştır [8,9].

2.1.2. Topoğrafik ve jeolojik yapısı

Nevşehir ili kuruluş alanı itibariyle Erciyes Dağı, Hasan Dağı ve Melendiz Dağı arasındaki volkanik bir bölgede yer almaktadır. İlin bulunduğu tüm yöre genellikle III. zamanda ve IV. Zamanda Erciyes ve Hasan dağından püsküren lavların sıkışmasıyla

oluşmuştur, denilebilir. Kayaçların yapısında egemen madde ($CaCO_3$) kalkerdir. Nevşehir Ürgüp arasında daha çok andezit türlerine rastlanır. Erciyes dağına yakın yerlerde çeşitli çakmak taşlarıyla silisli tabakalar yoğunlaşır. Bu tabakalarda Fe, Cu, Ni, Pb gibi metalleri de içeren sert mineralli tabakalar peri bacalarının şapka kısmını teşkil ederek onların doğal olarak oluşmuş birer mantar gibi görünmelerine neden olmuşlardır. Nevşehir toprakları volkanik tüflerden meydana gelmiştir. Dolayısıyla geçirgen bir nitelik taşımaktadır. Perlit, hışır, çakıl taşı veya halk dilinde köfek taşlar porozitesi yüksek bu yüzden de geçirgen, hafif tüf ve bazalt taşlarıyla serpintili haldeki boz denilen çok açık kahve renkli topraklardır. Verim çernezyum topraklara kıyasla düşük olmakla birlikte pancar, patates gibi yumrulu sebzeler için uygundur. Tarım topraklarının %85′i tınlı, %9′u killi-tınlı, %2′si killi ve %4′ü kumlu yapıya sahiptir [10].

Kozaklı, Gülşehir'in batısı, Derinkuyu ve çevresi, Avanos'un kuzeyi her türlü tarıma uygun 1. sınıf, 2. sınıf ve 3. sınıf arazileri içermektedir. Tarım için en uygun topraklar Derinkuyu ve Kaymaklı ilçelerinde yer alırken Gülşehir ve Ürgüp ilçesi bağcılık için daha uygundur. Ürgüp ilçemiz ve çevresi ile il merkezinin büyük bir kısmında 6.sınıf topraklar yani çölleşmiş vadi yamaçlarıyla kaplı geniş alanlar, yer yer kanyonlar vardır. Bu topraklar tarıma elverişli olmadığı için bu gibi alanlarda ancak vadi içerisinde ekim yapılabilmektedir [10].

Nevşehir, Ürgüp, Avanos üçgeninde vadi yamaçlarından inen sel sularının ve rüzgâr aşındırmasının da etkisiyle yanardağın tüflerinden oluşan vadi yamaçlarındaki bu yapıyı aşınmasından daha az etkileyerek daha yüksekte kalmış kimi oluşumlar ortaya çıkmıştır. Bu ilginç oluşumlara "Peribacası" bu yapılarla dolu ilin genelindeki vadilere ise turistik bir isim olarak ''Kapadokya''adı verilmektedir. Avanos Toprakları yoğun killi kırmızı Akdeniz toprağı görünümündedir, ilçede çömlekçilik bir zamanların önemli geçim kaynakları arasındadır. Kızılırmak havzasının güneyinde kalan kısımlarda ise kalker ve tüf etkisiyle beyaz renkli ponza, çakıl taşı çok yoğundur. Yapılan analizler Avanos toprağına rengini veren elementin yoğun demir ve bakır içeriği killi siltli yapısı olduğunu ve güneybatısında kalan kısımda ise beyaz renkli hışır adı verilen kalker türevi kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) içerikli toprakların çok yoğun olduğu görülmüştür [11].

2.1.3. İklim ve bitki örtüsü özellikleri

İklimi: Nevşehir ilimizde genel olarak karasal iklim yıl boyu hâkimdir. Karasal iklimin nispeten hüküm sürdüğü ilde en fazla yağış ilkbaharda yağmur olarak daha sonra ise kış mevsiminde kar olarak düşmektedir. Her mevsimin karakteristik olarak zamanında yaşandığı ilde genellikle yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk geçer. Senenin 70 gününde yani yaklaşık olarak yılın 1/5'inde sıcaklık 0 (sıfır) °C'nin altında ve yaklaşık 20 gün +30°C'nin üstünde ve genellikle Temmuz ayında seyreder. Senelik yağış miktarı ortalama 388-353 mm arasındadır. Kızılırmak vadisinden uzaklaşıldıkça soğuk artar. Sıcaklık -28°C ile +40°C arasında seyreder. Vadi çevresinde yer yer mikroklima alanlar oluşmuştur [12].

Bitki örtüsü: Genel itibariyle Nevşehir ili bitki örtüsü bakımından çok zayıftır, denilebilir. Orman ve fundalıklar yok denecek kadar azdır. Ağaçlandırma faaliyetleri son yıllarda cüzi miktarlarda da olsa başlamıştır. Ovalar bozkır (step) görünümündedir. Kızılırmak Vadisinde söğüt, kavak ve selvi ağaçları ile Oylu Dağında cılız meşeliklere rastlanır. Çayır ve meralar %28 ve ekili-dikili alanlar %69'dur. Haziran başından itibaren yağışa bağlı olarak yeşillik de kaybolur, yerini nispeten sararmış kahverengileşmiş bir örtüye terk eder. Genel olarak bitki örtüsü bozkırdır [13].

2.2. Ağır Metaller

Periyodik cetvelde çok geniş bir alana sahip olan bu metaller genellikle özgül ağırlıkları 5 gr/ cm^3 den büyük olan ve atom numarası ise 20 den fazla olan elementlerdir. Periyodik cetvelin geçiş elementleri olarak tanınan orta kısımda yerleşmiş diğer gruplara kıyasla daha geniş daha uzun diyebileceğimiz bir gruba aittirler. Aslında ağır metal terimi, literatüre çevre kirliliği ile girmiştir [14]. Kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak Radyasyon, Karbon monoksit gibi risk grupları içerisinde çevre kirletici grupları tanımlarken kullanılmaktadır. Bu grubun içine 70 kadar element girmekle birlikte ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikro besin Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni

maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksin olmamaktadırlar. Bitki gelişimi için mutlak gerekli olanlar: Fe, Cu, Zn, Mn ve Mo, bitki gelişimini teşvik edici olanlar: V, Co ve Ni, bitkiye direkt toksin etki yapanlar: As, Pb, Cd, Cr ve Hg [14].

2.2.1. Ağır metallerin bulunduğu formlar

Ağır metaller doğada genellikle; toprak çözeltisi içerisinde, en fazla toprak taneciklerinin elektriksel yüklerine bağlı olarak değişebilir. Organik materyallerle bileşik oluşturmuş ve bağlı halde, çökelti halinde veya minerallerin kristal kafes yapısında moleküler bağlarla bileşik oluşturmuş veya serbest radikaller ile şelatlı bileşiklerin yapısında eriyik halde ve çok değişik formlarda da bütünleşik katı veya iyon halinde farklı çözeltiler içerisinde bulunabilirler[14].

2.2.2. Ağır metal bulaşma kaynakları

Ağır metaller başlıca şu yollarla bulaşabilmektedir. En yoğun şekilde bulaşma ve çevreye yayılma maden ocakları, cevher eritme ve maden işleme tesislerinin katı atıkları yoluyla olurken bunu maden ya da maden işletme tesisinin yakınındaki bir su gövdesinde çeviren sıvı atıklar, izlemektedir. Bu atıklar ağır metal taşınımda çevreyi etkileyen en önemli faktörlerdir. Daha sonra ise fabrika veya termik santrallerin bacasından çıkan uçucu küller, atık su arıtma çamurları, otoyollarda araçlardan salınan benzin, balata ve lastik kökenli atıklarve tarım ilaçları ile ticari gübreler yoluyla yayılan ağır metaller izlemektedir. Bir diğer önemli yayılım kaynağı pil vb endüstri ürünlerinin gelişigüzel atılması şeklinde olmaktadır (Tablo 2.12.) [14, 15].

Tablo 1. Çevrede bulunan zehirli ağır metallerin kaynakları [16].

A-Metal İşletmeciliği ve Eritmeden Gelenler
Maden işlemlerinden çevreye rüzgârla yayılan (Cd, Hg, Pb, As)
Metallerin eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)
Demir ve çelik endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
Metal işletmeciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)

B- Endüstri
Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)
Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)
Ev aletleri yapımından (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
Ağaç işletmeciliği (Cu, Cr, As)
Rafineri (Pb, Ni, Cr)
C-Havadaki Partikül ve Dumanlar
Şehir, fabrika vs. (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
Metal işletmeciliği (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn)
Taşıtlardan (No, Pb, V, Cd)
Fosil yakıtlardan (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)
D- Tarım
Gübreler (As, Cd, Mn, U, V, Zn)
Hayvansal Gübreler (As, Cu, Mn, Zn)
Kireçler (As, Pb)
Pestisitler (Cu, Mn, Zn)
Sulama (Cd, Pb, Zn)
Metal aşınması (Fe, Pb, Zn)
E- Atıklar
Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
Kazma ve delmeler (As, Cd, Fe, Pb)
Küller (Cu, Pb)

2.3. Ağır Metaller ve Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri

Ağır metaller bitkilerde ve diğer canlıların yapısında doğal olarak belirli limit değerlerde bulunan ve yapısal olarak metabolizmada çeşitli görevler üstlenen elementlerdir. Bu yüzden de eksikliğinde birtakım fizyolojik sorunlar ve yapısal bozukluklar gelişebilmektedir [16]. Öte yandan ağır metaller çok yüksek dozlarda alındığında veya hiç alınmadıklarında veyahutsa bazı ağır metaller çok düşük dozlarda dahi bir şekilde sisteme dâhil olduğunda gerek insan gerek bitki ve hayvan sağlığını tehdit edebilecek birtakım reaksiyonların gelişmesine neden olabilirler. Bu bozukluklara genel olarak toksisite veya zehirlenme denilmektedir [17]. Eksikliğinde ortaya çıkan

belirtiler ise sistemdeki dengenin bozulması ve hayati reaksiyonların gerçekleşememesi veya gerekli enzimlerin salgılanamaması sonucu oluşmaktadır. Buna karşılık bitkiler için besin maddesi olan ve mutlak gerekli olan ağır metaller olduğu kadar bitkiler için toksik olan ağır metallerde bulunmakta ve dolayısıyla gelişimi olumsuz yönde etkilemektedirler. Serbest hale geçebilen iyonlar ve toprakta hareketli olan immobil elementler daha çabuk alınırlar [18].

Toprakta kuvvetli bağ yapmış ve nispeten alkali durumdaki tekstürlerde bitkiye geçiş bazen çok zor bazense mümkün olmamaktadır. Toprakta ve sulama suyunda bulunan elementler birbirlerinin alımını engelleyebilirler bu duruma antigonistik etki (bitki besin elementlerinin birbirinin yerine bağlanarak diğerinin alınmasını engelleme veya azaltması durumu) denir [14]. Neticede yine bitki bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Örneğin Mn aşırı miktarda mevcut ise Fe alımı olumsuz etkilenir ve klorofil sentezinde görev alan ve eksikliğinde kloroz görülen Fe elementi toprakta yeterli miktarda bulunsa dahi özellikle yüksek pH seviyelerine sahip alkali topraklarda bitkiye nüfuz edememektedir. Bunun neticesinde de klorozis denilen sararma ve gelişme geriliği görülür [17].

Yüksek demir oranlarında ise bitki nekrozlarla sürgün gerilemesiyle kendini gösteren ve aşırı gübrelenme sonucu oluşmuş yanma denilen duruma benzer semptomlar görülür. Kahverengi lekeler ve taze sürgünlerde sararma, cılız bitki gelişimi meydana gelir. Sağlıklı bitkilere nazaran daha küçük kalmış, kısımları yeterince oluşmamış bitkiler teşekkül eder ve topraktaki bu sağlıksız durumun devam etmesi durumunda ise bitki yaşamını sürdüremez [13]. Özellikle maden ocakları ve çevresinde çok daha az (flora) bitkisel yaşama alanı görülmesinin en önemli sebeplerinden birisi de bu durumdur. İz elementler bitkilerde çeşitli görevleri yerine getirirler bunlar; sağlıklı bitki büyümesi ve gelişmesi, kusursuz tozlaşma veya döllenme, sağlıklı ve bol miktarda genetik materyal veya tohum üretimi, çevresel faktörlere ve ekstrem durumlara dayanıklılığı mümkün olan en üst seviyede bitki aksamı ve meyve oluşumu sayılabilir. Bunların yanı sıra bitkide çeşitli metabolizma faaliyetlerinde rol alırlar. İz elementlerin topraktaki yarayışlılığı, pH durumuna göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin bazı iz elementlerin alkali ve tuzlu ortamlarda yetiştirilen çeşitli bitkilerde uygulanması yararlıdır. Toprakta farklı koşullardan dolayı bitkiye yarayışsız durumda olabilen iz elementler en doğru birleşim ve şelatlı formlarda bitkiye yapraktan veya topraktan

uygulanır. İz element noksanlıkları farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır, iz element noksanlık belirtileri bitkilerde kloroz, yapraklarda şekil bozukluğu, çeşitli nekrozlar, kahverengimsi sarımsı lekeler veya kuruma şeklinde kendini belli eder. Bitki büyümesi ve gelişimi yavaşlar, verim ve kaliteyi olumsuz etkiler. İz element noksanlığına hassas bitkiler, meyve ağaçları, sebzeler, tarla bitkileri ve süs bitkileridir. Çünkü yaşamsal fonksiyonlarını eksiksiz yürütebilmeleri için topraktan fazla miktarda iz element kaldırarak bünyelerinde depolamaları gerekmektedir [11].

Bitkiler büyümeleri, gelişmeleri ve hayati faaliyetleri için gerekli makro ve mikro besin elementlerini gerek havadan gerekse de yetiştirildikleri ortamdan alırlar. Bitkiler için 16 element mutlak gereklidir. 6 element ise bazı bitkiler veya bazı işlemler için gerekli olabilmektedir. Bu elementlerin kaynağı doğada en fazla buluna Karbon (C) atamu havadan genellikle CO_2 formunda, Hidrojen (H) sudan, az miktarda havadan Oksijen (O), havadan ve sudan Azot (N) ve diğer elementlerin neredeyse tamamı su ve topraktan tedarik edilmektedir. Ağır metaller belirli limit değerlerde toprakta tolere edilebilen ve bitkiler için gerekli olan elementlerdirler(Tablo 2.2.) Ancak bu değerlerin üzerinde olduklarında ise canlılar açısından bir tehdit oluşturmaya başlamaktadırlar [12].

Tablo 2. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması [19].

Element	**g/cm^3 özgül ağırlık**	**Bitki ve hayvan için gereklilik**	**Kirletici olup olmadığı**
Ag Gümüş	10.5	–	K
Cd Kadmiyum	8.5	–	K
Cr Krom	7.2	G	K
Co Kobalt	8.9	G	K
Cu Bakır	8.9	G	K
Fe Demir	7.9	G	K
Hg Civa	13.6	–	K
Mn Mangan	7.4	G	–
Pb Kurşun	11.3	–	K
Mo Molibden	10.2	G	K

Ni Nikel	8.9	G	K
Pt Platin	21.5	–	–
Tl Talyum	11.9	–	K
Sn Kalay	7.3	–	K
U Uranyum	19.1	G	K
V Vanadyum	6.1	G	K
W Tungstem	19.3	G	K
Zn Çinko	7.1	G	K
Zr Zirkon	6.5	–	–

2.3.1. Çinko

Bu elementin bitkilerdeki fonksiyonu, bünyesinde bulunan çoğu enzim sistemlerinde katalizör olarak rol almasıdır. Zn içeren enzimler nişasta sentezi ve azot metabolizması için önemlidirler. Zn Tryptophan-Amino asit sentezini kontrol eder, bu da önemli bir büyüme hormonu olan oksin'i uyarır, bu sebeple özellikle ilk gelişim evresinde büyüme ve hücre bölünmesinin en yoğum olduğu dönemde Zn ihtiyacı bitkide en üst seviyelerdedir. Bu dönemi meyve tutumu yani hasada yaklaştığı evre takip etmektedir [18]. Çinkonun topraktaki yarayışlılığı, Zn çoğu zaman toprak organik komplekslerine tutulu durumdadır ve yüksek pH bitkiye yarayışlı Zn oranını çözünürlüğü azalttığı için düşürmektedir. Ayrıca aşırı (P) ve fosforlu diğer gübre uygulamaları da bitkilerde Zn noksanlığına sebep olur. Çoğu durumda bitkilerde kısa boğum arası oluşumu ve yaşlı yapraklarda kloroz görünümü Zn noksanlığının belirtileridir. Yapraklarda sarı küçük lekeler belirir. Meyve ağaçlarında bir sonraki sezon göz, tomurcuk ve sürgünler ölür; yapraklar erkenden dökülürler. Bitki büyümesi gecikir, çeşitli metabolizma faaliyetleri bu sebeple aksar [20].

Çeşitli hububat ürünlerinden başta Buğday, mısır, pamuk, çeltik, arpa, yulaf ve bakliyat başta fasulye olmak üzere yeşil sebzeler, narenciye, üzüm, elma, armut gibi meyveler çinko noksanlığına hassastır [20].

2.3.2. Bakır

Bakır elementi birçok ev eşyasında, iletkenliği nedeniyle elektronik malzemelerde, sağlamlığı, kolay işlenebilirliği ve parlaklığı nedeniyle takı ve süs eşyalarında, madeni para gibi metal alaşımların kullanıldığı çoğu sektörde ve pestisitlere karışması nedeniyle de tarımda yoğun olarak kullanılan en önemli ağır metallerden birisidir. Ayrıca cenk denilen bakır oksit ve korozyon kalıntılarının yol açtığı sayısız zehirlenme hikâyesi mevcut olduğundan ağır metal toksisitesinin de tanınmasına neden olmuş ve ticari olaraktan büyük önem arz eden bir elementtir [9].

Sossé ve çalışma arkadaşlarına göre Cu kirliliği insan aktivitesi sonucu yani suni olarak oluşan emisyon ve atmosferik depositler, pestisit kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi neticesinde, kömür ve maden yataklarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Toprakta 100 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 15-30 mg/kg'dan fazla bakır toksik etkilidir. Cu toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar ve bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilizesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olur [17].

Kacar ve Katkat'ın yaptıkları araştırmaya göre ağır metaller değişik karbonhidratlar, birleşerek proteinleri meydana getirecek olan amino asitler ve lipit molekülleriyle değişik bağlar kurabilmektedirler. Bu durum onların canlı bünyesinden atılamamasına ve birikimine neden olmaktadır. Cu bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipit metabolizmasında yer alması nedeniyle ağır metaller içerisinde önemli bir elementtir [20].

Sönmez ve çalışma arkadaşlarına göre bakır elementinin bitkiler açısından en temel kaynağı topraktır. Ayrıca havadaki partiküllerden ve sulama sularından bir miktar difüzyonla birlikte alınabilmektedir. Yaptıkları bir çalışmada topraktan (kontrol, 1000 ve 2000 ppm) ve yapraktan (Cu oksiklorid ve metalik bakır) giderek artırdıkları farklı dozlarda Cu uygulamışlardır. Domates bitkisinden elde edilen ürün miktarı ve ürünün kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada toprağa uygulanan artan bakır miktarlarının toplam verim, meyve sayısı, kuru kök ağırlığı ve bitki boyunun kısalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yaprak ve toprağa yapılan Cu

uygulamalarının tek başına toprak ya da sadece yapraktan uygulamalara göre daha tehlikeli olduğu ifade edilmiştir [21]. Buradan bitkiler üzerinde ağır metal akümülasyonu incelenirken bunun tek yönlü düşünülemeyeceği, gübreleme veya pestisit uygulamaları da dâhil olmak üzere otoyol ve şehir merkezine olan uzaklıktan toprağın bünyesinde barındırdığı iz element miktarlarına kadar göz önünde bulundurulmasının ne denli elzem olduğu anlaşılabilmektedir. Yalnız tek yönlü bir alım ve tek yönlü bir elementin incelenmesi yanıltıcı olabilmektedir.

2.3.3. Kadmiyum

Kadmiyum toksisitesi yüksek olan lakin doğada az miktarlarda bulunduğu için klinik vakalarda diğerlerine nazaran daha az rastladığımız bir elementtir. Genellikle elektronik sanayinde pil ve boya üretiminde kullanıldığı bilinmektedir [22].

Haktanır'a göre Ağır metallerden Cd bulaşma yolları konusunda, genellikle doğadaki bitki ve topraklara ulaşan kadmiyum'un büyük kısmı Cd içeren moleküllerin toz zerrecikleri halinde atom ve molekül ağırlıkları sebebiyle hızlı bir şekilde havadan çökelmesi sonucu olduğunu belirtilmiştir. Trafiğin çok yoğun seyrettiği bazı alanlarda metal aşınımının yüksek olmasının yanısıra yakıt artığı olarak da egzozlardan dış ortama ağır metal atılımı olduğu saptanmıştır. Bunun neticesinde de şarampol kısmından başlayarak yol kenarlarındaki topraklarda toz zerreciklerinin çökelmesi ile yılda m^2'ye yaklaşık 0,2-1,0 mg Cd ilavesi sonucu topraktaki miktarlarının gün geçtikçe artabildiği yapılan ölçümlerde tespit edilmiştir [3]. Bu nedenle kasten istasyonlarımız yol kenarına uzak bölgelerden seçilmiştir. Aksi halde sonuçları etkileyecek düzeyde yüksek Cd oranları ile karşılaşmak pek ala mümkündür.

Özbek ve çalışma arkadaşlarına göre kullanım alanı sadece belirli endüstriyel alanlarla sınırlı kalmayan kadmiyumun elementinin tarım topraklarına girişi ve oradan da yayılması endüstriyel faaliyetlerin, fosforlu gübrelerin, lağım atıklarının tarımsal uygulamalara doğrudan veya dolaylı yollarla teması ve atmosferik depositler yoluyla olduğu belirtilmiştir [23]. Toprakta 3 mg/kg değeri ve daha yüksek miktarlar ile bitki kuru maddesinde ise 1 mg/kg'dan fazla Cd toksik etkilidir. Bitkide renk değişiklikleri ve gelişme geriliği ile ortaya çıkan semptomlarla kendisini belli eder [24, 25].

Gouia ve çalışma arkadaşlarına göre Bitkilerde Cd stresi azot metabolizmasının enzimleri olan nitrat reduktaz ve nitrit reduktazın aktivitelerinin azaldığını belirtmiştir.

Bu durum bitkilerin nitrat asimilasyonunu doğrudan etkileyerek azalmasına neden olmaktadır [26].

Zengin ve Munzuroğlu'a göre kadmiyum bitkilerde fotosentezi sekteye uğratabilecek bir dizi reaksiyon sergileyebilmektedir. Bu durum, aşırı kadmiyum dozlarının klorofil biyosentezini bozmasının en önemli nedeni olan klorofil biyosentezinde görev yapan protoklorofil reduktaz ile aminolevulinik asit sentezini engellemesiyle başlar. Ayrıca ağır metallerin serbest radikal oluşumuna yol açtığı ve bu yolla tilakoid membran lipitlerinin oksidatif yıkımına neden olduğu, bu gibi durumlarda ise klorofil yıkımının arttığı ve sentezinin engellendiği bilinmektedir. Kadmiyum genel olarak protein kökenli bileşiklerle yani aminoasitlerle ya bağ kurarak veya salgılanmasını önleyerek metabolizmaların işleyişini durdurmakta engellemekte veya içerdiği dozaja göre yavaşlatmak suretiyle etki edebilmektedir [27].

Bir diğer araştırmada ise buğday (*Triticum* aestivum L.) fidelerinin yetiştirildiği ortama Cd ilavesi sonucu bitkilerin potasyum (K_2O_5) ve nitrat (NO_3) alımını azalttığı ve sürgün gelişimini engelleyerek büyüme hızını düşürdüğü tespit edilmiştir [28].

Kahvecioğlu ve çalışma arkadaşlarına göre kadmiyum da diğer ağır metallerle birlikte çevremizde ancak belirli sınır değerlerde olduklarında kullanışlı olan o değerleri aştığında ise son derece zehirli ve dikkat edilmesi gereken maddeler olduğunu belirtmişlerdir. Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiştir. Çinko üretiminin ortaya çıkması ve yaygınlaşmasına kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır [18]. Ancak günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır. Öyle ki günümüzde Cd endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerin üretilmesinde, korozyona ve aşınmaya karşı özellikle deniz koşullarına dayanımı nedeniyle gemi sanayinde vapur tekne vb. üretiminde, çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektrik elektronik sanayinde de kullanılmaktadır. Cd empürüte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda Cd kirliliği ortaya çıkar. Bitki yaşamını etkileyen en önemli Cd kaynakları; su boruları, yakıt olarak kömür kullanılması, tohum kaplama veya peletleme aşamasında ve endüstriyel üretim sırasında kullanılan ve Cd ihtiva eden gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır [29].

2.3.4. Kurşun

Kurşun elementi kullanım alanı çok geniş olan bir ağır metaldir. Pil, akümülatör ve diğer elektronik eşyalardan silah ve savunma teknolojilerine, nükleer santrallerde ısı ve radyasyon yalıtımı maksadıyla, petrol ürünleri katkı maddesi olarak ve daha pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu geniş kullanımı nedeniyle çevremizi en fazla kirleten ve doğadaki canlıları ve dolayısıyla insanları toksikolojik olarak en fazla etkileyen metallerden birisidir. Akut Pb zehirlenmesi ender rastlanılan bir durumdur. Genellikle çocuklarda olmak üzere yanlışlıkla alım sonrası görülebilir. Hastalarda gelişen semptomların başında karın ağrısı, ani gelişen kansızlık ve bulantı, kusma, yersiz ateşlenme şiddetli baş ağrısı hatta koma hali görülebilir. Terlemeyle birlikte nadiren de olsa akut böbrek yetmezliği vakaları da tanımlanmıştır [30].

Verma ve Dubey'in araştırmalarına göre kurşun belirli dozların üzerinde bitki gelişimini ve büyümesini olumsuz yönde etkileyen toksik ağır metaller arasında geniş kullanım alanına sahip olması nedeniyle Civa ve kadmiyumla birlikte ilk sıralarda yer almaktadır. Pb elementi bitki köklerinde sürgünlere göre daha fazla birikmektedir. 10 ve 20 günlük periyotlarla kum kültüründe çeltik *(Oryza sativa)* bitkisi yetiştirilerek 500 ve 1000 µM $Pb(NO_3)_2$ uygulanması yapıldığında bitkilerde kök büyümesinin %22-42 ve sürgün büyümesini %25 oranında azaldığı, kökler tarafından absorbe edilen Pb miktarının sürgünlerden 1,7-3,3 kat daha yüksek olduğu görülmüştür [31].

Vural ve Şahin, çalışmalarında bizim çalışmamızda da olduğu gibi sonuçları etkilememesi açısından kasten yola uzak araziler seçmişlerdir. Çünkü yapılan araştırmalar yola yakın arazilerde motorlu taşıtların egzoz gazları sebebiyle fazlasıyla kurşun birikiminin olduğunu göstermiştir. Benzer olarak farklı yerlerde yapılan çalışmalarda da yoldan uzaklaştıkça topraklarda Pb birikiminin azaldığı bildirilmiştir [32].

2.3.5. Nikel

Krogmeier ve çalışma arkadaşları tarafından nikel elementinin bitki gelişimi açısından önemi araştırılmış ve bu kapsamda Ni içermeyen besin çözeltisinde yetiştirilen soya fasulyesi (*Glycine max* L.) bitkisine artan miktarlarda ürenin (CH_4N_2O) püskürtülerek

uygulanmıştır. Bu durumda bitkinin üre içeriği aşırı düzeyde artarken, üreaz aktivitesi çok düşük olmuş ve ilk semptomplarda yaprak uçlarında şiddetli nekrozlar oluştuğu görülmüştür. Buna karşın besin çözeltisine Ni uygulanması ile bitkide üre birikimi normal düzeyine inerken, üreaz aktivitesi ortalama 5 kat artmış ve yaprak uçlarındaki nekroz oluşumu en az düzeye gerileyerek bitkide yapım onarım faaliyetlerinin hız kazandığı tespit edilmiştir [22].

Özbek ve çalışma arkadaşlarına göre Ni başta kömür (10-50 mg Ni/kg), petrol (49-345 mg Ni/kg), çelik, alaşım üretimi, galvaniz ve elektronik endüstrisinde kullanılmaktadır. Kritik toksik düzey toprakta 100 mg/kg, duyarlı bitkilerde > 10 µg/g kuru madde ve orta düzeyde duyarlı bitkilerde ise > 50 µg/ g kuru maddedir. Ni, kileyt bileşiklerini kolaylıkla oluşturması nedeniyle, bitkilerdeki enzimlerde ve fizyolojik aktif merkezlerde bulunan ağır metallerle yer değiştirir [24]

Epstein, genellikle demir ile birlikte nikel elementi de belirli oranlarda bütün topraklarda bulunur. Toprakların nikel içerikleri arasında 5-500 mg/kg kadar değişen büyük farklar vardır. Nikelin serpantin içeren topraklarda daha yüksek seviyelerde olması beklenir ve bu değer 500 mg/kg'a ulaşabilir. Toprak süper fosfat, otomobil eksozu, endüstriyel bacalar, eritme ve biyoeriticiler nedeniyle yoğun bir şekilde nikelce kirletilebilir [33].

