

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

**NEVŞEHİR YÖRESİNDEKİ, BAZI YERLEŞİM
ALANLARINDA İÇME SULARIYLA SULANAN
SEBZELERDE ARSENİK (As) DÜZEYLERİNİN
İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Lütfi BAŞARAN**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ**

**Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ocak 2018
NEVŞEHİR**

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

**NEVŞEHİR YÖRESİNDEKİ, BAZI YERLEŞİM
ALANLARINDA İÇME SULARIYLA SULANAN
SEBZELERDE ARSENİK (As) DÜZEYLERİNİN
İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Lütfi BAŞARAN**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ**

**Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ocak 2018
NEVŞEHİR**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ danışmanlığında **Lütfi BAŞARAN** tarafından hazırlanan "**Nevşehir Yöresindeki, Bazı Yerleşim Alanlarında İçme Sularıyla Sulanan Sebzelere Arsenik (As) Düzeylerinin İncelenmesi**" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

05/01/2018

JÜRİ

Başkan : Yrd.Doç.Dr. Fatih Doğan KOCA

Üye : Doç.Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Musa KAR

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 10/01/2018 tarih ve 02-09... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

11/01/2018
Prof.Dr.Şahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü



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.

Lütfi BAŞARAN



TEŞEKKÜR

Araştırma konusunun ve uygulama yöntemlerinin belirlenmesinde, çalışmaların yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilip tartışılmasında, tezin yazılmasında ve anlatım dilinin düzeltilmesinde her türlü yardımlarını gördüğüm tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ'ye teşekkür ederim.

Laboratuvar analizlerin yapılmasında yardım eden Uzman Enver Ersoy ANDEDEN'e teşekkür ederim.

Tezimi yazmamda her zaman yanımda olan editör arkadaşım Mehmet DERİ'ye teşekkür ederim.

Her türlü sıkıntıda yanımda olan eşim Çiğdem ECE BAŞARAN' a, çalışma şevki veren ve neşe kaynaklarım olan çocuklarım Duru ve Sedef BAŞARAN'a çok teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen, beni yetiştiren çok sevgili anneme teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Fen Edebiyat Fakültesi Dekanlığı'na, Biyoloji Bölüm Başkanlığı'na ve NEÜLÜP 16/2F4 nolu proje kapsamında bu araştırmayı destekleyen Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve çalışanlarına teşekkür ederim.

**NEVŞEHİR YÖRESİNDEKİ, BAZI YERLEŞİM ALANLARINDA İÇME
SULARIYLA SULANAN SEBZELERDE ARSENİK (As) DÜZEYLERİNİN
İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Lütfi BAŞARAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2018

ÖZET

Bu çalışmada, Nevşehir ili kapsamında içme sularındaki total arsenik (As) düzeylerine bağlı olarak 3 farklı bölgeden ($> 50\mu\text{g/l}$; Dadağı, Küçükayhan, Emmiler ve Gülpınar köyleri; $10\text{-}50\ \mu\text{g/l}$; Kızılkaya ve Uçhisar kasabası; $<10\mu\text{g/l}$; kontrol bölgesi, Eskiaylacık, Civelek, Alkan ve Altıpınar köyleri) toplanan sebze örnekleri, bunların yetiştiği toprak örnekleri ve sulama suyu örneklerinde arsenik ve bazı ağır metal seviyeleri tespit edilmiştir.

Bölgede tarımsal olarak yetiştirilen 5 farklı bitki türünden, (Maydanoz (*Petroselinum crispum*), ıspanak (*Spinacia oleracea*), marul (*Lactuca sativa*), soğan (*Allium cepa*) ve pırasa (*Allium porrum*)) bunların yetiştiği topraklardan ve sulama sularından örnekler toplanmıştır. Bu örneklerde As, Cr, Mn, Ni, Cd, Pb, Mg, Zn, Cu ve Cu düzeyleri ICP-MS cihazı kullanılarak saptanmıştır.

Toprakta ölçülen arsenik değerleri incelendiğinde dört istasyonda (Küçükayhanlar, Dadağı, Civelek, Emmiler), toprak kontrol yönetmeliği üst sınırının üzerinde veriler ($25,9\text{-}111,3\ \mu\text{g/g}$) elde edilmiştir. Diğer istasyonlarda ölçülen veriler normal aralıktadır. Su örnekleri incelendiğinde beş istasyonda (Dadağı, Küçükayhanlar, Gülpınar, Emmiler, Kızılkaya) ölçülen veriler su kirliliği sulama suyu sınır değerinin üzerinde ($0,34\text{-}0,02\ \text{mg/l}$) bulunmuştur. Bitki örnekleri incelendiğinde Dadağı, Küçükayhanlar, Emmiler ve Gülpınarı istasyonlarında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınır değerlerinden ($10,9\text{-}0,51\ \mu\text{g/g}$) yüksek değerler elde edilmiştir. Diğer ağır metaller bakımından da, bazı toprak, sulama suyu ve bitki örneklerinde normal değerler üzerinde veriler elde edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde; kaynak sularının sulama suyu olarak kullanılması neticesinde bazı toprak ve bitki örneklerinde, bulunması gereken As sınır değerlerinin aşıldığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Nevşehir, Toksik etki, Sebze.
Tez Danışman: Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ
Sayfa Adeti: 108

**INVESTIGATION OF ARSENIC (As) LEVELS IN VEGETABLES IRRIGATED
WITH DRINKING WATER IN SOME SETTLEMENT AREAS IN NEVŞEHİR
REGION**

(M. Sc. Thesis)

Lütfi BAŞARAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE**

January 2018

ABSTRACT

In our study, according to the total arsenic levels in the drinking water of Nevşehir province, vegetable samples collected from three different regions ($> 50\mu\text{g/l}$; Dadağı, Küçükayhan, Emmiler and Gülpınar villages; $10\text{-}50\ \mu\text{g/l}$; Kızılkaya and Uçhisar town; $<10\mu\text{g/l}$; control area, Eskiyaylacık, Civelek, Alkan ve Altıpınar villages) and soil samples grown in these areas and detection of arsenic and some other heavy metals in irrigation water samples were determined..

5 different plant species cultivated in the region; samples were collected from the soil and irrigation water grown with Parsley (*Petroselinum crispum*), spinach (*Spinacia oleracea*), lettuce (*Lactuca sativa*), onion (*Allium cepa*) and leek (*Allium porrum*). In these samples, levels of As, Cr, Mn, Ni, Cd, Pb, Mg, Zn, Cu and Cu were determined using ICP-OES device.

When arsenic values measured in the soil were examined, data were obtained land control regulation above the upper limit four locations (Küçükayhanlar, Dadağı, Civelek, Emmiler). ($25,9\text{-}111,3\ \mu\text{g/g}$) The measured value at the other locations is in the normal range. ($0,34\text{-}0,02\ \text{mg/l}$)

When the water samples were examined, the measured water pollution in five locations (Dadağı, Küçükayhanlar, Gülpınar, Emmiler, Kızılkaya) was over the limit value of irrigation water. When plant samples were examined; high values were obtained from World Health Organization (WHO) limit values ($10,9\text{-}0,51\ \mu\text{g} / \text{g}$) in Dadağı, Küçükayhanlar, Emmiler and Gülpınar locations. In terms of other heavy metals, data were obtained over the normal values in some soil, irrigation water and plant specimens.

When the results are examined; as a result of the use of spring water as irrigation water, it is seen that in some soil and plant specimens, As threshold values which should be found are exceeded.

Key words: *Heavy metal, Nevşehir, Toxic effect, Vegetable.*
Thesis Supervisor: Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ
Page Number :108

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM 1	
1.1.Giriş.....	1
BÖLÜM 2	
GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Ağır Metaller.....	5
2.1.1. Arsenik	9
2.1.1.1. Arseniğin Toksisitesi ve Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	13
2.1.1.2. Metabolizması.....	16
2.1.1.3. Akut ve Kronik Belirtileri.....	17
2.1.1.4. Dünyadaki Sularda Arsenik Problemi.....	19
2.1.1.5. Türkiye'deki Sularda Arsenik Problemi.....	21
2.1.2. Demir (Fe)	27

2.1.3.	Krom.....	28	
2.1.4.	Mangan.....	29	
2.1.5.	Nikel.....	30	
2.1.6.	Kadmiyum.....	32	
2.1.7.	Kurşun.....	34	
2.1.8.	Magnezyum.....	35	
2.1.9.	Çinko.....	37	
2.1.10.	Bakır.....	38	
2.2.	Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Alınması.....	40	
2.2.1.	Köklerle Alınım.....	40	
2.2.2.	Sürgünlere Taşınması.....	40	
2.2.3.	Metallerin Bitkilerde Detoksifikasyonu.....	40	
2.3.	Araştırma Bölgesinin Tanımı.....	41	
2.4.	Kaynak Araştırması.....	42	
2.4.1.	As ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	42	
2.4.2.	Diğer Ağır Metaller ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	44	
BÖLÜM 3			
MATERYAL VE METOD.....			50
3.1.	Materyal.....	50	
3.1.1.	Maydanoz (<i>Petroselinum crispum</i>)	51	
3.1.2.	Ispanak (<i>Spinacia oleracea</i>)	51	
3.1.3.	Marul (<i>Lactuca sativa</i>)	52	

3.1.4.	Soğan (<i>Allium cepa</i>)	52	
3.1.5.	Pırasa (<i>Allium porrum</i>)	52	
3.2.1.	Araştırma Materyalinin Temini.....	53	
3.2.2.	Malzemelerin Temizliği.....	54	
3.2.3.	Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	54	
3.2.4.	Materyaller İçin Çözme İşlemi.....	54	
3.2.5.	Bitkide Ağır Metal Seviyesinin Belirlenmesi.....	55	
3.2.6.	İstatistiksel Analizler.....	56	
BÖLÜM 4			
BULGULAR			57
4.1.	Bulgular ve Değerlendirmeler	57	
4.1.1.	Arsenik.....	58	
4.1.2.	Demir	60	
4.1.3.	Krom.....	63	
4.1.4.	Mangan.....	65	
4.1.5.	Nikel.....	68	
4.1.6.	Kadmiyum	70	
4.1.7.	Kurşun.....	73	
4.1.8.	Magnezyum.....	75	
4.1.9.	Çinko	78	
4.1.10.	Bakır	81	

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	84
5.1. SONUÇLAR.....	84
5.2. ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	92
ÖZGEÇMİŞ.....	108

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Doğaya Karışan Toksik Ağır Metal Kaynakları	8
Tablo 2.2.	Arsenik Toksitesinin Vücutta Oluşturduğu Akut ve Kronik Etkileri.....	18
Tablo 2.3.	Arsenik Kirliliği Olan Ülkeler ve İzin Verilen İçme Suyu Sınır Değerleri.....	20
Tablo 2.4.	Türkiye'deki 81 İlin Sularındaki Arsenik Konsantrasyonu	22
Tablo 2.5.	Nevşehir ili, ilçe ve köyleri içme sularında saptanan arsenik değerleri.....	26
Tablo 3.1.	Örneklerin Toplandığı Lokasyonlar.....	50
Tablo 3.2.	Toplanan Sebze Türleri.....	50
Tablo 4.1.	Ağır metallerin toprakta, sulama suyunda toksik kabul edilen ve kontamine olmuş bitkilerdeki konsantrasyon aralıkları ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).....	57
Tablo 4.2.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait As konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	59
Tablo 4.3.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait As konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).....	60
Tablo 4.4.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Fe konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	61
Tablo 4.5.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Fe konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).....	62
Tablo 4.6.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Cr konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	64
Tablo 4.7.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Cr konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).....	65
Tablo 4.8.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Mn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	66
Tablo 4.9.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Mn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).....	67
Tablo 4.10.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Ni konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	69

Tablo 4.11.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Ni konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}\text{l}^{-1}$).....	70
Tablo 4.12.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Cd konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	71
Tablo 4.13.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Cd konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}\text{l}^{-1}$).....	72
Tablo 4.14.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Pb konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	74
Tablo 4.15.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Pb konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}\text{l}^{-1}$).....	75
Tablo 4.16.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Mg konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	76
Tablo 4.17.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Mg konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}\text{l}^{-1}$).....	77
Tablo 4.18.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Zn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	79
Tablo 4.19.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Zn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}\text{l}^{-1}$).....	80
Tablo 4.20.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Cu konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).....	82
Tablo 4.21.	Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Cu konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}\text{l}^{-1}$).....	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Ekosistemde Arsenik döngüsü	13
Şekil 2.2.	I-Tatlı su havzaları, II-Başta arsenik, florür, bor, sülfat, klor'ca konsantra yer altı su havzaları.....	24
Şekil 3.1.	Örneklerin alındığı lokasyonların uydu görüntüsü.....	51
Şekil 3.2.	Araziden toplanan Sebze Örnekleri.....	54
Şekil 3.3.	Çalışmada kullanılan Mikrodalga Fırın.....	55
Şekil 3.4.	Çalışmada Ağır metal analizinde kullanılan ICP-MS cihazı	55

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\mu\text{g g}^{-1}$	Mikrogram / gram
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
EPA	Çevre Koruma Ajansı
Fe	Demir
Hg	Cıva
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
mgkg^{-1}	Miligram/kilogram
mg l^{-1}	Miligram/Litre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Azot
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Hidrojen konsantrasyonunun (-) logaritması
Se	Selenyum
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Zn	Çinko

1. BÖLÜM

1.1. Giriş

Çevre, tüm canlı varlıklar, cansız varlıklar ve canlı varlıkların faaliyetlerini etkileyen veya etkileyebilecek etkenlerin tümüdür [1]. Çevre kirliliği, fiziksel (ısıtma ve radyonükleidler vb.), kimyasal (karbon gazı türevleri, deterjanlar, plastik maddeler, kükürt türevleri, azot türevleri, ağır metaller, florürler, katı partüküller ve fermente olabilen organik maddeler vb.), biyolojik (virüs ve bakterilerle kontaminasyon, bitki ve hayvan türlerine yapılan zamansız müdahale ile biyosönozun değiştirilmesi vb.) ve estetik (tabii çevrenin bozulması sonucu, biyotopların endüstrileşme veya insanlar tarafından değiştirilmesi vb.) olmak üzere dört grup altında sınıflandırılabilir [2]. Çevre kirliliği, günümüzde en önemli küresel sorunlardan biridir. Hızlı nüfus artışı, gıda yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların gereğinden fazla tüketim isteği ve süratle gelişen teknolojik gelişmeler çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Günümüzde ağır metaller çevre kirliliğinin en önemli nedenlerinden biridir. Genellikle endüstriyel faaliyetler neticesinde ortama yayılan ağır metaller canlı biyolojik sistemlerde büyük hasarlar oluşturmuştur. Sanayileşme ve kentleşmedeki artışla birlikte tüm canlıların ağır metaller ile teması artmıştır. Gelişmiş ülkelerdeki üretim artışı, metallerin üretimlerinin de artışlarına neden olmuştur. Doğal ve suni yollarla ekosisteme karışan ağır metaller çevrede kolay bir şekilde birikerek ve özellikle toprakta kompleks yapılar meydana getirerek kirliliği yüksek seviyelere ulaştırmışlardır.

Üretim atıkları da ekosistemde ağır metal kirliliğinin artışlarına neden olmuştur [3]. Ağır metaller bazı biyolojik ve kimyasal işlemler sonucu toprak, sediment ve su gibi çevre bileşenlerine yayılmaktadır [4, 5]. Yüzeysel ve yeraltı suları ile topraktaki ağır metal kaynakları: endüstriyel atıklar, evsel atıklar ve atmosferik birikimdir [6].

Ağır metaller, katı veya gaz formlarında ekosistemin tümüne girebilmektedir. Topraktaki ağır metaller, çevre için potansiyel risk olarak görülmektedir. Toprak ekosistemine ulaşan ağır metaller ve iz elementler, toprak tarafından tutulmaktadır. Bu metallerin toprak içindeki hareketliliği toprak pH'sı tarafından kontrol edilmektedir. Ağır metallerin toprakta ve canlılardaki birikiminin etkileri ilk başlarda fark edilmeyebilir [7]. Ancak zamanla birikimleri toksisiteye neden olmaktadır. Ağır metal kirliliğini önemli kılan unsurlardan en önemlisi canlı bünyesinde birikme özelliğidir,

zamanla yüksek konsantrasyonlara ulaşmakta ve canlıya zarar vermektedirler. Aşırı ağır metal kirliliği sonucu buna bağlı zehirlenmeler 1950'li yıllarda kaydedilmeye başlanmıştır [8]. Ağır metal maruziyetinin sağlık üzerindeki zararlı etkisi bilinmesine rağmen farklı alanlarda kullanımları artarak devam etmektedir.

Yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren bazı elementler bitkiler için mutlak gereklidir. Bu elementler Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co ve bazı şartlarda da Ni'dir. Bununla birlikte Cd, Cr, Hg ve Pb gibi diğer bazı ağır metaller ise endüstriyel aktivite sonucu olarak atık ürünlerde ve atık sularla artarak tarımsal ekosistemlere dahil olmakta ve çevre kirlenmesi açısından önem kazanmaktadır [9].

Arsenik maruziyetinin en önemli kaynağı içme suyudur. Yeraltında ağır metallerle bağlı olarak oluşan su kirliliği, genellikle; suyun ağır metallerin doğal mineral kaynaklarının bulunduğu bölgeden geçerken ağır metallerin bir bölümünün çözünmesi neticesinde suya karışmasıyla gerçekleşmektedir [10].

Arsenik ile kirlenmiş sular, içme ve kullanma suyu olarak kullanılmasının yanısıra, tarımsal amaçlı sulama suyu olarak da kullanılmaktadır. Arsenik oranı yüksek sularla sulanan bitkiler, ya doğrudan insanlar tarafından besin olarak tüketilmekte veya bu bitkilerin otçul hayvanlar tarafından tüketilmesi ile besin halkası şeklinde insanlara ulaşmaktadır. Özellikle arsenik ile kirlenmiş toprak ve suyun olduğu alanlarda yaşayan bireyler, arseniği vücutlarına gıda yoluyla (su, bitki ve hayvansal gıda) almaktadır. İnsanlar için sağlık riski yönünden günlük en fazla alması gereken arsenik miktarı orta yaşlı yetişkin bir birey için (içme suyundan ve besinlerden) 220 mg/gün olarak bildirilmiştir [11].

Arseniğin toksik ve kanserojenik olması, arsenik maruziyeti sonucunda kirlenmiş su kaynaklarını önemli bir çevre sorunu haline getirmektedir. Arsenik dünyanın farklı bölgelerinde toprakta ve suda geniş bir aralıkta bulunmaktadır. Türkiye'nin de içerisinde yer aldığı dünyanın birçok ülkesinde (Bangladeş, Amerika, Şili, Arjantin, Hindistan, Çin, Meksika, Macaristan, Nepal, Moğolistan, Myanmar, Yeni Zelanda, Tayland, Tayvan ve Vietnam gibi) çoğu içme ve kullanma suyu kaynağındaki arsenik miktarı ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarının üstündedir. [11].

İnsan hayatını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için protein, mineral ve vitaminlere ihtiyaç duymaktadır. İnsan beslenmesinde sebzeler içerdikleri vitamin, kalsiyum,

demir gibi mineraller ve diğer içerikleri bakımından hayati öneme sahiptir [12]. Ayrıca sebzeler sindirim esnasında meydana gelen asit bileşiklerini tamponlamaları yönünden de çok önemlidir. Fakat bazen sebzeler içerdikleri esansiyel maddelerin yanısıra bazı toksik elementler de içerebilmektedirler [13]. Marul, maydanoz, ıspanak, pırasa ve soğan ülkemizde yetiştirilen ve sevilerek tüketilen hem ucuz hem de besleyici sebzelerdendir.

Kök, gövde, sürgün, yaprak, çiçek, meyve veya tohum gibi farklı kısımlarından besin olarak yararlanılan, pişirilerek ya da taze olarak tüketilen tek veya çok yıllık otsu bitkilere sebze denilmektedir. İnsan beslenmesindeki yeri ve ekonomik değerinden dolayı bitkisel yetiştiriciliğin önemli bir alanını sebze üretimi oluşturmaktadır. Günümüzde, yapılan ıslah çalışmaları ve değişik yetiştirme teknikleriyle sebzeler dört mevsim sofralarda bulunabilmektedir. Sebzeler önemli oranlarda vitamin ve mineral ihtiva etmektedirler. Ispanak, maydanoz ve marul, A vitaminince; domates, fasulye, bezelye, B vitaminlerince; Yeşil soğan, ıspanak, yeşil biber, lahana, karnabahar, C vitaminince zengindir. Ayrıca sebzelerin içerdikleri posa, bitkisel proteinler, antioksidanlar ve askorbik asit gibi bazı mikrobesein öğeleri ve fitokimyasallar ile hastalıkları önleme etkileri de bulunmaktadır.

Gıdalar içerisinde en çok besleyici özelliğe sahip olanlar yeşil yapraklı sebzelerdir. Yeşil yapraklı sebzeler, hücrelerin zarar görmesinden ve yaşlanmasından koruyan mineraller (potasyum, demir, magnezyum ve kalsiyum), vitaminler (E, C, K ve birçok B vitamini türü) ve fito-besleyiciler (beta-karoten, lutein ve zeaksantin) bakımından zengindirler. Ayrıca yağ bakımından oldukça fakir olan lif ve karbonhidratlar içermektedirler.

Son yıllarda hızla artan dünya nüfusunun beslenmesi için gerekli olan gıda kaynaklarının bulunup korunması ve bu gıdaların insan sağlığı için zehirli maddeleri içermesinin engellenmesi günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Artan nüfusla birlikte artan çevre kirliliğine bağlı olarak gıda kaynakları da kirlenmekte ve insanlar için önemli sağlık riskleri meydana gelmektedir. Gıda kaynaklarının kirlenmesinde ekolojik döngünün en önemli unsuru "biyolojik birikim"dir. Kirletici maddelerin bir bölümü besin halkasında hiç birikmezken bir kısmı zamanla birikme eğilimindedir. Bazı kirleticiler gıda halkasının ilk basamaklarında çok az miktarlarda bulunsalar dahi, birbirini takip eden basamaklarda de artan yoğunluklarda bulunabilirler ki bu olaya

biyolojik birikim adı verilmektedir. Bazı ağır metal iyonlarının biyolojik birikime sahip oldukları bilinmektedir. Bu sebeplerle birikime neden olan söz konusu ağır metallerin gıda maddelerinde ya hiç bulunmaması ya da standartlarla belirlenen düzeylerde bulunması ve bunun üzerine çıkmaması önem taşımaktadır. Gıda maddeleri arasında, bu ağır metallerin insan vücuduna alınımı bakımından tüketilen sebzeler de önemli bir faktör olabilmektedir.