Kacar ve Katkat'a göre büyüme ve gelişim açısından mutlak gerekli elementlerden biri olarak kabul edilen Ni tarım topraklarındaki konsantrasyonu genelde çok düşüktür. Ancak, serpantin gibi ultra bazik püskürük kayaçlardan oluşan toprakların Ni içeriği 100-5000 mg Ni/kg arasında değişen oranlarda bulunabilmektedir [20].

2.3.6. Krom

Cr bitkilerde sıklıkla sorun yaratan ve ülkemiz koşullarında toksikolojik olması nedeniyle ağır seyreltme ve arındırma tedbirleri uygulanan bir element olmamasına karşın son 10 yılda yapılan ölçümlerde genel olarak artan endüstrileşmenin de etkisiyle bir artış göstermektedir. Bu elementin bitki bünyesinde etkilediği ve rol aldığı farklı fizyolojik olaylar mevcuttur bunlardan ilki tohum çimlenmesidir. Cr, amilaz aktivitesi ve embriyoya karbonhidrat (şeker) taşınmasını azaltması ve proteaz denilen proteini daha basit bileşiklere parçalayan enzimin aktivitesini arttırması sonucunda tohum çimlenmesini ya tamamen engeller veya büyük oranda sekteye uğratabilmektedir [34].

Ting ve Lawson'a göre Krom; biyolojik sistemlerde bulunan en toksik ve mutajenik metal iyonudur. Bu toksisitenin nedeni; sülfat iyonu kanalları yardımıyla membranı kolayca geçebilen hekzavalent Cr iyonlarıdır. Membranı geçen iyonlar redüksiyon tepkimelerine katılarak çeşitli reaktif ara ürünlerin oluşmasına neden olurlar. Genel olarak sistemden bağ yapmaları ve bileşik halde büyük çaplı moleküller olmaları nedeniyle uzaklaştırılması çok güç olan bu tepkime atıkları halindeki moleküllerdir [35]. Bu ara ürünler de hücre organellerine, proteinlere ve nükleik asitlere yapısal olarak önemli oranda zarar verirler. Metabolizmaları da bozucu yönde bu etkilere genel olarak toksitlenme denilir. Toksitlenmiş haldeki bireylerin sağlıklı yeni bireyler meydana getirmeleri ve sorunsuz bir şekilde üreme gelişme seyri izlemeleri güçleşir ve genetik yapı bozulabildiği içinde biyolojik ve tarımsal üretimde anaç olarak kullanımları da risk altına girmiş olur [36].

Bhide ve çalışma arkadaşlarına göre Cr (VI) yüksek derecede çözünür olmakla birlikte oksijen ile birleşerek kromat (CrO_4^{-2}) veya dikromat ($Cr_2O_7^{-2}$) iyonu seklinde bulunmaktadır. Taşınabilirliği de Cr (III)'e göre çok daha fazladır. Krom (VI) çok güçlü bir oksitleyici ajandır ve organik madde varlığında Cr (III)'e indirgenmektedir. Bu indirgenme asit içeren topraklarda olduğu gibi, asitli çevrelerde daha hızlı olmaktadır [25]. Krom (VI), prokaryotik ve ökaryotik hücrelerin membranlarından kolayca geçebilmektedir İnsanlarda akciğer kanserine, kromat ülserine, nazal septum delinmesine ve böbrek hasarına neden olmaktadır. Birikime neden olan ve böbrek taşları safra taşlarında da rastlanan bu element hayvanlar ve insanlar açısından da toksik ağır metaller arasındadır [25].

2.3.7. Civa

Civa (Hg) pek çok sanayi alanında kullanılan bir ağır metaldir. Tohum ilaçlamasında, pelet tohum üretiminde, boya sektöründe, pestisit üretiminde, elektronik eşya imalatında, bazı kırtasiye malzemelerinde özellikle oksitli bileşikleri şeklinde kullanılmaktadır. Civa zehirlenme hikâyelerinde üst sıralarda yaralan bir ağır metaldir. Laboratuar ortamlarında dikkatli kullanılması gereken ve direk cilde uzun süreli temasından dahi kaçınılması gereken bir maddedir. Özellikle termometrelerde ısıya verdiği belirgin genleşme tepkimelerinden dolayı tercih edilir. Ayrıca renk verici

özelliği nedeniyle mürekkep üretiminde ve optik yazıcıların tünerlerinde de sıklıkla kullanılan bir maddedir[37].

Volesky'nin yaptığı çalışmalara göre Civa hakkında tarihte bildirilmiş önemli bir felaketten söz etmek mümkündür olay Chisso's kimyasalları tarafından Civa içeren lağım 1932'den itibaren Japonya'da Minimata sahiline boşaltılmıştır. Hg deniz ürünlerinde birikmiş ve yaklaşık 20 yıl sonra 1952 yılında insanlar üzerinde etkisini göstermiştir. 1950'li yıllarda yaklaşık 500 kadar insan deniz mahsullerinde biriken Hg zehirlenmesi nedeniyle hayatını yitirmiştir. Görüldüğü üzere ağır metaller dikkat edilmezse son derece öldürücü zehirlere dönüşmekte ve gerek insan gerek bitki ve hayvan sağlığını tehdit edebilmektedir [38].

Epstein'in araştırmalarına göre Civa, bitkiler ve insanlar açısından geniş kullanım alanı düşünüldüğünde kolaylıkla birikime ve toksisiteye neden olabilecek bir elementtir. Özellikle pestisitlerde yani tarım ilaçlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Buğday gibi ürünleri fungal hastalıklardan korumak zararlı böceklerden henüz tohum aşamasındayken zararını engelleyebilmek adına ayrıca kemirgenlerin bitkilere zarar vermesini önlemek için kullanılan Civalı toksik maddeler zamanla topraklarda birikerek insanlar ve bitkiler açısından zararlı olmaktadır. Civa toprağa atmosfer tortusundan, fungusit veya insektisit kullanımı sonucunda ulaşır. Toprağa bir kere ulaştığında kil ve organik parçacıklarla reaksiyona girerek iyonik ve kovalent bağlantılar oluşturur. Civa çözünmeyen fosfat, karbonat ve sülfit olarak çökelebilir. Civa organik maddelere şelatlanabilir. Civanın organik maddeler ve kil ile birleşmesi, onun yeraltı sularını kirletme olasılığını azaltır [33].

Hg topraklarda fosfat içeren kayaçlarda, karbonat ve sülfit veya süfat şeklinde çözünürlüğü düşük formlar oluşturmak suretiyle toprakta hareketsiz (immobilize) hale geçmektedir. Hareketsiz hale geçen ve suda çözünmeyen dolayısıyla iyonize olamayan Hg bileşikleri ise bitkiler tarafından alınamaz durumdadır. Ancak bu bileşiklerin sonradan tekrar metalik Civaya redükte olma imkânı vardır. Böylelikle pH'nın da etkisiyle Civanın buharlaşması ve çevresel hareketi mümkün olabilir [4].

Hg, çeşitli plastiklerin üretiminde katalizör olarak ve çeşitli ölçü ve kontrol aygıtlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu elementin buharları ve bütün bileşikleri zehirlidir. Civanın tarımsal açıdan kullanımı da söz konudur. Hg esasen fungusit yani mantar ilacı

olarak üretilen ve toplam endüstriyel kullanımın %5 'ini teşkil eden bir paya sahiptir. Civanın çevreye yayılmasında en önemli kaynaklar olarak tarımda kullanılan fungusitler ve metalik civanın buharlaşmasıyla oluşan atmosferik kirlenme etkilidir. Ayrıca Hg içeren kaya ve minerallerin donma çözünme vb. şekillerde kimyasal, fizyolojik veya çok az da olsa biyolojik ayrışması, kayaçların doğal yollarla parçalanması, kömür ve yağların yanması ile de Hg açığa çıkmaktadır. Farklı Hg bileşiklerinin toksin olarak etkileri önemli farklılıklar göstermektedir. Örneğin Fenol Civa gibi alkil bileşikler en tehlikeli olanlardır. Tehlikeli Hg bileşikleri, toksin etkisi yanında yağlarda yüksek yol açtıkları yüksek orandaki çözünülürlük ile de tehlikeli olabilmektedirler. Bu özelliklerin birlikte etkisi sonucu söz konusu maddeler kolaylıkla insan ve hayvan dokusuna girer ve sonuçta oksijen teminindeki mekanizmayı bloke ederler [4].

Hg buharları veya havadaki asılı halde bulunan partikülleri daha çok solunum ve deri yoluyla vücuda girerler ve oradan da diğer sistemlere yayılırlar. Sindirim yoluyla ise çok daha az miktarlarda vücuda alınmaktadır. İnorganik Civa tozları beyne ulaşmamakla birlikte diğer dokulara kolaylıkla yayılabilir. Elemental Civa, organizmalarda kısmen oksitlenmekte ve oluşan çözünebilir inorganik tuzlar dokularda protein, tuz ve alkalilerle birleşir, protoplazmaya toksin etkisi yaparak canlının zehirlenmesine yol açar [20].

Metalik Hg buharlaşarak veya diğer uçucu maddelere tutunarak örneğin su buharı vb. atmosfere ulaşır. Atmosfere kadar ulaşan ve orada diğer gazlarla karışan Hg içerikli patüküller ısınıp soğuyan hava silkülasyonları ve yağan kar, yağmur, dolu gibi etmenlerle yeryüzüne tekrar ulaşır. O nedenle topraktaki Civanın en önemli kaynağı atmosferdeki Civa kirliliğidir. Topraktaki miktarı ise oldukça azdır. A.B.D. 'de yapılan bir araştırmada 900 toprak örneği incelenmiş ve yapılan analizler sonucunda 0.01-4,6 ppm düzeyinde Hg içerdikleri tespit edilmiştir. Bitkiler için aşırı toksin olmamasına karşın insanlar ve hayvanlar gibi gelişmiş sistemler için son derece zehirli bileşiklerdir [20].

2.3.8. Demir

Fotosentez dünyamızda cereyan eden en önemli enerji reaksiyonudur. Fotosentez sayesinde güneş enerjisi bitkiler tarafından besine (Glikoz) dönüşür. Bu yüzden

bitkilerin üretim kapasitesi güneş ile olan etkileşimlerine bağlıdır. Demir (Fe) elementi ise fotosentez işleminden sorumlu olan, klorofil pigmentinin sentezi için gereklidir [27]. Eksikliğinde klorozis yani sararma görülmesinin temel nedeni budur. Dolayısıyla bitkiler için mutlak gereklidir. Bitkilerde zaman zaman ortaya çıkan açık yeşil renk/sararma demir eksikliğinin göstergesidir. Benzer sararma Azot (N) noksanlığında da görülmektedir. Fark ise Fe noksanlığında damarların koyuluğunu ve yeşilliğini henüz tam manasıyla yitirmemişken diğer yaprak kısımlarının solgun ve sararmış görülmesidir. Bu durum bitki sağlığının tehlikede olduğunu göstermektedir. Bayiilerde satışa sunulan demir içerikli gübre ve şelatlarının neredeyse tamamı bitkilerde ortaya çıkabilecek bu noksanlığı az çok tedavi ederler. Bazı gübreler çok yüksek konsantrasyonda %4,8-6 Fe ortho-ortho izomeri içerir. Ferrostrene Fe ortho-ortho piyasada bulunan en etkili demir preparatıdır. Diğer Fe preparatları yüksek pH 'lı yani bazik karakterdeki alkali topraklarda faydalı olamazlar [8].

Toprak tahlili yapılmadan uygulanan demir içerikli gübreler fitotoksisiteye ve yarayışsız gübrelemeye doğal olaraktan çevre kirlenmesine ve maddi kayıplara neden olmaktadır. Demir içerikli gübreler genellikle aşırı kireçli topraklarda etkili olamayan preparattır. Nedeni kalsiyum ile girdiği antigonistik ilişkidir. Etkili pH aralığı çok dardır. Demir oksitli bileşiklerin çözünürlüğü mükemmeldir. En olumsuz koşullarda dahi rahatlıkla çözünmesi ve günlerce sonra dahi tortu oluşturmaması bunun en açık göstergesidir [9]. Kızılırmak'a ve Avanos bölgesi topraklarına rengini veren ana materyallerin başında gelmektedir. Bitkide Fe elementinin görevi şu şekildedir, en başta Azot (N) bağlanması için gereklidir. Dolayısıyla yarayışlı Fe aminoasit bağlanması ve protein sentezi için gereklidir. Solunumdan sorumlu enzim sisteminin en önemli parçasıdır. Bitkilerde yaprak kalınlığını arttırır. Besin alımını teşvik eder dolayısıyla verim artar. Fe yaprağın rengini koyulaştırır, güneş enerjisinden daha çok faydalanılmasına ana etmen olarak yardımcı olur [8].

Demir eksikliği genellikle aşırı fosfat uygulamalarında Fe noksanlığı meydana gelebilir. Aşırı mangan uygulamaları bitkiye Fe alımını düşürür. Yüksek pH (>8) Fe alımını engeller. Erken sezon ve soğuk iklim şarlarında bitkiye Fe alımı düşer. Aşırı kireçleme Fe yarayışlılığını düşürür. Demir toksisitesi çoğu zaman Manganez toksisitesiyle karıştırılabilir tıpkı onda olduğu gibi hafif kırmızıya çalan kahverengi benekli veya tek yıllık bitkilerde şerit halinde lekeler oluşabilir. Çeşitli yapısal bozukluklar ve cılız bitki

gelişimi olarak göze çarpmaktadır. Ülkemiz topraklarında nadir rastlanan bir durumdur. Ancak yapılan araştırmalar çalışma bölgemizde yüksek oranda demir toksisitesinin hâkim olduğunu göstermiştir [20].

2.4. Bitkilerin Ağır Metal Toksisitesine Tolerans Mekanizmaları

Ağır metallere karşı bitkiler çeşitli tolerans ve direnç mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmalarının tespiti için yapılan çalışmalar günümüzde de sürdürülmektedir. Yapılan çalışmalarda bitkilerin kemotaksi yani kimyasal yönelim denilen bir takım hareketlerle gelişim ve büyümelerine yön verdikleri belirlenmiştir [25]. Yoğun ağır metal ve zararlı bileşikler içeren kireçli, tuzlu topraklardan kökleri vasıtasıyla kaçınarak daha sağlıklı, toksikolojik açıdan arî ve besin maddesince zengin bölgelere doğru bir kök gelişimi gösterdikleri belirlenmiştir [25]. Ayrıca kaçınamadıkları ve besin elementleriyle birlikte almak zorunda kaldıkları veya sulama suları vasıtasıyla maruz kaldıkları ağır metaller içinse, bitki bünyesinde bir dizi tolere ve elemine edici mekanizmayı işletirler. Örneğin bu maddeleri en yaşlı ve büyük hücreler içlerine vakuollerde hapsetmek, bitki bünyesi içerisindeki sirkülâsyonunu durdurmak amacıyla alırlar. Onun çevresindeki genç hücreler ise yabancı maddeyle dolu bu yaşlı hücreyi çevreleyerek hücre çeperlerini kalınlaştırmak ve su alarak artan turgor basıncıyla sıkıştırmak suretiyle hapsederler [34]. Neticede toksik maddeleri içerisine hapseden hücre ölür ve toksinlerin bitki içerisinde yayılması önlenmiş olur. Ayrıca terleme ve reçine gibi salgılarla bitki bünyesinden uzaklaştırma ve toksin maddelerin biriktiği yaprakların besin alış-verişi bitki tarafından kesilerek dökülmesi de bitkiler tarafından her türlü zararlı maddelerin uzaklaştırılması açısından işletilebilen tolerans mekanizmalarıdır. Bu mekanizmalar her türlü canlının türüne, yaşına, cinsine, boyuna ve zararlı maddeye, toksitlenmeye maruz kaldığı döneme göre farklılık göstermektedir [19].

Reeves ve Baker bir çalışma yapmışlar ve buna göre çeşitli tarımsal faaliyetler olan gübreleme, pestisit kullanımı, endüstriyel atık ve gazlar aracılığıyla toprağa bulaşan ağır metallerin bitkiler tarafından akümüle edilerek bünyelerinde depolamarı aracılığıyla topraktan uzaklaştırılması işlemine bitkisel artım (fitoremediation) denilmektedir. Bu

toksisite giderim yolu olan bitkisel artırımın başarılı olarak yürütülebilmesi için dikkat edilecek bazı hususlar vardır. Bunlar bulaşmanın olduğu alanlarda biokütle oluştururken önemli miktarda metal biriktirebilen yani Hiperakümülatör olan bitki türlerinin kullanılması gerekmektedir. Yüksek seviyelerde ağır metali topraktan akümle ederek bünyesinde depolayan bitkiler zamanla yetiştikleri toprakları ıslah edebilirler [28]. Hiperakümülatör olan bitkilerinin bünyelerindeki ağır metal içerikleri ve metabolizmal gereksinimleri biriktirici olmayan diğer türlere göre çok daha yüksek miktarlardadır. Bu bitkiler, 10 ppm'den daha fazla Hg, 100 ppm Cd, 1 000 ppm Co, Cr, Cu ve Pb ve 10 000 ppm Ni ve Zn içerirler. Günümüzde teşhisi yapılan 400'den fazla ağır metal biriktirici hiperakümülatör bitki bulunmaktadır [28].

Gür ile çalışma arkadaşlarına göre bitkiler ve diğer canlılar açısından toksisite ve direnç mekanizmaları spesifiktir. Bu durumu etkileyen faktörler bitki türüne, bitkilerin çevresel stres etmenlerine karşı toleranslarına, stres faktörüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organının yapısına, gelişim durumu ve evresine bağlı olarak değişmektedir. Yani her canlı türünün kendine özgü tolerans değerleri veya direnç gösterebileceği maksimum etki değerlerini belirleyen kendine has kriterleri mevcuttur [39].

2.5. Ağır Metallerin Genel Olarak Canlılara Etkisi

Sistemlerde genel bir işleyiş söz konusudur, bu işleyişe genel olarak metabolizma denilmektedir. Söz konusu metabolizmalar içerisinde her an binlerce metabolik reaksiyon olmakta ve bu metabolik reaksiyonların neticesi olarak yıkım ürünleri, açığa çıkan toksinler, serbest oksijen radikalleri vücudun arınma mekanizmalarında öğütülmekte ve organizma temizlenmeye çalışmaktadır [19].

Vücudumuz detoks mekanizmalarını çok iyi bilir ve uygular. Ancak petrokimya sanayinin gelişimine paralel olarak doğal hayatın ağır metallerle ve toksinlerle zehirlenmesi sonucu, vücudumuzun baş edemeyeceği kadar güçlü toksinlere ve toksik bir yaşama maruz kalmaktayız. Besin katkı maddeleri, sanayi artıkları, çözücü eritici kimyasallar, petrol ürünleri, temizlik malzemeleri, formaldehit, tolüen, benzen, ya da ağır metal gibi boyar maddelerin ve diğer toksinlerin yaşamımızla iç içe geçmesi

sebebiyle, yaşamımız detoksifikasyon için tıbbi desteğe gereksinim duyar hale geldi. Bu toksinlerin vücuttan atılmasında önemli rol üstlenen karaciğerimiz ve bademcik gibi lenf sistemleri, böbrekler, asidik ortamı sebebiyle mide detoksifikasyonda çok önemli olan karmaşık organlardır [19].

Gıdalarda izin verilebilir maksimum düzeyler belirlenirken nispeten risk grubu daha yüksek metaller göz önünde bulundurulmuştur. Özellikle ambalaj teknolojisinde kullanılan ve akut belirtileri olan ağır metal toksisitesi yüksek elementlere yer verilmiştir. Epstein'in yaptığı çalışmaya göre canlılar; bazı ağır metallere, iz element olarak ve topraktaki minerallerin büyük bir çoğunluğuna, bünyelerinde yapısal ve düzenleyici elementler olarak gereksinim duyarlar. Normal şartlar altında bünyemizde doğal olarak bulunan bazı metallere ihtiyacımız olup sağlığımıza yararları vardır [33]. Mesela demir kansızlığın ortaya çıkmasını önlerken, Çinko 100'den fazla enzim reaksiyonunda yer almaktadır. Metallerin normal olarak vücutta bulunma oranları stabil helde ve çok düşüktür. Bu oran normalden daha fazla yükseldiğinde ise toksik etki yapmaya başlar. Ağır metaller, suyun yoğunluğundan en az 5 katı daha fazla yoğunluğa sahip olan metallerdir. Bu yüzden de genellikle sert mineral yapıdadırlar. Ayrıca ağır metaller iz element olarak bitki besin maddesi durumundadırlar, bu şekildeki elementlere mikro nütrientler denilir[33]. Mikro nütrientler, bitki büyümesinde kullanılan ve toprakta iz miktarda bulunan elementlerdir. Bu çoğu mikro nütrientler insan, hayvan ve bitkiler için toksik olabilir. Mikro nütrientlerin birkaçı da düzenlenmiş ağır metallerin arasındadır. Çünkü insan ve hayvanlar için toksik olabilirler. Biyokatıdaki yedi mikro nütrient B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn'dur [14]. Epstein'e göre mikro nütrientler bitki, hayvan veya insan büyümesinde az miktarda ihtiyaç duyulan temel iz elementlerdir. Bu sekiz mikro nütrient: B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se ve Zn'dir. N, P, K, Ca, Mg gibi elementler makronütrient olarak belirtilir çünkü bitkiler tarafından büyük miktarlarda ihtiyaç duyulurlar. Co, I, Cu, Fe, Mn, Mo, Se ve Zn hayvan beslenmesi için temel iz elementlerdir [33].

Bazı ağır metallerin ise metabolizmada hiçbir fonksiyonu yoktur ve vücut için zararlıdır. Eğer ağır metallerin vücudumuza giriş hızıve miktarı, vücudumuzun onları dışarı atma hızından yüksek ve atılan miktarları da az ise, zamanla vücudumuzda birikime neden olurlar. Endüstriyel açıdan ürünlerin üretiminde ağır metallerin çok yoğun bir şekilde

ağır sanayiden ambalaj teknolojisine kadar pek çok alanda kullanılması neticesinde canlıların ağır metallere maruz kalma oranları son 150 yıl içerisinde ciddi bir biçimde artış göstermiştir. Civalı amalgam dolgular, boyalar ve musluk sularındaki kurşun, işlenmiş gıdalar kozmetik ürünleri, şampuan, saç ürünleri ve diş macunundaki kimyasal kalıntılar, hertürlü mutfak eşyası vb. nedeniyle insanlar her an ağır metallerle temas halinde ve iç içe yaşamaktadırlar [21].

İnsanlar, hayvanlar ve bitkileri doğrudan etkileyen en önemli sektör hiç şüphesiz tarım sektörüdür. Tarımda kullanılan girdiler ve bitkiler tarafından kullanılan tüm ürünler dolaylı yollardan insanlara ve hayvanlara kadar ulaşabilmektedir. Bu yüzden tarımda kullanılan suyun, toprağın, gübre ve tohumun sağlıklı olmasına hastalıklardan ve toksinlerden arî olmasına gayret göstermemiz gerekmektedir. Kimyasal içerikleri bakımından, atık suların tarımsal amaçlı kullanımını kısıtlayan önemli nedenlerden birisi de içeriğinde bulunan yüksek tuz konsantrasyonudur. Bu tuzluluğa neden olan iyonlar genellikle Na, Cl, SO_4 gibi iyonlardır. Kullanılmakta olan atık su arıtma yöntemleri ile bu sorunların giderilememesi bu durumu daha da önemli kılmaktadır. Eğer bu tuzluluk giderilebilseydi yeryüzünün ¾ ünü kaplayan okyanus ve denizlerdeki sular arıtılabilir ve susuzluk sorunu hem içme hem sulama açısından ortadan kalkardı. Suların kimyasal olarak içeriğindeki anyon ve katyonları arıtmak için ters ozmos, membran filtrasyonu gibi arıtma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda sulamada kullanılacak sular için çok pahalı olup ekonomik üretim yapılması mümkün değildir [27]. Hastalık etmeni olarak patojenleri barındırabilen atıksular ve bu sulardan kaynaklanan riskler ise uygun arıtma ve diğer risk yönetim stratejileri birlikte kullanılarak önlenebilmektedir. Tıbbi atık olarak İlaçlar (analjezikler, kafein, kolesterol ilaçları, antidepresanlar, antibiyotikler) ve endokrin sistemini bozabilecek maddeler (doğum kontrol ilaçları- estradiol bileşikleri, bitki östrojenleri, böcek ilaçları, bifenoller ve ağır metaller gibi endüstriyel kimyasallar) gibi kirleticiler, atık sulara karışabilmektedirler. Özellikle içme suyu olarak insanlar tarafından kullanılan yüzey ve yeraltı su kaynaklarına karışırlarsa insan sağlığı için tehdit oluştururlar. Örneğin kısırlık, sakat doğumlar ve sinir sistemi tahribatı neticesinde görsel işitsel duyularda ve reflekslerde azalma görülebilmektedir. Arıtılmış atık suların, planlı ve kontrollü olarak sulamada kullanılması ile bu maddelerin temiz su kaynaklarına karışması da önlenmiş olacaktır [23]. Marul ve diğer bazı bitkilerin atık su ve temiz su ile sulanan alanlardaki

metal içeriğinin araştırıldığı başka bir çalışmada, atık su ile sulanan bitkilerde Zn oranının normalden çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. Alg ve yüksek bitkilerde ağır metallerin neden olduğu zehir etkisinden dolayı bitkiler açısından mutlak gerekli olan temel elementlerin alınamadığı bu sebeple de enzimlerin kimyasal yapılarının bozulduğu ve bütünlüğünü kaybederek bağların kopması neticesinde inhibe edildikleri görülmüştür [32]. Bilim adamları tarafından yürütülen bir takım araştırmalar neticesinde insanın besinlerle alabileceği ağır metal miktarlarına karşı tolerans limit değerleri belirlenmiştir. Buna göre; Fe için erkeklerde 10 mg seviyelerinde, kadınlarda ise 18 mg, Zn için 15 mg, Mn için 2,5-5 mg, Cu için 2-3 mg olarak saptanan ağır metal miktarları önerilmektedir. Ayrıca toprakta bulunabilecek ağır metallerin doğal miktarlarının sınır değerleri üzerinde de çalışmalar yapılmıştır. Bu değerler bulgularda tablo halinde verilmiştir. Bazı besin maddesi olarak kullandığımız materyallerin çeşitli organizmalarda depolanarak ve hatta besin zincirinin son üyesi olan insanda da akut zehirlenmelere yol açtığı ve bu sebeple aktüel konular haline geldikleri de bilinmektedir [35].

Ağır metallerin toprağı, suyu, dolayısıyla bitkileri ve hayvanları etkilemesi besin zinciri vasıtasıyla doğrudan veya dolaylı olarak insanları da etkilemektedir. Artan teknoloji ve endüstrileşme tarımda pestisit ve diğer materyallerin kullanımı insan sağlığını her geçen gün daha fazla tehdit etmektedir [40]. Ağır metaller diğer canlılara olduğu gibi insanlara da toksik yani zehirli olan elementlerdir. Normal koşullarda insan bünyesinde belirli oranlarda bulunması gayet doğal olan ve genelde toprak kökenli bu maddeler için insanların günlük alınabilir maksimum doz seviyeleri çok aşağılardadır. Çok küçük ppm dozlarda bile zararlı olabilecek ağır metaller mevcuttur. Çünkü bu metaller proteinlere ve yağlara bağlanarak insan vücudunda birikime neden olmaktadırlar [40].

Yine önemli araştırmalarda bulunan Epstein'a göre bütün dünya toprakları Pb içerir. Ağır metaller içerisinde en sık karşılaştığımız toksikolojik ve klinik öneme sahip olanı kurşundur [33]. Mesleksel Pb maruziyeti batarya, pil ve akü fabrikaları, döküm işletmeleri, hurda tersaneleri, silah fabrikaları gibi kurşun içeren metallerin veya boyaların yüksek derecelere kadar ısıtıldığı yerlerde görülmektedir. Ayrıca eski su boruları, kurşunlu kaplar, kurşun bazlı boya kullanılan eski binalarda da maruziyet görülebilmektedir. Pb böbrek tübül hücrelerinde yavaş yavaş birikerek proximal tübülde

hasara neden olur, bu durumda idrarda şeker, protein kaçağı ve KTİN'e rastlanılmasına sebep olur. Konuyla alakalı hastalığı bulunanlarda karakteristik bir durum olarak hipertansiyona rastlanır, ayrıca serum ürik asit düzeyinde artış olması ve böbrek fonksiyonlarında ilerleyici kayıp görülür. Tedavi sürecinde ise maruziyetin giderilmesi için idrardan kurşun atılımını artırması amacıyla bir şelat (kalsiyum disodyum etilendiaminteraasetik asit) EDTA kullanılmaktadır [33]. Topraklardaki kurşunun bir kısmı doğal jeolojik kaynaklı olmasına karsın diğer topraklar insanlarca kirletilerek ortaya çıkmıştır (kurşunlu benzin, boyalar ve emisyon kaynakları). Benzindeki organik kurşun katkı maddelerinin kullanımı yeryüzü topraklarının kirlenmesindeki en önemli kaynaklardır [14].

Kartal'a göre Zn ve çinko tuzlarından kaynaklanan zehirlenme olayları ender görülmektedir. Besin kaplarından aşınma suretiyle Zn çözünmesi sonucu kirlenen besin maddesinin tüketilmesi şeklinde toksin seviyelere maruz kalınabileceği görülmüştür [40]. Ayrıca mesleki koşullar altında Zn ya da çinko oksit (ZnO) tozunun solunuması nedeniyle zehirlenme meydana gelebilmektedir. Uzun bir müddet ZnO buharı soluyanlarda (MAK sınırı 5 mg/m3) "Çinko-Ateşi" olarak nitelendirilen rahatsızlıklar ortaya çıkar ve semptomlar herhangi bir yan etki bırakmadan bir kaç gün içinde temiz havada müşade edilen hastalarda kendiliğinden kaybolmaktadır. Akut zehirlenme semptomları ise sindirim sisteminde bozukluklar, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkmaktadır. Aşırı dozda elementsel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik (zayıf) ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar şeklinde seyreden motor kas ve sinirlerde uyumsuzluklar gözlenir [40].

Kahvecioğlu ve araştırma ekibine göre ağır metallerin insanlara bulaşma yollarını ve insanlar üzerindeki yol açtıkları bir takım hasarları incelediği bir çalışma yürütmüştür. Ağır metaller endüstriyel faaliyetler sonucunda hava, toprak ve su gibi çevresel ortamlara yayılan besin zinciri yoluyla ya da havadan aerosol olarak solunmaları sonucunda canlıların bünyesine ulaşmak suretiyle etkili olabilirler, ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar [41]. Ayrıca yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir. Eksikliklerinde de insanlar ve diğer canlılar yine metabolizmaya bağlı sorunlarla karşılaşırlar. Ancak yüksek dozları insan sağlığını yine olumsuz etkiler. Örneğin Pb elementi, insan metabolizması ve ekolojik

sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliğini taşımaktadır. İnsan vücudundaki Pb miktarı ortalama olarak 125-200mg civarındadır. Kana karışan Pb kemiklere ve diğer organlara yayılmaktadır. Kemiklerde yığılarak biriken Pb zamana bağlı olarak çözünerek böbreklerde tahribata taş ve ödem oluşumuna neden olur. Beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarının bozulmasına yol açabilmektedir [41].

Öktüren Asri, ve Sönmez, ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda ise; Toksik seviyelerdeki ağır metallerin vücutta yığılması neticesinde, Ağır metalin cinsine ve alınan miktarına bağlı olarak kusma, kanama, sarılık, kansızlık, böbrek yetmezliği, akli bozukluklar, deri lezyonları ve kırılgan kemik yapısı gibi birçok sağlık bozukluğu görülebildiği sonucuna varmışlardır [42]. Devamında ise; ‘’Bunun yanı sıra özellikle ihraç ürünlerimizde bulunan kalıntı ve bulaşanlar, ihracatı olumsuz yönde etkilemekte; bu da ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Güncel bir konu olarak sınırlara kadar varıp gümrük kapılarından mevzuat gereği yapılan inceleme neticesinde dönecek olan her meyve sebze yüklü tırımız ülke olarak itibarımızın zedelenmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle hammadde den başlayarak depolama üretim hattı, ambalajlama muhafaza gibi aşamalarda bulaşan ve insan sağlığı için zararlı olabilecek her türlü maddenin (ağır metal, toksin vb) bulaşma yollarının ve önleme çarelerinin araştırılması sağlık açısından olduğu kadar ticari olarakta çok elzemdir. [42].

Jianlong ve Can konuyla alakalı bir araştırmalarında ağır metallerin kolaylıkla parçalanıp alt bileşiklerine ayrılamaması ile oluşan toksisitenin, aslında çok uzun zamanlardan beri doğada var olduğu, sonucuna varmışlardır. Bazı metaller tıpkı Hg ağır metalinde olduğu üzere az toksik olsalar da yığılma özelliklerinden dolayı doğada birikerek daha toksik özellik göstermektedirler. Doğal yollarla besin zincirine katılan ağır metaller en sonunda insanları etkilemektedir [43]. Ağır metaller sadece atom değerliliği ve metalin türü olarak değişebilirler ve herhangi bir şekilde herhangi bir metotla bir diğer metale indirgenmezler. Ağır metaller düşük konsantrasyonlarda toksin özellik gösterebilirler: 1-10 (ppm), Bazı güçlü metal iyonları ise Hg ve Cd gibi 0.001-0.1 ppm gibi çok düşük konsantrasyonlarda dahi toksik olabilmektedirler. Yani hem toksikolojik özellikleri doğal reaksiyonlar sonucu elemine edilemezken veya çok zor tolere edilebilirse de bazen oksitli bileşikleri daha zehirli formlarda olabilmektedir [43].

2.6. Ağır Metallerin Toprağa Etkisi

Metallerin çevremizde birikmesinin yalnızca toprak verimliliği ve ekosistemin diğer fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı açısından da çok önemli etkileri mevcuttur [42]. Çalışmamız açısından da son derece önemli olan topraklardaki ağır metal kirliliği genellikle endüstriyel faaliyetler ve madencilik aktivitelerinin hızla gelişmesiyle ve atık sularla yapılan sulamaların ve tarımda kullanılan arıtma çamuru uygulamalarının giderek yaygınlaşmasıyla küresel bir sorun haline dönüşmüştür. Ağır metallerle bir şekilde kirlenmiş toprakları arındırma çalışmaları başta çevre mühendisliği, ziraat mühendisliği ve biyoloji alanındaki en zor konulardan biridir. Ağır metallerin toprak kolloidleri tarafından genellikle elektriksel yük olrarak tutulması, ağır metallerin bitkiler tarafından alımını ve toprak profili içersindeki hareketine direkt olarak etki etmektedir [30].

Çimrin ve çalışma arkadaşlarına göre bitki besin maddesi olarak arıtma çamurlarının kullanılması ve bitkilerdeki element düzeylerinin saptanması üzerine çalışma yapmışlardır. Araştırmalarında ise bir saksı denemesi yürütmüşlerdir, bu denemeden elde edilen sonuçlara göre; arıtma çamuru ile (triple süper fosfat) TSP gübresi ile kombinasyonlarının fosfor kaynağı olarak kullanılması tanığa göre mısır bitkisinin, bitki kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin Zn ve Fe içeriğini önemli düzeyde artırdığı sonucuna ulaşılmıştır [44]. Araştırmada; arıtma çamuru ile bitkinin P ihtiyacının tümüyle karşılanmasının mümkün olmadığı, ancak, bitkide Fe ve Zn miktarlarının artışına önemli katkılar sağladığı, Cu içeriğinde ise önemli azalmalara neden olduğu görülmüştür. Buradan arıtma çamurlarının ciddi miktarda ağır metal tutma kapasitelerinin olduğu anlaşılabilir [44]. Hongping ve çalışma arkadaşları, ağır metallerin topraktaki hareketlerini (immobilitesini) ve kil mineralleri ile ağır metaller arasındaki elektriksel ve kimyasal ilişkiyi incelemişlerdir. Yaptıkları adsorpsiyon çalışmasında Ca-montmorillonit, illit ve kaolinitin Cu^{+2}, Pb^{+2}, Zn^{+2}, Cd^{+2} ve Cr^{+3} iyonlarını adsorplamasını araştırmışlar ve Cr^{+3}'un her üç kil minerali içinde en çok adsorplanan metal iyonu olduğunu tespit etmişlerdir [45]. Bunun yanında araştırma ile Pb^{+2}'nin illit ve kaolinite büyük bir eğilim gösterdiğini ve Cu^{+2}'ninde aynı düzeyde bir eğilimi montmorillonite karşı gösterdiğini, aynı zamanda solüsyon pH'sının yükseldiği durumlarda yani alkali toprak koşullarında ise minerallerin adsorpsiyonunun da yükseldiğini yapılan deneyler sonucunda saptamışlardır [45].

2.7. Ortam pH'nın Ağır Metallerin Alımına Etkisi Hakkında Yapılan Araştırmalar

pH değeri suyun ve bitki yetiştirilen toprağın asidik veya bazik olduğunun bir göstergesidir. Bir Toprağın asit, nötr veya alkalin yapıda olduğunu ifade eder. Toprak reaksiyonu toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu (H^+) ve hidroksil iyonu (OH^-) konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Bu iyonlar arasındaki ilişki pH değeri olarak ifade edilir. Yeryüzündeki bitki çeşitliliği ve bitkilerin yayılışı üzerine son derece etkili bir parametredir [28]. Ayrıca kurulacak arıtma tesisinde biyolojik olarak oksidasyonun sağlanabilmesi için önemli olduğu kadar mikroorganizmaların aktivitesinin optimum düzeyde sağlanabileceği pH aralığının tespitinin de işletme esnasında sağlanması gerekmektedir [29].

Söz konusu arıtma tesisinin kimyasal arıtma tesisi olarak tercih edilmesi halinde ise, su içerisindeki çözünmüş halde bulunan kirleticilerin koagülant maddelerin ilavesi ise çökeltilmesi için yine uygun pH aralığına gereksinim duyulmaktadır. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki artezyen kuyulardan yapılan sulama faaliyetlerinde kullanılan suyun pH aralığının daha stabil olduğunu göstermiştir. Özellikle pH değeri 5,0'in üstüne çıktığı zaman, metaller ile hidroksil iyonları arasında oluşan reaksiyon ile metaller metal-hidroksil şeklinde çökmekte ve biyosorbsiyon oranı düşmektedir. Dolayısı ile arıtma tesisine gelecek atık suyun biyolojik veya kimyasal arıtma açısından uygun olmayan pH aralığında olması halinde giriş ünitesine pH'ı düzenlemek amacıyla nötralizasyon havuzunun kurulması daha uygun olacaktır [33].

Ayrıca yüksek pH değerlerinde (pH > 4) demir iyonları kimyasal koagülasyon etkisiyle demir hidroksil iyonları olarak çökelme meylindedir ve ortamda oluşan çamurunun sistemden uzaklaştırılması gerekir. Ölçülen pH değeri de sadece giriş aşamasında bilinmesi gereken bir değer değil, aynı zamanda Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen birçok tabloda çıkış suyunda izlenmesi zorunlu olan bir parametredir. Dolayısı ile çıkış suyundaki pH'ın deşarj standartlarını sağlamasını teminen özellikle arıtım suyu sulama faaliyetlerinde kullanılacaksa veya balıkçılık yapılan bölgelere deşarjı söz konusu ise ihtiyaç duyulması halinde nötralizasyon havuzu arıtma tesisi çıkışına da kurulmalıdır [33]. Ürün yetiştiriciliği için özellikle meyvecilik açısından en uygun istenilen toprak pH değerleri hafif asidik topraktır, bu da pH 5.6-6.7 aralığına denk gelen topraklardır ve bu topraklar son derece tarıma elverişli olan verimli topraklar olarak nitelendirilirler. Fakat biyosferin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi ve hem fauna

hem flora için en uygun olarak belirlenen ve kalite kriterlerine uygunluğu açısından değerlendirilen sulama suyu asitlik bazlık düzeyleri FAO standartlarına da uygun olan normal pH aralığı ise pH 6.5-8.5 aralığıdır. Su kalite kriteri olarak nötr veya nötre en yakın olan renksiz, kokusuz ve tatsız sular içme suyu olarak tercih edilmelidir, denilir [28].

Toprak solüsyonunda pH değeri en basit anlatımı ile insanlarda tansiyon (kan basıncı) ne anlam ifade ediyor ise topraktaki pH değeri de yaklaşık aynı anlam taşımaktadır. İnsanlarda tansiyonun yüksek veya düşük olması kişinin sağlığı ve beslenmesiyle ne kadar yakından alakalı ise toprağın pH değerinin yüksek (>7.0) veya düşük (6.5<) olması bitki gelişimini, topraktan bitki besin maddesi alımını, o maddenin yarayışlılığını doğrudan etkilemektedir [46]. Toprağın pH değerleri toprağın fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak mutlak surette etkilidir. Bu nedenle bitkisel üretimde gübreleme ve sulama yönünden birim alandan yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için bitkinin kılcal kök bölgesindeki toprak tabakasının pH değerinin mutlaka bilinmesi ve o değere uygun kriterde bitkinin en iyi gelişeceği pH değerinde olması için gerekli pH seviyesine getirecek düzeydeki su ve gübre çeşidiyle müdehale edilmesi gayet elzemdir. Her bitkinin optimum gelişim sağlayabilmesi için gerekli pH değerleri farklıdır. Örneğin çay bitkisi gayet asidik toprak tekstürü isterken öte yandan pamuk bitkisi daha alkali topraklarda yetişmektedir. Ancak bitki besin maddelerinin çoğunluğunun azami alınabilirliği 5.5 ile 6.5 arasındaki hafif asidik topraklarda gerçekleşir [28]. Bazı bitkilerce bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alımı ve bitki gelişimi için gereken optimum toprak pH' sı değerleri; toprak pH' sının bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alımı üzerinde de önemli derecede etkisi bulunmaktadır. Toprak pH değerinin yüksek olması özellikle 8 pH değerinden fazla olması durumunda mikro elementlerden Fe, Cu, Mn, Zn ve B alımında ve ayrıca fosforun (P) elverişliliğinde önemli derecede bir azalma olur. Yüksek pH' lı toprakların verimsiz olmasının baş nedeni yüksek pH' nın fosfor ve iz elementlerin (Fe, Cu, Zn) toprakta hareket etmez hale gelmesine yol açması ve buna ilaveten bu tür topraklarda yüksek miktarda (Na) sodyum bulunabilmesidir. Na, Cu, Ca gibi metal karekterli elementler toprağın tuzluluk değerini artırarak normalden fazla bulunmaları halinde verimi düşürmektedirler. Bitkiler için yarayışlı P'un en uygun olduğu toprak pH' sı 6.5-7 arasındadır [28]. Tuzluluğu ve kireç oranı yüksek olan topraklarda Fe, Ni gibi

elementlerin toprak kolloidleri tarafından tutulmasıyla bitkiler tarafından alımları da kısıtlanmış olur.

Mikro besin elementlerinin toprakta pH alım aralıkları; mikroorganizmalar toprağın, bitki gelişimi ve büyümesine, uygun verimli bir ortam haline dönüşmesinde çok önemli rol oynarlar. Mikroorganizma popülasyonlarının çoğunluğu toprağın biyolojik aktivitesini oluşturan fonksiyonları nötr civardaki (6.5-8.0) pH değerlerinde ideal bir biçimde yerine getirirler [34].

Yüksek pH düzeylerindeki bazik karakterli topraklarda mikroorganizma faaliyeti çok az olmakta ve bunun bir neticesi olarak da topraktaki bitki besin elementlerinin bitkiler için yarayışlılığı büyük ölçüde düşmektedir. Bu durum bitkinin besin maddelerinden gereği kadar faydalanamamasına dolayısıyla da tarımsal üretim sürecinde verim azalmasına neden olmak suretiyle de özellikle ekonomik açıdan ağır sonuçlar doğurabilmektedir [34]. Yüksek pH' lı toprakların verimi ancak pH' sını düşürerek iyileştirilebilir. Bu da genellikle kükürt (S) içerikli gübrelerle yapılabilir. Ancak böyle toprakların etkin şekilde düzeltilebilmesi toprağın alkalinize (baziklik) yapısı ve düzeyine, sulama suyunun kalite ve miktarına, toprak tipine ve yetiştirilen mahsule bağlıdır [29]. Eğer pH değeri normalden çok düşük ise bu defa pH değerini yükseltmek için kireç yani kalsiyum ihtiva eden gübreler tercih edilmelidir.

Araştırma bölgemizin ortasından geçen ve araştırmamıza da konu olan Kızılırmak nehrinde yapılan bir çalışmada pH değerlerinin minimum 7.01 ile Eylül 2007 ayında K2 istasyonunda, maksimum 8.70 ile Mart 2008 ayında K1 istasyonunda ölçülmüştür. Nehrin ortalama pH değeri 8.03 olarak tespit edilmiştir. Kızılırmak istasyon bilgileri ve koordinatlar: İstasyon No, Koordinat, Açıklama K1 (41°43'684''N - 35°57'636''E) Kızılırmak Nehir Ağzı, K2 (41°37'867''N - 35°54'887''E) Taşkın Önleme Bentinin Altı olarak belirlenmiştir [8].

Epstein, bakır elementi toprağın çok hareketsiz mikronütrientlerindendir. Bakırın topraktaki reaksiyonu diğer birçok metallere benzerdir. Toprağın düşük pH'sı Cu'nun çözünürlüğünü ve bitkilerdeki varlığını arttırır. Toprak organik maddeleri bakır ile birleşerek kopleks selatlar olusturur, Bakırın kompleks olusturmak için en uygun asiditesi humik asit için pH 2,5 – 3,5 ve fulvik asit için pH 6'dır [33].

2.8. Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Alımı Üzerine Yapılan Araştırmalar

Bitkiler ve ağır metaller arasında çok farklı karakterlerde bir dizi ilişkiden söz etmek mümkündür. Bitkiler genellikle köklerinde toprak üstü aksamlarından çok daha fazla ağır metal biriktirirler [42]. Fakat bu durumun aksine toprak üstü aksamlarında köklerinden çok daha fazla birikim yapan bitkilerde mevcuttur. Bu bitkiler kullanılarak aşırı kirlenmiş toprakların ıslah edilmesi mümkün olacağı gibi bünyelerinde tuttukları ağır metalin kaynağı hava da olabilmektedir. Fazlasıyla ağır metal akümle etmiş bitkilerin hasadı ile bölgeden ağır metalleri uzaklaştırmak mümkündür. Ayrıca bitkiler toprakta çok yoğun gruplar halinde yer yer öbeklenmiş durumdaki ağır metalleri bünyelerine alırlar [42]. Bu durum toprakta metallerin seyrelmelerini ve bitkilerin çürümeleri sonucunda ise daha seyrek ve homojen bir şekilde tekrar toprağa dağılmalarını böylece dengeli bir şekilde yayılarak stabil forma ulaşmalarını ve toksik etki yapacak düzeyden giderek yarayışlı hale gelebilmelerini temin ederler. Bitki ve ağır metal etkileşimi üzerine yapılan araştırmalarda;

Yağdı ile araştırma ekibi yaptıkları bir çalışmada ağır metallerin genel olarak bitkiler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Analizlerde bitkiler üzerinde ağır metal toksitesinin büyüme ve gelişmede yavaşlama ile enzim aktivitesinde bozulmaya kadar kökte zararlar, depolama faaliyetlerinde bozulma gibi hasarlara yol açtığı ayrıca fotosentez aktivitesinde gerileme, diğer besin elementlerinin alımında yavaşlamaya varıncaya kadar ve verimde düşme gibi pek çok zarara neden olduğunu tespit etmişlerdir [46].

Pavlova ve Alexandrov, Bulgaristan ve Yunanistan sınırlarında yer alan Doğu Rodop Dağlarında çalışma yapmışlardır. Araştırmalarında bölgede yetişen bazı bitki ve toprak örneklerindeki Ca, Mg, Ni, Fe, Cr, Co, Mn, Cu, Zn ve Pb element içeriklerini incelemişlerdir ve elde ettikleri bulgularda bitkilerdeki Ca, Mg, Ni ve Fe birikiminin bitkilerde topraklara oranla çok daha yüksek çıktığını tespit etmişlerdir. Serpantinli topraklarda yüksek Fe birikiminin karakteristik olduğunu saptamışlardır [47].

Topcuoğlu ve çalışma arkadaşları, kurdukları bir sera denemesinde; iki yıl boyunca tekrarlı olarak toprağa uygulanan farklı kentsel arıtma çamurlarının, domates bitkisinde

bitki besin elementleri ve içeriklerindeki ağır metal miktarı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Toprağa artan miktarlarda uyguladıkları arıtma çamuru ile paralel olarak domates bitkisinin ağır metal (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd) içeriklerinde büyük bir artışın olduğunu saptamışlardır [48].

Wang ve çalışma arkadaşları ağır metallerin bitki bünyesinde en fazla biriktikleri bölgeleri ve bitki bünyesine geçiş hızlarını araştırdıkları bir çalışmada saksı deneyi kurmuşlar ve 4 farklı düzeyde ağır metal içeren topraklarda ürün yetiştirmişlerdir. Toprak ve ürünlerdeki ağır metalleri belirli aralıklarla ölçmüşlerdir. Çalışmalarının sonucunda ürünün farklı aksamlarındaki ağır metal düzeylerinin farklı ve sıralamanın kök>gövde>tohum>yaprak olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ağır metal alımlarında sıralamanın Zn>Cr>Cd>Cu>Pb şeklinde olduğunu gözlemlemişlerdir [49]. Çalışmamızda akümülasyonun genellikle bu şekilde cereyan ettiği bazı istisnai durumlar olsa da yığılmanın çoktan aza doğru bu şekilde gerçekleştiği saptanan sonuçlar arasında yer almaktadır.

Ingwersen ve Strect, atıksularla sulanan topraklarda özellikle Cd akümülasyonu üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında atık su ile sulanan topraklarda yetiştirilen ürünlerin Cd alımını ve basit bir süreç modeli oluşturarak topraktaki Cd seviyesini istenilen düzeyde tutmak suretiyle bir araştırma yapmışlardır. Yaklaşık olarak 40 yıldır atık su ile sulanan topraklarda 2 yıl boyunca patates (*Solanum tuberosum*), şeker pancarı (*Beta* vulgaris) ve buğday (*Triticum aestivum* L.) yetiştirmişlerdir. Bu bitkilerde ve topraktaki Cd miktarlarında doğru oranda yani düzlemsel olarak paralel bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Ayrıca havanın durumuna göre Cd alımında değişmeler olduğunu ve Cd alımında terlemenin önemli bir rolü olduğunu tespit etmişlerdir [50].

Toze'ye göre kentsel nüfusun artışıyla birlikte su kullanımının da artması, bol miktarda atık su oluşmasına sebep olmaktadır. Meydana gelen atıklardan kaynaklı çevresel sağlık sorunları ve su kirliliğinin önlenmesi, günümüzün en önemli problemlerinden birisini teşkil etmektedir. En az artan savaşlar kadar önem arz eden bu konunun yanısıra, kentsel atık suların güvenli ve yararlı bir şekilde uzaklaştırılma gerekliliği de kentsel toplumların önemle üzerinde durdukları ve durmaları da gereken diğer bir meseledir. Atık suların uygun bir strateji ile kontrollü olarak tarımda kullanılması konusu, bu suların uzaklaştırılması için iyi ve yararlı görülen bir yöntem arz etmektedir [51].

Ayrıca, atık suların kullanılması, nispeten daha iyi durumdaki ve daha kaliteli suların sulama dışındaki kullanım amaçları için korunmasını da sağlamaktadır. Örneğin içme suyu olarak daha fazla miktarda su ayrılabilmekte ve su sıkıntısı yaşanma riski azaltılabilmektedir. Kentsel atık suların uygun stratejilerle yeniden kullanımı ile yerüstü su kaynaklarının kirlenmesi önlenmiş olur. Bu sayede sadece değerli temiz su kaynakları korunmakla kalmaz aynı zamanda, atık suların içerdiği bitki besin maddeleri bitki yetiştiriciliğinde avantaj sağlar. Atık suların azot ve fosfor içeriği tarımsal gübre gereksinimini azaltmakta veya tamamen ortadan kaldırmaktadır. Atık suların sulamada kullanılması ile bitki yetiştiriciliği için yararlı olan toprak mikroorganizmalarının metabolik aktiviteleri artmaktadır [37]. Arıtma işlemi atığı olarak ortaya çıkan arıtma çamurları da mikrobesin maddesince fakir iz element noksanlığı çeken toprakların bu maddelerce zenginleştirilmesinde kullanılarak tarıma daha elverişli hale getirilmesi de bu sayede mümkün olabilmektedir. Örnek bir uygulama olarak Nevşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Genel Müdürlüğü, Nevşehir Atık Su Arıtma Tesisi çıktısı olan arıtma çamurlarını elenmiş toprak ve ahır gübresiyle belirli oranlarda karıştırmak suretiyle çim ekim alanlarında kullanmış ve gayet başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada Nevşehir yöresinin farklı bölgelerinden (Avanos, Kavak, Sulusaray, Nar, Gülşehir) kirlenmenin olabileceği 3'er istasyon belirlenerek toplanan bitki, bunların yetiştiği toprak ve sulama suyu örnekleri materyal olarak kullanılmıştır.

Tablo 3. Kullanılan bitki çeşitleri ve sınıflandırılması, taksonomisi [52].

Bitkiler Alemi: *Plantae*
Fasulye; Sınıf: Dicotyledoneae (çift çenekliler) Takım: Fabales Familya: Fabaceae Tür: *Phaseolus vulgaris* (fasulye)
Biber; Sınıf: Dicotyledoneae (çift çenekliler) Takim: Personatae Familya: Solanaceae Tür: *Capsicum annuum* (biber)
Domates; Sınıf: Dicotyledoneae (çift çenekliler) Takim: Personatae Familya: Solanaceae Tür: *Lycopersicon esculentum* (domates)
Soğan; Sınıf: Monocotyledoneae(tek çenekliler) Takim: Liliflorae Familya: Alliaceae Tür: *Allium cepa* (soğan)

Tüm bitki numuneleri yöresel, bölgede geniş alanlarda tarımı yapılan, tanıdık pazar ürünlerinden seçilmiş olup, gıda maddesi olarak tüketilen, klasik olarak yetiştirilen

türlerdir. Sistematikteki en yaygın bölgesel tür isimleri seçilmiş olup varyeteler üzerinde durulmamıştır.

3.2. Materyallerin Toplanması

Bitki ve toprak örnekleri, alınan çiçekli numuneler herbaryum kurallarına göre kurutularak kartonlara yapıştırıldıktan sonra tür teşhisi yapılmıştır. Daha sonra örnekler önce çeşme suyuyla daha sonrada 2 kez çift distile suyla yıkanmış, daha önceden temizlenmiş petri kaplarına alınarak etüvde 24 saat 80 °C'de kurutulmuştur. Örneklerin ağır metal dağılımını 2012 tarihinde Nevşehir yöresindeki farklı istasyonlarından toplanan ve laboratuar ortamına getirilen bitkiler tek düzeleştirmek amacıyla kurutulan örnekler porselen havanda ezilerek karıştırılmıştır [53].

Toprak örnekleri her istasyondan yaklaşık yüzeyden 10 cm ve bitki kökünün çevresinden 15 cm derinlikten alınmıştır. Laboratuara getirilen toprak örnekleri yedi gün boyunca aralıklı olarak karıştırılarak kurutulmuş, bu süre sonunda kurutulan örnekler 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Sulama suyu örnekleri taban suyu ile sulanan bölgelerde direkt sulama havuzundan, ırmak suyuyla sulanan bölgelerde sulanan havza içerisinden arıtma tesisi sonrası kanallardan özellikle tarla girişi ve yakınından 2-5lt'lik örnekler farklı zamanlarda alınarak, çeşme suyu ve saf su baz alınarak değerlendirilmiştir [53].