Yapılan önceki çalışmalarda; Nevşehir ili kapsamında içme sularındaki total arsenik düzeylerine bağlı olarak farklı 3 bölge ($> 50\mu\text{g/l}$; Dadağı, Küçükayhan, Emmiler ve Gülpınar köyleri; $10-50 \mu\text{g/l}$; Kızılkaya ve Uçhisar kasabası; $<10\mu\text{g/l}$; kontrol bölgesi, Eskiaylacık, Civelek, Alkan ve Altıpınar köyleri) belirlenmiştir.

Bu çalışmanın kapsamında belirlenen bu üç bölgeden; arsenik seviyesi yüksek içme sularıyla sulanan sebzelerdeki arsenik birikiminin belirlenmesine yöneliktir.

Çalışmamızda; arsenik kirliliğine maruz kalmış (ve kontrol grubu olarak da maruz kalmamış) yöre halkının tükettiği 5 sebze türünde (marul, maydanoz, ıspanak, pırasa ve soğan) ve onun yetiştiği toprak ile içme suyu örneklerinden yararlanılarak;

1- Nevşehir ilinin bazı köylerinden toplanan içme sularıyla sulanan sebzelerin ne derece arsenik kirliliğine maruz kaldıkları ayrıca biyomonitör olarak kullanılabilirliklerini tespit etmek, akümülyasyon yapabilen bitkilerin insan ve hayvan beslenmesinde uygun olup olmadığını belirlemek,

2- Oluşan kirliliğin dağılımını ve miktarını, sayısal veriler olarak belirlemek,

3- Nevşehir'in çeşitli bölgelerinde, arseniğin neden olduğu kirliliğin boyutlarını ve sınırlarını bu sebzelerde analiz etmek, sonuçlarını değerlendirerek arsenik kirliliğine karşı farklı çözüm önerileri sunmak amaçlanmıştır.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller

Ağır metaller farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Genel itibarı ile ağır metaller, düşük konsantrasyonlarda toksik özellik gösteren, özgül ağırlığı yüksek elementlerdir. Farklılığı yaratan unsur yoğunluk miktarındaki değişimlerdir. Ağır metal yoğunluğunu Van Nostrand (1964), 4 g/cm³ den daha fazla olan elementler olarak [14], Lorber (2011), 4.5 g/cm³ 'den fazla olan elementler olarak tanımlamışken [15], Thornton (1995) ise yoğunluğu 6 g/cm³ 'den fazla olan elementler olarak tanımlamıştır [16]. Ağır metal tanımına uygun bakır, kurşun, krom, kadmiyum, demir, kobalt, cıva ve çinko'nun dahil olduğu 60'tan fazla element sınıflandırılmaktadır [8].

Ağır metaller, doğal sularda eser miktarda bulunurken insan faaliyetleri sonucu özellikle endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan toprak ve suya geçmesiyle sulardaki konsantrasyonları artmaktadır. Ağır metaller beslenme zinciri içerisinde üst seviyelere doğru birikme eğilimdedirler. Bu kirleticiler bazı toleranslı türler tarafından biriktirilerek giderek artan bir oranda besin zincirinin üst tabakalarına taşınarak canlılara ve özellikle insanlarda toksik etkiye neden olmaktadır [17]. Metaller sularda serbest iyonlar halinde, organik ve inorganik bileşiklere ya da çeşitli partiküllere tutunmuş bir şekilde bulunurlar [18]. Partikül maddelere tutunarak çöken (sediment) ağır metal iyon ve bileşiklerinin değişik fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar farklı yükseltgenme basamaklarına sahip iyonik formlara dönüşmesiyle toksik etki gösterdikleri ifade edilmektedir [19].

Eko-toksikolojistlere göre ise ağır metaller, çevresel sorun yaratan metaller şeklinde tanımlanmaktadır. Bunlar kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), cıva (Hg), nikel (Ni), çinko (Zn), bakır (Cu), kobalt (Co), krom (Cr), titanyum (Ti), demir (Fe), kalay (Sn) ve mangan (Mn)'dir. Bunların yanında madeni yapıda olup, metal olmayan ve metaloit adı verilen arsenik (As) ve selenyum (Se) da bu gruba dahil edilirler [20, 21].

Çoğunlukla çok az miktarlarda bulunan ağır metaller, insan faaliyetleri neticesinde kirlilik sorunu meydana gelmektedir. Ekosisteme karışan ağır metaller, bitkiler tarafından alınarak vejetatif kısımlarında depo edilirler. Böylece gün geçtikçe bitkilerde

ağır metal kirliliği oluşmaktadır. Ayrıca bitkisel besinlerin içerdiği ağır metal seviyeleri; bitkinin türü, toprak ve çevresel etmenlere bağlıdır [22].

Ağır metaller, tabii olarak toprağın yapısında yer almaktadır ve tüm biyolojik sistemin bir unsurudur. Diğer taraftan, antropojenik kaynaklar bilhassa insanlar bu elementlerin çevredeki dağılım ve derişimini ciddi şekilde etkilemektedir. Toprakta, suda ve havada bulunan ağır metaller; besinleri, içme suyunu ve sonuç olarak da insanlara bulaşabilmektedir [22]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), tüm akut ve kronik hastalıkların %60-70'nin ağır metal kirliliği ile ilgili olabileceğini bildirmektedir [23].

Ağır metallerin toprağa karışımı, kirlenmiş atmosferle, kirli suların sulamada kullanılmasıyla, katı atıkların geri dönüşümsüz toprağa atılmasıyla, ağır metal içeren tarımsal ilaçlar ve fosforlu gübrelerin yaygın olarak kullanılması neticesinde olmaktadır. Ayrıca, trafiğin yoğun olduğu karayollarının kenarında bulunan tarım toprakları ve burada yetişen ürünler, ağır metal kontaminasyonuna maruz kalmaktadır [24].

Topraklarda ağır metal birikimi daha çok yüzeyde veya yüzeye yakın derinliklerde oluşmaktadır. Çünkü ağır metallerin hemen tamamı toprakta kil mineralleri üzerinde adsorbe olmakta ya da topraktaki organik bileşiklerle organo-mineral bileşikler oluşturarak kararlı forma dönüşmektedirler. Toprakta biriken toksik metaller tarım ürünleri tarafından alınması besin halkasına girmesi veya topraktan sızarak su ortamına ulaşması büyük bir çevresel tehdit oluşturmaktadır [25]. Ayrıca bu tür toksik metaller toprakta varolan doğal organik asitler ile bileşik oluştururlar. Bu da metallerin topraktan yeraltına taşınımını hızlandırarak yer altı suyuna ulaşmalarına ve dolayısıyla içme ve sulama sularının kirlenmesine sebep olmaktadır [26, 27].

Biyolojik sistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı son yer olduğundan biyolojik sistemde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye maruz bırakılan kısımlar halini almıştır. Tabii dengeyi bozan bu kirletici unsurlar: organik maddeler, fabrika atıklar, yapay tarımsal gübreler, petrol türevleri, deterjanlar, tarımsal ilaçlar, radyoaktivite, Anorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık su olarak sınıflandırılabilir. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre endüstriyel atıklar ve bazı tarım ilaçları içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder seviyeye gelmektedir [28].

Ağır metaller, periyodik cetvelde geçiş metalleri, yarı metaller, lantanitler ve aktinitlerden oluşmaktadır. Bu maddeler yeryüzünde doğal olarak bulunurlar, yok edilemezler. Ağır metallerin birçok kaynağı bulunmaktadır (Tablo 2.1.). Metallerin besin zincirine akümüle olarak insana kadar ulaşmaları ve doğada kalıcı olmaları oluşabilecek en büyük problemdir. Ağır metaller, yüksek konsantrasyonlar da kontamine olmuşsa veya gıda zinciri yoluyla vücuda geçtiklerinde toksik etki gösterebilirler.

Tablo 2.1. Doğaya Karışan Toksik Ağır Metal Kaynakları [29].

Partikül ve dumanlar	<ul style="list-style-type: none"> • Taşıtlar (Pb, Cd, Mo,) • Kent ve Fabrika (Cu, Cd, Pb, Sn, Hg, V) • Fosil Yakıtlar (As, Cu, Cd, Cr, Mn, Ni, V, U, Pb, Sr, Zn, Ti)
Endüstri	<ul style="list-style-type: none"> • Rafineri (Cr, Ni, Pb) • Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg) • Ağaç Sanayisi (As, Cu, Cr) • Ev aletleri imalatı (Cu, Cd, Ni, Sb, Zn) • Tekstil (Al, Sn, Tl, Zn)
Metal ve maden sanayi	<ul style="list-style-type: none"> • Demir-çelik endüstrisi (As, Cr, Cu, Cd, Hg, Ni, Pb, Zn) • Metal Sanayisi (As, Cu, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) • Metallerin eritilmesi (As, Hg, Cd, Pb, Se, Sb)
Tarım	<ul style="list-style-type: none"> • Hayvansal ve Kimyasal Gübreler (As, Cu, Cd, Mn, U, V, Zn) • Sulama (Cd, Pb, Zn) • Kireçler (As, Pb) • Metal aşınması (Pb, Zn, Fe)
Atıklar	<ul style="list-style-type: none"> • Kanalizasyon (As, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, Tl, U, V, Zn) • Kazma ve delmeler (Cu, Cd, Hg, Pb, Sn, V) • Küller (Cd, Pb)

Teknolojik gelişmelerle birlikte üzerinde barındığımız ve beslendiğimiz topraklar her geçen gün daha fazla kirlenmektedir. Madencilik, endüstri, tarım alanlarındaki aktiviteler, kimyasal silahlar ve nükleer kazalar sonucunda toprakların yanı sıra su ve hava da kirlenmektedir. Bu kirlilik ekosistemin canlı ve cansız öğelerini olumsuz

etkilemekte ve ekosistem devamlılığını tehdit etmektedir. Çevre kirliliğine neden olan en yaygın ve önemli kirleticilerin başında ağır metaller gelmektedir. Biyosferin en önemli ve dinamik kısmını oluşturan toprak-su-bitki sisteminde oluşan ağır metal kirliliği, sadece verim ve ürün kalitesi üzerinde değil aynı zamanda atmosferik ve sucul çevre kalitesi hatta besin halkası yoluyla insan sağlığı üzerinde de tehdit edici etkiler oluşturmaktadır [30].

Son yıllarda ağır metallerin çevreye ve canlılar üzerine olumsuz etkileri bilinmesine rağmen, birçok endüstriyel alanda hâlâ yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle kullanılan yakıtlar, geri dönüşümsüz atıkların, tarımsal ilaç ve fosfatlı gübreler, maden ocakları, atık sularla tarım arazilerinin sulanması, metaller ve metalik bileşiklerin doğaya yayılmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle toprak, su kaynakları ile bitki örtüsünün kirlenmesiyle, insan ve hayvanların tükettiği gıdalar da bu kirleticilerden etkilenmektedir. Ağır metaller, doğa şartlarına karşı dirençli olup biyolojik yapılarda ve besinlerde zamanla birikim yaparlar. Günümüzde önem kazanan metal toksikliği olgularında, metalin türü, diğer metallerle etkileşimi ve miktarlarına bağlı olarak insan ve hayvanlarda ölüme sebep olabilen zehirlenmelere rastlanmıştır [30].

Ağır metallerden bazıları canlılar için gerekli, bazıları ise gelişimi uyarıcı fakat yüksek dozlarda hepsi toksik etki göstermektedir. Çinko, Fe, Cu, Mn gibi bazı ağır metaller, hem bitki hem de insan vücudu için iz miktarlarda da olsa mutlak ihtiyaç duyulan metallerdir. Ancak, bu metaller, gereksinim duyulan miktardan fazla alındığında canlılarda ciddi toksisiteye yol açmaktadırlar. Yüksek dozlarda, vücut için toksik olabilir ya da diğer iz elementlerin noksanlığına neden olabilirler. Bu metallerin bilinen herhangi bir fonksiyonları olmamasına rağmen vücutta birikerek toksik etki gösterebilirler [30].

2.1.1. Arsenik

Arsenik en önemli kimyasal kirleticilerin başında yer almaktadır. Arsenik, yeryüzünde geniş dağılımı olan, doğal olarak bulunan bir elementtir (metalloid). Arsenik içme sularında başlıca inorganik arsenik (iAs) türleri; arsenit (As III) ve arsenat (As V) halinde) biçiminde bulunmaktadır. Arsenik, metal olmayan ya da metaloid olarak sınıflandırılmaktadır. Arsenik, sulu ortamlarda organik veya inorganik türlerde bulunabilir. Arseniğin (As⁺⁵) değerlikli oksidasyon durumunda bulunan organik türleri

(dimetilarsinik asit ve monometilarsinik asit) yüzeydeki sularda daha az görülmekte ve bu organik türlerin miktarı, metilleme reaksiyonları sonucu artmaktadır [31,32]. Arsenik doğada genellikle üç değerlikli arsenit As^{+3} ya da beş değerlikli arsenat As^{+5} oksianyonları şeklinde bulunmaktadır [31]. Üç değerlikli arsenik beş değerlikli arseniğe göre daha toksiktir.

Arsenik; kokusuz, renksiz ve tat vermeyen bir metaldir. Arsenik, doğada 200'den fazla mineralin ana bileşeni olarak en çok görülen 20. elementtir. Arsenik tabiatta hem tabii hem antropojenik kaynaklı olarak bulunabilir. Arsenik doğada çok yaygındır. Özellikle As^{+5} değerlikli bileşikler toprakta diğer arsenik türlerine oranla daha çok bulunur. Toprakta 0,1-40 ppm miktarı arasında rastlamak olasıdır. Topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasıyla suya ve oradan bitkilere geçer. Arsenik bileşikler yer altı sularında, göllerde, nehirlerde ve okyanuslarda eser miktarda bulunmaktadır. Suyun sıcaklığının arttığı yerlerde ise arsenik konsantrasyonu da artmaktadır [33].

Saf arsenik, doğada az rastlanılan gri renkli ve kırılkan bir maddedir. Arsenik aynı zamanda beraber yer aldığı elementlerin türüne göre inorganik ve organik bileşikler olarak da sınıflandırılabilir. Arsenik oksijen, klor ya da sülfür ile beraber bulunduğu anorganik arsenik, karbon ya da hidrojenle birlikte bulunduğu ise organik arsenik olarak isimlendirilir. İnorganik arsenik terimi As^{+3} ve As^{+5} türlerinin ikisini de kapsar. Anorganik arsenik türleri arsenat ve arsenit, organik türlerinden bazıları ise metillenmiş türleri olan monometil arsonik asit ve dimetil arsinik asittir [34].

Arseniğin bazı formları metale benzemekle beraber element olarak genellikle ametaller grubunda sınıflandırılır. Yumuşak ve sarı arsenikten daha kararlı olan ve tabiatta daha bol bulunan gri veya metalsi arsenik kolay kırılır, havada kararır ve hızla yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında süblimleşir; başka bir deyişle erimeksizin doğrudan buhar haline geçer, buhar soğutulduğunda sıvılaşmadan yeniden kristalsi katı biçimine döner. Arseniğin sarı ve griden başka biçimleri de nadiren de olsa görülmüştür [35].

Arseniğin yer kabuğunun üst katmanlarında 6 mg/kg'lık bir ortalama ile toplam miktarının 4.01×10^{16} kg olduğu sanılmaktadır. Arsenik yer kabuğunun yaklaşık % 0,0005'ini oluşturur. Ancak atık sahalarının, maden işletmelerinin ve pestisit kullanılan bölgelerde bu değer daha da yükselebilir (50-550 mg/kg). Volkanik kayaların ve

sülfürlü cevher yataklarının çevresinde bu değer 3000 mg/kg' ye kadar artmaktadır. Arsenik, tabiatta genellikle sülfür mineralleri ile bakır, nikel, kurşun, kobalt ve diğer metallerle birlikte bulunmaktadır [31].

Arsenik çevrede hem organik hem de inorganik bileşikler halinde görülmektedir. İnorganik arsenik bileşikleri ise en sık görülendir. Arsenik sulara yaygın olarak arsenit As^{+3} ve arsenat As^{+5} iki oksidasyon şeklinde bulunmaktadır. Yükseltgen ortamlarda ortamın pH'ına bağlı olarak arsenat türleri H_3AsO_4 , $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$; indirgen koşullarda ise gene ortamın pH'ına bağlı olarak arsenit türleri H_3AsO_3 , $H_2AsO_3^-$, $HAsO_3^{2-}$ halinde sulara bulunurlar [31].

Arsenik yerkabuğunda en fazla bulunan metallerden biridir ve endüstriyel hammadde olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Arseniğin ekosistemlere girişi doğal ya da antropojenik olabilir. İki ana sebep arseniğin geniş alanlara yayılmasına neden olmaktadır: ortam pH'ının azalması ile nötral pH civarında güçlü indirgeyici şartların gelişmesidir [31].

Arsenik yerkabuğunda, sedimental ve volkanik kayalarda 2-5 mg/kg konsantrasyonunda bulunmaktadır. Doğada bulunan arseniğin en büyük kaynağı arsenik içeren pirit (FeS)'dir. Arseniğin topraklardaki yüksek miktarları, volkanik ya da jeotermal aktivite bölge topraklarından veya mineralize alanlardaki topraklardan ve killi şistlerden kaynaklanmaktadır [36, 37].

Toprak ve kayalardan geçen yer altı sularının bazı mineralleri çözmesi sonucu sulara arsenik bulunabilmektedir [38]. Arsenik, sulara organik ve inorganik formlarda bulunur. İçme sularında inorganik formda bulunabilen arsenik akut toksisiteye neden olabilmektedir. Yeraltı sularında bulunan arsenik, belirli pH değerlerinde (pH 6,5-8,5) karakteristik olarak bulunan hareketli bir elementtir. Doğal olarak oluşan ve yeraltı sularında bulunan arsenik kirliliği dünya üzerinde 100 milyonun üzerinde kişiyi etkilemektedir. İçme sularında yüksek miktarlarda arsenik bulunan yerler arasında Batı Bengal Deltası, Çin ve Yeni Zelanda bulunmaktadır [39]. Ülkemizde yeraltı sularına arsenik bulaşmış olan ve risk taşıyan yöreler olarak Kütahya-Emet bölgesi, Nevşehir yöresi, İzmir yöresi, jeotermal kaynaklar ile madencilik etkinliklerinin yoğun olduğu yerlerdir.

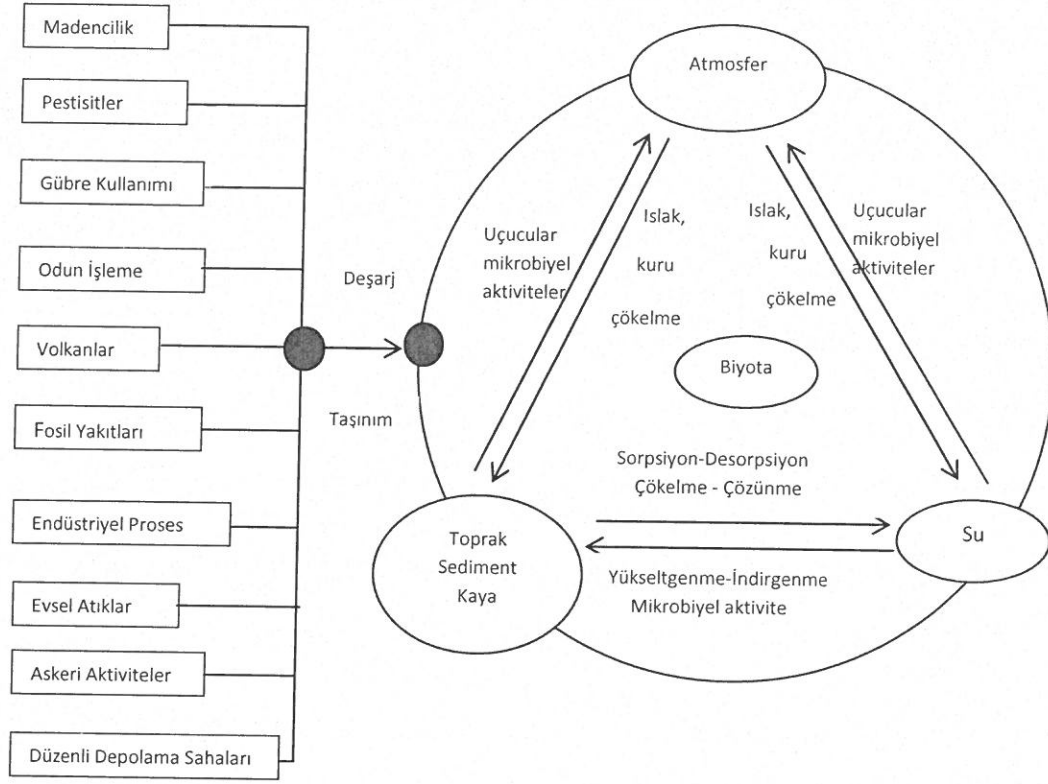
Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından hazırlanan “İnsani Gelişme Raporu 2006 Kıtılığın Eşliğinde: Güç, Yoksulluk ve Küresel Su Krizi” adlı raporda Türkiye arsenik kirlenmesi olasılığı bulunan ülkeler arasında yer almıştır [40]. Ülkemizde, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre, atıkların kentsel düzenli depolama sahalarına kabul edilebilmeleri için arsenik içeriğinin 0.05-0.2 ppm olması gerekmektedir.

Arsenik kaya türlerinde bazı topraklarda ve özellikle kurşun ve bakır içeren mineral ve cevherlerde tabii olarak bulunur. Rüzgarın vasıtasıyla taşınan toz, havaya ve yüzeysel akış ya da yeraltına sızma neticesinde suya karışabilir [41]. Arsenik, çeşitli tarımsal ilaçların içeriklerinde, seramikçilikte, yağlı boya sanayinde, sülfürik asit üretiminde, kanatlı ve domuz yemlerinde katkı maddesi olarak ve dişçilikte kullanılan bir elementtir. Sigara dumanı, insanlar için kullanılan bazı ilaçlar ve akut promiyelositik lösemi tedavisinde kullanılan ilaçlarda arsenik içermektedir. Tüm bu alanlar sebebiyle, arsenik besinlere bulaşabilmektedir.