3.3. Malzemelerin Temizliği

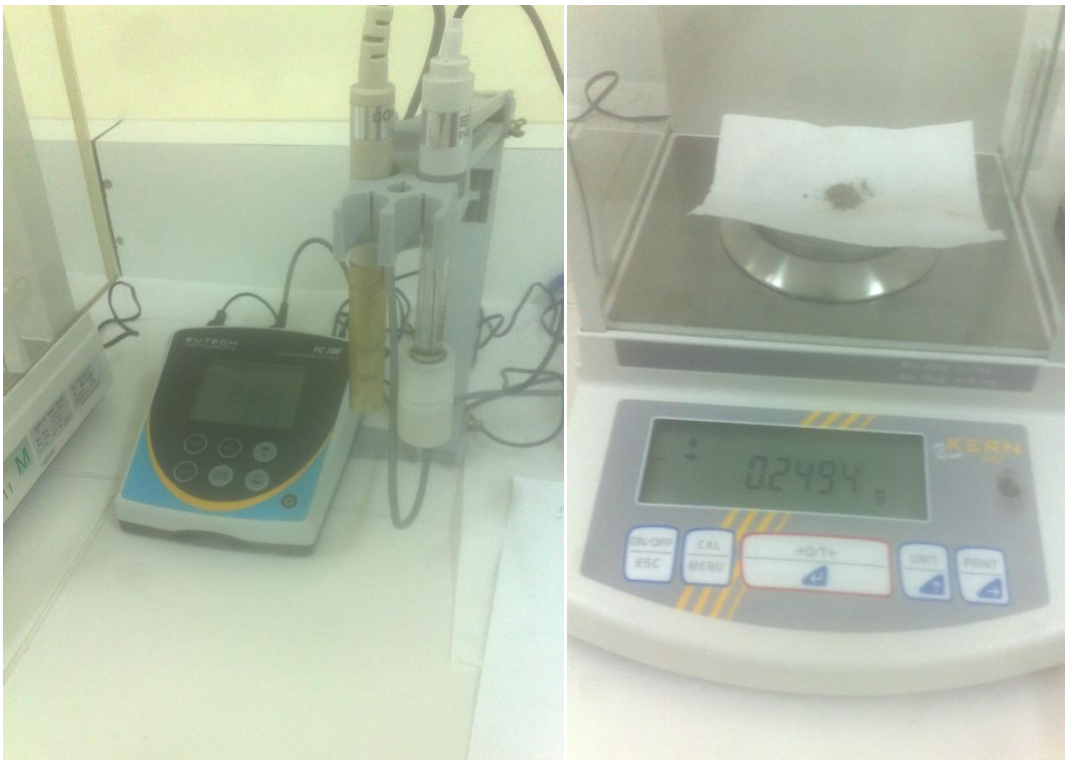
Çalışmada kullanılan cam, plastik ve porselen malzemeler önce deterjanlı su içerisinde bir gün bekletilmiş, daha sonra çeşme suyuyla yıkanarak % 20'lik Nitrik asit içine alınıp, bir gece bekletilmiştir. Bu işlem sonunda çift distile su ile yıkanarak 60 ^{0}C'de etüvde kurutulmuştur. Cam malzemelerde kalan, çözünmesi zor olan kalıntıları temizlemek için ayrıca yıkama çözeltisi (Kromik asit çözeltisi) hazırlanmıştır. Bu çözelti için; 5 g $Na_2Cr_2O_7$ alınarak ve 5 ml saf suda çözülür sonra üzerine yavaşça 100 ml derişik sülfürik asit katılır. Sıcaklık bu sırada 70-80°C' a ulaşır. Karışım yaklaşık 40°C'ye soğutulmuştur ve cam kapaklı bir şişeye alınarak saklanmıştır [53].

3.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada kullanılan standartların ve çözeltilerin hazırlanmasında, % 65'lik (Merck reagent) Nitrik asit ve % 37'lik (Merck reagent) Hidroklorik asit kullanılmıştır. Bitki kısımlarının çözülmesinde HNO_3, toprak ve su örneklerinin çözülmesinde 1/3 oranında HNO_3 ve HCl karışımı (1 HNO_3 + 3 HCl= Kral suyu) ve kireç çözücü maddelerin kullanılması çok yaygın bir yöntemdir. Cam malzemelerde kalan, çözünmesi zor olan kalıntıları temizlemek için ayrıca kromik asit çözeltisi kullanılmıştır. Ayrıca standartların ve örneklerin hazırlanmasında ve seyreltme işleminde çift distile su kullanılmıştır [53].

3.5. Toprak ve Su pH'ının Tespiti

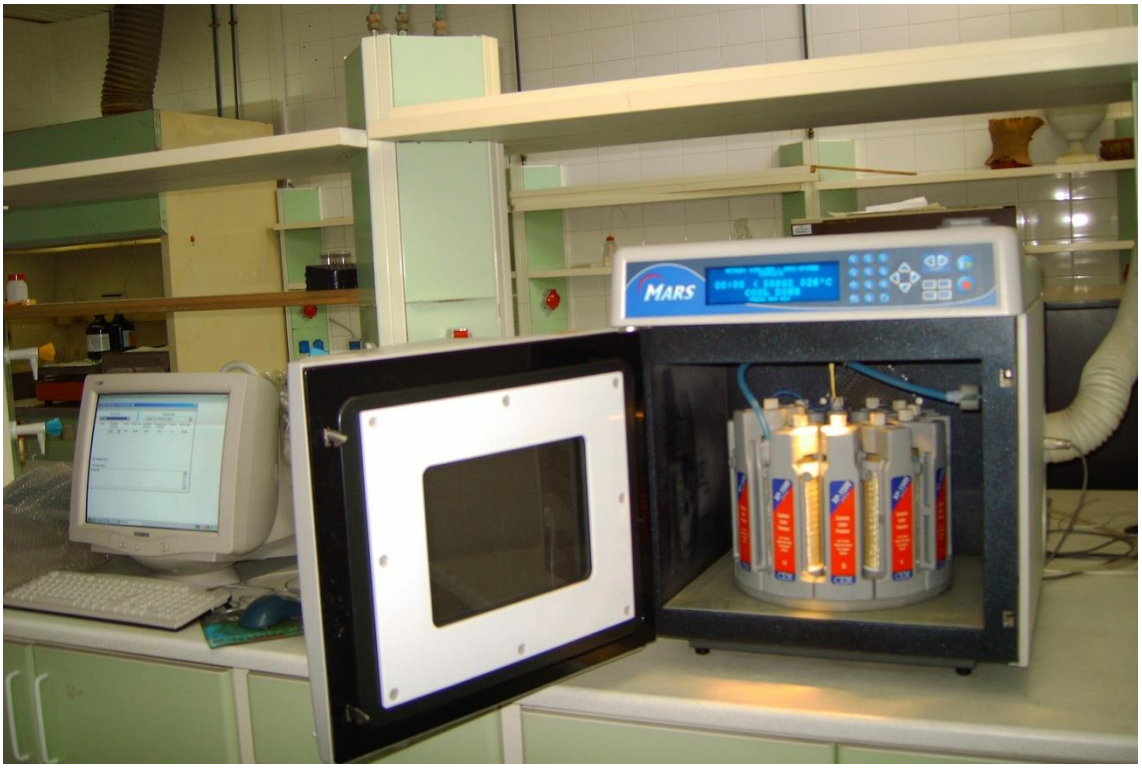
Toprak örnekleri laboratuar ortamına getirildikten sonra yedi gün boyunca aralıklı olarak karıştırılarak kurutulmuş, bu süre sonunda kurutulan örnekler 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. 0,25 g toprak+50 ml distile su 10 dakika karıştırılıp pH ölçümü pH metre ile yapılmış, alınan su örnekleri direkt olarak pH metre ile tespit edilmiştir [54].



Resim 3.1 Örneklerin pH analizinde kullanılan pH metre ve Hassas terazi.

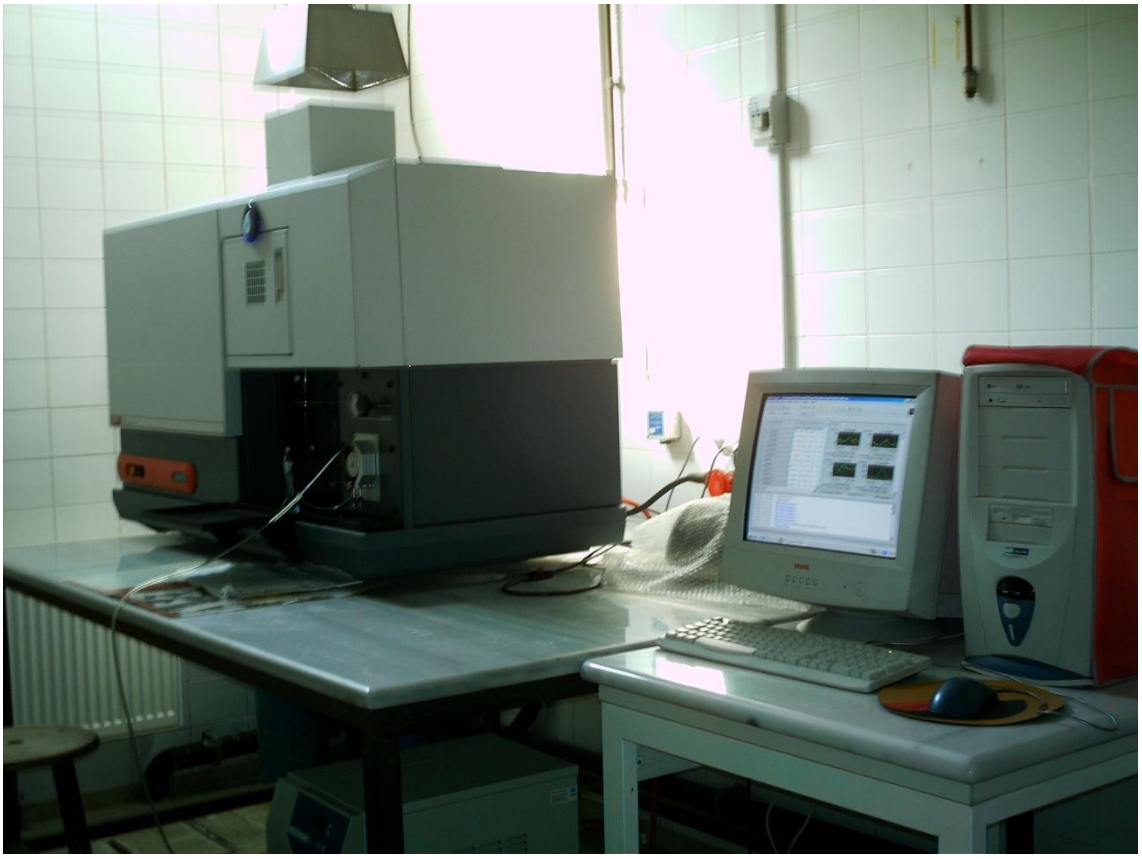
3.6. Materyaller İçin Çözme İşlemi

Bitki, toprak ve su örneklerinin ağır metal içeriklerini tayin etmek amacıyla örnekler distile su ile yıkanarak 105^0C'de kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra örnekler 0,5 g tartılarak teflon hücrelere konulup 10 ml HNO_3 kullanılarak CEM-MARS mikrodalga numune hazırlama cihazında 200 PSI basınçta ve 180 ^{0}C'de çözülmüştür. Hücreler içersindeki örnekler kenarları distile su ile yıkanarak 15 ml'lik tüplere aktarılmış ve santrifüj edildikten sonra çift distile su ile üzerleri 25 ml'ye tamamlanarak 50 ml'lik tüplere aktarılmıştır.



Resim 3.2. CEM marka Mars5 Mikrodalga Fırına yerleştirilen örnekler.

ICP-OES (Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) cihazında standart materyal kullanılarak (NIST, SRM-1547) aletin kalibrasyonu yapılmış ve element seviyeleri belirlenmiştir [55].



Resim 3.3 Ağır metal analizinde kullanılan ICP-OES cihazı

Toprak örnekleri de 0,5 g tartılarak teflon hücrelere konulup, CEM marka Marsh Mikrodalgada örnekler içine 10 ml % 65'lik HNO_3 ilave edildikten sonra 180 PSI basınçta ve 180 ^{0}C'de çözme işlemi yapılmıştır. Hücreler içersindeki örnekler kenarları distile su ile yıkanarak 15 ml'lik tüplere aktarılacak ve santrifüj edildikten sonra çift distile su ile üzerleri 25 ml'ye tamamlanarak 50 ml'lik tüplere aktarılmıştır. Standart çözeltileri hazırlandıktan sonra ağır metal tayin işlemleri Varian marka Inductively Coupled Plasma = ICP-OES'de standart materyal kullanılarak (NIST, SRM-1547) aletin kalibrasyonu yapılmış ve element seviyeleri belirlenmiştir [53].

3.7. Kalibrasyon

Standartlar her element için değişik konsantrasyonlarında stok solüsyonunda hazırlanarak, ICP-OES'de okundu. Kalibrasyon eğrisinin doğrusallığı sık aralıklarla kontrol edilmiştir.

3.8. İstatistiksel Analizler

İstatistik analizler için SPSS istatistik programı kullanıldı. Her bir örnek için 3 kez okunan değerlerin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri hesaplandı. Ayrıca elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kolaylık sağlaması açısından SPSS programı kullanılarak, ANOVA ve Duncan testleri gerekli gruplar ve parametreler için uygulandı. Ortalamalar ve gruplar arası farklılıklar bu testler vasıtasıyla kıyaslanarak yorumlanmıştır.

BÖLÜM 4

4.1. Verilere Ait Bulgular ve Değerlendirmeler

Çalışmamızda; Nevşehir ili sınırları içerisinde kalan ve özellikle Kızılırmak havzası ile Nar atıksu arıtma tesisi çevresindeki tarımsal arazilerden toplanan örnekler incelenmiştir. Bitki örnekleri yaprak, gövde, kök ve meyve kısımlarına ayrılarak analiz edilmiştir. Ayrıca istasyonlardan alınan toprak ve sulama suyu örnekleriyle de kıyaslanarak, ağır metal seviyeleri belirlenmeye çalışılmış, belirlenen miktarlar Toprak kontrol yöntmeliği, WHO-FAO ve Su kirliliği kontrol yönetmeliği kriterleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır (Tablo 4.1).

Elde edilen verilerin ortalama, standart hata, minimum ve maksimum değerleri belirlenerek, sonuçlar tablolar halinde verilerek, değerlendirilmiştir. Veriler değerlendirilirken, ANOVA analizi ve Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar çalışmada tablolar halinde sırasına göre verilmiştir.

Tablo 4.1 Ağır metallerin toprakta, sulama suyunda toksik kabul edilen ve kontamine olmuş bitkilerdeki konsantrasyon aralıkları [56], [57], [58] (μg g^{-1})

Element	**Toprak kontrol yönetmeliğine göre ağır metal alt ve üst sınır değerleri (μg g-1) [56]**	**WHO'nun Bitkilerde kabul ettiği ağır metal sınır değerleri (μg g-1) [57].**	**Su kirliliği kontrol yönetmeliği sulama suyu sınır değerler (μg g-1)[58].**
Cd	1-3	0,5	0,01
Cr	100	0,5	0,1
Cu	50-140	5	0,2
Ni	30-75	5	0,2
Pb	50-300	2	5,0
Fe	150-300	30	5,0
Zn	150-300	50	2,0

Örneklerin analizlerini objektif bir şekilde yapabilmek için bulundukları ortamın pH değeri çok önemli kriterlerden bir tanesidir (Tablo 4.2). Bilindiği üzere düşük pH değerleri elementlerin çoğunun çözünürlüğünü dolayısıyla da bitkiler tarafından alınımını artırmaktadır. Özellikle toprak kolloidlerine negatif bağlarla bağlanmış çoğu elementin serbest hale geçerek ortamdaki suda iyon oluşturmasına sebep olur. Ortamda bulunan çeşitliliği artmış ve moleküler yapısı bozulmuş iyonlar kolaylıkla bitki bünyesine geçebilirler. Çünkü ağır metallerin yüksek pH seviyelerinde gerek bitki gerek tüketicisi diğer canlılar tarafından, toprakta yüksek miktarda olsa dahi kimyasal bağlarla bağlı olmasından dolayı alınamaması onun toksin karakterinin perdelenmesine neden olabilmektedir [59].

Tablo 4.2 İstasyonlarda ölçülen pH değerleri

İstasyonlar	**Toprak (pH)**	**Su (pH)**
Sulusaray	7,83	8,64
Kavak	6,91	8,49
Avanos	8,78	8,25
Nar	7,43	8,29
Atıksu Arıtma tesisi	Giriş; 8,34 ($^{\pm}$0,20)	Çıkış; 7,68 ($^{\pm}$0,20)

4.2. Verilerin Analizi

4.2.1. Kadmiyum

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan 70 örnekte Cd konsantrasyonları standart hataları ve maksimum minumum miktarlarıyla birlikte Tablo 4.3'de verilmektedir. Tablo 4.4'de ise örneklere ait Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre Su örnekleri incelendiğinde genel itibariyle yüksek kaliteli sular içerisinde yer alırken atık su girişi çok kirlenmiş ve sınır değeri (0.01 μg g^{-1}) yaklaşık 3 kat (0.03 μg g^{-1}) aşmıştır. Buna rağmen içme suyunda bulunabilecek maksimum sınır değerine (0.05 μg $g^{-1)}$ henüz ulaşmamıştır. En yüksek Cd konsantrasyonu ise 69 numaralı Nar istasyonundaki atık su girişinde ve soğan yaprağında 0.0297 μg g^{-1} değerinde gözlenmiştir.

Tablo 4.3 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan 70 örnekteki Cd konsantrasyonu (μg g^{-1})

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
KÖK	**SULUSARAY**	F.	,0007 ± ,0003	,0001	,0010
		D.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
		B.	,0007 ± ,0003	,0001	,0010
		S.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
	KAVAK	F.	,0024 ± ,0012	,0022	,0026
		D.	,0023 ± ,0003	,0020	,0030
		B.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
		S.	,0010 ± ,0003	,0010	,0010
	AVANOS	F.	,0017 ± ,0003	,0020	,0010
		D.	,0090 ± ,0001	,0090	,0090
		B.	,0287 ± ,0003	,0280	,0290
		S.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
	NAR	F.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		D.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		B.	,0023 ± ,0003	,0020	,0030
		S.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
GÖVDE	**SULUSARAY**	F.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		D.	,0003 ± ,0003	,0001	,0010
		B.	,0003 ± ,0003	,0001	,0010
		S.	,0007 ± ,0003	,0010	,0020
	KAVAK	F.	,0020 ± ,0001	,0020	,0020
		D.	,0003 ± ,0003	,0001	,0010
		B.	,0001 ± ,0001	,0001	,0001
		S.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
	AVANOS	F.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		D.	,0077 ± ,0003	,0070	,0080
		B.	,0087 ± ,0003	,0080	,0090
		S.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
	NAR	F.	,0020 ± ,0001	,0020	,0020
		D.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
		B.	,0007 ± ,0003	,0001	,0010
		S.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
		D.	,0001 ± ,0001	,0001	,0001
		B.	,0023 ± ,0003	,0020	,0030
		S.	,0003 ± ,0003	,0010	,0020
	KAVAK	F.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
		D.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
		B.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		S.	,0007 ± ,0003	,0001	,0010
	AVANOS	F.	,0014 ± ,0001	,0014	,0014
		D.	,0190 ± ,0001	,0190	,0190
		B.	,0150 ± ,0006	,0140	,0160
		S.	,037 ± ,0003	,030	,040
	NAR	F.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		D.	,0060 ± ,0001	,0060	,0060
		B.	,0001 ± ,0001	,0001	,0001
		S.	,0250 ± ,0092	,0100	,0400
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
MEYVE	**SULUSARAY**	F.	,0037 ± ,0003	,0030	,0040
		D.	,0001 ± ,0001	,0001	,0001
		B.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
	KAVAK	F.	,0003 ± ,0001	,0003	,0003
		D.	,0007 ± ,0003	,00010	,00020
		B.	,0007 ± ,0003	,0001	,0010
	AVANOS	F.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		D.	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
		B.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
	NAR	F.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		D.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
		B.	,0013 ± ,0003	,0020	,0010

Numune	İstasyon	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	**Sulusaray**	,0017 ± ,0003	,0010	,0020
	Kavak	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
	Avanos	,0177 ± ,0003	,0170	,0180
	Nar	,0013 ± ,0003	,0010	,0020
Numune	**İstasyon**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
SU	**Sulusaray**	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
	Kavak	,0007 ± ,0003	,0001	,0010
	Avanos	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
	Nar	,0023 ± ,0003	,0020	,0030
Atıksu	**GİRİŞ**	,0297 ± ,0003	,0290	,0300
	ÇIKIŞ	,0003 ± ,0003	,0001	,0010

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.4 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Cd konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,0023$^{(b)}$	0,0090$^{(d)}$	0,0030$^{(c)}$	0,0010$^{(a)}$
	Gövde	0,0003$^{(a)}$	0,0077$^{(c)}$	0,0013$^{(b)}$	0,0003$^{(a)}$
	Yaprak	0,0013$^{(b)}$	0,0190$^{(d)}$	0,0060$^{(c)}$	0,0001$^{(a)}$
	Meyve	0,0007$^{(b)}$	0,0013$^{(c)}$	0,0010$^{(b)}$	0,0001$^{(a)}$
Soğan	Kök	0,0010$^{(a)}$	0,0013$^{(b)}$	0,0010$^{(a)}$	0,0013$^{(b)}$
	Gövde	0,0010$^{(b)}$	0,0010$^{(b)}$	0,0010$^{(b)}$	0,0007$^{(a)}$
	Yaprak	0,0007$^{(a)}$	0,0370$^{(c)}$	0,0250$^{(b)}$	0,0003$^{(a)}$
Biber	Kök	0,0013$^{(a)}$	0,0287$^{(c)}$	0,0023$^{(b)}$	0,0007$^{(a)}$
	Gövde	0,0001$^{(b)}$	0,0087$^{(c)}$	0,0007$^{(b)}$	0,0003$^{(a)}$
	Yaprak	0,0040$^{(b)}$	0,0150$^{(c)}$	0,0001$^{(a)}$	0,0023$^{(b)}$
	Meyve	0,0007$^{(a)}$	0,0040$^{(c)}$	0,0013$^{(b)}$	0,0013$^{(b)}$
Fasülye	Kök	0,0024$^{(b)}$	0,0017$^{(b)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0007$^{(a)}$
	Gövde	0,0020$^{(a)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0020$^{(a)}$	0,0030$^{(b)}$
	Yaprak	0,0013$^{(b)}$	0,0014$^{(b)}$	0,0003$^{(a)}$	0,0010$^{(b)}$
	Meyve	0,0003$^{(a)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0037$^{(b)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3 ve 4.4 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Cd konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.4 incelendiğinde en yüksek Cd konsantrasyonunun Avanos'tan

toplanan soğan yaprağında bulunduğu, en düşük Cd konsantrasyonunun ise Kavak, Sulusaray ve Nar istasyonundaki domates, biber, fasulye örneklerinde bulunduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda topraklardaki Cd miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1). WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Cd sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Cd miktarlarını karşılaştırdığımızda bitki örneklerimizde de sınır değerin aşılmadığı görülmektedir. Su örnekleri incelendiğinde istasyonlardan topladığımız su örneklerinin Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, Cd açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerini aşmadığı, fakat atık su girişinin sınır değerini (0.01 μg g^{-1}) yaklaşık 3 kat (0.03 μg g^{-1}) aştığı görülmektedir.(Tablo 4.1 ve 4.3).

4.2.2 Krom

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan örneklerde Cr konsantrasyonları standart hataları ve maksimum minimum değerleriyle birlikte Tablo 4.5.'te verilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Cr konsantrasyonu Kavak istasyonu soğan yaprağında 0.0003 μg g^{-1} değerinde, en yüksek Cr konsantrasyonu ise Avanos istasyonu toprağında, 0,2420 μg g^{-1} değerinde gözlenmiştir.

Tablo 4.5 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Cr konsantrasyonu (μg g^{-1})

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
KÖK	SULUSARAY	F.	,0053 ± ,0003	,0060	,0050
		D.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		B.	,0033 ± ,0003	,0030	,0040
		S.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
	KAVAK	F.	,0356 ± ,0003	,0356	,0357
		D.	,0016 ± ,0003	,00160	,0016
		B.	,0140 ± ,0001	,0140	,0140
		S.	,0023 ± ,0003	,0020	,0030
	AVANOS	F.	,0163 ± ,0003	,0160	,0170
		D.	,0300 ± ,0001	,0300	,0300
		B.	,0373 ± ,0003	,0360	,0380
		S.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
	NAR	F.	,0027 ± ,0003	,0030	,0020
		D.	,0020 ± ,0001	,0020	,0020
		B.	,0017 ± ,0003	,0010	,0020
		S.	,0027 ± ,0003	,0020	,0030
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
GÖVDE	SULUSARAY	F.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		D.	,0050 ± ,0001	,0050	,0050
		B.	,0047 ± ,0003	,0050	,0040
		S.	,0047 ± ,0003	,0050	,0040
	KAVAK	F.	,0070 ± ,0001	,0070	,0070
		D.	,0067 ± ,0003	,0060	,0070
		B.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		S.	,0017 ± ,0003	,0010	,0020
	AVANOS	F.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		D.	,0100 ± ,0001	,0100	,0100
		B.	,0370 ± ,0003	,0300	,0400
		S.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
	NAR	F.	,0050 ± ,0001	,0050	,0050
		D.	,0060 ± ,0001	,0060	,0060
		B.	,0060 ± ,0001	,0060	,0060
		S.	,0067 ± ,0003	,0060	,0070

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	,0043 ± ,0003	,0040	,0050
		D.	,0027 ± ,0003	,0030	,0020
		B.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		S.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
	KAVAK	F.	,0020 ± ,0001	,0020	,0020
		D.	,0010 ± ,0003	,0010	,0011
		B.	,0020 ± ,0001	,0020	,0020
		S.	,0003 ± ,0003	,0001	,0010
	AVANOS	F.	,0487 ± ,0003	,0480	,0490
		D.	,0100 ± ,0001	,0100	,0100
		B.	,0053 ± ,0003	,0050	,0060
		S.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
	NAR	F.	,0017 ± ,0003	,0010	,0020
		D.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		B.	,0030 ± ,0001	,0030	,0030
		S.	,0053 ± ,0003	,0050	,0060
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
MEYVE	**SULUSARAY**	F.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		D.	,0043 ± ,0003	,0040	,0050
		B.	,0050 ± ,0001	,0050	,0050
	KAVAK	F.	,0047 ± ,0003	,0040	,0050
		D.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		B.	,0010 ± ,0001	,0010	,0010
	AVANOS	F.	,0053 ± ,0003	,0050	,0060
		D.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		B.	,0230± ,0003	,0300	,0200
	NAR	F.	,0057 ± ,0003	,0060	,0050
		D.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040
		B.	,0040 ± ,0001	,0040	,0040

Numune	İstasyon	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	Sulusaray	,0720 ± ,0006	,0710	,0730
	Kavak	,0527 ± ,0003	,0520	,0530
	Avanos	,2420 ± ,0017	,2390	,2450
	Nar	,0687 ± ,0007	,0680	,0700
SU	Sulusaray	,0050 ± ,0001	,0050	,0050
	Kavak	,0070 ± ,0001	,0070	,0070
	Avanos	,0060 ± ,0001	,0060	,0060
	Nar	,0060 ± ,0001	,0060	,0060
Atıksu	GİRİŞ	,0050 ± ,0001	,0050	,0050
	ÇIKIŞ	,0060 ± ,0001	,0060	,0060

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.6 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Cr konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,0016$^{(a)}$	0,0300$^{(b)}$	0,0020$^{(a)}$	0,0030$^{(a)}$
	Gövde	0,0067$^{(b)}$	0,0100$^{(c)}$	0,0060$^{(b)}$	0,0050$^{(a)}$
	Yaprak	0,0010$^{(a)}$	0,0053$^{(b)}$	0,0030$^{(a)}$	0,0027$^{(a)}$
	Meyve	0,0040$^{(a)}$	0,0040$^{(a)}$	0,0040$^{(a)}$	0,0043$^{(a)}$
Soğan	Kök	0,0023$^{(b)}$	0,0010$^{(a)}$	0,0027$^{(b)}$	0,0040$^{(c)}$
	Gövde	0,0017$^{(a)}$	0,0040$^{(b)}$	0,0067$^{(c)}$	0,0007$^{(a)}$
	Yaprak	0,0003$^{(a)}$	0,0010$^{(b)}$	0,0053$^{(c)}$	0,0040$^{(c)}$
Biber	Kök	0,0140$^{(c)}$	0,0373$^{(d)}$	0,0017$^{(a)}$	0,0033$^{(b)}$
	Gövde	0,0040$^{(a)}$	0,0370$^{(c)}$	0,0060$^{(b)}$	0,0047$^{(a)}$
	Yaprak	0,0020$^{(a)}$	0,0150$^{(c)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0030$^{(b)}$
	Meyve	0,0010$^{(a)}$	0,0230$^{(c)}$	0,0040$^{(b)}$	0,0050$^{(b)}$
Fasülye	Kök	0,0356$^{(c)}$	0,0053$^{(b)}$	0,0027$^{(a)}$	0,0053$^{(b)}$
	Gövde	0,0070$^{(c)}$	0,0040$^{(a)}$	0,0050$^{(b)}$	0,0040$^{(a)}$
	Yaprak	0,0020$^{(a)}$	0,0487$^{(c)}$	0,0017$^{(a)}$	0,0043$^{(b)}$
	Meyve	0,0047$^{(b)}$	0,0030$^{(a)}$	0,0057$^{(c)}$	0,0040$^{(b)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5 ve 4.6 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Cr konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.6 incelendiğinde bitki numuneleri arasında en yüksek Cr konsantrasyonunun Avanos'tan toplanan fasülye yaprağında (0.4870 μg g^{-1}) bulunduğu, en düşük Cr konsantrasyonunun ise Kavak istasyonundaki soğan yaprağında (0.0003 μg g^{-1}) bulunduğu görülmektedir ($p< 0.05$). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en yüksek Cr konsantrasyonu ise Sulusaray toprak örneğinde 0.0720 μg g^{-1}

değerinde gözlenmiştir. Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda topraklardaki Cr miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1). WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Cr sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Cr miktarlarını karşılaştırdığımızda bitki örneklerimizde de sınır değerin aşılmadığı görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre Su örnekleri incelendiğinde istasyonlardan topladığımız su örneklerinin Cr açısından sulama suyu sınır değerlerini aşmadığı görülmektedir (Tablo 4.1 ve 4.5).