Arsenik doğada yaygın bir şekilde bulunduğundan kolaylıkla su, bitki ve dolayısıyla da gıdalara geçebilir. Herhangi bir nedenden dolayı örneğin sanayi atıklarının, zirai mücadele ilaçlarının kontrol edilmemesi gibi durumlarda başta su olmak üzere bitki ve gıdalar arsenik ile aşırı kontamine olurlarsa insan ve hayvanlarda arsenik zehirlenme vakalarının oluşması kaçınılmaz hale gelir. Normalde bitkilerde 0.1-1.0 mg/kg [Kuru ağırlık hesabıyla] düzeyinde arsenik bulunur. Eğer bu miktar 1.0 mg/kg'dan daha fazla ise o zaman bir kontaminasyondan söz edilebilir [42-45].

Arsenik ve arsenik formları çevresel koşullara oldukça dayanıklıdır ve kolay kolay yok olmazlar, bu nedenle bunların endüstri atıkları ve tarım ilaçlarında kullanımları çevredeki bitki ve besinleri önemli ölçüde kirletir ve zamanla bunlardaki birikim miktarları zehirlenmeye neden olabilecek düzeye ulaşabilmektedir [46-48]. Bazı deniz canlıları organik arsenik bileşiklerini önemli miktarlarda doğal olarak depolamaktadırlar. Bu nedenle insanlar deniz ürünlerini tüketerek organik arsenik bileşiklerine maruz kalabilirler.

Arsenik doğada hem tabii hem insan kaynaklı olarak bulunabilir. Doğadaki meydana gelişi ve döngüsü aşağıdaki şekilde verilmiştir Şekil 2.1.



Şekil 2.1. Ekosistemde Arsenik döngüsü [39].

Bitkilerdeki arsenik miktarı bitkinin bulunduğu coğrafi konumu, topraktaki arsenik oranı ve çevresel unsurlara bağlı olarak farklılık gösterir. Deniz bitkilerindeki arsenik miktarı daha fazladır. Bazı yosun türlerinde bu miktar daha da artmaktadır. Deniz ürünlerinde arsenik birikmesi tolerans sınırının üstünde olabilir [35].

Arsenik içeriğinin, içme ve kullanma sularında standartların üzerinde olması ekosistemde yaşayan canlılar için zehirleyici etki yapmaktadır. Arsenik sulama suyunda yüksek olması durumunda bitki bünyesine geçer ve inorganik arsenik olarak depolanır bitkinin kurumasına neden olmaktadır [49].

2.1.1.1. Arseniğin Toksikitesi ve Sağlık Üzerindeki Etkileri

Arsenikli bileşiklerin insan vücudunda hangi mekanizmalar yoluyla mutajenik yada kanserojenik etkilere yol açtıkları henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Fakat pek çok araştırma bulgusu gösteriyor ki arsenik maruziyetinin serbest radikallerin meydana gelmesini tetikleyerek hücre haberleşmesinin etkilenmesine, hücre ölümüne veya mutajeniteye neden olduğunu ortaya koymuştur [50, 51]. Nitekim, serbest radikal aktivitesiyle nükleik asitler ve proteinler gibi biyolojik bakımdan önemli

makromoleküllerin geri dönüşümsüz oksidasyonları tespit edilmiştir. Bu yüzden de kan hücreleri hasar görebilmiştir [52].

Arseniğe maruz kalmanın en önemli kaynağı içme sularıdır, sularda en yüksek arsenik derişimi özellikle bazı jeokimyasal şartların arseniğin doğal olarak çözünmesine neden olduğu bazı yer altı sularında bulunmaktadır [10, 53, 54].

Arsenik doğada tabii olarak da bulunduğundan dolayı insanlar açısından arseniğe maruz kalmak kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum başlıca 3 yolla oluşabilir: havanın solunması, yiyecek ve su tüketimi ve dermal emilim. Arsenik vücuda alındıktan sonra cilt, solunum, kardiyovasküler sistem, immün sistemi, genital ve üriner sistemler, üreme, sindirim sistemi ve sinir sisteminin de dahil olduğu bir çok farklı organları ve sistemleri etkilemektedir. Arsenik vücuda alındığında öncelikle karaciğer, akciğer, böbrek ve kalpte birikmektedir. Daha düşük alımlarda da kas ve sinir dokusunda depolanmaktadır. Arsenik alımından 2 veya 4 hafta sonra, keratin sülfidril gruplar tarafından bağlanarak tırnak, saç ve ciltte depolanmaya başlamaktadır [55].

Zehirliliği kimyasal yapısına bağlı olan arsenik, organik ve inorganik bileşikler şeklinde bulunabilmektedir ve inorganik bileşikleri, organik bileşiklerinden çok daha toksiktir.

Topraktan, sudan ya da diğer çevresel kaynaklardan bitkilere ve tahıllara kadar ulaşmasıyla yüksek miktarlarda arsenik, hayvanlara ve insanlara taşınarak toksitelere neden olabilmektedir. Arsenik zehirlenmeleri yüksek ateş, şiddetli karın ağrıları, bulantı, kusma, ağız ve boğazda yanma hissi, ağızda metalik tat, boğazda sıkışma, kolera benzeri ishal, bacaklarda kramp, yüzde solgunluk, iştahsızlık, reflekslerde yavaşlama, tırnaklarda çizgiler, elektrokardiyogram bozukluğu, anemi, karaciğer büyümesi, gözlerde çökme, soğuk ve ıslak deri, deride siyah lekeler, periferik sinir sistemi hasarları, zayıf ve düzensiz nabız atışı, dolaşım ve kalp yetmezliği, felç, koma ve ölümle sonuçlanabilir [56].

Arseniğin, insan vücudu için küçük miktarlarda alınması gereklidir. Ancak kronik alımlarda öldürücü etkilere sebep olmaktadır. Arsenik kirlilik oranı yüksek olan içme suların uzun süre kullanılması sonucunda, insanlarda deri ve iç organlarda hasar meydana gelmektedir [57]. Yüksek arsenik içeren suların; insanlar üzerinde kanserojen etkisi olması nedeniyle dikkatle araştırılıp önlemler alınması gerekmektedir. Genel popülasyonda toplam günlük arsenik alımı 0.200 mg/kg olarak belirlenmiştir [58].

Arsenik ile kirli su ve bitkileri tüketen insan ve hayvanlarda öncelikle arsenik zehirlenmesi özellikle kronik düzeyde ve ayrıca kansere yakalanma riski oldukça fazladır [44, 45, 48].

Arseniğin insanlarda en önemli absorpsiyon yolu oral yol olup, dermal yol ile vücuda girişi daha azdır. Arsenikli sanayi atıkların kontrolsüz çevreye bırakılması insan sağlığı açısından önemli sorunlara sebep olmuştur. Güney Kalküta' da bakır setoarsenit üreten bir fabrikanın yakınında yaşayan 17 ailenin 53 üyesinde (% 67), arsenikle kirlenmiş suyun tüketilmesine bağlı olarak kronik arsenik zehirlenmesi meydana gelmiştir; yapılan ölçümlerde yüzeye yakın kuyu sularındaki arsenik düzeyinin 558 mg/L arasında olduğu saptanmıştır [59]. Arsenik vücuda alındığında öncelikle karaciğer, akciğer, böbrek ve kalpte depolanmaktadır. Daha az miktarlarda da kas ve sinir dokusunda birikmektedir. Ayrıca iki veya 4 hafta sonra, keratin sülfidril gruplar tarafından bağlanarak tırnak, saç ve ciltte birikmeye başlamakta ve zaman bağlı olarak zehirleyici etki göstermektedir [60].

Gıda ürünlerindeki arsenik miktarındaki artışın bilimsel kanıtlar incelendiğinde prostat kanseri riskinin ambalaj materyallerinden gıdaya geçen arsenik miktarının insan vücuduna direk olarak alınarak birikmesi sonucu ortaya çıktığı ve prostat kanserinin bu nedenle gün geçtikçe arttığı bilimsel epidemiyolojik araştırmalar sonucu belirlenmiştir [61].

Yeraltı sularında arsenik kirliliğinin önemi ve meydana getirdiği sağlık risklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için dünyada özellikle Batı Bengal, Bangladeş, Çin, Hindistan, Yunanistan, Şili, İngiltere ve Nepal'de pek çok çalışma yapılmıştır. İçme suyu ile arsenik maruziyetini etkileri arasında çeşitli deri lezyonları, kardiyovasküler rahatsızlıklar, nörolojik etkiler, diyabet, hipertansiyon, solunum sıkıntısı, ödem, kangren, ülser, cilt ve diğer kanser türleri, düşük, ölü doğum, prematüre doğumlar, halsizlik, zayıflama, yorgunluk, anemi, bağışıklık sistemine verilen zararlar sayılabilir [62-73].

Arseniğin akut toksisitesi kimyasal formuna bağlıdır. Arsenik elementel, gaz (arsin), organik ve anorganik formlarda bulunur. Element halindeki arsenik toksik değildir, ancak arsenik bileşikleri arsenikten daha toksiktir ve bileşiğin formu önemlidir. En toksik formu gaz formudur. İnsan sağlığı üzerinde en olumsuz etkiyi yapan arsenik

bileşigi solunum yolu ile alınan arsenik hidrür (AsH_3)'dür. Doğada yaygın olarak bulunan formu anorganik arsenik olan arsenik trioksittir (As_2O_3) [34].

Arsenik içeren bileşiklerin toksisitesi, nötral, 3 değerlikli veya 5 değerlikli olmalarına, organik veya anorganik formda bulunmalarına ve adsorpsiyon ve giderimlerini etkileyen fiziksel durumlarına bağlıdır. Genellikle anorganik arsenik bileşikleri, organik arsenik bileşiklerinden daha toksiktir ve As^{+3} 'ün de As^0 ve As^{+5} 'ten daha zehirli olduğu bilinmektedir [74].

Arsenik bileşiklerinin toksisite düzeyleri ise; Arsenik hidrür gazı (AsH_3) > Anorganik (As^{+3}) > Organik (As^{+3}) > Anorganik(As^{+5}) > Organik (As^{+5}) > As^0 şeklindedir.

2.1.1.2. Metabolizması

Arsenik bileşikleri, insan vücuduna solunum ve sindirim yolları ile alınabilir. Ayrıca ciltle de emilebilir. Genellikle arsenik, vücutta içme suyu ve arsenik ile kontamine olmuş yiyecek aracılığı ile birikir [75]. As^{+5} proteinlere bağlanarak ATP sentezini bloke eder. As^{+3} ise, enzimlere bağlanarak doku büyümesine engeller [34].

Arsenik bir yere kadar yumuşak dokularda birikim gösterir. Tüm arsenik bileşikleri saç ve tırnaklarda, Arsenaminler ise kemiklerde birikir. Arsenik birikmesi zamanla tırnaklarda Mee çizgileri oluşturur. Arsenik alımından 6 hafta sonra bu çizgiler görülür. Tırnaklarda görülen bu beyaz çizgilerin tırnak dibine olan uzaklığı ölçülerek maruziyet süresi tayin edilebilir. Başlıca vücuttan atılım yolu böbreklerdir. Organizmada arsenik karaciğer, böbrek, beyin, kalp, gibi bütün yumuşak dokulara dağılır. Özellikle keratince zengin olan tırnak, saç, deri gibi dokularda birikir. Saç ve kılda toplanan arsenik yavaş bir şekilde idrarla atılır. Bu nedenle arsenik ile ölümlerde saç, kıl ve tırnak en önemli analiz örnekleridir. As^{+3} organizmada tiyol (-SH) grubu içeren enzimleri inhibe ederek toksik etkisini gösterir [35].

Protein ve enzimlerin tiyol grupları ile etkileşimleri, hücrelerin içinde reaktif oksijen türlerinin artışı ve sonrasında hücre hasarına neden olduğu için arsenik (örn: arsenit) toksik kabul edilebilir. Arsenitin (AsO_2) vücutta 200'den fazla enzimi bloke ettiği bilinir ve arsenat (AsO_4^{3-}) fosfat ile benzer yapıya sahip olduğu için vücutta fosforun yerini alabilir, bu da zamanla kemikte fosfor ile yer değiştirmesine neden olabilir. Arsenat hücre içerisinde kolaylıkla hidrolize olduğu için; fosfatın geçişini, (adenozin difosfat (ADP)'den adenozin trifosfat (ATP)'ye) önler ve böylece hücrenin enerjisini tüketir.

Arsin gazı (AsH_3), arsenik bileşiklerinin en toksigidir. Hemolitik anemiye neden olan kırmızı kan hücrelerinin alyuvar yıkımına (hemoliz) neden olur. Ayrıca böbrek yetmezliğinin gelişiminden sorumlu olduğu bilinir [75].

2.1.1.3. Akut ve Kronik Belirtileri

İnsan vücudunda meydana gelen toksite arseniğin miktarı, maruziyet süresi ve hastanın yaşı gibi bir çok etmene bağlı olarak değişiklik gösterir. Yüksek dozda (70-180 mg) arsenik alımları akut olarak ölüme neden olabilir. Arsenik alımlarında yaklaşık 1 saat içinde hastada belirti ve bulgular baş gösterir, bazen bu süre 12 saate kadar uzayabilir. Akut arsenik toksitesinin santral belirtileri genellikle 2-3 gün içinde ortaya çıkar. Polinöropati, saç dökülmesi ve tırnaklarda Mee çizgilerinin ortaya çıkması gibi geç belirtilerse 1-3 hafta içinde ortaya çıkar [76].

İnsanların uzun süreli arseniğe maruziyeti sonucunda kronik belirtiler ortaya çıkar. Arseniğin kronik belirtileri çoğunlukla arsenikli suları içen ve besinleri tüketen popülasyonlarda görülür. Deri lezyonları en baskın semptomu olup yaklaşık 5 yıl süresinde ortaya çıktığı bilinir. Akut ve kronik arsenik zehirlenmesinin belirtileri Tablo 2.2.'de verilmiştir [77].

Tablo.2.2. Arsenik Toksitesinin Vücutta Oluşturduğu Akut ve Kronik Etkileri [77].

Etkilenen Sistem	Akut Zehirlenme	Kronik Zehirlenme
Kalp damar sistemi	Hipovolemik ya da hemorajik şok, aritmiler (<i>Torsade de Pointes</i> , ventrikül fibrilasyonu,taşikardi, EKG’de QTc uzaması ve T değişiklikleri	Hipertansiyon, miyokardit
Sinir sistemi	Bilinç değişiklikleri, deliryum, ensefalopati, koma (ilk günler içinde)	Periferik sinir sistemi bulguları (el ve ayaklarda duyu kusuru, yanma hissi, ağrı, parestezi, kas fasikülasyonları, tremor), bilinç bulanıklığı, eşgüdüm bozukluğu, ataksi, kas güçsüzlüğü, motor ve duysal nöropati
Solunum sistem	Takipne, ciddi zehirlenmelerde kardiyojenik ya da kardiyojenik olmayan akciğer ödemi	Üst ve alt solunum yollarında irritasyon bulguları
Sindirim sistemi	Karın ağrısı, kusma, kanlı ya da sulu ishal, ağız ve burun mukozasında kuruma, nefeste ve dışkıda sarımsak kokusu	İştahsızlık, burun septumunun delinmesi
Karaciğer	Karaciğer işlev testlerinde bozukluk (seyrek)	Karaciğer işlev testlerinde bozukluk (sık), siroz
Hematolojik sistem	Alındıktan 1-2 hafta sonra pansitopeni, lökopeni ve anemi	Pansitopeni, aplastik anemi ya da lösemi
Böbrekler	Hematüri, oligüri ve akut tubuler nekroz (1-3 gün içinde)	Nefrit
Göz		Kornea ve konjonktivada pigmentasyon
Deri	Saç dökülmesi, tırnaklarda çizgilenme (Ağız yoluyla alındıktan 2-3 hafta sonra)	Eritematöz kaşıntılı dermatit, hipo ve hiperpigmentasyon, melanozis, püstüllü, ülserli ve gangrenli deri lezyonları, el ve ayaklarda hiperkeratoz
Diğer		Akciğer, mesane deri ve diğer kanser gelişimi ile ilişkili.

2.1.1.4. Dünyadaki Sularda Arsenik Problemi

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)’nin açıkladığı “İnsani Gelişme Raporu 2006, Kıtılığın Eşiğinde, Güç, Yoksulluk ve Küresel Su Krizi” adlı raporda arıtılmamış suda bulunan doğal maddelerin milyonlarca insan için risk yarattığı, arıtılmamış yer altı suyunun içme amaçlı kullanılmasının yaklaşık 60 milyon insanın “arsenik

zehirlenmesi”ne maruz kalabileceği, gelecek 50 yılda kanserden 300,000 ölüm ve 2.5 milyon arsenik zehirlenme vakasının insanları tehdit edeceği belirtilmektedir [78].

Bugün Dünyada çoğu insan arsenik değeri yüksek suları kullanmak mecburiyetinde kalmaktadır. Arsenik, tüm dünyada içme sularında bilinen en tehlikeli madde olarak ilk basamaklarda bulunmaktadır. Zamanla ortaya çıkabilecek sağlık riskleri yönünden içme sularındaki en toksik kirletici olan iAs, Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC) nun değerlendirmesine göre 1987 yılından bu yana Grup 1’de (insan karsinojeni) yer almaktadır [79].

Doğal sulardaki arseniğin dünya çapında bir problem olduğu belirtilmiştir. Arsenik probleminin yakın zamanda ABD, Arjantin, Şili, Çin, Bangladeş, Tayvan, Meksika, Polonya, Japonya, Kanada, Yeni Zelanda, Macaristan, ve Hindistan’da olduğu bildirilmiştir. 21 ülke arasında risk altındaki en büyük nüfusun, yer altı arsenik kontaminasyonu ile Bangladeş olduğu, onu Hindistan’daki Batı Bengal’in takip ettiğini belirtilmektedir [80].

Dünyanın çeşitli bölümlerindeki büyük akiferlerde, 50 µg/L’nin üzerinde derişimlerde As bulunması önemli problemlere neden olmaktadır. En dikkate değer olaylar Şili, Arjantin, Çin, Bangladeş, Macaristan, Hindistan (Batı Bengal), Meksika, Romanya, Tayvan Vietnam’ın bölümlerinde ve ABD’nin birçok bölümünde, özellikle güneybatısında görülmüştür. Nepal, Myanmar ve Kamboçya’nın bölümleri gibi diğer bölgelerdeki yer altı su kalitesinin araştırmaları 50 µg/L’yi geçen bazı kaynaklardaki As derişimini daha fazla ortaya çıkarmıştır. Arjantin, Japonya, Yeni Zelanda, Şili, Kamçatka, İzlanda, Fransa, Dominik ve ABD’nin bölümlerindeki kaplıcalar dahil olmak üzere arsenik bulunan jeotermal sular birçok bölgede raporlanmaktadır [31, 81].

Çeşitli ülkelerde içme suyunda bulunmasına izin verilen maksimum arsenik konsantrasyonu değerleri aşağıdaki Tablo 2.3 ’de verilmiştir

Tablo 2.3. Arsenik Kirliliği Olan Ülkeler ve İzin Verilen İçme Suyu Sınır Değerleri [82-84].

Ülke	İzin verilen üst sınır değerler (µg/L)
Arjantin	50
Bangladeş	50
Kamboçya	50
Çin	50
şili	50
Hindistan	10
Japonya	10
Meksika	50
Nepal	50
Yeni Zelanda	10
Tayvan	10
Amerika Birleşik Devletleri (USA)	10
Vietnam	10
AB Ülkeleri	10
Türkiye	10
Kanda	10
Avustralya	10
Güney Afrika Cumhuriyeti	10
Moğolistan	10

2.1.1.5. Türkiye'deki Sularda Arsenik Problemi

Türkiye'de de İç Anadolu, Ege, Doğu anadolu ve Akdeniz bölgelerinde Arseniğin doğal kaynakları arasında yer alan kaya türleri, mineral ve cevher yapısı, volkanik yapı ve bor yatakları nedeniyle bölgelerde yüksek oranda arsenik derişimlerine sahip yeraltı sularına görölmektedir.

Türkiye'de içme ve kullanma sularındaki arsenik derişimi için izin verilebilen sınır değer 2005 yılının Şubat ayına kadar 50 µg/L idi. Bu tarihten itibaren "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" gereği izin verilen sınır değer 10 µg/L'ye indirilmiş ve 3 yıllık bir geçiş süresi öngörölmüştür. Buna göre Şubat 2008'den günümüze kadar ölkemiz de arsenik için izin verilen sınır değer 10 µg/L olarak uygulanmakta, içme ve kullanma suları standardı olarak aranmaktadır. Bu yönetmeliğin uygulanmasının zorunlu hale gelmesi ile birlikte özellikle Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesinde arsenik sorunu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle sularında arsenik bulunan bölgelerimizde kuyuların kapatılması, arıtma sistemlerinin geliştirilmesi gibi çalışmalar başlatılmıştır (Tablo 2.4.) [85].

Tablo 2.4. Türkiye'deki 81 İlin Sularındaki Arsenik Konsantrasyonu [85].

İL	Arsenik Konsantrasyonu (µg/L)	İL	Arsenik Konsantrasyonu (µg/L)
Adana	<1	Konya	0,5 – 5,6
Adıyaman	0,0007	Kütahya	0,001
Afyonkarahisar	8 – 68,2	Malatya	<0,5
Ağrı	0,679 – 1,022	Manisa	15,5 – 28,5
Amasya	<0,001 – <1	Kahramanmaraş	<0,5
Ankara	1 - <1,3	Mardin	0
Antalya	0	Muğla	0
Artvin	0,1	Muş	<0,1 – 0,468
Aydın	0	Nevşehir	15,4 – 41,2
Balıkesir	0,6 – 1,5	Niğde	20,42 – 26,94
Bilecik	<0,5 – 0,7	Ordu	<1
Bingöl	<0,5 – 1,4	Rize	< 0,5
Bitlis	<0,1 – 0,941	Sakarya	0,001
Bolu	<0,5 – 9,8	Samsun	<0,01
Burdur	0,225 – 0,279	Siirt	<0,5
Bursa	<1 – 9,4	Sinop	<1
Çanakkale	0	Sivas	1,08 – 4,85
Çankırı	0	Tekirdağ	0,94 – 2,52
Çorum	<1	Tokat	<1
Denizli	1,4 – 1,8	Trabzon	<0,5
Diyarbakır	<0,5	Tunceli	<1-1,2
Edirne	<0,2	Şanlıurfa	0
Elazığ	0	Uşak	24 – 28
Erzincan	2,469	Van	18 – 100
Erzurum	0,001 – 0,097	Yozgat	1,5 – 1,8
Eskişehir	0,121 – 0,168	Zonguldak	<1
Gaziantep	0	Aksaray	12,07
Giresun	<0,1	Bayburt	2,85 – 2,86
Gümüşhane	0,625 – 4,064	Karaman	0,4 - 0,98
Hakkari	0,64 – 1,32	Kırıkkale	11,25
Hatay	<0,1 – 0,574	Batman	0,5
Isparta	6,012 – 6,572	Şırnak	0,001
İçel	0	Bartın	<0,5
İstanbul	0	Ardahan	<0,1
İzmir	18 – 40	Iğdır	19
Kars	0,341 – 21,12	Yalova	0
Kastamonu	<1	Karabük	<0,5 – 0,8
Kayseri	2,1 – 5,1	Kilis	<0,1
Kırklareli	<1	Osmaniye	
Kırşehir	1	Düzce	<0,5
Kocaeli	0		

Ülkemizde özellikle Batı Orta Anadolu bölgelerinde arseniğin tabii kaynakları arasında yer alan kaya türleri, mineral ve cevher yapısı, volkanik yapısı ve bor yatakları nedeniyle bu bölgelerde arsenik konsantrasyonu yüksek sulara rastlanmaktadır.

Sağlık Bakanlığı'nın yapmış olduğu çalışmalar sonucunda da arsenik tespit edilen yerleşim alanlarından bazıları şunlardır: Nevşehir, Aksaray, Niğde, Kayseri, Kütahya, Van, Uşak, İzmir, Isparta, Kırıkkale, Iğdır, Kars, Soma (Manisa), Şarkışla, Divriği (Sivas), Babaeski (Kırklareli), Ayvacık, Çan, Lapseki-Korudere (Çanakkale), Kastamonu (Ahmetköy-Kuzköyü, Küre, Ovalıkköy) Turhal- (Tokat), Hasançelebi (Malatya), Elazığ, Murgul (Artvin) ve Afyondur. İçme sularındaki arsenik içeriği için belirlenen limit değerlerini aşan yerlerde As değerleri düşük yeni kaynaklar bulunarak sorun giderilmeye çalışılmıştır [86].

Nevşehir çevresinde ve Kızılırmak güneyinde daha çok volkanik kaya yapıları hakimdir. 24-5 milyon yıl yaşında olan Miyosen devresine ait çamurtaşı, kumtaşı, kilitaşı, killi kireçtaşı, tüfit ve şeyl ardalanmalı istif göl ortamında depolanmıştır. Volkanik kaya birimleri Kuvaterner yaşlı (1,7 milyon yıl ve günümüz) tuf, aglomera, volkanik kül, ignimbrite, bazalt kayalarından oluşmaktadır. kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu ve 250-300 km uzunluğa sahip olan Kapadokya volkanik bölgesi Türkiye'nin önemli Neojen-Kuvaterner volkanik kuşaklarından birisidir. Yöredeki jeotermal kaynaklardan tatlı yer altı sularına arsenik karışabilmektedir. Aşağıda Nevşehir ili tatlı havzaları (I no ile gösterilen) dışında kalan havzalar (II no ile gösterilen) aynı zamanda arsenik kirliliğinin yoğun olduğu alanlar gösterilmiştir (Şekil 2.2.) [87, 88].



Şekil 2.2. I-Tatlı su havzaları, II-Başta arsenik, florür, bor, sülfat, klor bakımından zenginleşmeye uygun yer altı su havzaları [88].

Arsenik içeren kayaç türleri Nevşehir bölgesindeki volkanik kayalar ve özellikle siyah şeyller yapılarında inorganik arsenik bulundurmaktadır. Bu kayalardaki inorganik arsenik kimyasal olarak yer altı sularına karışarak zenginleşmektedir. Nevşehir yöresindeki içme ve kullanma suları genellikle kuyulardan karşılanmakta olup, Atabey tarafından ve Nevşehir Valiliği ve değişik yerel yönetimlerin yaptırmış oldukları arsenik ölçümlerinde bu içme sularında arsenik düzeylerinin Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) tesbit etmiş olduğu sınır değer olan 10 $\mu\text{g/L}$ üzerinde olduğu ortaya çıkmıştır [88, 90]. Bu içme sularındaki arsenik değerleri 30 ile 120 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup, bir bölgede 410 $\mu\text{g/L}$, başka bir bölgede ise 500 $\mu\text{g/L}$ üzerinde veriler elde edilmiştir. Arseniğin kaynağı insan kökenli (antropojenik) kirlenmeden olmayıp, jeolojik formasyonlardan kaynaklanan doğal bir kirlenme olup, buna bağlı olarak yöredeki yüzey kayalarda yapılan analizlerde de arsenik saptanmıştır [89]. Arseniğin bir kısmı bu

jeotermal yapılardan, bir kısmı kömürlü şeyl ve demirli, manganlı, piritli sedimanter ve volkanik kayalardan kaynaklanmaktadır [88, 91, 92].

Orta Anadolu bölgesinde yapılan son jeolojik çalışmalarda Nevşehir ili kapsamındaki yerleşim alanlarında da içme sularındaki iAs düzeylerinin yüksek olduğu ortaya konmuştur [89]. Nitekim Nevşehir Valiliğince Ekim 2008'de 45 belediye ve 133 köyün içme ve kullanma sularındaki analizlerde 11 - >500 µg/L arasında değişen iAs konsantrasyonlarının bulunduğu ortaya konmuştur (Tablo 2.5.) [87, 93].

Tablo 2.5. Nevşehir ili, ilçe ve köyleri içme sularında ölçülen arsenik değerleri [88].

İlçe ve Köyler		İçme sularındaki arsenik değerleri ($\mu\text{g/L}$)(limit 10 $\mu\text{g/L}$)	İlçe ve Köyler		İçme sularındaki arsenik değerleri ($\mu\text{g/L}$)(limit 10 $\mu\text{g/L}$)
Nevşehir Merkez	Merkez	15, 16, 17, 22, 29, 44	Gülşehir	Merkez	36,22,55,105
	Çat	22,7		Emmiler köyü	133
	Alacaşar köyü	32		Dadağı köyü	401,9
	Nar	14		Karacaşar	22
	Balcın köyü	16,6		Abuşağı	29
	Sulusaray	29,65		Gülpınarı	146,8
	Basansarnıç	125,5		Kızılkaya	33,3
	Çiftlik köyü	80,1		Böyükören	45
	Boğaz köyü	26,2		Yakatarla	30
Ürgüp	Merkez	16,37,44,45,49		Tuzköyü	75,154
	Sofular köyü	52		Oğulkaya	35
	Mustafapaşa	15		Şahinler	13
	Karakaya köyü	34		Hacılar	22
	Çökek köyü	84,111		Eğrikuyu köyü	33,93
	Aksular	27		Gökçetoprak	13
	Ulaşlı köyü	51		Hamzalı	53
	Sarıhıdır köyü	87,116,128		Yeşilli köyü	11,6
	Karain köyü	23,20		Karahüyük köyü	11,3
Kozaklı	Karacaören köyü	38	Gümüşkent	13,6	
	Kanlıca	26	Merkez	41,45,46,56,61	
	Karahasanlı	>500	Kalaba	14	
	Küllüce köyü	32,6	Göynük	22,24	
	Boğaziçi köyü	18,4	Özkonak	24,7	
	Gerce	18,7	Mahmatlar	16	
	Akpınar köyü	20,8	Büyükayhan köyü	29	
	Büyükyağlı köyü	14,2	Bozca köyü	20	
	Kaşkışla köyü	14,2	Kuyukışla köyü	52	
	Hacıfakılı köyü	28,2	Küçükayhan köyü	111	
	Doyduk köyü	12,8	Aktepe köyü	32	
	Cağsak köyü	38	Çavuşin köyü	12	
	Aylı köyü	22,5	Suvermez	12	
	Çayıçi köyü	56,2	Yazıhüyük	11	
Yassıca köyü	44	Kuyulutatlar	28		
Acıgöl	Belekli köyü	12,6	Hacıbektaş	Kayı köyü	32,4
	Tatların	19,68		Aşıklar köyü	35,8
	İnalı	36		Karahöyük köyü	32,8
	Karacaören	35,5		Akçataş köyü	24
	Tepeköy	51,7		Anapınar köyü	18,4
Hacıbektaş	Bağlıca	51		Yenice köyü	12
	Çullar	48		Büyükkişla köyü	56
	İlice köyü	38		Aşağıbarak köyü	69,84
	Başköy	42		Dedebağ	24
	Çiğdem köyü	35		Killik köyü	150,182,197,212
	Çivril köyü	41		Hasanlar	14,8
	Mikail köyü	72		Küçükayhan köyü	52
Kisecik köyü	38	Aktepe köyü		111	

2.1.2. Demir

Demir (Fe), yerkabuğunda en yaygın görülen bir mineral olup, toprak ve kayalarda bol miktarda bulunur. İnsanlar, hayvanlar ve bitkiler tarafından en çok ihtiyaç duyulan bir element olup, alüminyum (Al)'dan sonra %4.2 ile yerkabuğunda en fazla rastlanan metaldir. Normal olarak çözilemeyen formda olmasına karşın, doğal olarak meydana gelen pek çok reaksiyonla demirin çözülebilir formları oluşabilir. Demir, “hem (Fe^{+2})” formda çözülebilir haldedir, fakat havanın varlığında çözilemeyen “nonhem (Fe^{+3})” formuna oksitlenir [94].

Elzem eser elementlerden birisi olan demir, normal, yetişkin bir kimsenin vücudunda yaklaşık 2.5-4.0 g kadar bulunmaktadır. Vücuda “hem” ve “nonhem” olarak iki formda da alınmaktadır. Tahıllardaki ve sebzelerdeki demirin tümü, hayvansal kaynaklı yiyeceklerdeki demirin de 3/5'i nonhem şeklindedir. Nonhem demir, büyük organik moleküllere bağlı çok yavaş emilen ferrik demir iken, mide asidi ile bu yapı, daha çözünür olan ferros (Fe^{+2}) yapısına dönüştürülmektedir [95].

Toprakta çözünebilir demir miktarı oldukça düşüktür. Demir miktarı, toprağın pH değeri düştükçe (asiditesi arttıkça) fazlalaşır. Demir toprakta şelatla oluşturduğu organik komplekslerle bitkiye yarar sağlar. Toprak genellikle demir yönünden zengin olmasına rağmen, uygun olmayan toprak şartlarında bitkiler demirden yararlanamazlar. Bitkiler toprakta demiri daha çok Fe^{+2} iyonları halinde bünyelerine alırlar. Demir bitkiye, Fe^{+3} veya Fe-şelat şeklinde alınsa bile bitki bünyesinde aktif olan Fe^{+2} iyonlarına indirgenmelidir. Toprak pH'ı yüksek iken demir bileşikleri Fe^{+2} ve Fe^{+3} formlarına indirgenemez. Bitkide ihtiyacın ötesinde Fe^{+3} iyonları olsa bile bitki bünyesinde inaktif olduğu için demir noksanlığı görülebilir. Bitkide demir alımını bakır (Cu^{+2}), çinko (Zn^{+2}) ve Fe-şelat kompleksleri olumsuz yönde etkilemektedir [96].

Demir bitki metabolizması için çok önemlidir. Enerji üretimi için gereken reaksiyonlar ve hücrelerin diğer hayati faaliyetlerinin oluşmasında önemli role sahiptir. Demir, bitkilerdeki katalaz, peroksidaz ve sitokrom oksidaz gibi enzimleri aktive eder. Böylece birçok biyokimyasal reaksiyonun katalizlenmesinde önemli rol oynar. Demir, klorofilin yapısında bulunmamasıyla beraber, bitkinin klorofil içeriğinde etkilidir. Fotosentetik elektron transferinde, protein ve nükleik asit metabolizmasında da yer alır [97].

Bir gıda maddesinde bulunan demir miktarı ile biyolojik olarak elverişli olan miktarı farklı olabilmekte ve analizle saptanan demir, çoğu kez yanlıgılara sebep olmaktadır. Bitkisel gıdalardaki demirin büyük bir bölümü, zayıf bir şekilde çözünen demir fitat ve demir fosfat halinde bulunmaktadır. Bu nedenle bazı bitkisel gıdalarda fazla demir bulunsa dahi bunun biyolojik yararlılığı düşüktür. Buna karşın hayvansal gıdalardan alınan demir genellikle vücut tarafından daha kolay emilebilmektedir [98].

2.1.3. Krom

Krom, yer kabuğunda bulunan 21. bol element olup, ortalama 100 ppm konsantrasyonda bulunmaktadır [99]. Krom bileşikleri ise, krom içeren kayaların erozyonu ve volkanik patlamalar ile çevreye yayılmaktadır. Krom konsantrasyonu Toprakta 1-3000 mg/kg, deniz suyunda 5-800 µg/L, nehirlerde ve göllerde 26 µg/L – 52 mg/L arasında değişmektedir. Doğal olarak 52Cr, 53Cr ve 54Cr olmak üzere 3 kararlı izotopu vardır. Doğada en fazla bulunan izotopu ise 52Cr'dir [100]. Krom bileşikleri, kumaş ve diğer boyalarda (duvar, araba vb.), derinin tabaklanmasında kullanıldığı için bu bileşikler toprakta ve endüstrinin yoğun olduğu çevrelerde yer altı sularında daha fazla karışım sonucunda konsantrasyon değeri artmaktadır [101].

Krom sulara Cr^{+3} ve Cr^{+6} değerlikli hallerde bulunur. Ancak Cr^{+3} değerlikli kroma çok az rastlanır. Krom Cr^{+3} tuzlan kanserojenik yapısındadır. Bu nedenle yer altı içme sularının krom kirliliği yönünden korunarak temiz olması gerekir. pH değeri düşük doğal sulara eser miktarda bulunabilir. Sulara kromat bileşiklerinin bulunuşu ancak suların kirlenmesi neticesinde olabilir [102].

İnsan sağlığı üzerine kromun etkileri ise, kısmi olarak metalin değerlik sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Cr^{+3} ve Cr^{+6} bileşikleri biyolojik olarak en önemli olanlarıdır. Cr^{+3} düşük dozlarda diyetle esansiyel bir mineraldir [103]. Suda çözünmeyen Cr^{+3} bileşikleri ve krom metalinin sağlığa zararlı olmadığı ve Cr^{+6} 'nın ise karsinojenik özellikleri çok eskiden beri bilinmektedir [104]. Ayrıca, besinlerde bulunan Cr^{+3} 'ün emilimi zayıf olduğundan toksik etki yapma olasılığı çok düşüktür [105]. Cr^{+6} ise karsinojenik ve mutajenik olarak bilinmekle beraber, Cr^{+3} 'ün ve krom metalinin karsinojenik olduğuna dair yeterli veriler bulunmamaktadır. Kromun bütün Cr^{+6} formlarının insan hayatı için toksik olduğu ve kesinlikle kullanılmaması gerektiği bildirilmektedir [103].

Kromla ilgili endüstri alanlarında çalışan bireylerde krom tuzunun akciğer ve mide kanser riskini artırdığı belirtilmiştir. Bazı araştırmacılar da sulara bulunan krom kloridin deney hayvanlarında üreme bozukluklarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar ise yüksek miktarda kromun böbrekleri olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle karaciğer ve böbrek rahatsızlığı olan bireylerin krom almamaları yönünde önerilerde bulunmuşlardır [105].

2.1.4. Mangan

Mangan yaşam için gerekli olup tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya bulaşabilir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımıyla olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikim gösterir.

Bitkiler mangani genellikle Mn^{+2} iyonu olarak alırlar. Mangan hem kök hem de yapraklardan alınabilmektedir. Bitkilerin mangan gereksinimlerinin düşük olması mangani bitki dokularının yapı maddesi olmamasına bağlanmıştır. Demire göre, mangan bitkide daha kolay taşınabilir durumdadır. Mangan eksikliği genç yapraklarda görülür. Özellikle geniş yapraklı bitkilerde mangan eksikliğinde yaprakta damarlar arası sararır, damarlar yeşil kalır. Mangan eksikliğinde bitkilerde görülen sararma yeterince klorofil oluşturulamamasıyla ilgilidir. Klorofilin bileşiminde yer almamasına karşın mangan noksanlığında klorofil oluşumu önemli oranda azalır [106].

Bitkilerde mangan eksikliği durumunda bitkilerde büyüme gerilemesi ya da bodur büyüme görülür. Kloroplast oluşumu bozulur ve hücreler küçülür. Bitki bünyesinde aminoasitlere dönüşüm durur. Dokuların ve meyvelerin şeker seviyesi düşük kalır. Bu yüzden meyveler tatlanmaz ve meyve küçük kalır. Ayrıca tohum yapamaz, bitki yapraklarında sararmalar görülür [107]. Bitkilerde mangan fazlalığı ise demir eksikliğine neden olur. Eksiklik için verilen kritik düzeyin, bitki tür ve çeşitleri arasında çok dar bir sınır aralığında değişmesinin tersine, toksiklik sınır düzeyi hem bitkilere hem de çevre koşullarına bağlı olarak geniş sınırlar göstermektedir. Mangan toksitesi özellikle asit topraklarda büyüme ve ürünü sınırlandıran önemli bir etmendir [107].

Mangan toksisitesi bitki türlerine göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak kuru madde esasına göre 100 mgkg^{-1} 'dan daha fazla Mn içeren bitkilerde Mn toksisitesi görülmeye başlamaktadır. Mangan toksisitesi genellikle bitkilerde olgun yapraklarda kahverengi lekeler şeklinde görülmektedir. Zamanla kahverengi lekelerin bulunduğu bölgeler mantarlaşır. Bu olay Mn toksisitesinin belirgin bir göstergesidir. Çoğunlukla Mn toksisitesi belirtileri damarlar arasındaki kloritik ve nekrotik alanlarda görülür. Fasulye ve pamuk gibi özellikle çift çenekli bitkilerde bu belirtiler genç yapraklarda şekil deformasyonlarına neden olmaktadır [108].

Besin halkası yoluyla insanlara kadar ulaşan manganın toksisite belirtileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenir. Mangan zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, halsizlik, yorgunluk, güçsüzlük, kilo kaybı, uykusuzluk, unutkanlık ve sinir hasarlarıdır. Mangan ayrıca parkinson, akciğer embolisi ve bronşite neden olabilir [109].

2.1.5. Nikel

Nikel, esansiyel mikrobesein elementlerinden biridir. Nikel bazı enzimler için kofaktör konumundadır. Metabolizmada B12 vitamini, metiyonin ve folik asit oluşumunda önemlidir [110]. Canlılarda optimum miktarın dışında bulunduğu olumsuz koşullar meydana getirmektedir. Nikelin birkaç oksidasyon durumu (-1, +1, +2, +3, +4) bulunmaktadır. Bunların içerisinde Ni^{+2} en yaygın görülen formudur [111].

Nikel ve belirli nikel bileşikleri, ciddi anlamda kanserojen olarak kabul edilen malzemeler listesinde yer almaktadır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) nikel bileşenlerini grup 1'de (insanlarda kansere yol açtığına dair yeterli kanıt bulunan) nikel grup 2B'de (insanlarda kansere yol açma olasılığı bulunan) listelemiştir [112]. Nikel, ayrıca Çevre Koruma Ajansı (EPA, U.S. Environmental Protection Agency) tarafından 129 önemli kirleticiden ve 14 önemli zehirli ağır metalden biri olarak gruplandırılmıştır. Aynı zamanda nikel, insan sağlığını tehdit eden toksik niteliği taşıyan 25 önemli bileşik arasında da sayılmaktadır. Çevre Koruma Ajansı (EPA), nikelin çeşitli bileşiklerini kanserojen etkilerine göre sınıflandırılmıştır [113].

Nikel, çevrede çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Nikel, birçok farklı alanlar için kullanılır. En yaygın kullanılan alanlar, paslanmaz çelik ve diğer metal

malzemelerin içeriği olarak uygulanmasıdır. Nikel, mücevherat gibi metal ürünlerde genelde bulunur. Gıda maddeleri, doğal olarak düşük düzeylerde nikel içerir. Çikolata ve katı yağların, yüksek seviyede nikel içerdiği bilinir. Kirli topraklarda tarımı yapılan sebzelerin fazla oranda tüketilmesiyle nikel alımı artmaktadır. Bitkilerin nikeli akümüle ettiği bilinir ve dolayısıyla sebzelerden nikel alımı yüksektir. Sigara içenler, akciğerlerine yüksek miktarlarda nikel alırlar. Aynı zamanda deterjanlarda da nikel içerebilir [114].

Tarım topraklarındaki nikel konsantrasyonu genelde düşük seviyededir. Ancak, serpantin gibi ultra bazik püskürük kayalardan meydana gelen toprakların nikel içeriği 100-5000 mg Ni/kg arasında değişmektedir [107]. Nikel 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 $> 10 \mu\text{g g}^{-1}$ kuru madde ve orta düzeyde duyarlı bitkilerde ise $> 50 \mu\text{g g}^{-1}$ kuru maddedir [115]. Nikel, kilyet bileşiklerini kolaylıkla oluşturması nedeniyle, bitkilerdeki enzimlerde ve fizyolojik aktif merkezlerde bulunan ağır metallerle yer değiştirir.

Bitkiler gereğinden fazla nikel elementi içerdiğinde, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yapmakta olup, bitki köklerinin diğer besin elementlerini emilimi sırasında ise diğer elementlerle antagonist etki oluşturmaktadır. Bu durum bitkide besin elementi eksikliklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır [116].