4.2.3 Bakır

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan örneklerde Cu konsantrasyonları standart hatalarıyla birlikte Tablo 4.7'de verilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Cu konsantrasyonu Kavak istasyonundaki su örneğinde 0.0313 μg g^{-1} değerinde, en yüksek Cu konsantrasyonu ise Avanos istasyonundan alınan toprak örneğinde 0.7503 μgg^{-1} değerinde gözlenmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Cu konsantrasyonu (μg g^{-1})

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
KÖK	SULUSARAY	F.	,1130 ± ,0006	,1120	,1140
		D.	,1900 ± ,0012	,1880	,1920
		B.	,2540 ± ,0001	,2540	,2540
		S.	,1283 ± ,0009	,1270	,1300
	KAVAK	F.	,1193 ± ,0013	,1180	,1220
		D.	,2687 ± ,0015	,2660	,2710
		B.	,2393 ± ,0009	,2380	,2410
		S.	,1563 ± ,0003	,1560	,1570
	AVANOS	F.	,1377 ± ,0009	,1360	,1390
		D.	,3150 ± ,0015	,3130	,3180
		B.	,5143 ± ,0027	,5090	,5180
		S.	,1933 ± ,0007	,1920	,1940

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
	NAR	F.	,1273 ± ,0009	,1260	,1290
		D.	,1247 ± ,0007	,1240	,1260
		B.	,1190 ± ,0012	,1170	,1210
		S.	,1563 ± ,0003	,1560	,1570
GÖVDE	**SULUSARAY**	F.	,1173 ± ,0003	,1170	,1180
		D.	,1183 ± ,0007	,1170	,1190
		B.	,1823 ± ,0009	,1810	,1840
		S.	,0707 ± ,0009	,0690	,0720
	KAVAK	F.	,0850 ± ,0006	,0840	,0860
		D.	,0747 ± ,0007	,0740	,0760
		B.	,0823 ± ,0009	,0810	,0840
		S.	,1693 ± ,0009	,1680	,1710
	AVANOS	F.	,2260 ± ,0032	,2200	,2310
		D.	,2307 ± ,0015	,2280	,2330
		B.	,1903 ± ,0012	,1880	,1920
		S.	,1447 ± ,0007	,1440	,1460
	NAR	F.	,1033 ± ,0003	,1030	,1040
		D.	,0780 ± ,0006	,0770	,0790
		B.	,0617 ± ,0007	,0610	,0630
		S.	,1723 ± ,0007	,1710	,1730
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	,1633 ± ,0003	,1630	,1640
		D.	,1503 ± ,0018	,1470	,1530
		B.	,1483 ± ,0024	,1450	,1530
		S.	,1120 ± ,0012	,1100	,1140
	KAVAK	F.	,0917 ± ,0003	,0910	,0920
		D.	,1520 ± ,0015	,1490	,1540
		B.	,0733 ± ,0009	,0720	,0750
	AVANOS	F.	,2197 ± ,0003	,2190	,2200
		D.	,4280 ± ,0010	,4270	,4300
		B.	,3697 ± ,0026	,3650	,3740
		S.	,0837 ± ,0003	,0830	,0840
	NAR	F.	,1310 ± ,0010	,1300	,1330
		D.	,1677 ± ,0003	,1670	,1680
		B.	,0647 ± ,0009	,0630	,0660
		S.	,0480 ± ,0006	,0470	,0490

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
MEYVE	**SULUSARAY**	F.	,1660 ± ,0012	,1640	,1680
		D.	,2583 ± ,0012	,2560	,2600
		B.	,2330 ± ,0012	,2310	,2350
	KAVAK	F.	,0853 ± ,0003	,0850	,0860
		D.	,1970 ± ,0015	,1950	,2000
		B.	,1047 ± ,0003	,1040	,1050
	AVANOS	F.	,2330 ± ,0006	,2320	,2340
		D.	,1513 ± ,0003	,1510	,1520
		B.	,2700 ± ,0010	,2680	,2710
	NAR	F.	,0603 ± ,0012	,0580	,0620
		D.	,0983 ± ,0009	,0970	,1000
		B.	,0620 ± ,0006	,0610	,0630
Numune	**İstasyon**		**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
TOPRAK	**Sulusaray**		,2243 ± ,0003	,2240	,2250
	Kavak		,2123 ± ,0003	,2120	,2130
	Avanos		,7503 ± ,0045	,7440	,7590
	Nar		,3067 ± ,0032	,3010	,3120
Numune	**İstasyon**		**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
SU	**Sulusaray**		,0343 ± ,0009	,0330	,0360
	Kavak		,0313 ± ,0003	,0310	,0320
	Avanos		,0340 ± ,0001	,0340	,0340
	Nar		,0340 ± ,0006	,0330	,0350
Atıksu	**GİRİŞ**		,0413 ± ,0003	,0410	,0420
	ÇIKIŞ		,0337 ± ,0007	,0330	,0350

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.8 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Cu konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,2687$^{(b)}$	0,3150$^{(c)}$	0,1247$^{(a)}$	0,1900$^{(a)}$
	Gövde	0,0747$^{(a)}$	0,2307$^{(c)}$	0,0780$^{(a)}$	0,1183$^{(b)}$
	Yaprak	0,1520$^{(a)}$	0,4280$^{(c)}$	0,1677$^{(b)}$	0,1503$^{(a)}$
	Meyve	0,1970$^{(b)}$	0,1513$^{(b)}$	0,0983$^{(a)}$	0,2583$^{(c)}$
Soğan	Kök	0,1563$^{(b)}$	0,1933$^{(c)}$	0,1563$^{(b)}$	0,1283$^{(a)}$
	Gövde	0,1693$^{(b)}$	0,1447$^{(b)}$	0,1723$^{(b)}$	0,0707$^{(a)}$
	Yaprak	0,1153$^{(c)}$	0,0837$^{(b)}$	0,0480$^{(a)}$	0,1120$^{(c)}$
Biber	Kök	0,2393$^{(b)}$	0,5143$^{(c)}$	0,1190$^{(a)}$	0,2540$^{(b)}$
	Gövde	0,0823$^{(a)}$	0,1903$^{(b)}$	0,0617$^{(a)}$	0,1823$^{(b)}$
	Yaprak	0,0733$^{(a)}$	0,3697$^{(c)}$	0,0647$^{(a)}$	0,1483$^{(b)}$
	Meyve	0,1047$^{(b)}$	0,2700$^{(c)}$	0,0620$^{(a)}$	0,2330$^{(c)}$
Fasülye	Kök	0,1193$^{(a)}$	0,1377$^{(b)}$	0,1273$^{(b)}$	0,1130$^{(a)}$
	Gövde	0,0850$^{(a)}$	0,2260$^{(c)}$	0,1033$^{(b)}$	0,1173$^{(b)}$
	Yaprak	0,0917$^{(a)}$	0,2197$^{(c)}$	0,1310$^{(b)}$	0,1633$^{(b)}$
	Meyve	0,0853$^{(a)}$	0,2330$^{(c)}$	0,0603$^{(a)}$	0,1660$^{(b)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7 ve 4.8 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Cu konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.8 incelendiğinde Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Cu konsantrasyonu su örneğimizin alındığı Nar istasyonunda 0.0313 μg g^{-1} değerinde, en yüksek Cu konsantrasyonu ise toprak örneğinin alındığı Avanos istasyonunda 0.7503 μg g^{-1} değerinde gözlenmiştir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda topraklardaki Cu miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1). WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Cu sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Cu miktarlarını karşılaştırdığımızda, bitki örneklerinin sınır değerleri aşmadığını görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Cu açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 4.1 ve 4.7).

4.2.4 Demir

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan örneklerde Fe konsantrasyonları standart hatalarıyla birlikte Tablo 4.9'te verilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Fe konsantrasyonu kontrol Avanos istasyonu su örneğinde 0.0193 μg g^{-1} değerinde, en yüksek Fe konsantrasyonu ise Avanos istasyonu toprak örneğinde 129,8757 μg g^{-1} değerinde gözlenmiştir.

Tablo 4.9 Çalışma alanındaki 4 farklı örnekten alınan Fe konsantrasyonu (μg g^{-1})

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
KÖK	SULUSARAY	F.	1,9753 ± ,0148	1,9510	2,0020
		D.	5,0913 ± ,0390	5,0230	5,1580
		B.	12,7233 ± ,0406	12,6640	12,8010
		S.	11,8090 ± ,0176	11,7880	11,8440
	KAVAK	F.	3,7563 ± ,0107	3,7360	3,7720
		D.	16,8890 ± ,1261	16,7550	17,1410
		B.	22,1260 ± ,1149	21,9280	22,3260
		S.	2,2530 ± ,0055	2,2420	2,2590
	AVANOS	F.	19,8460 ± ,0931	19,7250	20,0290
		D.	35,2767 ± ,1632	35,0240	35,5820
		B.	30,2383 ± ,1517	30,0350	30,5350
		S.	2,3803 ± ,0143	2,3530	2,4010
	NAR	F.	4,4117 ± ,0442	4,3330	4,4860
		D.	5,2510 ± ,0311	5,2010	5,3080
		B.	8,0313 ± ,0571	7,9380	8,1350
		S.	1,6717 ± ,0113	1,6530	1,6920

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
GÖVDE	**SULUSARAY**	F.	2,0163 ± ,0057	2,0050	2,0230
		D.	2,6130 ± ,0098	2,5990	2,6320
		B.	,7957 ± ,0066	,7830	,8050
		S.	,6157 ± ,0055	,6060	,6250
	KAVAK	F.	1,7980 ± ,0051	1,7880	1,8050
		D.	2,3657 ± ,0199	2,3270	2,3930
		B.	0,3740 ± ,0111	0,3520	0,3880
		S.	4,3687 ± ,0269	4,3290	4,4200
	AVANOS	F.	8,8650 ± ,0226	8,8340	8,9090
		D.	5,1930 ± ,0368	5,1440	5,2650
		B.	1,2093 ± ,0069	1,1960	1,2190
		S.	1,2177 ± ,0098	1,2010	1,2350
	NAR	F.	1,0593 ± ,0023	1,0570	1,0640
		D.	,8660 ± ,0068	,8530	,8760
		B.	,5420 ± ,0035	,5360	,5480
		S.	,7417 ± ,0047	,7330	,7490
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	13,9013 ± ,0937	13,7490	14,0720
		D.	3,8080 ± ,0974	3,6830	4,0001
		B.	4,4027 ± ,0354	4,3320	4,4420
		S.	1,6007 ± ,0055	1,5920	1,6110
	KAVAK	F.	8,4243 ± ,0808	8,2630	8,5130
		D.	3,4253 ± ,1325	3,1630	3,5890
		B.	3,3583 ± ,0213	3,3360	3,4010
		S.	3,5827 ± ,0294	3,5430	3,6400
	AVANOS	F.	51,6210 ± ,1001	51,4250	51,7540
		D.	15,7073 ± ,0342	15,6450	15,7630
		B.	9,1300 ± ,0245	9,0810	9,1560
		S.	7,7800 ± ,0391	7,7040	7,8340
	NAR	F.	10,2143 ± ,0272	10,1720	10,2650
		D.	8,1480 ± ,0384	8,1010	8,2240
		B.	3,6400 ± ,0139	3,6210	3,6670
		S.	3,6710 ± ,0265	3,6440	3,7240

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata	Minimum	Maksimum
MEYVE	SULUSARAY	F.	,7653 ± ,0041	,7580	,7720
		D.	1,6053 ± ,0104	1,5880	1,6240
		B.	,8837 ± ,0041	,8770	,8910
	KAVAK	F.	,9270 ± ,0023	,9230	,9310
		D.	1,0383 ± ,0013	1,0370	1,0410
		B.	1,3467 ± ,0097	1,3320	1,3650
	AVANOS	F.	1,1693 ± ,0034	1,1650	1,1760
		D.	1,8273 ± ,0052	1,8170	1,8340
		B.	1,7060 ± ,0032	1,7000	1,7110
	NAR	F.	,9477 ± ,0026	,9430	,9520
		D.	1,2650 ± ,0057	1,2570	1,2760
		B.	,7653 ± ,0041	,7580	,7720
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**	**Minimum**	**Maksimum**
TOPRAK	Sulusaray		124,709 ± ,3331	124,0430	125,0540
	Kavak		92,1947 ± ,8077	90,8760	93,6620
	Avanos		129,8757 ± ,0422	129,8110	129,9550
	Nar		129,8720 ± ,0397	129,8260	129,9510
SU	Sulusaray		,2073 ± ,0009	,2060	,2090
	Kavak		,0237 ± ,0012	,0220	,0260
	Avanos		,0193 ± ,0003	,0190	,0200
	Nar		,0270 ± ,0001	,0270	,0270
Atıksu	GİRİŞ		,1440 ± ,0012	,1420	,1460
	ÇIKIŞ		,1010 ± ,0006	,1000	,1020

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.10 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Fe konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	16,8890$^{(b)}$	35,2767$^{(c)}$	5,2510$^{(a)}$	5,0913$^{(a)}$
	Gövde	2,3657$^{(b)}$	5,1930$^{(c)}$	0,8660$^{(a)}$	2,6130$^{(b)}$
	Yaprak	3,4253$^{(a)}$	15,7073$^{(c)}$	8,1480$^{(b)}$	3,8080$^{(a)}$
	Meyve	1,0383$^{(a)}$	1,8273$^{(b)}$	1,2650$^{(ab)}$	1,6053$^{(b)}$
Soğan	Kök	2,2530$^{(b)}$	2,3803$^{(b)}$	1,6717$^{(a)}$	11,8090$^{(c)}$
	Gövde	4,3687$^{(c)}$	1,2177$^{(b)}$	0,7417$^{(a)}$	0,6157$^{(a)}$
	Yaprak	3,5827$^{(b)}$	7,7800$^{(c)}$	3,6710$^{(b)}$	1,6007$^{(a)}$
Biber	Kök	22,1260$^{(c)}$	30,2383$^{(d)}$	8,0313$^{(a)}$	11,8090$^{(b)}$
	Gövde	0,3740$^{(a)}$	1,2093$^{(b)}$	0,5420$^{(a)}$	0,7957$^{(ab)}$
	Yaprak	3,3583$^{(a)}$	9,1300$^{(c)}$	3,6400$^{(a)}$	4,4027$^{(b)}$
	Meyve	1,3467$^{(b)}$	1,7060$^{(b)}$	0,7653$^{(a)}$	0,8837$^{(a)}$
Fasülye	Kök	3,7563$^{(b)}$	19,8460$^{(c)}$	4,4117$^{(b)}$	1,9753$^{(a)}$
	Gövde	1,7980$^{(ab)}$	8,8650$^{(c)}$	1,0593$^{(a)}$	2,0163$^{(b)}$
	Yaprak	8,4243$^{(a)}$	51,6210$^{(c)}$	10,2143$^{(b)}$	13,9013$^{(b)}$
	Meyve	0,9270$^{(b)}$	1,1693$^{(c)}$	0,9477$^{(b)}$	0,7653$^{(a)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.9 ve 4.10 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Fe konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.10. incelendiğinde en yüksek Fe konsantrasyonunun Avanos'tan toplanan fasülye yaprağında (51,6210 μg g^{-1}) bulunduğu, en düşük Fe konsantrasyonunun ise Kavak istasyonundaki biber gövdesinde (0,3740 μg g^{-1}) bulunduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda, topraklardaki Fe miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1). Toprak kontrol yönetmeliğine göre; toprakta Fe 0.02 μg g^{-1} değerinden az ise demir noksanlığı görülürken, 4.5-9.0 μg g^{-1} değerleri yeterli olarak görülmüş, diğer elementlere bağlı olarak 50-150 μgg^{-1} den yüksek değerlerde ise iyi havalanma olmazsa Fe toksisiteye neden olabilmektedir [56].

WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Fe sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Fe miktarlarını karşılaştırdığımızda sadece Avanos istasyonundan toplanan domates kökü, biber kökü ve fasülye yaprağında değerlerin, sınır değerin üstünde olduğu görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Fe

açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 4.1. ve 4.9).

4.2.5 Nikel

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan örneklerde Ni konsantrasyonları standart hatalarıyla birlikte Tablo 4.11.'da verilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Ni konsantrasyonu Kavak istasyonu soğan yaprağında 0.0037 $\mu g g^{-1}$ değerinde, en yüksek Ni konsantrasyonu ise Sulusaray istasyonu domates yaprağında 5.3583 $\mu g g^{-1}$ değerinde gözlenmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Ni konsantrasyonu ($\mu g\ g^{-1}$)

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
KÖK	SULUSARAY	F.	,0403 ±	,0012	,0380	,0420
		D.	,0390 ±	,0001	,0390	,0390
		B.	,0547 ±	,0007	,0540	,0560
		S.	,0680 ±	,0006	,0670	,0690
	KAVAK	F.	,0430 ±	,0010	,0420	,0450
		D.	,1130 ±	,0012	,1110	,1150
		B.	,1090 ±	,0017	,1060	,1120
		S.	,0340 ±	,0006	,0330	,0350
	AVANOS	F.	,1080 ±	,0012	,1060	,1100
		D.	,1977 ±	,0007	,1970	,1990
		B.	,3043 ±	,0017	,3010	,3060
		S.	,0620 ±	,0006	,0610	,0630
	NAR	F.	,0343 ±	,0009	,0330	,0360
		D.	,0413 ±	,0012	,0390	,0430
		B.	,0503 ±	,0003	,0500	,0510
		S.	,0493 ±	,0007	,0480	,0500

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
GÖVDE	**SULUSARAY**	F.	,0367 ±	,0009	,0350	,0380
		D.	,0167 ±	,0003	,0160	,0170
		B.	,0227 ±	,0003	,0220	,0230
		S.	,0157 ±	,0015	,0130	,0180
	KAVAK	F.	,0290 ±	,0001	,0290	,0290
		D.	,0123 ±	,0009	,0110	,0140
		B.	,0297 ±	,0012	,0280	,0320
		S.	,0390 ±	,0010	,0380	,0410
	AVANOS	F.	,0590 ±	,0001	,0590	,0590
		D.	,0490 ±	,0006	,0480	,0500
		B.	,0637 ±	,0009	,0620	,0650
	AVANOS	S.	,0477 ±	,0015	,0450	,0500
	NAR	F.	,0213 ±	,0009	,0200	,0230
		D.	,0213 ±	,0009	,0200	,0230
		B.	,0200 ±	,0006	,0190	,0210
		S.	,0200 ±	,0010	,0190	,0220
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**		**Minimum**	**Maksimum**
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	,0583 ±	,0003	,0580	,0590
		D.	5,3583 ±	,0213	5,3360	5,4010
		B.	,0270 ±	,0012	,0250	,0290
		S.	,0273 ±	,0009	,0260	,0290
	KAVAK	F.	,0350 ±	,0012	,0330	,0370
		D.	,0660 ±	,0006	,0650	,0670
		B.	,0293 ±	,0009	,0280	,0310
		S.	,0037 ±	,0001	,0036	,0037
	AVANOS	F.	,2127 ±	,0009	,2110	,2140
		D.	,0827 ±	,0007	,0820	,0840
		B.	,0887 ±	,0007	,0880	,0900
		S.	,0340 ±	,0010	,0320	,0350
	NAR	F.	,0570 ±	,0006	,0560	,0580
		D.	,0437 ±	,0007	,0430	,0450
		B.	,0317 ±	,0015	,0290	,0340
		S.	,0247 ±	,0015	,0220	,0270

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
MEYVE	SULUSARAY	F.	,0247 ±	,0009	,0230	,0260
		D.	,0493 ±	,0007	,0480	,0500
		B.	,0227 ±	,0012	,0210	,0250
	KAVAK	F.	,0233 ±	,0009	,0220	,0250
		D.	,0253 ±	,0009	,0240	,0270
		B.	,0270 ±	,0006	,0260	,0280
MEYVE	AVANOS	F.	,0943 ±	,0009	,0930	,0960
		D.	,0363 ±	,0007	,0350	,0370
		B.	,0767 ±	,0003	,0760	,0770
	NAR	F.	,0337 ±	,0003	,0330	,0340
		D.	,0260 ±	,0010	,0250	,0280
		B.	,0250 ±	,0006	,0240	,0260
Numune	**İstasyon**	**Ort./St. Hata**			**Minimum**	**Maksimum**
TOPRAK	Sulusaray	,2040 ±		,0006	,2030	,2050
	Kavak	,2077 ±		,0018	,2050	,2110
	Avanos	1,0930 ±		,0040	1,0850	1,0980
	Nar	,2780 ±		,0012	,2760	,2800
SU	Sulusaray	,0093 ±		,0009	,0080	,0110
	Kavak	,0137 ±		,0007	,0130	,0150
	Avanos	,0190 ±		,0006	,0180	,0200
	Nar	,0210 ±		,0001	,0210	,0210
ATIKSU	GİRİŞ	,1083 ±		,0009	,1070	,1100
	ÇIKIŞ	,0533 ±		,0003	,0530	,0540

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.12 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Ni konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,1130$^{(b)}$	0,1977$^{(c)}$	0,0413$^{(a)}$	0,0390$^{(a)}$
	Gövde	0,0123$^{(a)}$	0,0490$^{(c)}$	0,0213$^{(b)}$	0,0167$^{(a)}$
	Yaprak	0,0660$^{(a)}$	0,0827$^{(b)}$	0,0437$^{(a)}$	5,3583$^{(c)}$
	Meyve	0,0253$^{(a)}$	0,0363$^{(b)}$	0,0260$^{(a)}$	0,0493$^{(b)}$
Soğan	Kök	0,0340$^{(a)}$	0,0620$^{(b)}$	0,0493$^{(a)}$	0,0680$^{(b)}$
	Gövde	0,0390$^{(b)}$	0,0477$^{(c)}$	0,0200$^{(a)}$	0,0157$^{(a)}$
	Yaprak	0,0037$^{(a)}$	0,0340$^{(c)}$	0,0247$^{(b)}$	0,0273$^{(b)}$
Biber	Kök	0,1090$^{(b)}$	0,3043$^{(c)}$	0,0503$^{(a)}$	0,0547$^{(a)}$
	Gövde	0,0297$^{(a)}$	0,0637$^{(b)}$	0,0200$^{(a)}$	0,0227$^{(a)}$
	Yaprak	0,0293$^{(a)}$	0,0887$^{(c)}$	0,0317$^{(b)}$	0,0270$^{(a)}$
	Meyve	0,0270$^{(a)}$	0,0767$^{(b)}$	0,0250$^{(a)}$	0,0227$^{(a)}$
Fasülye	Kök	0,0430$^{(b)}$	0,1080$^{(c)}$	0,0343$^{(a)}$	0,0403$^{(b)}$
	Gövde	0,0290$^{(a)}$	0,0590$^{(c)}$	0,0213$^{(a)}$	0,0367$^{(b)}$
	Yaprak	0,0350$^{(a)}$	0,2127$^{(c)}$	0,0570$^{(b)}$	0,0583$^{(b)}$
	Meyve	0,0233$^{(a)}$	0,0943$^{(c)}$	0,0337$^{(b)}$	0,0247$^{(a)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.11 ve 4.12 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Ni konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.12. incelendiğinde en yüksek Ni konsantrasyonunun Sulusaray'dan toplanan domates yaprağında (5,3583µg g^{-1}) bulunduğu, en düşük Ni konsantrasyonunun ise Kavak istasyonu soğan yaprağında (0,0037µg g^{-1}) bulunduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda, topraklardaki Ni miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1).

WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Ni sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Ni miktarlarını karşılaştırdığımızda sadece Sulusaray'dan toplanan domates yaprağında değerin, sınır değerin üstünde olduğu görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Ni açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 4.1 ve 4.11).

4.2.6 Kurşun

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan örneklerde Pb konsantrasyonları standart hatalarıyla birlikte Tablo 4.13.'de verilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Pb konsantrasyonu Nar istasyonu Soğan yaprağında 0.0057 $\mu g g^{-1}$ değerinde, en yüksek Pb konsantrasyonu ise Avanos istasyonu toprak örneğinde, 0.5817 $\mu g g^{-1}$ değerinde gözlenmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Pb konsantrasyonu ($\mu g\ g^{-1}$)

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
KÖK	SULUSARAY	F.	,0227 ±	,0015	,0200	,0250
		D.	,0397 ±	,0007	,0390	,0410
		B.	,0403 ±	,0007	,0390	,0410
		S.	,0163 ±	,0018	,0130	,0190
	KAVAK	F.	,0240 ±	,0012	,0220	,0260
		D.	,0293 ±	,0009	,0280	,0310
		B.	,0403 ±	,0017	,0370	,0420
		S.	,0200 ±	,0010	,0190	,0220
	AVANOS	F.	,0780 ±	,0015	,0760	,0810
		D.	,1190 ±	,0017	,1160	,1220
		B.	,1063 ±	,0015	,1040	,1090
		S.	,0193 ±	,0013	,0180	,0220
	NAR	F.	,0170 ±	,0006	,0160	,0180
		D.	,0243 ±	,0003	,0240	,0250
		B.	,0230 ±	,0010	,0220	,0250
		S.	,0293 ±	,0009	,0280	,0310

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
GÖVDE	**SULUSARAY**	F.	,0257 ±	,0003	,0250	,0260
		D.	,0367 ±	,0017	,0350	,0400
		B.	,0167 ±	,0003	,0160	,0170
		S.	,0213 ±	,0012	,0190	,0230
	KAVAK	F.	,0173 ±	,0003	,0170	,0180
		D.	,0153 ±	,0007	,0140	,0160
		B.	,0147 ±	,0015	,0120	,0170
		S.	,0187 ±	,0003	,0180	,0190
	AVANOS	F.	,0330 ±	,0012	,0310	,0350
		D.	,0297 ±	,0012	,0280	,0320
		B.	,0247 ±	,0012	,0230	,0270
		S.	,0227 ±	,0009	,0210	,0240
	NAR	F.	,0210 ±	,0012	,0190	,0230
		D.	,0150 ±	,0010	,0130	,0160
		B.	,0233 ±	,0012	,0210	,0250
		S.	,0187 ±	,0003	,0180	,0190
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**		**Minimum**	**Maksimum**
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	,0253 ±	,0003	,0250	,0260
		D.	,0230 ±	,0010	,0220	,0250
		B.	,0273 ±	,0007	,0260	,0280
		S.	,0177 ±	,0009	,0160	,0190
	KAVAK	F.	,0407 ±	,0009	,0390	,0420
		D.	,0307 ±	,0003	,0300	,0310
		B.	,0787 ±	,0607	,0170	,2000
		S.	,0207 ±	,0015	,0180	,0230
	AVANOS	F.	,0767 ±	,0009	,0750	,0780
		D.	,0403 ±	,0009	,0390	,0420
		B.	,0427 ±	,0009	,0410	,0440
		S.	,0257 ±	,0009	,0240	,0270
	NAR	F.	,0150 ±	,0006	,0140	,0160
		D.	,0330 ±	,0026	,0290	,0380
		B.	,0210 ±	,0010	,0200	,0230
		S.	,0057 ±	,0287	,0260	,0630

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
MEYVE	SULUSARAY	F.	,0243 ±	,0009	,0230	,0260
		D.	,0237 ±	,0012	,0220	,0260
		B.	,0220 ±	,0006	,0210	,0230
	KAVAK	F.	,0227 ±	,0018	,0200	,0260
		D.	,0197 ±	,0009	,0180	,0210
		B.	,0150 ±	,0006	,0140	,0160
	AVANOS	F.	,0287 ±	,0015	,0260	,0310
		D.	,0310 ±	,0017	,0280	,0340
		B.	,0237 ±	,0003	,0230	,0240
	NAR	F.	,0180 ±	,0010	,0170	,0200
		D.	,0247 ±	,0012	,0230	,0270
		B.	,0263 ±	,0009	,0250	,0280
Numune	**İstasyon**	**Ort./St. Hata**			**Minimum**	**Maksimum**
TOPRAK	Sulusaray	,1930 ±	,0025		,1880	,1960
	Kavak	,1617 ±	,0024		,1570	,1650
	Avanos	,5817 ±	,0013		,5790	,5830
	Nar	,1777 ±	,0027		,1740	,1830
SU	Sulusaray	,0237 ±	,0018		,0210	,0270
	Kavak	,0140 ±	,0015		,0110	,0160
	Avanos	,0240 ±	,0010		,0220	,0250
	Nar	,0300 ±	,0006		,0290	,0310
Atıksu	GİRİŞ	,1540 ±	,0059		,1430	,1630
	ÇIKIŞ	,0193 ±	,0007		,0180	,0200

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.14 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Pb konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,0293$^{(a)}$	0,1190$^{(c)}$	0,0243$^{(a)}$	0,0397$^{(b)}$
	Gövde	0,0153$^{(a)}$	0,0297$^{(b)}$	0,0150$^{(a)}$	0,0367$^{(c)}$
	Yaprak	0,0307$^{(b)}$	0,0403$^{(c)}$	0,0330$^{(b)}$	0,0230$^{(a)}$
	Meyve	0,0197$^{(a)}$	0,0310$^{(c)}$	0,0247$^{(b)}$	0,0237$^{(b)}$
Soğan	Kök	0,0200$^{(b)}$	0,0193$^{(b)}$	0,0293$^{(c)}$	0,0163$^{(a)}$
	Gövde	0,0187$^{(a)}$	0,0227$^{(c)}$	0,0187$^{(a)}$	0,0213$^{(b)}$
	Yaprak	0,0207$^{(c)}$	0,0257$^{(c)}$	0,0057$^{(a)}$	0,0177 $^{(b)}$
Biber	Kök	0,0403$^{(b)}$	0,1063$^{(c)}$	0,0230$^{(a)}$	0,0403$^{(b)}$
	Gövde	0,0147$^{(a)}$	0,0247$^{(b)}$	0,0233$^{(b)}$	0,0167$^{(a)}$
	Yaprak	0,0787$^{(c)}$	0,0427$^{(b)}$	0,0210$^{(a)}$	0,0273$^{(a)}$
	Meyve	0,0150$^{(a)}$	0,0237$^{(b)}$	0,0263$^{(b)}$	0,0220$^{(b)}$
Fasülye	Kök	0,0240$^{(b)}$	0,0780$^{(c)}$	0,0170$^{(a)}$	0,0227$^{(b)}$
	Gövde	0,0173$^{(a)}$	0,0330$^{(b)}$	0,0210$^{(b)}$	0,0257$^{(b)}$
	Yaprak	0,0407$^{(c)}$	0,0767$^{(d)}$	0,0150$^{(a)}$	0,0253$^{(b)}$
	Meyve	0,0227$^{(b)}$	0,0287$^{(c)}$	0,0180$^{(a)}$	0,0243$^{(b)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.13 ve 4.14 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Pb konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.14 incelendiğinde en yüksek Pb konsantrasyonunun Avanos'dan toplanan domates kökünde (0,1190 μg g^{-1}) bulunduğu, en düşük Pb konsantrasyonunun ise Nar istasyonu Soğan yaprağında (0.0057 μg g^{-1}) bulunduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda, topraklardaki Pb miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1).

WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Pb sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Pb miktarlarını karşılaştırdığımızda Pb miktarının sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Pb açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 4.1 ve 4.13).

4.2.7 Çinko

Çalışma alanındaki 4 değişik istasyondan alınan örneklerde Zn konsantrasyonları standart hatalarıyla birlikte Tablo 4.15.'de verilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında en düşük Zn konsantrasyonu Nar istasyonundan alınan su örneğinde 0.0010 μg g^{-1} değerinde, en yüksek Avanos istasyonundan alınan toprak örneğinde 4.7427 μg g^{-1} değerinde gözlenmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Zn konsantrasyonu (μg g^{-1}).

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
KÖK	SULUSARAY	F.	,2263 ±	,0012	,2240	,2280
		D.	,4273 ±	,0009	,4260	,4290
		B.	,7480 ±	,0040	,7400	,7530
		S.	1,0583 ±	,0043	1,0500	1,0640
	KAVAK	F.	,3567 ±	,0003	,3560	,3570
		D.	,7130 ±	,0031	,7070	,7170
		B.	,6147 ±	,0047	,6090	,6240
		S.	,9293 ±	,0030	,9250	,9350
	AVANOS	F.	,4273 ±	,0024	,4240	,4320
		D.	1,2603 ±	,0109	1,2480	1,2820
		B.	1,7273 ±	,0052	1,7180	1,7360
		S.	4,0840 ±	,0092	4,0720	4,1020
	NAR	F.	,6130 ±	,0026	,6080	,6170
		D.	,9323 ±	,0066	,9230	,9450
		B.	,3147 ±	,0023	,3110	,3190
		S.	1,6030 ±	,0067	1,5910	1,6140

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
GÖVDE	**SULUSARAY**	F.	,3120 ±	,0012	,3100	,3140
		D.	,3543 ±	,0020	,3510	,3580
		B.	,5667 ±	,0009	,5650	,5680
		S.	,3393 ±	,0022	,3350	,3420
	KAVAK	F.	,3650 ±	,0021	,3620	,3690
		D.	,5973 ±	,0030	,5930	,6030
		B.	,4867 ±	,0015	,4840	,4890
		S.	,5793 ±	,0028	,5760	,5850
	AVANOS	F.	,5070 ±	,0026	,5020	,5110
		D.	1,9827 ±	,0058	1,9730	1,9930
		B.	,2783 ±	,0017	,2750	,2800
GÖVDE	**AVANOS**	S.	,6570 ±	,0046	,6510	,6660
	NAR	F.	,6757 ±	,0009	,6740	,6770
		D.	1,0113 ±	,0035	1,0050	1,0170
		B.	,1467 ±	,0009	,1450	,1480
		S.	,7487 ±	,0047	,7400	,7560
Numune	**İstasyon**	**Örnek**	**Ort./St. Hata**		**Minimum**	**Maksimum**
YAPRAK	**SULUSARAY**	F.	,5427 ±	,0009	,5410	,5440
		D.	,4127 ±	,0032	,4070	,4180
		B.	,8970 ±	,0061	,8860	,9070
		S.	,2997 ±	,0019	,2960	,3020
	KAVAK	F.	,2370 ±	,0006	,2360	,2380
		D.	,3677 ±	,0024	,3630	,3710
		B.	,8160 ±	,0061	,8080	,8280
		S.	,1163 ±	,0007	,1150	,1170
	AVANOS	F.	,5460 ±	,0047	,5390	,5550
		D.	,7257 ±	,0054	,7180	,7360
		B.	,7700 ±	,0029	,7650	,7750
		S.	,2080 ±	,0010	,2070	,2100
	NAR	F.	,5873 ±	,0061	,5760	,5970
		D.	,4977 ±	,0023	,4940	,5020
		B.	,4043 ±	,0015	,4020	,4070
		S.	,1193 ±	,0003	,1190	,1200

Numune	İstasyon	Örnek	Ort./St. Hata		Minimum	Maksimum
MEYVE	SULUSARAY	F.	,5770 ±	,0035	,5710	,5830
		D.	,5440 ±	,0017	,5410	,5470
		B.	,4680 ±	,0015	,4650	,4700
	KAVAK	F.	,2843 ±	,0022	,2800	,2870
		D.	,5877 ±	,0026	,5830	,5920
		B.	,5377 ±	,0012	,5360	,5400
MEYVE	AVANOS	F.	,6603 ±	,0018	,6570	,6630
		D.	,4997 ±	,0018	,4970	,5030
		B.	,4607 ±	,0023	,4560	,4630
	NAR	F.	,2147 ±	,0019	,2110	,2170
		D.	,4913 ±	,0018	,4880	,4940
		B.	,3650 ±	,0010	,3640	,3670
Numune	**İstasyon**	**Ort./St. Hata**			**Minimum**	**Maksimum**
TOPRAK	Sulusaray	,9600 ±		,0038	,9540	,9670
	Kavak	,9510 ±		,0025	,9460	,9540
	Avanos	4,7427 ±		,0112	4,7260	4,7640
	Nar	1,1750 ±		,0126	1,1500	1,1900
SU	Sulusaray	,0187 ±		,0003	,0180	,0190
	Kavak	,0073 ±		,0003	,0070	,0080
	Avanos	,0080 ±		,0001	,0080	,0080
	Nar	,0010 ±		,0001	-,0010	-,0010
Atık su	GİRİŞ	,1373 ±		,0007	,1360	,1380
	ÇIKIŞ	,0703 ±		,0003	,0700	,0710

**Tablolarda, Fasulye: F, Domates: D, Biber: B, ve Soğan: S harfleriyle simgelenmiştir.

Tablo 4.16 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Zn konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,7130$^{(b)}$	1,2603$^{(d)}$	0,9323$^{(c)}$	0,4273$^{(a)}$
	Gövde	0,5973$^{(a)}$	1,9827$^{(c)}$	1,0113$^{(b)}$	0,3543$^{(a)}$
	Yaprak	0,3677$^{(a)}$	0,7257$^{(c)}$	0,4977$^{(b)}$	0,4127$^{(b)}$
	Meyve	0,5877$^{(b)}$	0,4997$^{(a)}$	0,4913$^{(a)}$	0,5440$^{(b)}$
Soğan	Kök	0,9293$^{(a)}$	4,0840$^{(c)}$	1,6030$^{(b)}$	1,0583$^{(b)}$
	Gövde	0,5793$^{(a)}$	0,6570$^{(b)}$	0,7487$^{(b)}$	0,3393$^{(a)}$
	Yaprak	0,1163$^{(a)}$	0,2080$^{(b)}$	0,1193$^{(a)}$	0,2997$^{(b)}$
Biber	Kök	0,6147$^{(b)}$	1,7273$^{(c)}$	0,3147$^{(a)}$	0,7480$^{(b)}$
	Gövde	0,4867$^{(c)}$	0,2783$^{(b)}$	0,1467$^{(a)}$	0,5667$^{(c)}$
	Yaprak	0,8160$^{(b)}$	0,7700$^{(b)}$	0,4043$^{(a)}$	0,8970$^{(b)}$
	Meyve	0,5377$^{(b)}$	0,4607$^{(b)}$	0,3650$^{(a)}$	0,4680$^{(b)}$
Fasülye	Kök	0,3567$^{(a)}$	0,4273$^{(b)}$	0,6130$^{(b)}$	0,2263$^{(c)}$
	Gövde	0,3650$^{(a)}$	0,5070$^{(b)}$	0,6757$^{(b)}$	0,3120$^{(a)}$
	Yaprak	0,2370$^{(a)}$	0,5460$^{(b)}$	0,5873$^{(b)}$	0,5427$^{(b)}$
	Meyve	0,2843$^{(a)}$	0,6603$^{(b)}$	0,2147$^{(a)}$	0,5770$^{(b)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p< 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.15 ve 4.16 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Zn konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4.16. incelendiğinde en yüksek Zn konsantrasyonunun Avanos'dan toplanan soğan kökünde (4,0840 μg g^{-1}) bulunduğu, en düşük Zn konsantrasyonunun ise Kavak istasyonu soğan yaprağında (0,1163 μg g^{-1}) bulunduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda, topraklardaki Zn miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 4.1).

WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Zn sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Zn miktarlarını karşılaştırdığımızda Zn miktarının sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Zn açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 4.1 ve 4.15).

İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Tablo 4.17) genel olarak en yüksek değerlerin Avanos istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise Kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Kavak istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak

örneklerini karşılaştırdığımızda ağır metaller açısından toprak örneklerimizin sınır değerlerini aşmadığı (Tablo 4.1), sadece toprak örneklerindeki Fe miktarlarının sınır değerlerine yaklaştığı görülmektedir.

Tablo.4.17 İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları ANOVA sonuçları

Toprak	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Cd	0,0010$^{(a)}$	0,0177$^{(c)}$	0,0013$^{(a)}$	0,0017$^{(b)}$
Ni	0,2077$^{(a)}$	1,0930$^{(c)}$	0,2780$^{(b)}$	0,2040$^{(a)}$
Cr	0,0527$^{(a)}$	0,2420$^{(c)}$	0,0687$^{(a)}$	0,0720$^{(b)}$
Cu	0,2123$^{(a)}$	0,7503$^{(c)}$	0,3067$^{(b)}$	0,2243$^{(a)}$
Pb	0,1617$^{(a)}$	0,5817$^{(c)}$	0,1777$^{(a)}$	0,1930$^{(b)}$
Zn	0,9510$^{(a)}$	4,7427$^{(c)}$	1,1750$^{(b)}$	0,9600$^{(a)}$
Fe	92,1947$^{(a)}$	129,8757$^{(b)}$	129,8720$^{(b)}$	124,7090$^{(b)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler p< 0,05 (ANOVA) seviyesinde ağır metallere göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

İstasyonlardan alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Tablo 4.18) genel olarak en yüksek değerlerin Atıksu girişinden alınan su örneğinde, en düşük değerlerin ise Kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Kavak istasyonundan alınan su örneğinde olduğu görülmektedir (p< 0,05).

Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, ağırmetaller açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir. (Tablo 4.1). Sadece Cd açısından atıksu girişinden alınan su örneğinde sınır değerin aşıldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 İstasyonlardan alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları ANOVA sonuçları

Su	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray	Atıksu Giriş	Atıksu Çıkış
Cd	0,0007$^{(a)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0023$^{(b)}$	0,0030$^{(b)}$	0,0297$^{(c)}$	0,0003$^{(a)}$
Ni	0,0137$^{(b)}$	0,0190$^{(b)}$	0,0210$^{(c)}$	0,0093$^{(a)}$	0,0533$^{(d)}$	0,1083$^{(e)}$
Cr	0,0070$^{(b)}$	0,0060$^{(b)}$	0,0060$^{(b)}$	0,0050$^{(a)}$	0,0050$^{(a)}$	0,0060$^{(b)}$
Cu	0,0313$^{(a)}$	0,0340$^{(b)}$	0,0340$^{(b)}$	0,0343$^{(b)}$	0,0413$^{(c)}$	0,0337$^{(b)}$
Pb	0,0140$^{(a)}$	0,0240$^{(b)}$	0,0300$^{(c)}$	0,0237$^{(b)}$	0,1540$^{(d)}$	0,0193$^{(b)}$
Zn	0,0073$^{(b)}$	0,0080$^{(b)}$	0,0010$^{(a)}$	0,0187$^{(c)}$	0,1373$^{(e)}$	0,0703$^{(d)}$
Fe	0,0237$^{(a)}$	0,0193$^{(a)}$	0,0270$^{(b)}$	0,2073$^{(d)}$	0,1440$^{(c)}$	0,1010$^{(c)}$

Aynı satırda gösterilen farklı harfler p< 0,05 (ANOVA) seviyesinde ağır metallere göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde, endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, kentsel atıkların gübre olarak kullanımı, kimyasal gübre ve pestisit uygulamaları, atık su ile yapılan sulamalar ve arıtma çamuru uygulamaları ile önemli miktarda ağır metal toprağa ulaşmaktadır [54].

Ağır metallerin toprakta birikmesi sadece toprak verimliliği ve ekosistem faaliyetleri üzerinde etkili olmayıp, bitki bünyesindeki fotosentez, solunum, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik olayı etkilemeleri nedeniyle bitki sağlığını, bozulan besin zinciri nedeniyle de hayvan ve insan sağlığını önemli düzeyde etkilemektedir [55].

Ağır metal birikimi görülen topraklarda insanların yürüme veya çalışması esnasında cilt teması, solunum, yetiştirilen sebzelerin yenmesi yollarıyla ağır metaller insan bünyesine ulaşır [55].

Toksik düzeydeki ağır metallerin insan bünyesinde birikmesi sonucunda, metalin türüne ve miktarına bağlı olarak insanlarda kusma, kanama, sarılık, kansızlık, böbrek yetmezliği, akli bozukluklar, deri lezyonları ve kırılgan kemik yapısı gibi birçok sağlık bozukluğu görülebilmektedir [55].

Bunun yanı sıra özellikle ihraç ürünlerimizde bulunan kalıntı ve bulaşanlar, ihracatı olumsuz yönde etkilemekte; bu da ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle hammadde den başlayarak depolama üretim hattı, ambalajlama muhafaza gibi aşamalarda bulaşan ve insan sağlığı için zararlı olabilecek her türlü maddenin (ağır metal, toksin vb) bulaşma yollarının ve önleme çarelerinin araştırılması gerekmektedir [55].

Çalışmamızda; Nevşehir bölgesindeki ağır metal kaynaklarının incelenmesi amacıyla bölgede doğal olarak yetişen 4 farklı bitki türünden (Fasulye-Soğan-Domates-Biber), bitkilerin yetiştikleri topraklardan ve çalışma alanındaki sulama sularından (kuyu, Irmak, dere, kanal) 2012-2013 güz dönemlerinde örnekler toplanmıştır. Bu örneklerde Cu, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb ve Ni düzeyleri saptanmıştır**.**

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları değerlendirdiğimizde;

Topladığımız bitki örnekleri içerisinde, istasyonlar arasında en yüksek ağır metal miktarları genel olarak Avanos istasyonunda, en düşük değerler ise kontrol olarak kabul ettiğimiz Kavak istasyonunda tespit edilmiştir ($p<0.05$).

WHO'nun bitkilerde bulunması gereken ağır metal sınır değerleriyle (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn) bitki örneklerimizdeki ağır metal miktarlarını karşılaştırdığımızda Ni haricinde ağır metal miktarlarının sınır değerleri aşmadığı görülmektedir (Tablo 4.1). Nikel'de ise sadece Sulusaray istasyonundan toplanan domates yaprağında sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Birikimin en fazla kökte daha sonra gövdede ve yaprakta olduğu en az ise meyvede yoğunlaştığı tesbit edilmiştir. Çalışmamızda bazı bitkilerin farklı kısımlarında bu kaideye uymayan birikimlerin olduğu da görülmüştür, örneğin Avanos domates yaprağında Cd fazla birikmiş, Kavak fasülye örneğinde gövdede Cr yığulmış, Sulusaray soğan örneğinde kök bölgesinde Fe içeriği diğerlerinden bariz bir şekilde yüksek çıkmıştır.

İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Tablo 4.17) genel olarak en yüksek değerlerin Avanos istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Kavak istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir ($p< 0,05$).

Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda ağır metaller açısından toprak örneklerimizin sınır değerlerini aşmadığı (Tablo 4.1), sadece toprak örneklerindeki Fe miktarlarının sınır değerlerine yaklaştığı görülmektedir.

İstasyonlardan alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Tablo 4.18) genel olarak en yüksek değerlerin Atıksu girişinden alınan su örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Kavak istasyonundan alınan su örneğinde olduğu görülmektedir ($p< 0,05$). Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, ağır metaller açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir(Tablo 4.1). Sadece Cd açısından atıksu girişinden alınan su örneğinde sınır değerin aşıldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Çalışma alanındaki kirlenme çevre sağlığı açısından tehlikeli düzeyde değildir. Özellikle Avanos bölgesinde Fe konsantrasyonlarının yüksek olduğu (100 ppm'den daha yüksek) Cu açısından inceleme bölgesinin tamamında yer yer yükselmeler gözlendiği yer yer Cr konsantrasyonunun da Zn ile birlikte bazı bitkilerde artış

gösterebildiği özellikle fasulye için gözlemlenmiştir. Fe, toprakta çok miktarda olmasına karşın, bitkide bu birikim net gözlenmemiştir. Toprakta ya da bitkide Fe bileşiklerinin çok olması bitkinin bu elementi kullanabildiği anlamına gelmemektedir. Çünkü bitki yaşama alanındaki toplam demiri değil iyon halindeki demiri bünyesine alarak kullanabilir. Yani kimyasal bağ yapmamış haldeki elementleri kullanabilir.

Kukul ve Ünal'a göre kirli suların topraklar üzerine yayılarak giderilmesi ve sulamada kullanılması, dünya genelinde yüzyıllarca gerilere gider. Kanalizasyon sularının tarımda kullanılması on altıncı yüzyılda Almanya'da oldukça yaygın olarak uygulanmıştır. Aynı uygulamalara, İngiltere'de, 1800 yıllarının sonuna kadar devam edilmiştir [59].
Metz ve Wilke, yaptıkları araştırmada atık sularla sulanan bitkilerde ağır metal derişimlerini gözlemlemişler ve kanalizasyon suları ile sulanan *Zea mays* bitkisinin ağır metal akümülasyonu ve mısırın ürün miktarına toprak kirlenmesinin etkisinin olup olmadığını saptamaya çalışmışlardır. Araştırma sonucunda toprak kirliliğindeki artışa bağlı olarak bitkinin Cd, Cu, Pb ve Zn içeriğinin de arttığı, bu artışın Cu ve Pb'ye göre Cd ve Zn'da daha da belirgin olduğu gözlemişlerdir [60]. Bizim çalışmamızda da Avanos istasyonunda Kızılırmak suyu ile sulanan alanlarda ağır metal miktarının diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılmasının en önemli iki nedeni,
1. Atık suların giderilmesi, yani bertarafı,
2. Sulama yolu ile bitkisel üretimin artırılmasıdır.
Birinci neden, atık suların giderilmesinde ucuz bir yöntem olması nedeniyle önem taşır. Ancak, topraklar üzerine, toprağın doğal giderme kapasitesinin üzerinde bir uygulama yapılması halinde, toprağın kendinin yanında, yer üstü ve yeraltı sularının kirlenebileceğini unutulmamalıdır. Her toprağın atık su giderme kapasitesi belirli ölçüyü geçemez. Bu nedenle, atık suların fazlalığı ölçüsünde fazla araziye ihtiyaç duyulur. Bu alanların yeterli olmaması durumunda, birim alana daha fazla atık suyun verilmesi ile toprak kirliliği sorunu ortaya çıkar. İkinci nedeni ortaya koyan faktör, tarımsal alanlarda bitkisel üretim için sulama suyuna ve bitki besin maddesine ihtiyaç duyulmaktadır [60].

Harlin'e göre kentsel atık suları, A.B. Devletlerinde 1870 yıllarında tarımsal sulamada kullanılmaya başlanmıştır. Diğer ülkelerdeki uygulamalar da, o ülkenin tarihi gelişimine bağlı olarak oldukça eskilere gidebilmektedir. Atık suların sulamada kullanılması uygulamaları oldukça değişiktir. Bu uygulamaların nedenleri; atık suyun kalitesi, uygulanan suyun miktarı, uygulanmadan önce herhangi bir işleme tabi tutulup tutulmadığı, depolanıp depolanmadığı, sulama yöntemi ve yetiştirilen bitkinin cinsidir. Atık suların kullanıldığı bölgenin iklimi; uygulanan su miktarı, depolama hacmi, bitkinin cinsi ve sulama yöntemi yönünden oldukça önemlidir [61]. Çalışmamızda arıtma tesisi boyunca akan dere sonrasındaki kısımlarda sulanan arazilerden toplanan Sulusaray örneklerinde veya kuyu suyu ile sulanan Kavak istasyonunda değerlerin Kızılırmak suyu ile sulanan Avanos istasyonuna, kıyasla daha sağlıklı olduğu görülmüştür. Gerek patojenler gerek ağır metal seviyeleri açısından tesisin arıtımı neticesinde daha sağlıklı sulama suyu üretildiği düşünülmektedir. Uluslar arası alanda da arıtma çamurlarının yüksek oranda ağır metal tuttuğu suların Ni seviyesinin ise dengelendiği veya Ni elementi açısından daha da zenginleştiği görülmektedir.

Toze'ye göre atık suların uygun olarak belirli alanlarda toplanması ve arıtıldıktan sonra güvenli yöntemlerle tarımda kullanılması teşvik edilmelidir. Bu sayede su tasarrufu sağlanmış olacağı gibi diğer su kaynakları da kirletilmemiş olur, bitkisel üretim artar, suni gübre ihtiyacı giderek azalır, atık sular doğaya daha fazla zarar vermeden en faydalı olabilecek şekilde bertaraf edilmiş olmaktadır [51]. Atık suların arıtılmadan, denetimsiz bir biçimde plansız ve kontrolsüz bir şekilde kullanılması ise ne sağlık ne de tarım açısından önerilebilir. Tarımsal üretim için kullanılan arıtılmış atık su kalitesinin, hem bitkiler hem de tüketiciler üzerine etkileri konusunda endişeler ve bilinmeyenler halen bulunmaktadır. Suyun kalitesiyle ilgili olarak atık suların içeriğindeki çözünmüş organik karbon ve Na konsantrasyonları, ağır metaller ile patojenler, ilaçlar ve endokrin sistemini bozan maddeler, diğer toksinler gibi kirleticiler üzerinde sıklıkla durulmaktadır [51]. Bu çalışmalardan biri olarak Alkan ve çalışma arkadaşları Yeşilırmak ve Kızılırmak nehirlerinde su kalite kriterlerinin incelenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada Kızılırmak Ağır metal değerleri Tablo 5.1'deki gibi ölçmüşlerdir [8].

Tablo 5.1 Kızılırmak ağır metal değerleri (2007-2008) [8]

Ağır Metaller (ppb)	**Su Kalite Kriterleri***	İstasyon-K_1	İstasyon-K_2
Mn	100	23,6	38,5
Fe	500	109,9	233,4
Zn	10	25,7	9
Ar	1	0,6	0,8
Hg	5	<1	<1
Cu	10	4,1	4,1
Pb	10	1,3	1,5
Cd	3	0,2	0,2

* : Su ürünleri yetiştiriciliği yönetmeliği 2007; Mims, S. D., 2002. Production of Sturgeon, Southern Regional Aquaculture Center,SRAC Publication No. 7200.

Çalışmamızla çoğu element açısından yakın sonuçların ölçüldüğü araştırmada istasyonlar; Tablo 5.1.de Kızılırmak istasyon bilgileri ve koordinatlar: İstasyon No Koordinat Açıklama K1 (41°43’684’’N - 35°57’636’’E) Kızılırmak Nehir Ağzı, K2 (41°37’867’’N - 35°54’887’’E) Taşkın Önleme Bentinin Altı olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada ölçülen pH değerleri ve istenilen kriterler ise şu şekildedir. pH istenilen normal aralık (6.5 – 8.5) ölçülen değerler(7.0 - 8.7) hafif alkali ve alkali değerlerdir.

Yılmaz, “Arıtılmış atık suların tarımsal sulama suyu kriterleri açısından değerlendirilmesi” isimli çalışmasında, arıtılmış atık suların yeniden kullanım alternatiflerinin araştırılması ve tarımsal sulama açısından incelenmesi amacıyla yürüttüğü çalışmasında bu amaca yönelik olarak, Bursa Ticaret Sanayi Odası (BTSO) Su Üretim Tesisi’nin giriş, biyolojik çıkış ve kimyasal çıkış olmak üzere üç farklı kademesinden alınan atıksu örneklerinde değişebilir sodyum oranı, sodyum adsorbsiyon oranı, sodyum karbonat kalıntısı, bor, çinko, nikel, fekal koliform, askıda katı madde, pH, iletkenlik, toplam tuz konsantrasyonu, klorür, Civa, arsenik, kurşun, krom, amonyum, sülfat, demir, bakır, sıcaklık, BOI5 değerlerini belirlemiştir. Elde edilen bulgular, arıtılmış atık suyun tarımsal sulama amaçlı kullanılmasının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği’nde yer alan belirli sulama suyu kalite kriterleri ve FAO Standartları uyarınca uygun olduğunu yönünde bulgular saptanmıştır [62]. BTSO Su Üretim Tesisi kimyasal çıkış suyu numunesi Civa ağır metali

konsantrasyonu dışında tarımsal sulama kriterlerini sağladığı görülmüştür [62]. Çalışmamızla benzer metotların izlendiği bu araştırmada bizim sonuçlarımızla ortak bir tesbit olarak arıtılmış suyun tarımda kullanılmasında bir sakınca gözükmediği, Atıksu arıtma tesisi sonrası arıtılmış sularla sulanan Sulusaray istasyonundan alınan bitkilerde ağır metal miktarlarının oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Arıtılmış suyun arıtım neticesinde azot, fosfor ve potasyum gibi makro bitki besin elementlerince *Bacillus* sp. türü bakteriler tarafından aktif çamur prosesindeki tüketimi sonucu bu elementlerce fakirleştiği de bir gerçektir.

Chaudri ve çalışma arkadaşları, *Trifolium repens* L. bitkisini inceledikleri çalışmada; kanalizasyon ve rafineri atıkları ile yapılan sulama işlemi sonucunda artan sulama miktarı ile doğrusal olmak üzere Cd, Cu, Fe, Cr, Mn, Ni, Pb ve Zn derişimlerinin hem bitki hem de yetiştirilen toprakta yükseldiğini gözlemişlerdir [63]. Araştırmamızda en yüksek değerlerin Kızılırmak Suyuyla sulanan Avanos istasyonunda olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu durumun ırmak üzerinde kurulu sanayi ve diğer tesislerden veya aşırı derecede kimyasal ilaç ve gübre kullanılan tarım uygulamaları sonucu kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü seçilen araziler ana yollara uzak mesafelerdedir. Özellikle şehir yerleşkesinin bitip, tarımsal sulamanın başladığı lokaliteler istasyon olarak seçilmiştir.