Nikelin az miktarda alınması vücut için gereklidir; fakat aşırı dozda alınırca canlılar için toksik etki gösterebilir. Nikelin fazla miktarda alınması, akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini arttırır. Akciğerlerde tıkanma, solunum yetersizliğine sebep olur. Doğum kusurları, astım ve kronik bronşit nikelin fazla alınması neticesinde görülür. Ayrıca mücevherlerden kaynaklanan deri isiligi gibi alerjik tepkimeler, kalp rahatsızlıkları, nikel gazına maruz kalındığında halsizlik ve baş dönmesi de vücuttaki nikel fazlalığının sonuçlarıdır [117].

Ağız yoluyla alınan nikelin büyük bölümü vücut tarafından emilmeden dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir. Nikelin organik formu, inorganik formuna göre daha toksiktir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-

damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir olaydır [118].

2.1.6. Kadmiyum

Kadmiyum çevre kirletici bir metaldir, esansiyel olmayıp tüm dozlarında toksik olarak kabul edilir, kalsiyum, demir ve çinko metabolizmasıyla etkileşir. Kadmiyum çevrede yaygın olarak bulunan bir kirletici olması yanında insan vücudundaki uzun yarılanma ömrü nedeniyle en tehlikeli toksik maddelerden birisi olarak kabul edilmektedir. Başta karaciğer olmak üzere böbrek, akciğer, duodenum, pankreas, kemik, beyin ve testis dokularında birikerek hasara yol açan kadmiyum International Agency for Research on Cancer (IARC) tarafından I. sınıf karsinojen olarak sınıflandırılmaktadır [119].

Kadmiyum, kayaçların yapısında doğal olarak bulunmaktadır. Bu element özellikle ısıtma sistemlerinde, metal işletme enstitülerinde, çimento fabrikalarında kullanılmaktadır. Ayrıca yakılan atıklarla, sigara dumanı, trafik, fosforlu gübre kullanımı gibi faktörlerle çevreye salınmaktadır. Kadmiyum, bitkiler tarafından biriktirilebilmektedir [120]. Bitkiler tarafından akümüle edilen kadmiyum toksisiteye sebep olmaktadır.

Kadmiyum doğada çinko, kurşun ve bakırla birlikte bulunur. Bileşikleri PVC ürünlerinde stabilizer olarak, boya pigmenti olarak kullanılır, metalik kadmiyum ise nikel - kadmiyum pillerinde ve korozyona karşı kullanılır, fosfatlı fertilizelerde ise kontaminant olarak bulunur. Atık olarak sulara ve toprağa karışması sonucu besinlere ulaşır. Kadmiyum içeriği değişmekle beraber tahıl ürünleri ve sebzeler gibi lifli besinler; çevresel kadmiyumun başta gelen kaynağıdır. Ancak gıdalarla alınan kadmiyum miktarı beslenme şekli ve alışkanlıklarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Sigara içenlerde ise kadmiyuma daha yüksek seviyelerde maruziyet söz konusudur, sigara içenlerde bu oran içmeyenlere göre 4-5 kat daha fazladır. Çünkü tütün doğal olarak fazla oranda kadmiyum taşımakta ve akciğerde kolayca absorbe olmaktadır [119].

Kadmiyum özellikle yapraklı sebze ve tohumlu besinlerle alınır, tütün yaprakları önemli düzeyde kadmiyum içerdikleri için sigara içenler besinlerle aldıkları kadmiyumdan daha fazlasını almış olurlar. Kadmiyum insan karaciğer ve böbreğinde 10-30 yıl arasında bir yarılanma ömrüne sahiptir, kalsiyum ve esansiyel elementlerle

etkileşmesinden dolayı temel olarak renal ve iskelet sistemlerinde toksik etkisini gösterir [119].

İnsan hayatını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı, rafine edilmiş gıdalar, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim sırasında oluşan baca gazlarıdır. Endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesi kaynak yapımı esnasında kullanılan alaşım bileşimleri, elektrokimyasal kaplamalar, kadmiyum içeren boyalar ve kadmiyumlu piller nedeniyledir. Önemli miktarda kadmiyum; gümüş kaynaklarda ve sprey boyalarda da kullanılmaktadır [8].

Tarım topraklarının hepsinde çok az miktarlarda olsa da kadmiyum bulunmaktadır. Kadmiyum topraklarda genellikle çinko damarlarıyla birlikte grenokit (kadmiyum sülfat) minerali halinde yer almaktadır. Yüksek besin değerlerine sahip buğday, mısır, çeltik, yulaf ve darı gibi birçok bitki, kökleri aracılığıyla kadmiyumu kolaylıkla bünyelerine alabilmektedirler. Ayrıca kadmiyum; bezelye, pancar ve marul gibi çapa bitkileri tarafından da alınmaktadır. Tarım ilaçlarından fungusitlerde bulunan kadmiyum ise ilaçlama yoluyla toprağa bulaşmaktadır. Araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarındaki tarım topraklarının da araç lastikleri ile egzoz emisyonlarından kaynaklanan bulaşma nedeniyle kadmiyum kapsamaları yüksektir [121].

Kadmiyumun mesleksel maruziyet dışında ana bulaşma yolu gıdalardır. Kirlenmiş sularla sulanmış ya da bu suların kirlendiği toprakta yetişen bitkisel ürünlerle insanlara bulaşabilir. Kadmiyum; kirlenmiş toprak ya da sularda yetişen bitkileri yiyen hayvanların etlerinin tüketilmesiyle de insanlara bulaşır. Balıklarda özellikle de midye gibi kabuklu deniz mahsullerinde kadmiyum çok yüksek konsantrasyonlarda olabilir [30].

Kadmiyum alımı belirli değerlerin üzerine çıktığında veya maruz kalmaya bağlı olarak akut kronik zehirlenme görülebilir. Ağız yoluyla akut kadmiyum zehirlenmesi şiddetli gastrit, bulantı, kusma, diyare ve metalik hissi ile başlar. Kronik zehirlenme ise hipokromik anemi, büyümenin durması şeklinde kendini gösterir [122].

2.1.7. Kurşun

Kurşun, antropojenik kaynaklar ile ekolojik sisteme zarar veren önemli bir ağır metaldir. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her zaman toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik oluşturan zararlı ağır metaller grubunda yer alır.

Yerkabuğunda ve biyosferin hemen her yerinde doğal olarak bulunan bir elementtir. Atmosfere kurşun benzinli araçların egzozundan çıkan dumanla yayılmaktadır. Kurşunun toprakta veya yüzeyel sularda birikimi genellikle atmosfer aracılığıyla olmaktadır. Kurşun su, toprak ve hava arasında doğal kimyasal veya fiziksel yollarla çevrilebilmektedir [102].

Büyük oranda toprakta tutulmaktadır ve yüzeyel akarsulara veya yeraltı sularına çok az katılmaktadır [102, 124]. Kurşun doğal olarak hemen hemen tüm topraklarda bulunur. Topraklarda toplam Pb 1–200 mgkg⁻¹ arasında değişir ve ortalama miktar 15 mgkg⁻¹ 'dır [124].

Kurşuna maruz kalmanın en önemli kaynakları; endüstriyel emisyonlar, araç egzoz gazları ve kontamine olmuş gıdalardır. Özellikle geniş yapraklı ıspanak, lahana ve marul gibi sebzeler, kurşun kaynakları yakınında yetiştiriliyorsa yüksek düzeyde bu metali içerebilir [125].

Pb, çevreyi kirleten ağır metallerin en başında yer alır ve bitkilerde olduğu kadar insanlarda da toksik etkisi gösterir. Atmosferdeki toplam Pb miktarının %80 kadarının petrol ve petrol ürünlerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Petrol içerisinde Pb, tetra etil Pb halinde bulunur ve eksoz dumanları ile çevreye inorganik Pb bileşikleri şeklinde bırakılır. Bu nedenle trafiğin yoğun olduğu yörelerde anayola 100 metre uzaklıktaki bitkiler Pb kirlenmesinden önemli derecede etkilenir. Bu etki bitki organlarının yüzey genişliğine, trafiğin yoğunluğuna, etki süresine, ana yoldan olan mesafesine, yöredeki rüzgarın gücüne ve yönlerine göre değişir. Örneğin, ana yol kenarındaki bitkilerin Pb içerikleri 1500 ppm iken 150 metre uzaktaki bitkilerin Pb içerikleri 2- 3 ppm olarak ölçülmüştür [126].

Çevreyi kirleten en önemli kurşun kaynağı, hava ile taşınan kurşundur [127]. Hava kaynaklı kurşunun büyük kısmı otomobil egzoz gazlarından gelmektedir [127, 128].

Ayrıca, kurşun kökenli endüstriyel faaliyetler (başta akümülatör, porselen, seramik, renkli televizyon tüplerinin yapımı, kurşun içerikli duvar ve oto boyaları, muhtelif silah ve araç gereç imalatı için alaşım üretiminde olmak üzere birçok endüstri kolu) atmosferdeki kurşun kirlenmesinin temel kaynaklarından [129].

Topraktan bitki kökleri ile alınan kurşun, kök ucundan bitkinin üst kısımlarına kadar bütün dokularında birikir [130-132]. Sonuçta, şehirlerde yaşayan insanlar, havadan soludukları kurşuna ilaveten, kirlenmiş bitkiler yolu ile besin zincirine katılan kurşunla da zarar görürler [133].

Kurşun, hem solunum yolu ile hem de kurşunla kirlenmiş toprak aracılığıyla gıda ve su ile vücuda girebilir. Vücutta kurşun birikimi ile; iştahsızlık, karın ağrıları, kabızlık gibi gastrointestinal; IQ skorlarında azalma, duyu ve motor sinir iletim hızında yavaşlama, saldırgan ve antisosyal davranışlar, zeka geriliği, hafıza kaybı, öğrenme sorunları gibi nörolojik; yüksek tansiyon, hemoglobinin biyosentezinde aksama gibi hematolojik anomaliler ortaya çıkmaktadır. Kurşunla teması olanlarda aşırı iskelet zedelenmesi, kemik tümörleri, osteoporoz gibi bozukluklar ve birçok renal problem de görülmektedir [134].

Kurşun; yiyecek ve içeceklerde hem doğal hem de katkı maddesi olarak bulunmaktadır. Konserveye işleme, besinlerin kurşun içeriklerini önemli derecede arttıran bir etkidir. Özellikle meyveler, sebzeler, et, deniz ürünleri, su, meşrubat ve tahıllar kurşun içerebilmektedir. Kurşun içeren suyu kullanarak yemek pişirmek besinlerin kurşunla kontaminasyonuna yol açmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir [135].

2.1.8. Magnezyum

Toprak alkali metaller sınıfında, kristal yapısı hekzagonal olan, hayati önem taşıyan 11 mineralden birisi (Kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, demir, çinko, bakır, krom, iyot, selenyum, magnezyum), belki de en önemlisidir. Magnezyum bitki dünyasının demirini oluşturmaktadır. İnsanlardaki demir-hemoglobin ilişkisine benzer şekilde bitkilerde de magnezyum-klorofil yapısına girmektedir. Magnezyum, tarımsal açıdan önemli, toprakta çözünür olmayan fakat gerekli bazı birincil ya da ikincil minerallerin bileşenidir. Bu mineraller, yarayışlı ya da çözünür formdaki Mg'un orijinal kaynağıdır.

Bitkilerin Mg içerikleri, kuru madde ilkesine göre genelde %0,15 ile %1 arasında değişir [136]. Bitkilerde Mg, çoğunlukla hücre özsuyunda inorganik tuzlar halinde, klorofil molekülünün yapı maddesi olarak ve protoplazmada bileşikler şeklinde bulunmaktadır. Bitkilerde bulunan toplam Mg'un %70'inden fazlası inorganik anyonlara ve malat ve sitrat şeklinde organik anyonlara bağlanmış olarak, %10-25'i, gelişme ortamının Mg miktarına bağlı olarak klorofilde bulunur [137]. Yapraktaki Mg'un büyük kısmı protein sentezi ve enzim aktivasyonu gibi fizyolojik reaksiyonlarda Mg-ATP kompleksi olarak ya da hücre sıvısında serbest Mg⁺² iyonları olarak bulunur [138-140].

Magnezyum, diğer mineral elementlerden daha fazla enzimi aktive etme özelliğinden dolayı bitki beslenmesinde çok önemli bir yere tutar. Magnezyum, bitki gelişiminde ihtiyaç duyulan organik moleküllerin sentezinde etkili olmakta ve 300'den fazla enzimi aktive etmeye yardımcı olmaktadır [139]. Bu nedenle, Mg bitkide büyüme ve gelişmeyi etkileyen sayısız fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarda rol oynar [137, 140]. Magnezyum, klorofil molekülünün yapısal bir bileşeni olmanın yanı sıra, bazı kinazlar, ATPaz, RUBP, karboksilaz, oksijenaz ve karbonhidrat metabolizmasının bazı enzimlerinin aktivatörü veya düzenleyicisidir [137, 140, 141].

Magnezyumun bitkiler için asıl biyolojik fonksiyonu, merkezinde bulunması dolayısı ile klorofil içerisindeki rolüdür. Klorofil, bitkilerde yapraklarda yerleşmiştir ve fotosentez sırasında ışığın absorpsiyonundan sorumludur. Klorofil sentezi süresince Mg iyonları, Mg-şelat enzimi yardımıyla porfirin halkası içerisine girer [142]. Magnezyum, bunun yanı sıra, hücre duvarının yapısında, turgorda, protein sentezinde, karbonhidrat oluşumunda ve taşınmasında, bazı enzimlerin aktivasyonunda, CO₂ özümlemesinde, anyon-kasyon dengesinde ve hücre pH dengesinde, fosforun taşınmasında, bitkisel yağ oluşumunda, besin alımının kontrolünde, demirin yararırlılığının artırılmasında ve baklagil nodüllerinde N fiksasyonunun başarılmasında rol alır [143, 144]. Özel bir enzim aktivasyonuna sahip olan C3 bitkilerinde Mg'un eksikliğinde CO₂ fiksasyonu azalmakta ve bu nedenle karbonhidrat birikimi engellenmektedir. Kök hücrelerinde Mg tüm biyolojik hücrelerde esas enerji kaynağı olan Mg-ATP, DNA ve RNA proteinleri gibi organik bileşiklerin ya da sitrat ve malat gibi moleküllerin sentezine katılır [138, 139].

Magnezyum, yapraklarda klorofil molekülünün merkez atomu olarak yer almaktadır. Bitkilerin magnezyumla beslenme durumlarına bağlı olarak toplam magnezyumun % 6 ile % 25'i klorofil molekülüne bağlı, %5-10'u ise hücre duvarlarında pektat şeklinde bağlı, geri kalan % 60-90'ı ise su ile ekstrakte olabilir şekilde bulunmaktadır.

Fotosentez ürünlerinin kaynaktan depo organlara transferinde Mg bitkilerde önemli rol oynar. Bu nedenle Mg noksanlığında yapraklarda karbonhidrat birikiminde belirgin bir artışa sebep olur [145-148]. Magnezyum eksikliği nedeniyle karbonhidratların gerekli organlara transferinde azalma ve bu sebeple meydana gelen birikim, fotosentetik karbon metabolizmasında değişime neden olur ve CO₂ fiksasyonunu sınırlar. Fotosentetik membranlar içerisine CO₂ taşıyan fotosentetik karbon metabolizmasının bozulması, absorbe edilen enerjinin ve gerekli olmayan elektronların birikimine yol açar. Benzer koşullar altında, fotosentetik CO₂ fiksasyonunda kullanılmayan uyarılma enerjisi ve elektronlar moleküler O₂'e kayarak yüksek derecede reaktif O₂ türlerinin oluşmasına yol açar ve sonuç olarak klorofil ve membran lipitleri gibi kloroplast bileşenleri zarar görür [141, 149-151].

2.1.9. Çinko

Çinko; bitki ve hayvanlarda önemli fizyolojik etkileri olan ve çok sayıda biyolojik işlevde rol oynayan esansiyel iz mikrobesein elementidir. Yüksek mobilite özelliğindedir ve yüksek derişimlerde toksik etki göstermektedir. Çinko, enzimler için kofaktör olarak fonksiyon görmektedir. Aynı zamanda protein ve nükleik asitlerin yapısına dahil olması nedeniyle canlılar için hayati öneme sahiptir [152].

Çinko, insan vücudunda demirden sonra en çok bulunan ikinci iz elementtir ve vücutta 300'den fazla enzimin aktivasyonu için gereklidir. Protein ve nükleik asit sentezi, gen ekspresyonu, DNA sentezi, enzimatik kataliz, hormonların depolanması ve salınımı, nörotransmisyon, hafıza ve görme, büyüme ve gelişme, tat ve koku duyusu gibi pek çok metabolik olaya katılmaktadır. Esansiyel olmasının yanında, fazla miktarda alındığında toksikolojik etki de gösterebilmektedir [153].

Çinkonun aşırı alımı sakıncalıdır. Ağızdan 100-300 mg/gün düzeyinde Zn alınması halinde toksik etki görülür. Mineralin 50 mg/gün dozunda alınması ile yetişkinlerde HDL kolesterolün düştüğü saptanmıştır. Ayrıca çinko sülfat (ZnSO₄)'ın 2g/gün

alınması halinde ise gastrointestinal rahatsızlık ve kusma görülmüştür. En önemli toksik etkisine ise hemodiyalize giren böbrek yetmezliği olan hastalarda rastlanır. Bu durumda anemi, ateş ve merkezi sinir sistemi bozuklukları ortaya çıkar [95].

Çinko, insan ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de çok çeşitli ve önemli metabolik işlevlere sahiptir. Protein ve karbonhidrat sentezine katılmasının yanı sıra, enzim fonksiyonu, fotosentez, solunum ve biyolojik membran stabilitesi üzerine etkileri nedeniyle üretilen ürün miktarı ve kalitesini direkt olarak etkilemektedir [116].

Topraklardaki toplam çinko konsantrasyonu 10-300 ppm, bitkiler tarafından alınabilir Çinko konsantrasyonu ise 3.6-5.5 ppm arasında değişmektedir. Bitkilerdeki çinko konsantrasyonları normal bitkilerde 5-100 ppm arasında değişmektedir. Görülen toksisiteler genellikle 400 ppm'den sonra başlamaktadır [115].

Çinko, yoğun endüstri faaliyetleri sonucunda çevreye bırakılan atık sularla, kanalizasyon sularıyla ve asit yağmurları aracılığıyla toprağa ulaşmaktadır. Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, genç yapraklar kıvrılır ve kloroz görülür, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır [116].

2.1.10. Bakır

Bakır, canlılar için iz miktarda alınması gereken, esansiyel bir elementtir [154]. Bu element solunum ve fotosentezde önemli rol oynamaktadır. Bakır elektron akışına katılan birçok enzimin yapısal bileşenidir [155]. Bu element, alaşım üretimi, seramik sanayi, tarım ilacı üretimi, otomotiv sektörü, petrol arıtım tesisleri, madencilik işlemleri ve demir çelik fabrikaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır [156]. Endüstriyel işlemler sonucu atık olarak çevreye bırakılan bakır, bitkiler tarafından alınmakta ve biyokimyasal yapıları ve süreçleri bozarak oksidatif hasara neden olmaktadır [157]. Yüzeysel sularda Cu 1 mg/L'nin altında bile, su bitkilerine toksik etkilere neden olmaktadır.

Bakır (Cu), yer kabuğundaki kayalarda doğal olarak veya bakır içeren sülfür (kalkopirit, kalkosit) ve karbonat bileşikleri (malahit, azurit) halinde bulunmaktadır. Bununla birlikte Cu bileşiklerinin çözünürlükleri düşük olduğundan sudaki Cu'nun çok az kısmı doğal kökenlidir. Doğal sularda Cu, genellikle eser miktarda (0.05 ppm) bulunur.

Yer altı sularındaki Cu derişimi ise 12 ppm'e kadar ulaşabilmektedir. Diğer taraftan Cu'nun yüksek düzeyleri mikroorganizmalar için de toksik etki yaptığından bakır sülfat (CuSO_4), fungusit olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [158].

Bakır, bitki ve hayvan dokuları ile suda doğal olarak bulunmaktadır [95]. Toksik olmayan düzeylerde aktif taşıma yolu ile alınırken, toksik değerlerde ise pasif difüzyon yolu ile bitki bünyesine alınmaktadır [159].

Bakır bazı enzimler için kofaktördür. Bunlardan antioksidan savunma sisteminde rol alan süperoksit dismutaz (SOD), Zn ve Mn ile birlikte bakırı da kullanır [105]. Bu enzim, süperoksit anyonların peroksitlere dönüşümünü katalizler. Daha sonra da bu peroksitler, selenyum'a bağlı glutasyon peroksidaz yardımıyla suya dönüştürülür [95]. Sitokrom oksidaz; enerji metabolizması, trozinaz; melanin sentezi, lizin oksidaz; bağ dokusunun oluşumu için gereklidir [105].

Bakırın yüksek konsantrasyonu, gerek bitkilerde gerekse de hayvanlarda toksik etki gösterebilir ve yüksek seviyelerde Cu içeren gıdalar, insanlarda mide bulantısı, kusma, ishal ve kramplara neden olur [94, 98]. Fazla Cu, vücuttaki bazı enzimlerin işleyişini engellemektedir. Günlük 30 mg ve üstünde alım siroza neden olmaktadır. Vücutta gereğinden fazla bakır birikmesi "Wilson's hastalığı" adı ile bilinmektedir. Bu hastalıkta, ince bağırsaklardan bakır emilimi artmaktadır. Karaciğer, böbrek ve beyinde bakır birikimi meydana gelmektedir. Hastalığın nedeninin, karaciğerin, plazmadan albümine bağlı bakırı alarak seruloplazminle birleştirebilme yeteneğinin kaybolması sanılmaktadır. Bakırın dokular arası dağılım bozukluğuyla belirlenen "Menkes hastalığı"nda ise büyüme geriliği, kemik ve sinir sisteminde bozukluklar görülür [105].

Bakırın yetersizliğinde ise anemi, kemik bozuklukları ve nötropeni görülür. Nötropenide, nötrofillerin işlevleri bozulur ve solunum sisteminde enfeksiyon riski artar. Bakır yetersizliğinde, kolesterol sentezinde rol alan Hidroksi- metil glutarilkoenzim A (HMG-KoA) redüktaz aktivitesinin ve LDL oksidasyonunun arttığı gözlenmiştir. Bu olaylar, koroner kalp hastalığı riski (KKH)'nin artmasıyla ilintilidir [105].