Gedik, benzer çalışmasında Niğde Ulukışla bölgesindeki gerek cevherleşme ve gerekse madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerini bitkiler üzerinde biyojeokimyasal yöntemlerle araştırmıştır. Bu amaçla, bölgede bol ve baskın olan *Astragalus* sp., *Berberis vulgaris, Colutea cilicia, Juniperus oxycedrus, Paliurus spina-christi, Pinus nigra, Rosa canina* bitki türlerinden ve üzerinde yetiştikleri topraktan toplam 83 adet örnek alınmıştır. Toprak ve bitkilerin dal, yaprak, çiçek/meyve kısımlarının ayrı ayrı multi-element analizleri AAS ile gerçekleştirilmiştir. İncelenen toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının Fe=17303-125000 ppm, Al=5017-47981 ppm, Mn=349-2746 ppm, Pb=42-3694 ppm, Cu=19-441 ppm, Zn=42-3410 ppm arasında değiştiği bulunmuştur [64]. Yapılan analizler sonucunda metal birikiminin her bitki türünde farklı olduğu gözlenmiştir [64]. Bizim çalışmamızda da ortamda Fe elementinin bol miktarda bulunmasına karşın, bitkinin ihtiyacı kadar ortamdan bu elementi akümüle ettiği gözlenmiştir. Bitkide Fe miktarında önemli bir artışın olmadığı gözlemlenmiştir.

Duman, Abant gölü ve çevresinde yaptığı çalışmasında farklı mevsimlerde örnekler almış ve analizler sonucunda değişik bitki türlerinde hatta değişik bitki kısımlarında farklı oranlarda ağır metal birikiminin olduğunu, en fazla birikmenin kökte ve son bahar-kış sezonunda gerçekleştiğini tespit etmiştir. *Phragmites australis*'in Pb, Cr, Cu ve Ni, *Schoenoplectus lacustris*'in ise Mn, Zn ve Cd metallerini etkin bir şekilde alıp bünyesinde biriktirdiği saptanmıştır. Atık suların arıtımında bu iki türün kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır [65]. Araştırmamızda özellikle Fe açısından bitkilerde depolama faaliyetleri incelendiğinde, en fazla birikimin kök bölgesinde ve ardından gövde kısmında olduğu saptanmıştır.

Karataş ve çalışma arkadaşları, yaptıkları bir araştırmada Kanalizasyon atık suyu uygulaması ile topraktaki ve tütün bitkisinin lifindeki ağır metal birikimini incelemişler ve artan miktarda kanalizasyon suyu uygulaması sonucu topraktaki ve bitki lifindeki Zn, Cu, Mn, Ni ve Cd ağır metallerinde önemli seviyelerde artışlar olduğunu gözlemişlerdir. Fe miktarında ise azalmanın olduğunu, akümülasyonun sekteye uğradığını bildirmişlerdir [66]. Bunun nedeninin toksisite ile birlikte zarar gören metobolik faaliyetlerin yanı sıra antagonistik etki yani elementlerin birbirinin alımını engelleyebilme durumu olduğu düşünülmektedir. Farklı topraklar üzerinde yapılan araştırmalarda, bitkilerin metal derişimlerinin ve ürün miktarındaki azalmaya etkisinin, toprak özelliklerinin yanı sıra metal birikimi ile direk bağlantılı olduğu belirterek, Konya Ana Tahliye Kanalı ile sulanan bitkiler üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir [66]. Çalışmamızın bölgedeki ağır metal kirliliğini ve akümülasyonun saptanmasını ortaya koyan bir diğer çalışmadır. Bu tür çalışmaların sistemli olarak belirli aralıklarla sürekli tekrarlanarak, bölgelerdeki kirlilik oranının sürekli kontrol edilmesi ve gerekli görüldüğü takdirde önleyici tedbirlerin araştırılması gerekmektedir.

Gür ve çalışma arkadaşları tarafından ağır metallerin bitki gelişimi üzerine etkileri araştırılmış ve yapılan çalışmada *Clivia* sp. bitkisinin polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine Cl tuzu halinde uygulanan Pb, Cu, Hg ve Cd ağır metallerinin etkileri araştırılmıştır. Her bir ağır metalin 30, 60, 90, 120 ve 240 μM' lık konsantrasyonları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm ağır metal konsantrasyonları polen çimlenmesini ve tüp büyümesini değişik oranlarda azalttığı gözlemlenmiştir. Kullanılan ağır metallerden polen çimlenmesini ve tüp uzunluğunu en fazla engelleyenin Cd, en az

engelleyenin ise Pb olduğu belirlenmiştir [39]. Ağır metaller belirli miktarlarda bitki gelişimi için gerekli olup iz element olarak kullanıldıkları halde, bitki için gerekli olan konsantrasyonların üzerine çıkıldığında bir kısmı depolanabilmekle birlikte bazıları da toksisiteye neden olarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmekte veya durdurmaktadırlar. Çalışmamızda iz element noksanlıklarının olduğu bölgelerde zayıf bitki gelişimleri ile yapraklarda nekrozların oluşabildiği gözlemlenmiştir.

Karataş ve çalışma arkadaşlarına göre, sulama amaçlı kullanılan Konya Ana Tahliye Kanalı atık suyu toprakta ve buğdayın kök, sap, yaprak ve başak kısımlarında ağır metal derişiminin artmasına neden olmuştur. Atık suda, krom derişiminin diğer ağır metallere göre değerinin daha yüksek olmasının nedeninin deri endüstrisinden gelen atık suların kanalizasyon suyuna arıtılmadan deşarj edilmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Atık suların analiz edilmesiyle sulamanın yoğun olduğu aylarda ağır metal derişiminin yükseldiği görülmüştür. Bu durumun temel nedeni olarak, endüstriyel tesislerden gelen atık suların bu dönemlerde daha yoğun olarak salınmasından kaynaklandığı neticesine varılmıştır [66]. Çalışmamızda kontrol edilen ırmak ve kanal suyuyla sulanan alan öncesinde ve daha sonraki kısmında da çok sayıda tesis, fabrika endüstriyel alana rastlamak mümkündür. Bu tesislerin çoğunda kendi arıtma sistemleri bulunmakla birlikte belirli oranda kirlenmeye sebep oldukları da yadsınamaz gerçekler arasındadır.

Karataş ve çalışma arkadaşları yaptıkları araştırmalar neticesinde bitki kısımlarındaki analiz sonuçlarına göre Cu derişiminin diğer ağır metallerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun nedenini ise; sulama suyu olarak kullanılan atıksu harici gübrelemeden ve pestisitlerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin olduğu belirlenmiştir [66]. Tarımda özellikle bordo bulamacı şeklinde ilkbahar ve güz uygulaması olarak bol miktarda koruyucu bakır, sülfatlı bileşikler halinde %1-2lik konsantrasyonlarda bitkilere yaygın olarak uygulanmaktadır. Damlama sistemleriyle sulanan arazilerde damlama gözlerinin kireç veya yosun nedeniyle tıkanmasını önlemek içinde 0.5kg göztaşı(bakır sülfat)/1ton su şeklinde ortalama 20 günlük periyotlarla uygulanmaktadır. Bu uygulamalar hem toprak pH'sını düşürerek elementlerin çözünürlüğünü dolayısıyla da alımını artırırken aynı zamanda da toprakta bulunan Cu miktarının da artmasına sebep olmaktadırlar. Kentsel atık suların temizlenerek yeniden kullanılması veya doğal su kaynaklarının kirlenmesini önlemek amacıyla arıtıldıktan sonra doğal su kaynaklarına

boşaltılmaları oldukça pahalı bir işlem olduğundan, atık sular çoğunlukla doğal arıtma yöntemi olarak ifade edilen, topraklara uygulama şeklinde giderilmeye çalışılmaktadır. Yani toprakta filtre olarak içeriğindeki kirleticilerden nispeten arınmış halde taban suyuna drene olması şeklinde ve pH nötralizasyonu ile topraktaki iyon tutucu etmenler sayesinde içeriğindeki kirleticilerden bir nebze de olsa arınmaktadır. Bu nedenle de, atık suların topraklarda meydana getirdiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler ile bitkisel üretime etkileri üzerindeki çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır [59]. Çalışmamız da bu araştırmalara örnek teşkil etmektedir.

Sullivan ve Baxter'a göre bitkisel üretimi artırmak amacıyla, kentsel atık sularının sulamada kullanılmasına ilişkin olarak pek çok araştırma mevcuttur. Bunlar, özellikle toprak verimliliğinin ve üretim miktarının artırılmasında atık suların önemli katkılarda bulunduğunu ortaya koymaktadır [67]. Fytianos ve çalışma arkadaşları, endüstriyel alanlardaki bitkilerde ağır metal akümülasyonunu araştırdıkları bir çalışmada; kırsal ve endüstriyel bölgelerde tarım yapılan toprak ve sebzelerden 60 örnek alarak incelenmişlerdir. İnceleme sonucunda Pb, Cd, Ni, Cu, Mn ve Zn gibi ağır metallerin ortalama derişimleri gözlemlenmiştir. Gerek seralarda gerekse açıkta yetiştirilen *Spinacia oleracea* (ıspanak) gibi yapraklı sebzelerin arasında ağır metal içeriği kırsal alanda önemli düzeyde farklılık göstermemiştir [68]. Endüstriyel ve kırsal alanlarda yetiştirilen sebzeler arasında metal derişiminde en geniş farklar; *Apium graveolens* L. (kereviz) ve *Daucus carota* L. (havuçta) Cu için, *Spinacia oleracea* bitkisinde Cd için ve *Cichorium endiva* L. (hindiba)'da Pb için bulunmuştur. İlaveten endüstriyel ve kırsal topraklar arasında en geniş farklılık Pb ve Zn'da görülmüştür [68]. Araştırmamız sonucunda Kızılırmak suyu ile sulanan bitkilerde ağır metal miktarında artış olduğu görülmüştür. Ayrıca bitkiler ağır metalleri ortamda fazla bulunsa dahi ihtiyacı kadar tüketebilmekte veya bünyesine alsa dahi tolerans metabolizmaları sayesinde toksisiteye belirli ölçülerde direnebilmektedirler. Nitekim kontrol noktamız olan Kavak istasyonunda kuyu suyu ile sulanan bitkilerin ağır metal miktarının daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Vigerust ve çalışma arkadaşları, iki yetiştirme dönemi olmak üzere yaklaşık 20 tarlada deneyler yaparak, tahılların ürün miktarına ve Pb, Cd, Ni, Fe, Cu içeriğine, kanalizasyon atığının etkisini araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda, fazla miktarda kanalizasyon atığı uygulandığında, bitkilerin Zn içeriğinin arttığını gözlemlemişler

ayrıca killi-tınlı toprağın 0-10 ve 0-40 cm'lik bölümlerine çürümemiş atıklar uygulandığında bitkilerin ağır metal içeriğinin oldukça fazla miktarda yükseldiğini ve bu artışın bitki türlerine göre faklılık gösterdiğini belirlemişlerdir [69]. Konuyla alakalı olarak Avrupa'da da pek çok araştırma yapılmıştır, bunlardan birinde Texaslubbock'ta yapılan bir araştırmada sulanmayan, kimyasal gübre ile takviyeli olarak sulanan ve herhangi bir gübre ilavesi yapılmadan kentsel atık su ile sulanan üç tarladan alınan ürün miktarları karşılaştırılmıştır. Tane sorgumu (*Sorghum sudanense),* buğday (*Triticum aestivum* L.) ve pamuk (*Oleum gossypii seminis)* yetiştirilen bu tarlalarda en fazla ürünün kentsel atık su ile sulanan tarladan alındığı görülmüştür [70]. Çalışmamızda özellikle Sulusaray istasyonunda arıtma tesisi kurulmadan önce daha fazla verim alındığı tesisin kurulmasıyla verimin düştüğü, suni gübrelemeye olan ihtiyacın arttığı gözlemlenmiştir.

Jung ve Thornton, Kore'de maden ocakları çevresine yakın tarımsal alanlarda bir çalışma yapmışlardır. Kurşun ve Çinko çıkartılan maden ocağı yakınlarındaki *Oryza barthii* L. (pirinç) tarlalarında sulamasuyu, bitki ve topraktaki mevsimlik metal değişimi ve çevresel kirliliği üzerine yapılan çalışmada; maden ocağı yakınlarındaki pirinç tarlaları toprağında ve sulama sularında Cd, Cu, Pb ve Zn, derişimlerinin yüksek olduğu bulunmuştur. Maden Civarından alınan pirinç gövdesi, yaprak ve hububatta yüksek metal seviyesi tespit edilmiştir. En fazla birikmenin kökten sonra dane kabuğunda olduğu belirlenmiştir [71]. Ülkemizde en uzun nehirlerden olan ve Kızılırmak havzası yakınlarında çok sayıda endüstriyel işletme fabrika vb. kuruluş olduğu düşünüldüğünde bu tesislerden kaynaklanan ve sulama suyu ile tarlalara oradan toprak ve bitkiye geçen ağır metal miktarının tespiti açısından çalışmamız önem arzetmektedir. Neticede besin zinciri vasıtasıyla hayvanlara ve insanlara geçen toksik maddelerin kaynağının belirlenmesi ve bulaşma yolları hakkında gerekli tedbirlerin alınması açısından da gerekli bir çalışma olmuştur.

Demir, çalışmamızla benzer olan çalışmasında "Fosseptik atıklar ile sulanan marullarda (*Lactuca sativa* L.) ağır metal miktarları" üzerinde bir araştırma yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir [72].

Fosseptik atıklar ile sulanan Hevsel bahçelerine ait su, toprak ve marul örneklerindeki Zn, Cu, Pb ve Mn miktarlarının Fabrika deresine oranla çok daha yüksek düzeyde

oldukları belirlenirken, Fabrika deresi ile sulanan marul ve toprak örneklerinde ise Fe miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmaları neticesinde, ağır metal miktarları marulun yetişme ortamına göre değişmektedir [72]. Her bitkinin mineral içeriği genetik olarak sabit besin alım potansiyeli ile sınırlandırılmış olup ortamdaki elementlerin yarayışlığı artıkça o elementin bitkideki konsantrasyonu da artar. Fosseptik atıklar ile sulanan bitkilerde en fazla birikimi Mn göstermiştir. Bunu sırasıyla Cu, Zn ve Pb izlemiştir. Ayrıca normal alana ait sularda tespit edilemeyen Cu ve Pb fosseptik sularda tespit edilmiştir [72]. Daha önce yapılan çalışmalarda fosseptik atıklar ile sulanan marul bitkilerinin Pb oranı normal ekim alanlarındaki bitkilere oranla yüksek olduğu ve limitlerin üzerine çıktığı belirlenmiştir. [72].

Araştırmamız sonucunda ağır metal açısından en kirli bölgenin Avanos istasyonu olduğu, özellikle Fe, Cd, Cu açısından toprağının kritik seviyelerde olmasa dahi bölge standartlarının üzerinde bir toksisite gösterdiği saptanmış olup bu kirlenme çevre sağlığı açısında önemli boyutlarda değildir. En düşük miktarların ise kontrol noktamız Kavak Kasabası istasyonu olduğu gözlemlenmiştir. Arıtma tesisi ağır metal giderimi açısından çok ciddi seviyelerde ve yüksek kalitede olmasa da kesinlikle önemli sayılabilecek düzeyde etkin ve de faydalı olmuştur, denilebilir. Bölgenin Ağır metal arıtma tesisine ihtiyacı Demir iyonu, Nikel iyonu, Kadmiyum iyonu açısından olumlu görülse de bu durum açısından daha ayrıntılı ve geniş çaplı bir araştırma sonucunda belirlenmelidir. Yani uzun zaman zarfındaki değişik bulgular ve farklı parametreler incelenerek karar verilmelidir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgularımız Nevşehir Ticaret Borsası Gıda ve Toprak Analiz Laboratuarı 2014 yılı verileriyle de uyumludur.

Yaşar, yılında İstanbul'da yaptığı '*Cercıs siliquastrum* L. subsp. *Siliquastrum* (Fabaceae)'un ağır metal kirliliğinde biyomonitor olarak kullanımı' isimli çalışmasında bizim çalışmamızla aynı analiz yöntemlerini kullanmıştır. Araştırmada 5 istasyondan, 59 farklı lokaliteden toplanan *Cercis siliquastrum*'a ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak ve kabuk örnekleri ile bitkilerin yerleşim yerlerine ait toprak örnekleri, incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, İstanbul'daki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Ayrıca bu bitkinin bir ağır metal kirliliği biyomonitoru olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sonuç olarak ağır metal birikimi ile trafik yoğunluğu ve yola yakınlık arasında doğru orantı saptanmıştır. Ayrıca kabukların uzun dönemli ağır

metal kirliliği ölçümünde kullanılabileceği belirlenmiştir [5]. Çalışmamızla uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmamızda da şehir merkezinden uzaklaşıldıkça daha düşük ağır metal değerleri elde edilmiştir.

Zincircioğlu, Çanakkale'ye bağlı Ayvacık ilçesinde yaptığı araştırmada, Zeytin (*Olea europaea* L.) yetiştiriciliği üzerine kurulu bahçelerde bir araştırma yapmıştır. Geleneksel tarım uygulamasıyla yetiştiricilik yapılan açık kırsal arazilerde organik şekilde üretim yapılan tesisler ile modern kapalı alanlarda sera gibi gelişmiş teknoloji kullanılarak tarım yapılan iki ayrı üretim modelinde, farklı toprak derinliklerinden aldığı örneklerde bitki tarafından alınabilir Cr içeriklerini iki yıl süreyle izlemiştir. İlk yıl geleneksel bahçelerin birinci derinliğinde 0.00034 ve 0.00022 mg kg^{-1} olmak üzere iki, izleyen iki derinlikte sırasıyla 0.00019 ve 0.00074 mg kg^{-1} olmak üzere birer okuma yapılarak, toplam dört Cr değeri elde edilmiştir. Organik bahçelerde ise birinci yıl ilk iki derinlikte dörder, son derinlikte de bir belirleme yapılmış; ilk iki derinlikte sırasıyla 0.00021-0.00196, 0.00019-0.00126 $mgkg^{-1}$ Aralığı saptanırken, üçüncü derinlikteki tek bulgu 0.00017 $mgkg^{-1}$ olmuştur. İkinci yıl organik bahçelerin birinci (0.005 mg kg^{-1}) ve ikinci derinliklerinde (0.013 mg kg^{-1}) birer ölçüm yapılabilmiş, diğer örneklerde herhangi bir bulgu elde edilemediğini bildirmiştir. Zamana bağlı olarak değerlerin değişebildiği saptanmıştır [73]. Bu veriler, bizim çalışmamızda olduğu gibi benzer çalışmaların belirli aralıklarla tekrarlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Zincircioğlu, Çanakkale'de bulunan zeytin bahçelerinde iki yıl süreyle Pb içeriklerini incelemiş; ilk yıl örneklerinde alınabilir Pb miktarları geleneksel bahçelerde birinci derinlik 0.0511-0.4465 mg kg^{-1}; son iki derinlik ise sırasıyla 0.0689-0.4824, 0.1136-0.3788 mg kg^{-1} değerleri arasında belirlemiştir. Organik bahçelerde derinlikler göz önüne alınarak, en düşük ve en yüksek veriler sırasıyla 0.0635–1,0041, 0.0784– 1.0477, 0.0737–0.1945 mg kg^{-1} olarak bulmuştur. İkinci yıl örneklerinde geleneksel bahçelerin Pb miktarları ilk derinlikte en düşük 0.1229, en yüksek 1,4658 $mgkg^{-1}$ değerleri arasında, ikinci ve üçüncü derinliklerde ise 0.1010–0.9253 ve mg kg^{-1} – 0.1663-0.5858 $mgkg^{-1}$' olduğunu bildirmiştir [73]. Araştırma sonuçları her geçen yıl kirlenmenin Pb elementi açısından arttığını göstermektedir. Durum artan trafik ve otomobil sayısıyla doğru orantılı bir şekilde artıyor veya azalıyor olabilir. Daha kapsamlı çalışmalarla

kirlenmenin nedenin tam manasıyla belirlenmesi bu tür çalışmalara ışık tutması açısından önemlidir.

Kafadar ve Saygıdeğer, çalışmamıza benzer bir şekilde Gaziantep'te tarımsal sulamada kullanılan atık sulardaki kurşun miktarının bazı tarım bitkilerinde neden olduğu kirliliğin boyutlarının ölçülmesinin amaçlandığı bir çalışma yapmışlardır. Bu nedenle Karahöyük ve Salkım köyü civarında yöre halkı tarafından çok yetiştirilen ve tüketilen bazı tarım bitkilerinden olan domates, biber, patlıcan ve mısır bitkilerinin (*Lycopersicum esculentum* L., *Capsicum annuum* L., *Solanum melongena, Zea mays* L.) farklı organlarında (kök, gövde, yaprak) ve bu bitkilerin yetiştiği alana ait topraklardaki Pb incelenmiştir [14]. Sulama suyu, toprak ve bitki örneklerindeki kurşun miktarları, temiz su ile sulanan Bostancık köyü çevresinden alınan sulama suyu, toprak ve bitki örnekleri ile karşılaştırılmıştır. İki yıl tekrarlı olarak yapılan inceleme sonucunda, bitkilerde ve bitkilerin yetiştirildiği toprak ve sulama suyunda ölçülen kurşun miktarlarının kontrol bölgesine göre $P< 0.05$ düzeyinde önemli bir artış gösterdiği saptanmıştır. Bunun yanı sıra; bu bitkilerdeki kurşun miktarının kök>gövde>yaprak şeklinde olduğu belirlenmiştir [14]. Çalışmamızda da sıralamanın çoğu bitki numunesi açısından aynı olduğu söylenebilir.

Yapılan araştırmalarda Toprak analiz laboratuarlarıyla paralel bir şekilde Nevşehir topraklarının Ca, Na ve Fe gibi yarı metal ve ağır metallerle kirlendiğini, K oranlarının Türkiye geneli topraklarında yüksek olduğunu göstermiştir. Cu, Mn ve Zn düzeylerinin normal düzeyde olduğu yer yer düşüşlerin ve spesifik yükselmelerin gözlendiği, ayrıca B elementi açısından Nevşehir topraklarının fakir olduğu Nevşehir Gıda Tahlil A.Ş. Toprak-Bitki Analiz Laboratuarı, ilkbahar 2014 toprak analiz raporlarına göre de anlaşılmıştır. Nevşehir toprakları genel itibariyle pH değerleri olarak hafif alkali durumdadır. Derinkuyu bölgesi ise asidik topraklara ve yüksek Demir düzeylerine sahiptir. Kavak toprakları ise Kalsiyum açısından yüksek değerlere sahiptir. Topraktaki Kalsiyum, yüksek Demir düzeylerini dengelemesi ve demir toksisitesinin etkisini azaltması veya tolere edebilmesi açısından önemlidir [59].

Karataş ve çalışma arkadaşları yaptıkları çalışmada, İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine

Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla, biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatür ışığında irdelenmiştir. Sonuç olarak İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, toplam tuz, elektriksel iletkenlik, çözünmüş katı madde, sodyum adsorbsiyon oranı, değişebilir sodyum yüzdesi ve Cl açısından birçok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığı görülmüştür [74]. Araştırmamızda ilimizdeki çürüme ve bitki dayanıksızlaşmasının, pekliğini yitirmesinin sebebinin arıtılmış suların içerdiği sodyum (Na), Klorür (Cl_2) veya Kireçleme havuzları neticesindeki düşen pH düzeyleri ve sodyum-hipoklorit, Oksidaz gibi farklı kimyasalların kullanımından kaynaklanabileceği üzerinde durulmuştur. Ayrıca konunun alanında Uzman Ziraat Mühendislerince incelenmesi gerekliliği saptanmıştır.

Kukul ve Ünal, bir diğer araştırmada arıtılmış suların değişik konsantrasyonlarının bitkilerin gelişimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneme materyali olarak *Lolium perenne ve Lolium italicum* kullanılmıştır. Deneme bitkilerine Maltepe Askeri Lisesi arıtma tesisine ait farklı konsantrasyonlardaki arıtılmış ve arıtılmamış atık sular ile çamur, kontrol materyallerine ise çeşme suyu uygulanmıştır. Yapılan denemeler sonucunda, arıtılmış su ve çamurların bitki gelişimini kontrole göre teşvik ettiği ve buna paralel olarak ta kuru ve yaş madde miktarının da daha fazla olduğu saptanmıştır [59].

Ünlü ve Tun, yaptıkları çalışmada Ağır metal içermediği düşünülen Muğla ilindeki evsel atık suların kireçle stabilize edildikten sonra Mısır bitkisi(*Zea mays)* yetiştirilmesinde kullanılmıştır. Toprak ve bitkide mineral beslenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır, sonuç olarak; toprağın pH ve diğer bazı özelliklerinde (% toplam tuz, % organik madde, % kireç) olumsuz bir değişiklik olmamış P_2O_5 ve K_2O kapsamları artmıştır. Mısır bitkisinde artan dozlarda uygulanan evsel atık sular bitkinin yapraklarında makro ve mikro besin maddesi içeriğini yükseltmiştir. N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn ve Zn elementleri üzerindeki artış %1 düzeyinde önemli, Na ve Fe elementleri % 5 düzeyinde artış önemli bulunmuştur. Evsel atık suların kontrollü bir şekilde tarımsal alanlarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [75]. Elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızla da uyumludur.

Günümüzde artan nüfusa bağlı olarak gereksinimi giderek artan bitkisel ve hayvansal üretimin yanı sıra gezegenimizdeki tüm canlıları risk altında bırakabilen ağır metaller konusu özellikle insan sağlığını tehdit etmektedir. Her geçen sene daha da artan endüstrileşmenin bir sonucu olarak çoğalan sanayi atıkları, motorlu taşıtların üretiminde yaşadığımız büyük ivme, çevremizi ağır metaller açısından önemli ölçüde kirletebilmekte, tarım alanları da bu kirlilikten fazlasıyla nasibini almaktadır. Özellikle çevre konusunda çok duyarlı davranışlar sergilediği düşünülen AB ülkeleri çevre ile ilgili ciddi yasalar ve kanunlar çıkarmış ve ülkelerinde bulunan, tarımın gözbebeği olan toprak ve su kaynaklarını garanti altına almaya çalışmışlardır. Çoğumuzun bildiği ve yakından takip ettiği Kyoto Protokolü de bunlardan birtanesidir.

Araştırmamıza göre ağır metal içeriği yönünden temiz durumdaki Kavak kasabası gibi topraklar koruma altına alınmalı ve bu kapsamda yasal tedbirler düzenlenmeli, topraklar üzerine geniş çaplı yerleşke ve işletmelerin kurulması asgari düzeylere çekilmeli ve bağ evi gibi konutlar için verimli tarım arazisi dışında kalan bölgelere yönlendirmeler yapılmalıdır.

Ülkemizde de son yıllarda özellikle Pb içerikli benzinlerin üretiminin durdurulması gerçekten sevindirici bir haber olmasına rağmen, endüstriyel atıkların kontrol altına alınması yeterli görülmemektedir. En kısa zamanda toprak ve su kaynaklarımızın ağır metal atıklarının tehdidi altından kurtarılması için ciddi yasal tedbirlerin alınması ve gerekli kanunların bir an önce çıkarılması büyük önem arz etmektedir.

Toprakta bulunan ağır metallerin bitkilerin bünyesine girmeleri, (immobil olarak) ve onları olumlu ya da olumsuz etkilemeleri yani hareketli hale geçtiklerinde serbest iyon halinde taban suyuna karışmak suretiyle suyun niteliğini bozabilmeleri ve yararlı mikroorganizmalara zarar vererek ölmelerine sebep olmaları, dolayısıyla bitkilerin bu faydalı bakteri ve funguslardan optimal olarak yarar sağlamasını da engellemeleri söz konusudur. Bu maddelerin canlı dokularına beslenme yoluyla veya solunum ile veyahutta deriye temas ile girmeleri pek ala mümkün olmaktadır. Besin zincirine de girerek, diğer canlılara dolaylı yoldan zararlı olmaları, hücrelerde plazmanın normalden daha fazla katılaşarak sertleşmesine, bazı dokularda ödem oluşturmak suretiyle şişmesine veya kısmi katılaşma veya esneklik kazanması neticesinde dokularda büzülmeye, proteinlerin çökelmesine, solunum intensitesinin ve dolayısıyla O_2 tüketiminin azalmasına neden olmaları en tehlikeli sayabileceğimiz yönleridir.

Ağır metallerin bu yanlarıyla sedef hastalığı gibi tedavisi çok zor olan deri hastalıklarına ortam hazırladığı ve bu semptomları, hassasiyeti artırmaları nedeniyle daha da belirginleştirdiği sanılmaktadır. Ağır metallerin zehirlilik yani toksisite derecesi; metalin konsantrasyonuna, yani bulunduğu alandaki miktarına veya yoğunluğuna, bulunuş formuna (metal, iyon, organik bileşik vs), katı, sıvı veya gaz halde olup olmadığına, toksisiteden etkilenen canlı bireyin fiziksel, biyolojik ve kimysal açıdan o anki durumuna, kısaca fertlere, türlere, etki süresine, bulunduğu yere ortamın ısısı, basıncı ve pH değeri gibi kriterlerine vb. gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Toprakta ağır metal yarayışlılığı; pH modifikasyonları, organik madde ve gübre amenajmanı, uygun bitki seçimi, fiziksel stabilizasyon, güçlü asitle yıkama, kireçleme, fosforlu gübre uygulaması, ağır metal şelatörleriyle yıkama ve fitoremediasyon teknikleri gibi agronomikal uygulamalarla minimize edilebilir [40].