2.2. Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Alınması

Ağır metallerin bitkiler tarafından alınmasında, üç temel basamak bulunmaktadır:

- 1-Bitki kökleri tarafından ağır metallerin absorpsiyonu,
- 2-Ksilem yoluyla sürgünlere taşınımı,
- 3-Ağır metalin detoksifikasyonu [160].

2.2.1. Köklerle Alınım

Metallerin bitki tarafından alınımına, toprakta bulunan metallerin çözünürlüğü, toprakta bulunan metal konsantrasyonu, toprakta bulunan organik maddeler, pH, bitki köklerinde bulunan mikroorganizmalar etki etmektedir [160]. Ağır metallerin toprakta çözünmemiş halde bulduklarından dolayı bitki kökleriyle alınımı zordur [160]. Bitkiler toprağa metal şelatlandırıcı moleküller ve proton salgılayarak metallerin serbest hale gelmesini sağlamaktadırlar. Kök tarafından salgılanan proton rizosferi asitleştirmekte ve asitli ortamda metal iyonları kolaylıkla çözülerek bitki bünyesine alınmaktadır. Bitki kökleri organik asit salgılayarak ağır metalleri çözmekte ve bünyelerine almaktadır. Kök içine giren metaller daha sonra bitki hücrelerine iyon taşıyıcıları ile ulaşmaktadır [161].

2.2.2. Sürgünlere Taşınması

Bitkilere alınan metaller bitki köklerinde ve toprak üstü kısımlarında birikebilmektedir. Köklerde akümüle olmayan metaller, ksilem veya floemle sürgünlere taşınmaktadır. Ksilem kanalıyla taşınan metaller, kaspari şeritine geçmektedir. Kaspari şeriti ekstrasellüler geçişi kapattığından dolayı taşınma buradan sonra intrasellüler yolla gerçekleşmektedir. Floemden bitki hücrelerine ilerleyen metaller ise, organik asitlerle şelatlı olarak veya metalotiyoninler ile taşınmaktadır [161].

2.2.3. Metallerin Bitkilerde Detoksifikasyonu

Detoksifikasyon, metallerin hücre duvarı gibi apoplastik dokulara dağılması, bir ligand ile metallerin şelasyon oluşturması ve daha sonra metal-ligand kompleksinin vakuolde ayrışması işlemine dayanmaktadır [160]. Ligandlarla kompleksleşme kökler tarafından malat ve sitrat gibi organik asitlerin salınmasıyla hücre dışında meydana gelebileceği gibi, metalotionin (MTs) ve PCs gibi peptid ligantlarla hücre içinde de

gerçekleşmektedir. Bitkinin ağır metale maruz kaldığı durumlarda bitki hücre ve dokularında PCs hızla uyarılmaktadır. MTs kodlanmış bir gen olup, PCs glutamin, sistein ve glisin olmak üzere üç amino asitten oluşmakta ve tripeptit glutatyon tarafından enzimatik olarak sentezlenmektedir [160].

2.3. Araştırma Bölgesinin Tanımı

Nevşehir ili; İç Anadolu Bölgesinde, 38 ve 39 derece kuzey enlemleri ile 34 ve 35 derece doğu boylamları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin ve bulunduğu bölgenin tam ortasında yer alan ilin yüzölçümü 5467 km²'dir ve il merkezinin rakımı 1150 m'dir. İl, topraklarını ikiye bölen Kızılırmak platosunun güney yamacında kurulmuştur. İl alanı, doğu taraftan Kayseri, güneyden Niğde, kuzeydoğudan Yozgat, batıdan Aksaray illeriyle çevrilidir.

Nevşehir ili Erciyes Dağı, Hasan Dağı ve Melendiz Dağı arasındaki volkanik bir saha içerisinde yer almaktadır. İlin bulunduğu tüm bölge Erciyes, Hasan dağı ve Melendiz dağları'ndan püsküren lavların birikmesiyle meydana gelmiştir [162]. Kayaçların yapısında egemen madde (CaCO₃) kalkerdir. Fe, Cu, Ni, Pb gibi metalleri de içeren sert mineralli tabakalar peri bacalarının şapka kısmını meydana getirmiştir. Volkanik tüflerden oluşan toprak yapısı geçirgen özelliktedir. Verim özellikle 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 [163].

Derinkuyu ve çevresi, Avanos'un kuzeyi, Gülşehirin batısı ve Kozaklı tarafı tarıma elverişli 1.sınıf, 2.sınıf ve 3.sınıf tarım arazileri içermektedir. Gülşehir ve Ürgüp çevresinde yer alan topraklar bağcılık yetiştiriciliği için daha elverişlidir. Ürgüp ve çevresi ile il merkezinin büyük bir kısmında 6.sınıf topraklar yani çölleşmiş vadi yamaçlarıyla kaplı geniş alanlar yer almaktadır. Tarıma uygun olmayan bu bölgelerde ancak vadi içerisinde tarım yapılabilir [163]. Kızılırmak havzasının güneyinde kalan kısımlarda kalker ve tüf etkisiyle beyaz renkli ponza, çakıl taşı çok yoğundur. Avanos toprağına rengini veren element yoğun demir ve bakır içeriği killi siltli yapıdır. Güneybatısında kalan kısımda ise beyaz renkli kalker türevi kalsiyum karbonat (CaCO₃) içerikli toprakların çok yoğundur.

Nevşehir ilinde genellikle karasal iklim hüküm sürmektedir. Sıcaklık -28°C ile +40°C arasında seyreder. Kızılırmak vadisinden uzaklaşıldıkça soğuk artar. En fazla yağış

İlkbaharda yağmur olarak daha sonra ise kış mevsiminde kar olarak düşmektedir. Genellikle yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk geçer. Yılın 1/5'inde sıcaklık 0 (sıfır) °C'nin altında ve yaklaşık 20 gün +30°C'nin üstünde seyrederek. Senelik yağış miktarı ortalama 388-353 mm arasındadır. Vadi çevresinde yer yer mikroklima alanlar meydana gelmiştir [162].

Nevşehir ili genel olarak bitki örtüsü yönünden zayıftır. Orman ve fundalıklar çok azdır. Ovalar bozkır (step) görünümündedir. Kızılırmak Vadisinde söğüt, kavak ve selvi ağaçları yer almaktadır. Çayır ve meralar %28 ve ekili-dikili araziler %69'dur. Genel olarak bitki örtüsü bozkırdır [162].

Nevşehir nüfusunun % 40,23'ü kırsal kesimde yaşamaktadır. 2015 yılında Çiftçi Kayıt Sistemine (ÇKS) kayıtlı 21.541 çiftçi ailesi bulunmaktadır. Çiftçi ailesi başına 89,2 dekar arazi düşmektedir. Nevşehir İlinin 538.630 hektarlık yüzölçümünün % 2,5'ü orman, % 65,4'ü ekilebilir arazi, % 18,8'si tarıma uygunsuz ve % 13,3'ü çayır-meradır. Nevşehir genelinde tarımsal üretim arazi kullanımının %55,4'ünü tahıllar oluşturur. Ayrıca üzüm başta olmak üzere çekirdeklik kabak, baklagiller, patates ve pancar diğer önemli tarım ürünlerdir. Ekilebilir arazilerin % 5,2'sinde (183.918 da) sebze ekimi yapılmaktadır. 2015 yılında Nevşehir ilinde Maydanoz, 22 da alanda 16 ton; Ispanak, 138 da alanda 150 ton; Marul (göbekli ve kıvrıkcık), 80 da alanda 131 ton; Pırasa, 63 da alanda 70 ton; Soğan, 451 da alanda 402 ton üretim yapılmıştır.

2.4. Kaynak Araştırması

2.4.1. As ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada, sodyum arsenat heptahidrat kullanılarak yapay olarak kirletilen iki farklı toprakta bazı bitkiler yetiştirilmiş ve bitkilerde arsenik birikimi incelenmiştir. Çalışmada, çözünebilir arsenik konsantrasyonu 0.02 mgkg⁻¹ olan siltli toprağa 110, 180, 225 ve 255 mgkg⁻¹ ve çözünebilir arsenik konsantrasyonu 2.8 mgkg⁻¹ olan kumlu toprağa ise 25 ve 60 mgkg⁻¹ düzeylerinde arsenik uygulanmıştır. İncelenen bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımları itibariyle en yüksek arsenik birikimi köklerde bulunmuştur [164].

Wei ve Chen (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Çin'in güneyinde bulunan Hunan eyaletinde arsenik maden ocağı yakınındaki arsenik içeren bölge topraklarında

yetişen 16 kuzgun otu (*Pteris vittata*) ve 8 eğrelti otu (*Pteris cretica*) türünde arsenik birikimi incelenmiştir. Kuzgun otu ve eğrelti otu bitkilerinin arsenik konsantrasyonları sırasıyla 3-704 mgkg⁻¹ ve 149-694 mgkg⁻¹, biyoakümülyasyon faktörleri 0.06-7.43 ve 1.34-6.62 ve translokasyon faktörleri 0.17-3.98 ve 1.0-2.61 aralıklarında bulunmuştur. Bitkilerin arsenik biriktirme yeteneğine sahip oldukları belirlenmiştir [165].

2013 yılında yapılan bir çalışmada üç farklı sebzenin (ıspanak, marul ve maydanoz) mineral ve ağır metal içeriğinin analizi yapılmıştır. Ocak 2013'de; ıspanak, marul ve maydanoz numuneleri Marmara Bölgesi'nden toplam 54 numune olacak şekilde toplanmıştır. Mikrodalga ile parçalama işleminden sonra ICP-MS cihazıyla ölçümler yapılmış ve numunelerin metal içeriği (Na, Mg, Al, P, K, Ca, Fe, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sn, Hg, Pb) tespit edilmiştir. Mikrodalga ile parçalama sonrasında ICP-MS ile yapılan metal içeriği analizlerinden, ağır metallerin bulunma sırası Cu>Pb>Cd>As>Sn>Hg şeklindedir. Cu, Pb, Cd, As ve Sn'ın ortalama değerlerinin en yüksek görüldüğü bitkinin ıspanak olduğu tespit edilmiştir [166].

Yapılan bir çalışmada arpa bitkisinin iki çeşidinde 10 µM ve 50 µM konsantrasyonlarında arsenik uygulanmıştır. Çimlenme oranı, kök uzunluğu, kuru ve taze ağırlık gibi fizyolojik parametreler değerlendirilmiş, arseniğin kök dokusunda Superoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), Guaiacol peroxidase (GPX) gibi antioksidatif enzimler ile lipit peroksidasyona etkileri incelenmiştir. Arsenik, doz artışına paralel olarak arpada, her iki çeşitte kök büyümesini inhibe etmiştir. APX ve CAT enzimlerinin aktivitelerinde anlamlı bir azalma (p<0.005) görülürken, SOD enzim aktivitesinde artma meydana gelmiştir. GPX enzim aktivitesinde ise anlamlı bir değişiklik meydana gelmemiştir [167].

Gedik (2015) yaptığı çalışmada arseniğin su-sediment arasındaki geçişi, canlılardaki birikimi, biyomagnifikasyonu ve bunları etkileyen faktörleri incelemiştir. Araştırma ABD'nin Louisiana eyaletine bağlı Crowley şehrinde, pirinç ve kerevit yetiştiriciliği yapılan alanlardaki toprak örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Su kaynağı ve vejetasyon özellikleri yönünden farklılık gösteren üç farklı istasyondan 15 günde bir su, sediman, vejetasyon ile kerevit (*Procambarus clarkii*) örnekleri alınmış ve bu örneklerde arsenik miktarları belirlenmiştir. Pirinç, çeltik ve doğal vejetasyondaki arsenik derişiminin sırasıyla 0.33-0.41 mgkg⁻¹, 3.14-4.93 mgkg⁻¹ ve 3.26-5.89 mgkg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir [166].

Yapılan bir çalışmada çeşitli aralıklarda arsenik ve kurşun içeren topraklarda yetiştirilen bazı sebzelerde incelemeler yapılmıştır. Transfer Bu amaçla 16.5–915 mgkg⁻¹ aralıklarında kurşun ve 6.9–211 mgkg⁻¹ aralıklarında arsenik içeren topraklarda marul, havuç, domates ve yeşil fasulye yetiştirilmiştir. Toplam Pb ve As konsantrasyonları ICP kütle spektrofotometresi ile ölçülmüştür. Toprakta kalan ağır metal miktarı sebze türüne ve pH'a göre değişmektedir. Arsenik konsantrasyonu en yüksek marul ve yeşil fasulyede belirlenmiştir. Marul ve yeşil fasulyede arsenik transferi kurşundan daha yüksek bulunmuştur [169].

Yapılan bir çalışmada Tekirdağ İli Çorlu ve Çerkezköy çevresindeki önemli sanayi kuruluşlarının etki alanı civarında bulunan tarım toprakları ve bu topraklarda yetiştirilen buğday bitkisindeki bazı ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Sanayi kuruluşlarına yakın mesafelerdeki tarım alanlarından 0-20 cm derinlikte olmak üzere 20 adet toprak ve buğday bitki örnekleri alınmıştır. Topraklarda yapılan ağır metal miktarları ortalama As (6,85); B (1,82); Cd (6,38); Co (0,15); Cr (4,92); Cu (12,05); F (0,48), Fe (8,61); Mn (22,33); Mo (1,22); Ni (1,95), Pb (14,24); Se (1,55); Si (1,45) ve Zn (10,18) konsantrasyonlarında mgkg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bitkilerde yapılan ağır metal sonuçları ortalama As (17,97); B (30,28); Cd (77,48); Co (0,78) Cr (24,50); Cu (47,69); F (13,62); Fe (208,47); Mn (71,09); Mo (12,51); Ni (26,46); Pb (48,15); Se (4,83); Si (698,84) ve Zn (86,07) konsantrasyonlarında mgkg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Alınan toprak örneklerindeki Cd, Co, Pb, Cr değerleri fazla, Zn ve Fe değerlerinin çok fazla seviyede olduğu bitki örneklerinde ise sadece Zn değerinin izin verilen sınırların üzerinde olduğu belirlenmiştir [170].

2.4.2. Diğer Ağır Metaller ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Kore'de maden ocakları çevresindeki tarımsal arazilerde bir araştırma yapılmıştır. Kurşun ve Çinko çıkartılan maden ocağı yakınlarındaki *Oryza barthii* L. (pirinç) tarlalarında sulama suyu, bitki ve topraktaki mevsimsel metal değişimi ve çevresel kirliliği tespit edilmiştir. Maden ocağı yakınlarındaki pirinç tarlaları toprağında ve sulama sularında Cd, Cu, Pb ve Zn, düzeylerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. En fazla birikmenin kök kısmında daha sonra da dane kabuğunda olduğu tespit edilmiştir [4].

Mohamed ve arkadaşları yaptıkları çalışmada çeşitli sebzelerin besleyici ve toksik element içeriklerinin (Cu, Zn, Fe, Cd, Ca, Pb, Mg, K ve Na) tespitini yapmışlardır.

Suudi Arabistanda belirlenen 12 farklı sebze türünde çalışmalar yürütülmüştür. Ölçülen farklı element konsantrasyonlarının bitki tarafından alınma kapasitelerine bağlı olduğu belirlenmiştir. Bu sebzelerdeki element konsantrasyonlarının insan beslenmesi için güvenilir düzeyde oldukları belirlenmiştir [171].

Wang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ağır metallerin bitki bünyesine geçiş hızlarını ve bitki bünyesinde en fazla biriktirdikleri kısımları araştırmışlardır. Çalışmada saksı deneyi kurmuşlar ve 4 değişik düzeyde ağır metal içeren topraklarda bitki yetiştirmişlerdir. Çalışmalarının neticesinde bitkinin farklı kısımlarındaki ağır metal seviyelerinin değişik ve sıralamanın kök>gövde>tohum>yaprak olarak belirlemişlerdir. Ayrıca ağır metal alımlarında sıralamanın Zn>Cr>Cd>Cu>Pb şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir [172].

Yapılan bir çalışmada, iki yıl süresince tekrarlı olarak toprağa uygulanan farklı kentsel arıtma çamurlarının, domates bitkisinde bitki besin elementleri ve içeriklerindeki ağır metal düzeyleri üzerine etkilerini incelenmiştir. Toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru ile paralel olarak domates bitkisinin ağır metal (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu, Pb, Ni ve Cd) konsantrasyonlarında büyük bir artışın olduğu tespit edilmiştir [173].

Pavlova ve Alexandrov, Doğu Rodop Dağlarında yetişen bazı bitki ve toprak örneklerindeki Ca, Mg, Ni, Fe, Cr, Co, Mn, Cu, Zn ve Pb element içeriklerini araştırmışlardır ve elde ettikleri verilerde bitkilerdeki Ca, Mg, Ni ve Fe birikiminin bitkilerde topraklara oranla çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Serpantinli topraklarda yüksek Fe birikiminin karakteristik olduğunu belirlemişlerdir [174].

Gür ve arkadaşları ağır metallerin bitki gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada *Clivia* sp. bitkisinin polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine Cl tuzu halinde uygulanan Pb, Cu, Hg ve Cd ağır metallerinin 30, 60, 90, 120 ve 240 µM'lık konsantrasyonlarının etkileri araştırılmıştır. Tüm ağır metal konsantrasyonları polen çimlenmesini ve tüp büyümesini farklı oranlarda azalttığı gözlemlenmiştir. Kullanılan ağır metallere polen çimlenmesini ve tüp uzunluğunu en fazla engelleyen Cd, en az engelleyen ise Pb olduğu tespit edilmiştir [175].

Niğde Ulukışla ilçesinde yapılan bir çalışmada bu bölgedeki gerek cevherleşme ve gerekse madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerini bitkiler üzerinde biyojeokimyasal

yöntemlerle araştırılmıştır. 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. Çalışma sonucunda 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 tespit edilmiştir [176].

Yapılan bir çalışmada altı farklı sebze türünün Cd, Cu, Pb ve Zn elementlerini ne kadar biriktirdikleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ıspanakta sırasıyla Cd ($0,34 \text{ mgkg}^{-1}$), Cu ($6,76 \text{ mgkg}^{-1}$), Pb ($0,61 \text{ mgkg}^{-1}$) ve Zn ($241,1 \text{ mgkg}^{-1}$) değerleri bulunmuştur. Marulda ise sırasıyla Cd ($0,21 \text{ mgkg}^{-1}$), Cu ($5,50 \text{ mgkg}^{-1}$), Pb ($1,52 \text{ mgkg}^{-1}$) ve Zn ($57,8 \text{ mgkg}^{-1}$) değerleri belirlenmiştir [177].

2008 yılında yapılan bir çalışmada Aydın İli'nin en önemli sulama kaynaklarından olan Büyük Menderes Nehri'nden kaynaklanan ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Büyük menderes nehri ile sulanan bölgelerden başlıca farklı bitki türleri (börülce, bamyas, mısır, biber, ıspanak, patlıcan, domates, karpuz ve fasulye) toplanmış ve bu ürünlerde bulunan bazı metaller (bakır, çinko, demir, kurşun ve kadmiyum) atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile analizlenmiş miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca sulanmayan bölgelerden de örnekler toplanarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak bütün ürünlerde analizleri yapılan metaller açısından kirlenmenin olduğu tespit edilmiştir. Tüm ürünlerde sulanan bölgelerdeki metal derişimlerinin, sulanmayan bölgelerdeki metal derişimlerinden daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir [178].

Yapılan bir çalışmada İstanbul İlinde trafiğin yoğun olduğu yol kenarı, atıksu, kenar semt, sanayi, şehir içi ve iki tane kontrol bölgesi olmak üzere toplam 7 istasyondan yıkanmış ve yıkanmamış sebze örnekleri ile yetiştikleri toprak örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerdeki Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları, ön hazırlık işlemlerden geçirilerek, ICP – OES ile ölçüm yapılmıştır. Yıkanmamış örneklerin, yıkanmış örneklere göre daha kirli olduğu gözlenmiştir, kirliliğin daha çok sanayi ve yol kenarında yetiştirilen sebzelerde olduğu tespit edilmiştir. Toprakta ki ağır metal miktarının Pb hariç, diğer ağır metallerin kontrol bölgelerinde daha az olduğu belirlenmiştir [129].

İstanbul ilinde yapılan bir çalışmada 5 istasyondan, 59 farklı lokaliteden toplanan *Cercis siliquastrum*'a ait yıkanmış ve yıkanmamış yaprak ve kabuk örnekleri ile bitkilerin yerleşim yerlerine ait toprak örnekleri araştırılmıştır. İstanbul'daki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve bu bitkinin bir ağır metal kirliliği biyomonitörü 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 [96].

İstanbul'da altı lokasyondan (dere kıyısı, şehir içi, sanayi bölgesi, kenar semt, yol kenarı ve kontrol bölgesi) toplanan bazı sebze türlerinin (*Petroselinum crispum*, *Brassica oleracea* var. *acephala*, *Beta vulgaris* var. *cicla*) yıkanmış ve yıkanmamış örnekleri ile yetiştikleri toprak örnekleri toplanarak bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) miktarları tespit edilmiştir. Yıkanmamış örneklerde metal birikiminin en fazla olduğu belirlenmiştir. Endüstriyel ve yol kenarlarında yetişen bitkilerde metal birikiminin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bitkilerde ağır metallerin en yüksek ve en düşük değerleri Cd için 0,28-0,89 μgg^{-1} , Cr için 5,33-14,04 μgg^{-1} , Cu için 1,47-5,19 μgg^{-1} , Ni için 3,06-13,65 μgg^{-1} , Pb için 29,28-86,20 μgg^{-1} ve Zn için 3,70-5,74 μgg^{-1} arasında bulunmuştur. Bitkilerde toplam metal konsantrasyonlarının sıralanışının Pb>Cr>Ni >Zn>Cu>Cd olduğu belirlenmiştir [179].

Yapılan bir çalışmada İstanbul'un Şile ilçesi Yeşilvadi Köyü'nde tarımı yapılan sebzelerde ağır metal ölçümü yapılmıştır. 6 sebze türünün (maydanoz, patlıcan, biber, fasulye, lahana ve pazı) yıkanmış ve yıkanmamış örnekleri ile toprak örneklerinde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn ağır metal miktarları belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, yıkanmış ve yıkanmamış sebzeler arasındaki ağır metal düzeyleri değerlendirilmiştir. Sebzelerde ağır metallerin en düşük ve en yüksek değerleri Cd (0.32-0.43 μgg^{-1} dw), Cr (3.88-8.71 μgg^{-1} dw), Cu (1.61-3.39 μgg^{-1} dw), Ni (2.97-6.37 μgg^{-1} dw), Pb (35.15-79.90 μgg^{-1} dw) ve Zn (3.21-4.09 μgg^{-1} dw) olarak belirlenmiştir. Yıkanmış ve yıkanmamış sebze örnekleri arasında önemli derecede bir farklılık olmadığı gözlenmiştir [180].

Yapılan bir çalışmada Eskişehir pazarlarında satılan ticari bitki örnekleri ile bahçelerde yetiştirilen bitki örnekleri toplanmıştır. Bu amaçla taze yapraklarından tıbbi amaçla ve özellikle gıda olarak yararlanılan, kuzukulağı, ısırgan otu, biberiye ve cevizin örnekleri toplanmıştır. Toplanan yaprak örneklerinde, bazı ağır metal içerikleri (Ni, Cd, Pb, Zn ve

Cr) ve bitki besin elementleri (Cu, Mn, Fe, Mg, Al, Ca, Na ve K) belirlenmiştir. Kadmiyum hiçbir bitkisel materyalde tespit edilememiştir, kurşun, nikel ve krom ise bazı örneklerde belirlenmemiştir. Yapraklardaki ağır metal değerleri; biberiye örneklerinde 0,53-425 mgkg⁻¹, kuzukulağı örneklerinde 0,22-46,90 mgkg⁻¹, ceviz örneklerinde 0,59-17,49 mgkg⁻¹ ve ısırgan otu örneklerinde 0,85-15,42 mgkg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan tıbbi bitkilerde bazı ağır metallerin bitkilerde önerilen kritik düzeylerin üzerinde olması dikkati çekmektedir [181].

Yapılan bir çalışmada Tekirdağ İli Çorlu ve Çerkezköy çevresindeki önemli sanayi kuruluşlarının etki alanı civarında bulunan tarım toprakları ve bu topraklarda yetiştirilen buğday bitkisindeki bazı ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Sanayi kuruluşlarına yakın mesafelerdeki tarım alanlarından 0-20 cm derinlikte olmak üzere 20 adet toprak ve buğday bitki örnekleri alınmıştır. Topraklarda yapılan ağır metal miktarları ortalama As(6,85); B(1,82); Cd(6,38); Co(0,15); Cr(4,92); Cu(12,05); F(0,48), Fe(8,61); Mn(22,33); Mo(1,22); Ni(1,95), Pb(14,24); Se(1,55); Si(1,45) ve Zn(10,18) konsantrasyonlarında mgkg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bitkilerde yapılan ağır metal sonuçları ortalama As(17,97); B(30,28); Cd(77,48); Co(0,78) Cr(24,50); Cu(47,69); F(13,62); Fe(208,47); Mn(71,09); Mo(12,51); Ni(26,46); Pb(48,15); Se(4,83); Si(698,84) ve Zn(86,07) konsantrasyonlarında mgkg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Alınan toprak örneklerindeki Cd, Co, Pb, Cr değerleri fazla, Zn ve Fe değerlerinin çok fazla seviyede olduğu bitki örneklerinde ise sadece Zn değerinin izin verilen sınırların üzerinde olduğu belirlenmiştir [182].

Nevşehir yöresinde uygulanan araştırmada değişik su kaynakları ile sulanan alanlardan alınan toprak, su ve sebzelerdeki ağır metal birikimi belirlenmiştir. Bölgede tarımsal amaçlı yetiştirilen 4 farklı sebze türünden; *Lycopersicon esculentum* (domates), *Capsicum annum* (biber), *Allium cepa* (soğan), *Phaseolus vulgaris* (fasulye) ve sebzelerin yetiştikleri topraklardan, sulandığı sulardan numuneler toplanmış ve bu numunelerde Cu, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni konsantrasyonları ölçülmüştür. Sulusaray istasyonundan alınan domates yaprağında 5.3583 µgg⁻¹ Nikel tespit edilmiştir. Avanos istasyonundan alınan Soğan'ın kökünde ve Avanos toprak örneğinde sırasıyla 4.0840 µgg⁻¹ ve 4.7427 µgg⁻¹ Çinko belirlenmiştir. Avanos Biber kök örneğinde 0.0287 µgg⁻¹ ve Nar istasyonu atıksu girişinden toplanan Soğan yaprağı örnekte 0.0297 µgg⁻¹

Kadmiyum tespit edilmiştir. Fe açısından, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün verilerine göre bazı sebzelerde normal değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Araştırma neticesinde; Kızılrırmak 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 belirlenmiştir [183].

Yapılan bir çalışmada, Ankara (10 örnek), Antalya (14 örnek), Eskişehir (11 örnek), İstanbul (10 örnek), İzmir (10 örnek), Mersin (10 örnek), Ordu (7 örnek) illerindeki aktarlarda "civanperçemi" adıyla satılan drogların bazı ağır metal içerikleri (Fe, Cd, Co, Mn, Zn) ve bitki besin elementleri (Na, K, Ca, B, Mg) tespiti yapılmıştır. İncelenen örneklerin ağır metal ve bitki besin elementlerinin miktarları ICP-OES yöntemi ile ölçülmüştür. Bitki örneklerindeki en düşük ve en yüksek ağır metal birikimleri; Fe $0.365 \text{ mgkg}^{-1} - 18.86 \text{ mgkg}^{-1}$; Cd $0.007 \text{ mgkg}^{-1} - 0.294 \text{ mgkg}^{-1}$; Co $0.022 \text{ mgkg}^{-1} - 0.027 \text{ mgkg}^{-1}$; Mn $0.097 \text{ mgkg}^{-1} - 2.098 \text{ mgkg}^{-1}$; Zn $0.009 \text{ mgkg}^{-1} - 0.624 \text{ mgkg}^{-1}$ bulunmuştur [184].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

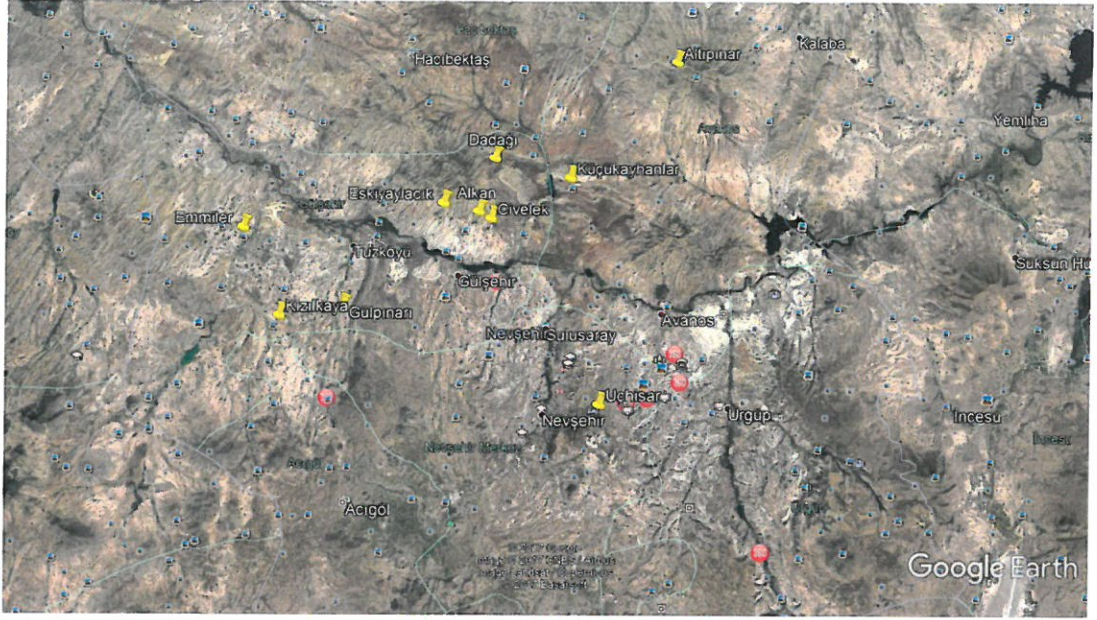
Bu çalışmada Nevşehir yöresinin farklı bölgelerinden (Gülşehir ilçesine bağlı yedi köy, Avanos ilçesine bağlı iki köy ve Merkeze bağlı bir köy) kirlenmenin olabileceği yada kontrol grubu olarak olmayacağı istasyonlar belirlenerek toplanan sebzeler, bunların yetiştiği toprak ve sulama suyu örnekleri materyal olarak kullanılmıştır (Tablo 3.1 ve Şekil 3.1).

Tablo 3.1. Örneklerin Toplandığı Lokasyonlar.

• Dadağı köyü-Gülşehir-Nevşehir	• Uçhisar kasabası -Merkez-Nevşehir
• Küçükayhan köyü-Avanos-Nevşehir	• Eskiaylacık köyü- Gülşehir-Nevşehir
• Emmiler köyü -Gülşehir-Nevşehir	• Civelek köyü-Gülşehir-Nevşehir
• Gülpınar köyü -Gülşehir-Nevşehir	• Alkan köyü-Gülşehir-Nevşehir
• Kızılkaya-Gülşehir-Nevşehir	• Altıpınar -Avanos-Nevşehir

Tablo 3.2. Toplanan Sebze Türleri.

- Maydanoz (*Petroselinum crispum*)
- Ispanak (*Spinacia oleracea*)
- Marul (*Lactuca sativa*)
- Soğan (*Allium cepa*)
- Pırasa (*Allium porrum*)



Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı lokasyonların uydu görüntüsü.

3.1.1. Maydanoz (*Petroselinum crispum*)

Maydanoz Umbelliferae familyasındandır. Yaprakları parçalı, kazık köklü, 30–100 cm boyunda, iki yıllık bir bitkidir. Çiçekleri şemsiye halindedir. Tohumlar 2.5–3 mm uzunlukta, esmer renkli ve özel kokuludur. Maydanoz bitkileri ilk yıl bir yaprak rozeti, ikinci yılında ise bir gövde meydana getirmektedir. Gövdeleri dik, tüysüz, köşeli ve içi boştur. Uçucu yağ (% 2–3), sabit yağ ve flavon glikozitlerini içermektedir. Maydanoz yaprakları bazı vitaminler (A, C, K) bakımından zengindir. Köklerinde ise uçucu yağ, şeker, müsilaj ve glikozit içerirler.

3.1.2. Ispanak (*Spinacia oleracea*)

Chenopodiaceae familyası içerisinde yer almaktadır. İki evcikli, kazık köklü bir bitkidir ve yaprakları geniştir. Çiçekleri bir sap üzerine salkım şeklindedir ve çiçeklerin taç yaprakları bulunmamaktadır. Yaprakları nitrat, fosfat, lesitin, şekerler, klorofil, yağ, müsilaj, saponin, demir tuzları, iyot, vitaminler içermektedir [185]. Ispanağın antioksidan aktivitesi yüksektir ve önemli miktarda besleyici özelliklere sahiptir [186].

3.1.3. Marul (*Lactuca sativa*)

Compositae familyası üyesidir. 30–100 cm yüksekliğinde, yeşil yapraklı, iki yıllık ve otsu bir bitkidir. Birçok kültür formu çok eski zamanlardan beri yetiştirilmektedir. Marullar besin deposu olarak görev yapan, bol miktarda saçak kök taşıyan kazık köke sahiptirler. Saçak kökler toprağın 20-30 cm derinliğine yayılmaktadır. Çiçeklenme devresinde kazık kök 100-150 cm derine inebilmektedir [187]. Marulların rozet şeklindeki gövdeleri toprak seviyesinin hemen üzerinde yer almaktadır. Yetiştiricilik uygulamalarında bitki gövdelerinin uzamasına izin verilmeden hasat edilmektedir. Bitkinin sebze olarak değerlendirilen kısımları yapraklarıdır. Yapraklar renk, düz yapı, kıvrıkcık yapı, uzunluk, genişlik ve etlilik gibi karakterler bakımından farklı şekillerde bulunmaktadır.

3.1.4. Soğan (*Allium cepa*)

Soğangiller familyası içerisinde soğan, pırasa, sarımsak, frenk soğanı, patates soğanı, şalot vb. bitkiler yer almaktadır. *Allium* olarak bilinirler ve dünyada geniş alanlara yayılım göstermektedirler[188]. Yaklaşık 700 tür içeren Alliaceae familyasında, *Allium cepa* L. yenilebilir türlerde ilk sırada yer almaktadır. Mutfak tipi soğanlarda soğanlar çeşitlere göre değişmekle birlikte genellikle iri ve tektirler. Dallanmamış köklere ve rozet şeklinde gövdeye sahiptir. Köklerden yeşil yapraklara kadar çoğunlukla beyaz renkte olan kısım yalancı gövdeyi meydana getirmektedir. Bu kısımlar çoğunlukla taze tüketime uygundur. Soğan kullanım sahası oldukça geniş olan, tıbbi yönden de mikrobik hastalıklara karşı bağışıklık sistemini düzenleyici etkileri olan bir kültür bitkisidir.

3.1.5. Pırasa (*Allium porrum*)

Pırasa, iki yıllık bir bitkidir. İlk yıl vejetatif yalancı gövde meydana gelirken, ikinci yılda generatif devreye geçerek tek çiçek sapı meydana gelmektedir. Pırasa bitkisinde kökler soğanda olduğu gibi dallanmazlar. Kökler 30-40 cm derinliğe inebilirler. Gövde rozet gövde şeklindedir. Pırasa tınlı, killi tınlı ve kumlu topraklarda daha iyi gelişim göstermektedir. Serin iklim sebzesi olan pırasa, 15-20 °C' lik sıcaklıklarda ideal gelişme göstermektedir. Pırasa insan sağlığı açısından oldukça faydalıdır.

3.2.1. Araştırma Materyalinin Temini

“İçme Sularında Arsenik Kirliliği Olan Bölgelerde Yaşayan Bireylerdeki Sağlık Risklerinin Moleküler Epidemiyolojik Yöntemlerle Araştırılması” adlı Tübitak projesinde içme sularında arsenik düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara üç farklı gruplandırma yapılmıştır. Bu tez çalışmamızda, Nevşehir ili kapsamında içme sularındaki total arsenik düzeylerine bağlı olarak farklı 3 bölgeden ($> 50\mu\text{g/l}$; Dadağı, Küçükayhan, Emmiler ve Gülpınar köyleri; $10-50\mu\text{g/l}$; Kızılkaya ve Uçhisar kasabası; $<10\mu\text{g/l}$; kontrol bölgesi, Eskiyaılacık, Civelek, Alkan ve Altıpınar köyleri) toplanan sebze örnekleri ve bunların yetiştiği toprak örnekleri ile sulama suyu örnekleri materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 3.2.).

Alınan örnekler analiz çalışmalarında önce birkaç aşamadan geçirilmiştir. Öncelikle örnekler çeşme suyuyla daha sonrada çift distile suyla yıkanmıştır. Daha sonra etüvde 80 C derecede 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda dövülerek küçük parçalara ayrılmıştır. Her sebze örneğinden sonra havan çift distile suyla yıkanarak kontaminasyon engellenmiş olup, ayrı poşetlere koyularak saklanmıştır.

Toprak numuneleri ise, yüzeyden itibaren döküntü temizlendikten sonra 10 cm’lik bölgeden, bitki kökünün çevresinden 15 cm derinlikten çelik burgu kullanılarak ve kontaminasyonlardan korunarak yaklaşık 1 kg olarak alınmıştır. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri yere serilip havalandırılarak iyice kurutulmuş ve hava kurusu haline getirilmiştir. Ayrıca toprak örneklerini kontaminasyona karşı koruyabilmek için naylon poşetlere koyulmuştur.

Araştırmada materyal olarak kullanılan sulama suyu örnekleri, önceden temizlenmiş ve saf sudan geçirilmiş olan numune kaplarına bir miktar su numunesi ile çalkalandıktan sonra akmakta olan sudan yaklaşık 3 lt doldurulmuştur. Numune kaplarının üzerine etiket bilgileri yazılarak numaralandırılmış ve en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 3.2. Araziden toplanan Sebze Örnekleri.

3.2.2. Malzemelerin Temizliği

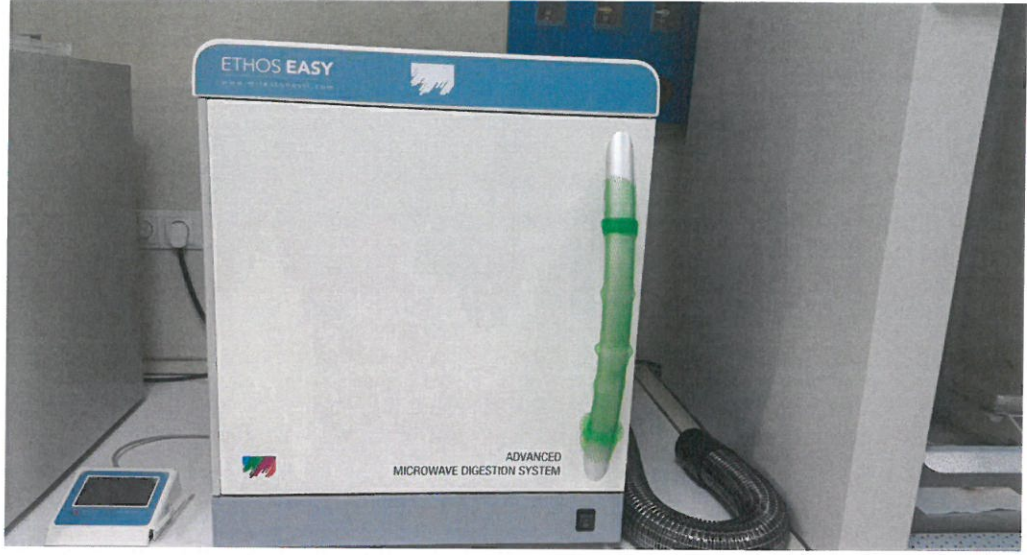
Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cam plastik ve porselen malzemeler önce deterjanlı su içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra çeşme suyuyla yıkanarak % 20'lik Nitrik asit içine alınıp, bir gece bekletme işleminden sonra çift distile su ile yıkanarak 60 °C'de etüvde kurutulup kullanıma hazır hale getirilmiştir.

3.2.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada kullanılan standartların ve çözeltilerin hazırlanmasında, % 65'lik HNO₃ ve % 37'lik HCl kullanılmıştır. Çözdürme işleminde en yaygın olarak kullanılan yöntem bitki örneklerinin çözülmesinde HNO₃, toprak örneklerinin çözülmesinde 1/3 oranında HNO₃ ve HCl karışımıdır (1 HNO₃ + 3 HCl= Kral suyu). Ayrıca standartların ve örneklerin hazırlanmasında ve seyreltme işleminde çift distile su kullanılmıştır.

3.2.4. Materyaller İçin Çözme İşlemi

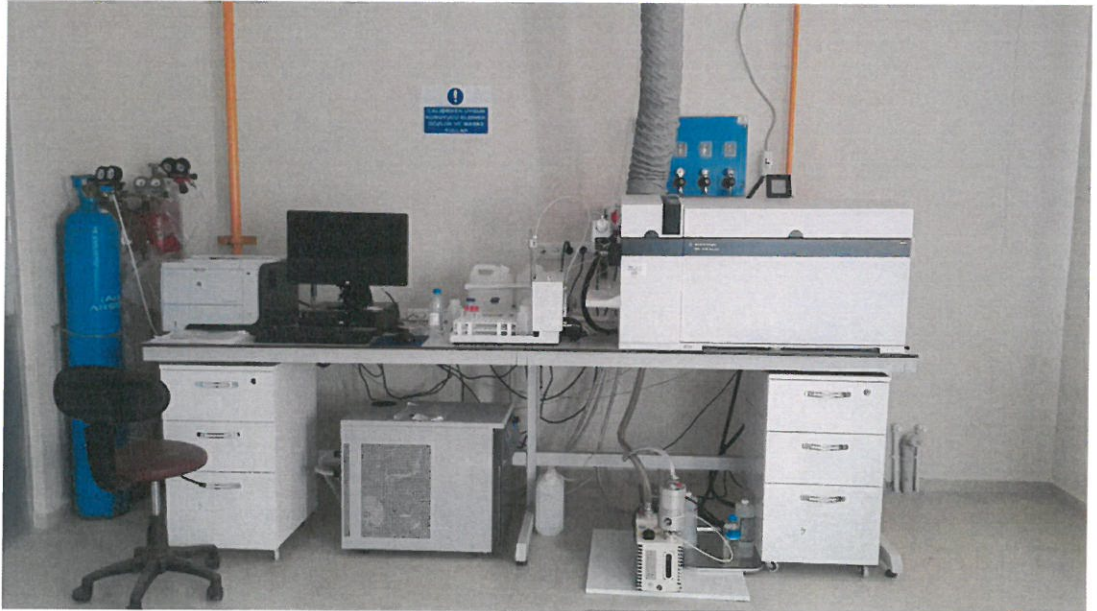
Bitki, toprak ve sebze örneklerinin ağır metal içeriklerini tayin etmek amacıyla örnekler distile su ile yıkanarak 105⁰C'de kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra örnekler yaklaşık 0,05 g tartılarak üzerine 8ml HNO₃ ilave edildikten sonra mikrodalga çözme sistemi kullanılarak çözme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan Mikrodalga Fırın.

3.2.5. Bitkide Ağır Metal Seviyesinin Belirlenmesi

Hücreler içerisindeki örnekler, kenarları distile su ile yıkanarak 50 ml'lik propilen tüplere aktarılıp, santrifüj edildikten sonra çift distile su ile üzerleri 10 ml'ye tamamlanarak ICP-MS cihazında ağır metal ölçüm işlemi yapılmıştır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Çalışmada Ağır metal analizinde kullanılan ICP-MS.

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Her bir örnek için 3 tekrarlı okunan değerlerin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0,05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kolaylık sağlaması açısından SPSS programı kullanılarak %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Duncan testleri gerekli gruplar ve parametreler için uygulanmıştır. Ortalamalar ve gruplar arası farklılıklar bu testler vasıtasıyla kıyaslanarak yorumlanmıştır.