ÖNERİLER

Çalışmamızda, elde ettiğimiz sonuçlar ve analizlere göre; ağır metal akümülasyonu kirlilik kaynaklarından uzaklaştıkça azalmaktadır.

Ülkemizde şehirleşmenin, sanayileşmenin hızlı ve plansız bir biçimde çoğalması ve buna bağlı olarak nüfusun artması, trafikteki araç sayısının çoğalması ile birlikte insan ve çevre sağlığını tehdit eden ağır metallerin zararlı etkilerini düşürmek ve bu metallere karşı korunmak için, özellikle insan kökenli kirlenmeleri ve bu ağır metallerin, gıdalar yoluyla besin zincirine dahil olmasını önleyebilmek için, bazı önerilerin önemli olduğu kanaatindeyiz.

1-Ağır metal akümülasyonunun kirlilik kaynaklarından uzaklaştıkça giderek azaldığı düşünüldüğünde, endüstri tesislerinin yerleşim merkezleri dışında kurulmasının önemli olduğu görüşündeyiz. Ayrıca, fabrikalar ve diğer endüstriyel kuruluşların katı, sıvı veya gaz tüm atıklarının eldeki tüm imkânlarla ve gelişen teknolojinin de yardımıyla minimize edilerek en düşük seviyelere çekilmesi ve sürekli denetlenmesi gerekmektedir.

2- Motorlu taşıtlar, kirlenmeye neden olan en önemli ağır metal kaynaklarıdır. Kurşunsuz benzin kullanılmasına tamamen geçilmesi, egzoz emisyonlarının istenen değerlere çekilmesi, LPG gibi alternatif yakıt kullanımının yaygınlaştırılması, dizel kullanılan araçlarda partikül tutucuların uygulamaya konulması, toplu taşımacılığın

geliştirilmesi, araçların zamanında bakımlarının yapılmasının kirliliğin azalmasını sağlayacağı kanısındayız.

3- Ağır metalleri içeren boya ve kimyasal maddelerin kullanımı azaltılmalı ve kullanımı kontrol altına alınmalıdır. Kurşun içerikli boyalı giysiler, eskimiş boyalı malzemeler, saç boyaları (kurşun asetat içerirler) ve çocukların kullandığı oyuncakların üretimi denetlenmelidir.

4- Tarımda kullanılan gübreler ve ilaçlar daha önce açıklanmış olduğu üzere, besin maddelerinde toplanmış ağır metallerin, en önemli kaynaklarından birisidir. Bu yüzden sebze-meyva yetiştirirken ziraat alanlarında, kimyasal ilaç kullanımı azaltılmalı ve denetlenmelidir.

5- Toprağın oluşumu ve canlılar açısından önemi dikkate alındığında, önümüzdeki yıllarda topraklarımıza daha fazla özen göstermeli ve bu konuda bilimsel çalışmalar artırılmalıdır. Bu kapsamda toprağa pil, boya, çeşitli kimyasal maddeler ve petrol ürünü maddeler gibi ağır metal kirliliği oluşturulabilecek maddelerin atılmaması, uzun vadede çok zararlı etkiler oluşturması muhtemel bu maddelerin, toprağa atılmadan zararsızca yok edilmesi gerekir.

6- Meyva ve sebze yetiştiricilerine, belirli periyotlarda eğitimler verilerek, bilinçlendirilmelidirler.

7- Bilindiği gibi; gelişmiş ülkelerinde su kaynakları ve havzaları büyük bir özenle ve dikkatle korunmaktadır. Ülkemizde de böyle ziraat ürünlerininde sulanmasında da yararlanılan nehir, dere göl, gölet gibi su kaynakları titizlikle ve özenle korunmalıdır. Bunun için, yerel yönetimler ve ilgili merciler tarafından kanuni tedbirler geliştirilmeli ve hassasiyetle uygulanmalıdır.

8- Yaptığımız çalışmaya benzer çalışmalar, ülkemizin çeşitli yerlerinde de belirli periyotlarda tekrarlanmalı ve kirlilik boyutları takip edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Durdu, Ö., Karataş, B., Tunalı, S., Büyük Menderesi Kirletmek Geleceğini Kirletmektir, Proje Çalışması, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Aydın, 2012.
2. Özmert S., Cu(II), Zn(II) ve Cd(II) Metallerini Sulu Çözeltilerinden Pomza ve Kompozit Kullanarak Uzaklaştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Kimya A.B.D Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2005.
3. Haktanır, K. Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No:140., Ankara, 1987.
4. İnternet: Toprak-Kirliliğinin-Cevresel-Etkileri-Ve-Agir-Metaller.Htm, Erişim Tarihi; 12.03.2013 http://www.forumps.com/kimya/3159
5. Yaşar, Ü., *Cercıs Siliquastrum* L.' Un Ağır Metal Kirliliğinde Biyomonitor Olarak Kullanımı. Doktora Tezi, *Marmara Üni. Fen Bilimleri Enst*. İstanbul, 2009.
6. Önal, E., Doğan O., Bir Osmanlı Maden Müdürünün Kızılırmak Projesi, *Yedikıta dergisi*, s.10-13,İstanbul, 2009. www.wikipedia.org
7. İnternet: Nevşehir İlinin Coğrafi Haritası, Erişim Tarihi:10.11.2013 Https://Maps.Google.Com/Maps/Ms?Hl=Tr&İe=Utf8&Msa=0&Dg=Feature
8. Alkan, A., Serdar S., Zengin B., Yeşilırmak ve Kızılırmak Nehirlerinde Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi. *Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü*, Trabzon, 2009.
9. San, N., Ağır metal ve boyar madde içeren atıksuların *Rhodotorula* sp. İle arıtımı. Temel biyoteknoloji Anabilim dalı yüksek lisans tezi, *Ankara üni. Biyoteknoloji Enst*. Ankara, 2007.
10. Anonim. Tarım ve Köyisleri Bakanlıgı, Tarımsal Üretim ve Gelistirme Genel Müdürlügü, Ankara, 2013.
11. İnternet: Anonim: www.wikipedia.org/ Erişim tarihleri; 2013-2016.
12. İnternet: http://www.cografya.gen.tr/tr/nevsehir/iklim.html/ Erişim tarihleri; 2014.
13. İnternet:http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=NEVSEHIR/ Erişim tarihleri; 2013-2014.
14. Kafadar, F., Saygıdeğer, S. Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları İle Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarlarının Belirlenmesi,

Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 27310. Ekoloji 19, 75, 41-48, Gaziantep, 2010.

15. İnternet: http:/www.pemberehber.com/agir-metal-nedir-canlilar-üzerindeki-olumsuz-etkileri-nelerdir.htm Erişim: 02.07.2012.
16. İnternet: Çıngı, F., 2012. Eser elementler. (erişim adresi: www.firochromis.com, Erişim tarihi: 12.04.2012.
17. Sossé, B.A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L.M., Epron, D And Badot, P.M. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbonhydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science* (166):1213-1218- 2004.
18. İnternet: Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A Ve Timur, S.. Metallerin Çevresel Etkileri-I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf. -2007.
19. Yıldız, N., Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum, 2004.
20. Kacar, B., Katkat, V., Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849, İstanbul, 2006.
21. Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N.K Ve Kaya, H. Topraktan Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak Ph'sı Ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1);150-158- Antalya, 2006.
22. Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D And Zengin, M.,. Heavy Metal Contents of *Pinus radiata* Trees of İzmit (Turkey), *Asian Journal of Chemistry*, 1128-1134, İzmit,2004.
23. Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M Ve Kaptan, H.,. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, Adana, 1995.
24. Krogmeier, M.J., Mccarty, G.W., Shogren, D.R Ve Bremner, J.M.,. Effect of nickel deficiency in soybeans on the phototoxicity of foliar applied urea. *Plant and Soil* 135:283-286, 1991.
25. Bhide, J.V., Dhakephalkar, P.K. ve Paknikar, K.M.. Microbiological process for the removal of Cr(VI) from chromat-bearing cooling tower effluent. *Biotechnology Letters*, 18; 667-672, 1996.
26. Gouia, H., Gorbel, M.H. Ve Meyer, C.,. Effects of cadmium on activity of nitrate reductase and on other enzymes of the nitrate assimilation pathway in bean. Plant Physiol. *Biochem*. 38:629-638, 2000.

27. Zengin, K.F Ve Munzuroğlu, Ö., Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) 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, 2005.
28. Reeves, R.D Ve Baker, Ajm., Metal-accumulating plants. In Phytoremediation of toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment, eds, I Raskin, BD Ensley, pp 193-229, John Wiley&Sons Inc, New York,1999.
29. Hollis, L., Mcgeer, J.C., Mcdonald, G.D., Wood. C.M., Cadmium accumulation, gill cadmium binding, acclimation, and physiological effects during subletal Cadmium exposure in Rainbow Trout. *Aquatic Toxicology*, 46**:** 101-119, 1999.
30. Guevara, S.R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G., Arribere, M., Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. *Bioogical Trace Element Research*, 102**:** 245-263, 2004.
31. Verma, S Ve Dubey, Rs., Lead toxcitiy induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Sci*. 164:645-655. 2003.
32. Vural, A. ve Şahin, E. Gümüşhane şehir merkezinden geçen karayolunda ağır metal kirliliğine ait ilk bulgular. *Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute* 2(1): 21-35, Gümüşhane, 2012.
33. Epstein, E., Land Aplication of sewage sludge and biosolids. Chapter 3 and Chapter 4, 2005.
34. Preetha, B. Ve Viruthagari, H., Bioaccumulation of Cr(VI), copper(II), Nickel(II) ions growing *Rhizopus arrhizus.* Biochemical Engeneering Journal, 703; 361-365, 2006.
35. Ting, Y.P. Ve Lawson, F., The influence of cadmium and zinc on the cell size distribution of the alga *Chrorella vulgaris. The chemical Engineering Journal*, 3; 23-34, 1991.
36. İnternet: Anonim, Bakır. http://www.food-info.net/tr/min/copper.htm. 2006-2012.
37. Sumathi, S. And Manju, B.S. Uptake of reactive textile dyes accumulations *Aspergillus foetidus*. Enzyme and Microbial Technology, 27; 347-355, 2000.
38. Volesky, B.. Biosorption and biosorbents. In: Volesky B, editor. Biosorption of Heavy Metals. *CRC press*; p. 3–5, Florida, 1990.

39. Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö Ve Çobanoğlu, D.,. Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2}, Pb^{+2}, Hg^{+2}, Cd^{+2}) *Clivia Sp*. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi, 2004.
40. Kartal G., Kahvecioglu, Ö., Güven, A., Timur,. Metallerin Çevresel Etkileri-II. *Metalurji Dergisi*, 137, 46-51. S., 2004.
41. İnternet: Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A Ve Timur, S. Metallerin Çevresel Etkileri-I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf., 2006-2012.
42. Öktüren Asri F., Sönmez S., Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya, 2008.
43. Jianlong, W. And Can, C., Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review. *Biotechnology Advances*, 24; 427–451., 2006.
44. Çimrin, K.M., Bozkurt M.A., Erdal İ., 2000. Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2000.
45. Hongping, H., Jıugau, G., Xıande, X., Jınlıan, P. Experimental Study of the Selective Adsorption of Heavy Metals onto Clay Minerals. *Chinese Journal of Geochemistry*. 19(2):105–109, 2000.
46. Yağdı, K., Kaçar, O., Azkan, N. Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği Ve Tarımsal Etkileri. *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15(2): 108–115, 2000.
47. Pavlova, D. K., Alexandrov, S. N. Metal Uptake İn Some Plants Growing On Serpantine Areas İn The Eastern Rhodophes Mountains (Bulgaria), Ot Sistematik Botanik Dergisi. 10(2):12,30, Bulgaristan, 2003.
48. Topcuoğlu B., Önal M.K. Ve Arı N., Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri Ve Ağır Metal İçerikleri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Antalya, 2003.
49. Wang, C.X., Mo, Z., Wang, H., Wang, Z.J., Cao, Z.H. The Transportation, Time-Dependent Distribution Of Heavy Metals İn Paddy Crops. Chemosphere. 50: 716–723, 2003.
50. Ingwersen, J., Strect, T. A Regional-Scale Study On The Crop Uptake Of Cadmium From Sandy Soils: Measurement And Modeling. Journal of Environmental Quality. 34: 1025–1035, 2005.
51. Toze, S., Reuse of Effluent Water-Benefits and Risks. J. of Agricultural Management, 80:145-159, 2006.

52. Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Tohumlu Bitkiler Sistematiği, Ege Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Ders Notu, 84-294, İzmir, 2011.
53. Leblebici, Z., And Aksoy, A., ‘’Growth And Heavy Metal Accumulation Capacity Of *Lemna minor* and *Spirodela polyrhiza* (Lemnaceae): Interactions With Nutrient Enrichment’’, Water Air And Soil Pollution, 214, 175-184., Kayseri, 2011.
54. T.C. Milli Eğitim Bak. Ortaöğretim Projesi, Labaratuar Hizmetleri, Toprakta Ağır Metal Analizleri, 8-24, Ankara, 2011.
55. T.C. Milli Eğitim Bak. Çevre Sağlığı, ders kitabı, Pestisitler. Ankara, 2012.
56. Turkey Soil Pollution Control Regulation (TSP 24609) (2001) From the Ministry of Environment, *Official Gazzette*, No: 24609, Date: 10.12.2001.
57. FAO/WHO Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179. Codex Alimentarius commission, 2003.
58. Resmi Gazete, (1991) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Numune Alma Ve Analiz Metodları Tekniği, 7.1.1991 Tarihli, Sayı: 20748, 2-39 S. Anonim, 1991.
59. Kukul Yasemin S. Ünal Ayben D. Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması Ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 44 (3): 101-116, İzmir, 2007.
60. Metz, R., Wilke, B.M., Influence of soil pollution in fields irrigated with sewage on growth, yield and heavy metal uptake of maize in a pot trial, Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universitat zu Berlin. *Reihe Agrarwisserr*. 41:3 28-33, 1992.
61. Harlin, C., "Re-use of municipal wastewater in agriculture". In: *Seminar* on Health Aspects of Treated Sewage Re-Use, Algiere, 1980.
62. Yılmaz, D, Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Sulama Suyu Krıterleri Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2005.
63. Chaudri, A.M., McGrath, S.P., Giller, K.E., Metal tolerance of isolates of *Rhizobium leguminasosarum* biovar trifoli from soil contaminated by past applications of sewage sludge, Soil Biol. and Biochem. 24:2 82-85, 1992.
64. Gedik, T., Madenköy (Niğde/Ulukışla) Ve Dolaylarının Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2005.

65. Duman, F. Sapanca Ve Abant Gölü Su, Sediment Ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, *Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2005.
66. Karataş, M., Güler, E.,Dursun, Ş., Özdemir, C., Argun, M., Konya Ana Tahliye Kanalının Çengilli Bölgesi Tarım Topraklarında ve Buğdayda Cu, Cr, Ni ve Pb Derişimlerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, *Fen Dergisi*. Sayı 29: pp. 91- 99, Konya, 2007.
67. Sullivan, R. H., M. M. Cohn, and S. S. Baxter. Survey of facilities using land application of wastewater. EPA-430/9-73-006. Office of Water Programs Operations, *U.S. Environmental Protection Agency*, Washington, D.C. 1973.
68. Fytianos, K., Katsianis, G., Triantafyllou, P., Zachariadis, G., Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil, Bul. Environ. Con. and Toxic. 67: 423-430, 2001.
69. E. Vigerust and A. R. Selmer-Olsen, *Factors Influencing Sludge Utilization Practices in Europe*, 26 -1986.
70. Wells, D.M. and R.M. Sweazy, Effient re-use in Lubbock. In: Land as a Waste Management. Alternative. Proc. of 1976 *Agiculfural Wasfe Management Con* Raymond C. Loehr, ed. Ann Arbor, Michigan, Ann, Arbor Science Pup., 451. 1977.
71. Jung, M.C., Thornton, I., Environmental Contamination And Seasonal Varition Of Metals İn Soils, Plants And Waters İn The Paddy Fields Around A Pb-Zn Mine Korea, Sci. Tot. Environ., 198: 105-121, Kore, 1997.
72. Demir, R,- Aydın, F, Foseptik Atıklar İle Sulanan Marullarda (*Lactuca sativa* L.) Ağır Metal Miktarları Üzerinde Bir Çalışma, *Çevkor Ekoloji Dergisi* Cilt: 9 Sayı: 36, pp.14-17, Diyarbakır, 2000.
73. Zincircioğlu, N., Organik Ve Geleneksel Zeytin Yetiştiriciliğinde Bitki Beslenme Durumunun Meyve, Yaprak ve Zeytinyağında Önemli Kalite Ölçütleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak bilimi ve Bitki Besleme Kürsüsü (Doktora Tezi), İzmir, 2010.
74. Karataş, B. S., Akkuzu, E., Aşık, Ş., İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi, *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg*., 42(3):111-122, İzmir, 2005.
75. Ünlü, A., Ve , Tunç, M., Evsel Atıksu Deşarjı Öncesinde Ve Sonrasında Kehli Deresi'nin Su Kalitesi Değişiminin İncelenmesi, Fırat Üniversitesi, Mühendislik

Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 23119, *İtüdergisi/E Su Kirlenmesi Kontrolü* Cilt:17, Sayı:2, 65-75, Elazığ, 2007.

76. Kırımhan, S., Sağlam, T., Karakaplan, S., Erzurum'da Kentsel Atık Suları İle Sulanan Tarım Topraklarında Kimyasal Kirlenme: L Azot, Fosfor Ve Potasyum Durumu, Atatürk Üniverstesi, Ziraat Fakültesi, Toprak İlmi Bölumü, Erzurum,1990.
77. Pakfiıiz, Y., Özcan, S., Öztürk, M., Arıtma Tesisi Sularının Bitki Sulamasında Kullanılması, *Ekoloji Drgisi*, Sayı:5,Ege Ün. Fen Fakültesi Biyoloji Böl. İzmir,1995.
78. Tuna, A. L., Bürün, B., Mısırda Mineral Beslenme Ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Kentsel Atık Suların Etkisi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı;4 Aydın, 2003.
79. Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, D., Polat, E., Tarımsal Atık Suların Sulamada Yeniden Kullanılması, *Türkiye Ziraat Mühendisligi Vıı. Teknik Kongresi,* Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Bölümü. Ankara, 2010.
80. Topbaş, M.T., Brohi, A.R., Karaman, M.R., Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı, Ankara, 1998.
81. Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T. (Edlr), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul, 2012.
82. Yalçın, R. S., Usta, S. Çinko Uygulamasının Mısır Bitkisinin Gelişmesi İle Çinko, Demir, Mangan Ve Bakır Kapsamları Üzerine Etkisi. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yıllığı*. 41(1-2): 195-203, Ankara, 1989.
83. Malik A., Metal Bioremedation Through Growing Cells. Environ Int, 30, 261-278. 2004.
84. Kuburovic N., Todorovic M., Raicevic V., Orlovic A., Jovanovic L., Nikolic J., Kuburovic V, Drmanic S., Solevic T., Removal Of Methyl Tertiary Butyl Ether From Wastewaters Using Photolytic, Photocatalytic And Microbiological Degradation Processes Desalination 213: 123–128, 2007.
85. Morsünbül, T., Akal Solmaz, S.K., Üstün, G.E., Yonar, T., Bitki Gelişim Düzenleyici (Bgd)'Lerin Çevresel Etkileri Ve Çözüm Önerileri Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi- Bursa, 2009.

86. U.S. Epa. Status Of Pesticides İn Registration, Reregistration, And Special Review (Rainbow Report), Washington, Dc: Special Review And Reregistration Division, Office Of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency, 1998.
87. Ikehata, K. And Gamal El-Din, M., Aqueous Pesticide Degradation By Ozonation And Ozone-Based Advanced Oxidation Processes: A Review. Part I., Ozone Sci. Eng., 27 (2), 83–114, 2005.
88. Sayılı M., Akman Z., Tarımsal Uygulamalar Ve Çevreye Olan Etkileri, Ekoloji, 12, 28-32, 1994.
89. Wang Q., Lemley, A.T.. Reduced Adsorption Of Ametryn İn Clay, Humic Acid, And Soil By İnteraction With Ferric İon Under Fenton Treatment Conditions, J. Environ. Sci. Health Part B 41 223-236, 2006.
90. Oturan, A. M., Oturan, N., Edelahi, M., Podvorica, I. F., El Kacemi, K.. Oxidative Degradation Of Herbicide Diuron İn Aqueous Medium By Fenton's Reaction Based Advanced Oxidation Processes. Chemical Engineering Journal 171 (2011) 127–135, 2011.
91. Navarro, S., Fenoll, J., Vela, N., Ruizb, E., Navarro, G.. Removal Of Ten Pesticides From Leaching Water At Pilot Plant Scale By Photo-Fenton Treatment. Chemical Engineering Journal 167 (2011) 42–49, 2011.
92. Morsünbül, T.. Bazı İleri Oksidasyon Teknikleri İle Bitki Gelişim Düzenleyici (Bgd) Gideriminin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Bursa, 2010.
93. Shivkumar, K., Pande, A.K. And Biksham, G.,. Toxic Trace Element Pollution In Groundwaters Around Patancheru And Bolaram Industrial Areas, Andhra Pradesh, India: A Graphical Approach, Environmental Monitoring And Assessment 45: 57–80, 1997.
94. Jain, R., Srivastava, S And Madan, V.K. Influence Of Chromium On Growth And Cell Division Of Sugarcane. Indian J. Plant Physiol, (5);228-31, 2000.
95. Woo, N.C., Moon, J.W, Won, J.S., Hahn, J.S., Lin, X.Y And Zhao, Y.S., Water Quality And Pollution İn The Hunchun Basin, China, Environmental Geochemistry And Health 22: 1–18, 2000.
96. Derici, R., Evliya, H., Ağca, N., Özkutlu, F., Eker, S., Öztürk, L. Çukurova Bölgesinde Toprak Ve Bitkilerde Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması Ve Bitkilerde Kadmiyum Birikimini Etkileyen Faktörlerin Toprak Analizleri Ve Sera

Denemeleri Ve İncelemesi. *Tübitak Togtag Tarp. Proje* No: 2382, 2002: 1-87, Adana, 2002.

97. Dunand, V.F., Epron, D., Sossé, A.B., Badot, P.M., Effects Of Copper On Growth And On Photosynthesis Of Mature And Expanding Leaves İn Cucumber Plants. Plant Science, (163:53-58), 2002.

98. Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö ve Çobanoğlu, D., Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2}, Pb^{+2}, Hg^{+2}, Cd^{+2}) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi, 16(2), 175-183. 2004.

99. Chaffei, C., Pageau, K., Suzuki, A., Gouia, H., Ghorbel, M.H And Masclaux-Daubresse, C., Cadmium Toxicity Induced Changes İn Nitrogen Management İn *Lycopersicon esculentum* Leading To A Metabolic Safeguard Through An Amino Acid Storage Strategy. Plant Cell Physiol, Pp.(1681-1693), 2004.

100. Freıbach, H. S., Hadar, Y. Interaction of Iron Chelating Agents with Clay Minerals. Soil Science Society American Journal, 68(2): 470–481, 2004.

101. Güzel, E.U., Ağır metallerin kil mineralleri tarafından tutulması ve bitkilerce alımı, Yüksek Lisans Tezi, K.Ü. Fen. Bil. Ens., Kahramanmaraş, 2006.

102. Bayramoğlu, G., Bektaş, S., Arıca, M.Y., Biosorption of heavy metal ions on immobilized white-rot fungus *Trametes versicolor*, Journal of Hazardous Materials**,** 101: 285-300, 2003.

103. Yan, G., Viraraghavan, T., Heavy-metal removal from aqueous solutions by fungus *Mucor rouxii*. Water Research. 37: 4486-4496, 2003.

104. Gardea- Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Armendariz, V., Bess- Oberto, L., Chianelli, R.R., Rios, J., Parsons, J.G., Gamez, G., Characterization of Cr(VI) binding and reduction to Cr(III) by the agricultural byproducts of *Avena monida* (Oat) biomass, Journal of Hazardous Materials**,** B80: 175-188, 2000.

105. Karataş, M., Konya ana tahliye kanalında ağır metallerin incelenmesi, bitki ve topraktaki birikiminin tespiti, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 2004.

106. Qian, J., Shan, X., Wang, Z., Tu, Q. Distribution and plant availability of heavy metals in different particle-size fractions of soil, Sci. Tot. Environ. 187: 131-141, 1996.

107. Wenzel, W., Jackwer, F., Accumulation of heavy metals in plants grown on mineralized soils of the Austrian Alps, Environ. Pollut. 104: 145-155, 1999.

108. Aydın, M.E., Özcan, S., Sarı, S. Ağır Metallerin Doğal Killerle Uzaklaştırılması. 1. Ulusal Çevre Kongresi 13–15 Ekim- 2004.

109. Türkman A, Aslan Ş, Ege İ Doğal zeolitlerle atıksulardan kurşun giderimi. Dokuz Eylül Üniv., Mühendislik Fakültesi, Fen ve Müh. Dergisi, 3 (2), 13-19. İzmir, 2004.

110. Balkaya N., Bayraklı, F.. Atıksularda Pestisit Arıtım Yöntemleri. In: Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Semineri Tebliğler Kitabı, 26-28 Eylül 2000, 33-40, Samsun, 2000.

111. Eraslan, F., Küresel SO_2 emisyonundaki ve kükürt içeren gübrelerin tüketimindeki azalmaya baglı olarak bugdayda olası kükürt noksanlıgının belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora tezi, Ankara, 2009.

112. Okççu M. Tozlu E., Kumlay A., Pehluvan M., Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, *Doğu* Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzurum, Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Iğdır, 2009.

113. Shukla, O.P., A.A. Juwarkar, S.K. Singh, S. Khan Ve U.N. Rai., Growth responses and metal accumulation capabilities of woody plants during the phytoremediation of tannery sludge. Waste Management 31: 115–123, 2011.

114. İnternet: Anonim. Bitki Gelişimini Düzenleyiciler (BGD)-Hormonlar. Tarım ve Hayvvancılık Bakanlığı. http://www.tarım.gov.tr.-(Erişim tarihi: 20.03.2012), 2010.

115. Dinç, H., Yılmaz, O., Gaziantep Sanayi Atık Sularında Arıtma Öncesi ve Sonrası Ağır Metal Düzeyleri**,** Makale**,** YYU Veteriner Fakultesi Dergisi, , 24 (1), 19 – 24, Gaziantep, 2013.

116. Çelik, J. Kayseri'nin Yahyalı ilçesinde serpantin içeren alanlarda yetişen bazı bitkilerin ağır metal (Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) içerikleri, Yüksek lisans tezi, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü*, Nevşehir, 2014.

117. Rout, G.R. And Das, P., Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I.Zinc. Agr. 2003.

118. El-Ghamery, A.A., El-Kholy, M.A And El-Yousser, A. Evaluation of cytological effects of Zn+2 in relation to germination and root growth of Nigella sativa L. And Triticum aestivum L., Mutation Research, (537:29-41), 2003.

119. Kayhan F., Muşlu M, Koç N., Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Göztepe- İstanbul, 2009.

120. Sharma, P Ve Dubey, R.S., Lead toxicity in plants. Braz. J. Plant Physiol., 17(1):35-52, 2005.

121. Khan, A. G., Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S. And Hayes, W. J., Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. Chemosphere (41):197-207, 2000.

122. Cervantes, C., Garcia, J., Devars, S., Corona, F., Tavera, H., Guzman, J., Sanchez, R.. Interactions of chromium with microorganisms and plants. FEMS microbiology, 25; 335-347, 2001.

ÖZGEÇMİŞ

Fatih ÖZYÜREK 1986 yılında Nevşehir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Nevşehir'de Kavak İlköğretim Okulu'nda birincilikle ve 4.88 diploma notuyla tamamladı. Lise eğitimini Nevşehir Lisesinde 2004 yılında 4.17 diploma notuyla tamamladı. 2007'de kazandığı Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitkikoruma Bölümünden 2011 yılında 3.06 diploma notuyla mezun oldu. Stajını Nevşehir Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'nde 2010 yılında tamamlamasının ardından, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalında 2011 yılında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen özel sektörde Tarımsal Danışmanlık yapmaktatır. Daha önce peyzaj şirketlerinde mesul müdürlük ve Zirai ilaç bayilerinde Mühendislik görevlerinde bulunmuştur.

Adres: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

38039 - Nevşehir

Telefon: 0 384 437 25 01

Gsm: 0 506 325 62 37

e-posta : fa_fa_50@hotmail.com