4. BÖLÜM

BULGULAR

4.1. Bulgular ve Değerlendirmeler

Nevşehir'in çeşitli bölgelerinde, arseniğin neden olduğu kirliliğin boyutlarını ve dağılımını tespit etmek, sonuçlarını tartışarak farklı çözüm önerileri geliştirerek sunmak amacıyla yaptığımız çalışmamızda, Nevşehir ili kapsamında yapılan önceki çalışmalarda, içme sularındaki total arsenik düzeylerine bağlı olarak 3 farklı bölge seçilmiştir.

Dadağı, Küçükayhan, Emmiler ve Gülpınar köyleri Arsenik miktarı en yüksek olan 1. Bölge ($As > 50 \mu\text{g/l}$) Kızılkaya ve Uçhisar kasabası As miktarı orta düzeyde olan 2. Bölge ($As < 10 \mu\text{g/l}$) ve Eskiyaylacık, Civelek, Alkan ve Altıpınar köyleri kontrol bölgesi olan 3. Bölge olarak belirlenmiştir.

Toplanan sebze örnekleri, bunların yetiştiği toprak örnekleri ve sulama suyu örneklerindeki başta Arsenik (As) olmak üzere, Demir (Fe), Krom (Cr), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn) ve Bakır (Cu) değerleri tespit edildikten sonra Toprak kontrol yönetmeliğine, Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Sulama suyu limit değerleriyle (Tablo 4.1) karşılaştırılarak kirlenmenin derecesi belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 4.1. Ağır metallerin toprakta, sulama suyunda toksik kabul edilen ve kontamine olmuş bitkilerdeki konsantrasyon aralıkları [189], [190], [191] ($\mu\text{g g}^{-1}$ / mg l^{-1}).

Element	Toprak kontrol yönetmeliğine göre ağır metal alt ve üst sınır değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$) [193]	WHO'nun Bitkilerde kabul ettiği ağır metal sınır değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$) [194].	Su kirliliği kontrol yönetmeliği sulama suyu sınır değerler (mg l^{-1}) [195]
As	20	0.5	0,01
Cr	100	0.5	0.1
Cd	1-3	0.5	0.01
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
Mg	>50	50-150	50
Mn	30-300	50	0.2

4.1.1. Arsenik

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait As konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’de verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Dadağı istasyonundaki soğan sebzisine ait As değerleri ($10,9358 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Civelek istasyonundaki pırasa numunelerine ait As değerleri ($0,0943 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 4.2. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait As konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	0,3652±0,0009 ^{cd}	0,2684	0,4971
	Maydanoz	0,2881±0,0003 ^{cd}	0,2850	0,2927
	Soğan	0,3252±0,0007 ^{cd}	0,3194	0,3292
	Pırasa	0,1591±0,0001 ^d	0,1557	0,1629
	Ispanak	0,7579±0,0007 ^c	0,7566	0,7604
ALTIPINAR	Marul	0,8265±0,0006 ^c	0,8124	0,8438
	Maydanoz	0,2431±0,0001 ^{cd}	0,2267	0,2698
	Soğan	0,1927±0,0001 ^d	0,1880	0,1987
	Pırasa	0,3684±0,0003 ^{cd}	0,3599	0,3725
	Ispanak	0,2463±0,0004 ^{cd}	0,2430	0,2494
CİVELEK	Marul	1,1573±0,0007 ^c	1,1314	1,1748
	Maydanoz	0,4376±0,0008 ^{cd}	0,4310	0,4420
	Soğan	0,1701±0,0011 ^d	0,1603	0,1792
	Pırasa	0,0943±0,0001 ^e	0,0928	0,0958
	Ispanak	0,1741±0,0005 ^d	0,1703	0,1780
DADAğI	Marul	0,3925±0,0004 ^{cd}	0,3898	0,3952
	Maydanoz	3,7493±0,0021 ^b	3,4968	4,1860
	Soğan	10,9358±0,004 ^a	10,7367	11,1120
	Pırasa	0,5178±0,0002 ^{cd}	0,5174	0,5183
	Ispanak	4,3314±0,0041 ^b	4,3109	4,3435
EMMİLER	Marul	0,4849±0,0004 ^{cd}	0,4794	0,4943
	Maydanoz	0,6253±0,0002 ^c	0,6143	0,6306
	Soğan	0,3361±0,0004 ^{cd}	0,3305	0,3461
	Pırasa	3,8787±0,0031 ^b	3,8274	3,9369
	Ispanak	0,6673±0,0004 ^c	0,6500	0,6800
ESKİYAYLACIK	Marul	0,2470±0,0002 ^{cd}	0,2419	0,2540
	Maydanoz	0,8419±0,0004 ^c	0,8249	0,8647
	Soğan	0,5734±0,0003 ^{cd}	0,5646	0,5800
	Pırasa	0,1260±0,0007 ^d	0,1233	0,1312
	Ispanak	0,4738±0,0005 ^{cd}	0,4666	0,4782
GÜLPINARI	Marul	0,2337±0,0004 ^{cd}	0,2304	0,2355
	Maydanoz	0,6531±0,0006 ^{cd}	0,6456	0,6599
	Soğan	0,3295±0,0001 ^c	0,3271	0,3340
	Pırasa	0,7629±0,0006 ^c	0,7535	0,7707
	Ispanak	1,2612±0,0011 ^c	1,2031	1,3097
KIZILKAYA	Marul	0,5991±0,0005 ^{cd}	0,5860	0,6151
	Maydanoz	0,5419±0,0004 ^{cd}	0,5353	0,5460
	Soğan	0,5618±0,0006 ^{cd}	0,5555	0,5673
	Pırasa	0,2982±0,0004 ^{cd}	0,2938	0,3013
	Ispanak	0,1951±0,0001 ^d	0,1875	0,2032
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	2,3583±0,0013 ^c	2,2954	2,4149
	Maydanoz	2,9689±0,0010 ^c	2,9392	3,0132
	Soğan	6,0120±0,0025 ^{ab}	5,9381	6,1119
	Pırasa	1,1749±0,0010 ^c	1,1443	1,1958
	Ispanak	3,5184±0,0031 ^b	3,5010	3,5285
UÇİSAR	Marul	0,4800±0,0004 ^{cd}	0,4764	0,4860
	Maydanoz	0,2183±0,0001 ^{cd}	0,2097	0,2252
	Soğan	1,1696±0,0011 ^c	1,1539	1,1780
	Pırasa	0,1510±0,0002 ^c	0,1503	0,1513
	Ispanak	0,3426±0,0003 ^{cd}	0,3385	0,3494

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.3. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait As konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mgI}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	10,3045±0,0041 ^c	10,0384	10,5268
	ALTIPINAR	12,1066±0,0024 ^c	11,9850	12,2952
	CİVELEK	34,0986±0,0036 ^b	34,0089	34,1902
	DADAĞI	41,3655±0,031 ^b	40,5731	42,3701
	EMMİLER	25,9132±0,0028 ^c	25,5799	26,2955
	ESKİYAYLACIK	10,1417±0,0014 ^c	10,0993	10,1906
	GÜLPINAR	4,8588±0,0008 ^d	4,5803	5,0033
	KIZILKAYA	4,6467±0,0006 ^d	4,3077	4,9460
	KÜÇÜKAYHANLAR	111,3877±0,099 ^a	110,3805	112,0497
	UÇHİSAR	4,2324±0,0005 ^e	4,1681	4,3427
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0006±0,0001 ^e	0,0006	0,0007
	ALTIPINAR	0,0008±0,0001 ^d	0,0008	0,0008
	CİVELEK	0,0012±0,0001 ^d	0,0012	0,0012
	DADAĞI	0,3418±0,0009 ^a	0,3355	0,3512
	EMMİLER	0,0502±0,0001 ^c	0,0496	0,0508
	ESKİYAYLACIK	0,0017±0,0001 ^d	0,0017	0,0018
	GÜLPINAR	0,0692±0,0003 ^c	0,0670	0,0708
	KIZILKAYA	0,0288±0,0002 ^c	0,0283	0,0294
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,1787±0,0003 ^b	0,1781	0,1798
	UÇHİSAR	0,0063±0,0001 ^d	0,0061	0,0067

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Toprak numuneleri incelendiğinde As değerleri 4,1681 - 112,0497 μgg^{-1} arasında ölçülmüştür. Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler (111,3877 μgg^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Uçhisar istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde As değerleri 0,0006 - 0,3512 mgI^{-1} arasında ölçülmüştür. Dadağı istasyonunda ölçülen değerler (0,3418 mgI^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Alkan istasyonunda belirlenmiştir.

4.1.2. Demir

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Fe konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Fe konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	279,95±0,0011 ^c	264,9185	296,4040
	Maydanoz	248,63±0,0008 ^c	244,9781	255,1774
	Soğan	217,77±0,0005 ^c	212,9118	223,3339
	Pırasa	77,28±0,0001 ^d	73,6260	79,4509
	Ispanak	709,97±0,0021 ^b	692,1157	719,8841
ALTIPINAR	Marul	1269,27±0,027 ^b	1249,4120	1302,5956
	Maydanoz	183,18±0,0004 ^c	179,1854	185,8130
	Soğan	77,70±0,0002 ^d	75,9397	79,6778
	Pırasa	390,13±0,0008 ^c	377,3497	406,7311
	Ispanak	260,64±0,0007 ^c	253,2815	274,9100
CİVELEK	Marul	482,51±0,0005 ^c	475,4745	490,7956
	Maydanoz	279,46±0,0006 ^c	269,3189	290,9627
	Soğan	50,48±0,0002 ^d	49,3995	51,4804
	Pırasa	55,36±0,0001 ^d	42,4849	47,8523
	Ispanak	130,97±0,0003 ^c	126,5079	135,1884
DADAĞI	Marul	322,88±0,0004 ^b	318,4630	325,4009
	Maydanoz	409,36±0,0005 ^b	396,2333	416,8839
	Soğan	94,36±0,0003 ^c	90,9241	99,8487
	Pırasa	127,47±0,0007 ^c	124,3358	129,9124
	Ispanak	461,34±0,0011 ^b	440,8871	489,5268
EMMİLER	Marul	72,38±0,0001 ^d	70,7775	74,7824
	Maydanoz	101,91±0,0008 ^c	100,2600	102,9338
	Soğan	51,21±0,0004 ^d	50,6562	52,1140
	Pırasa	127,17±0,0011 ^c	124,8393	131,5443
	Ispanak	182,54±0,0014 ^c	176,4636	188,1132
ESKİYAYLACIK	Marul	276,73±0,0015 ^c	270,6844	281,1999
	Maydanoz	1305,15±0,049 ^a	1243,4820	1349,3964
	Soğan	83,29±0,0004 ^d	80,7561	85,5296
	Pırasa	56,30±0,0003 ^d	54,4211	59,1197
	Ispanak	369,87±0,0011 ^c	366,4027	374,2545
GÜLPINARI	Marul	62,06±0,0005 ^d	61,8346	62,4690
	Maydanoz	65,79±0,0004 ^d	63,7953	68,0065
	Soğan	121,37±0,0011 ^c	120,1696	122,9398
	Pırasa	45,31±0,0001 ^e	42,4539	47,0825
	Ispanak	541,86±0,0014 ^b	534,8727	551,9824
KIZILKAYA	Marul	127,55±0,0007 ^c	120,4439	132,9532
	Maydanoz	350,89±0,0013 ^c	345,7564	354,5082
	Soğan	171,90±0,0008 ^c	170,2699	174,3156
	Pırasa	103,57±0,0007 ^c	101,1807	106,1253
	Ispanak	58,26±0,0002 ^d	57,0543	60,3665
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	159,11±0,0004 ^c	155,4722	163,9485
	Maydanoz	879,95±0,0018 ^b	862,8295	899,6116
	Soğan	173,99±0,0005 ^c	168,6214	178,8846
	Pırasa	135,21±0,0004 ^c	131,4872	139,4000
	Ispanak	423,75±0,0012 ^c	406,6309	435,8458
UÇHISAR	Marul	198,46±0,0008 ^c	195,8412	200,8151
	Maydanoz	58,29±0,0002 ^d	56,9761	59,2739
	Soğan	887,48±0,0014 ^b	871,5716	897,7326
	Pırasa	148,89±0,0005 ^c	144,7690	152,7825
	Ispanak	359,17±0,0013 ^c	349,5605	367,4534

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.5. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Fe konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mgL}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	15205,17±1,0113 ^{bc}	15099,68	15287,26
	ALTIPINAR	23651,12±5,0214 ^b	22951,15	23715,10
	CİVELEK	21266,47±2,0217 ^b	20952,87	21620,26
	DADAĞI	28217,31±6,0713 ^a	27920,17	28426,17
	EMMİLER	19929,92±1,0341 ^b	19860,53	19990,06
	ESKİYAYLACIK	26552,34±4,0314 ^b	26079,69	26966,53
	GÜLPINAR	18425,25±1,0142 ^b	18160,88	18837,57
	KIZILKAYA	9064,13±0,0093 ^c	8762,33	9456,86
	KÜÇÜKAYHANLAR	22214,17±4,0203 ^b	22824,42	22175,25
	UÇHİSAR	16725,02±0,0013 ^{bc}	16208,41	17259,75
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0037±0,0003 ^c	0,0035	0,0038
	ALTIPINAR	0,0035±0,0001 ^c	0,0034	0,0036
	CİVELEK	0,0019±0,0002 ^d	0,0018	0,0019
	DADAĞI	0,0058±0,0003 ^c	0,0055	0,0060
	EMMİLER	0,0084±0,0008 ^b	0,0079	0,0088
	ESKİYAYLACIK	0,0088±0,0006 ^b	0,0083	0,0092
	GÜLPINAR	0,0056±0,0004 ^c	0,0054	0,0057
	KIZILKAYA	0,0094±0,0013 ^a	0,0093	0,0096
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0049±0,0003 ^c	0,0048	0,0050
	UÇHİSAR	0,0089±0,0011 ^b	0,0086	0,0092

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiyaılacık istasyonundaki maydanoz sebzesine ait Fe değerleri ($1305,15 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistikî açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Gülpınarı istasyonundaki pırasa numunelerine ait Fe değerleri ($45,31 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistikî açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Toprak numuneleri incelendiğinde Fe değerleri $9064,13 - 28217,31 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Dadağı istasyonunda ölçülen değerler ($28217,31 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Kızılkaya istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Fe değerleri $0,0019 - 0,0094 \text{mgL}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Kızılkaya istasyonunda ölçülen değerler ($0,0094 \text{mgL}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Civelek istasyonunda ölçülen değerler ($0,0019 \text{mgL}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede düşük bulunmuştur.

4.1.3. Krom

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Cr konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Altıpınar istasyonundaki marul sebzesine ait Cr değerleri ($5,8385 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Civelek istasyonundaki soğan numunelerine ait Cr değerleri ($1,2636 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Toprak numuneleri incelendiğinde Cr değerleri $11,4489 - 81,0560 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Altıpınar istasyonunda ölçülen değerler ($79,5415 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Kızılkaya istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Cr değerleri $0,0001 - 0,0015 \text{mg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Gülpınar istasyonunda ölçülen değerler ($0,0015 \text{mg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Eskiyaılacık istasyonunda ölçülen değerler ($0,0001 \text{mg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede düşük bulunmuştur. Diğer istasyonlar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir.

Tablo 4.6. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Cr konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	3,0218±0,0019 ^b	2,9827	3,0623
	Maydanoz	2,3211±0,0011 ^b	2,3034	2,3347
	Soğan	2,9204±0,0009 ^b	2,8597	2,9658
	Pırasa	2,2432±0,0006 ^b	2,1804	2,2988
	Ispanak	3,5945±0,0014 ^b	3,5533	3,6387
ALTIPINAR	Marul	5,8385±0,0042 ^a	5,8029	5,8957
	Maydanoz	2,4497±0,0008 ^b	2,4385	2,4624
	Soğan	2,4149±0,0004 ^b	2,3893	2,4384
	Pırasa	2,9671±0,0005 ^b	2,9178	3,0109
	Ispanak	1,9030±0,0003 ^b	1,8948	1,9152
CİVELEK	Marul	2,8198±0,0011 ^b	2,7783	2,8995
	Maydanoz	2,4416±0,0009 ^b	2,3387	2,5063
	Soğan	1,2636±0,0001 ^c	1,2381	1,2795
	Pırasa	1,6984±0,0002 ^{bc}	1,6680	1,7272
	Ispanak	1,9105±0,0003 ^b	1,8512	1,9403
DADAĞI	Marul	2,6008±0,0004 ^b	2,5561	2,6491
	Maydanoz	2,2933±0,0005 ^b	2,1884	2,3732
	Soğan	2,1070±0,0006 ^b	2,0548	2,1894
	Pırasa	2,7730±0,0007 ^b	2,7624	2,7870
	Ispanak	2,5021±0,0008 ^b	2,4711	2,5367
EMMİLER	Marul	2,2541±0,0004 ^b	2,2405	2,2635
	Maydanoz	2,3959±0,0003 ^b	2,3716	2,4217
	Soğan	1,6357±0,0002 ^{bc}	1,5949	1,6991
	Pırasa	2,1343±0,0005 ^b	2,1100	2,1708
	Ispanak	2,1277±0,0004 ^b	2,0949	2,1557
ESKİYAYLACIK	Marul	2,3732±0,0003 ^b	2,2891	2,4409
	Maydanoz	4,4896±0,0014 ^b	4,3137	4,5971
	Soğan	1,9873±0,0004 ^b	1,9415	2,0337
	Pırasa	2,3022±0,0003 ^b	2,2840	2,3369
	Ispanak	3,1427±0,0001 ^b	3,0912	3,1723
GÜLPINARI	Marul	2,6901±0,0005 ^b	2,6591	2,7134
	Maydanoz	2,4323±0,0003 ^b	2,4220	2,4494
	Soğan	2,7435±0,0004 ^b	2,7384	2,7493
	Pırasa	1,9699±0,0002 ^b	1,9405	1,9870
	Ispanak	2,6917±0,0003 ^b	2,6827	2,6985
KIZILKAYA	Marul	1,8337±0,0004 ^{bc}	1,8134	1,8463
	Maydanoz	2,9973±0,0002 ^b	2,9531	3,0527
	Soğan	3,2239±0,0003 ^b	3,2074	3,2495
	Pırasa	2,5004±0,0004 ^b	2,4844	2,5107
	Ispanak	2,7877±0,0003 ^b	2,7727	2,8674
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	2,5623±0,0004 ^b	2,5128	2,6133
	Maydanoz	4,0153±0,0006 ^b	3,9902	4,0584
	Soğan	2,9526±0,0004 ^b	2,9203	2,9810
	Pırasa	3,0023±0,0008 ^b	2,9341	3,0714
	Ispanak	3,0693±0,0007 ^b	3,0128	3,1138
UÇHISAR	Marul	3,2481±0,0006 ^b	3,2007	3,2810
	Maydanoz	2,7270±0,0004 ^b	2,6632	2,7662
	Soğan	4,4983±0,00012 ^b	4,4229	4,5530
	Pırasa	2,3821±0,0004 ^b	2,3407	2,4041
	Ispanak	3,1932±0,0011 ^b	3,1440	3,2339

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.7. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Cr konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ / mg l^{-1}).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	18,5609±0,0011 ^c	18,4405	18,7464
	ALTIPINAR	79,5415±0,0047 ^a	77,2427	81,0560
	CİVELEK	37,9049±0,0017 ^c	37,5030	38,4723
	DADAĞI	47,3586±0,0021 ^b	47,0706	47,5213
	EMMİLER	36,7955±0,0013 ^c	36,5993	37,0030
	ESKİYAYLACIK	50,0917±0,0019 ^b	47,9375	52,5972
	GÜLPINAR	25,3631±0,0012 ^c	24,1749	26,3264
	KIZILKAYA	11,8572±0,0007 ^d	11,4489	12,2152
	KÜÇÜKAYHANLAR	55,5636±0,0013 ^b	54,3735	56,3069
	UÇİSAR	25,6450±0,0014 ^c	25,1728	26,3894
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0002±0,0001 ^b	0,0001	0,0001
	ALTIPINAR	0,0002±0,0001 ^b	0,0002	0,0002
	CİVELEK	0,0002±0,0001 ^b	0,0002	0,0002
	DADAĞI	0,0002±0,0001 ^b	0,0001	0,0001
	EMMİLER	0,0003±0,0001 ^b	0,0003	0,0003
	ESKİYAYLACIK	0,0001±0,0000 ^c	0,0001	0,0001
	GÜLPINAR	0,0015±0,0011 ^a	0,0014	0,0015
	KIZILKAYA	0,0006±0,0001 ^b	0,0005	0,0006
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0002±0,0001 ^b	0,0001	0,0001
	UÇİSAR	0,0004±0,0001 ^b	0,0004	0,0004

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

4.1.4. Mangan

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Mn konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.8. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Mn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	95,1574±0,0038 ^b	92,2778	97,0598
	Maydanoz	99,7049±0,0041 ^b	98,4288	102,2359
	Soğan	28,9886±0,0017 ^c	28,4815	29,3794
	Pırasa	21,9593±0,0012 ^c	20,8339	22,5282
	Ispanak	52,9260±0,0047 ^b	51,4512	54,1407
ALTIPINAR	Marul	74,9526±0,0082 ^b	74,0570	75,6273
	Maydanoz	36,8281±0,0014 ^c	35,5927	37,8531
	Soğan	18,4170±0,0008 ^c	18,2078	18,6481
	Pırasa	37,0549±0,0010 ^c	35,5154	38,8175
	Ispanak	28,1481±0,0009 ^c	27,8638	28,7091
CİVELEK	Marul	63,8893±0,0017 ^b	62,2842	65,2294
	Maydanoz	49,3156±0,0014 ^c	48,0833	50,8843
	Soğan	22,1823±0,0024 ^c	21,3922	23,3517
	Pırasa	19,7686±0,0010 ^c	19,2964	20,4477
	Ispanak	48,0196±0,0014 ^c	46,2279	49,1955
DADAĞI	Marul	36,0210±0,0012 ^c	35,7626	36,4718
	Maydanoz	38,8459±0,0011 ^c	37,8037	39,4265
	Soğan	17,8048±0,0008 ^c	17,1788	18,9249
	Pırasa	19,5302±0,0009 ^c	18,9033	20,4496
	Ispanak	39,7702±0,0013 ^c	38,6419	41,5305
EMMİLER	Marul	15,8785±0,0007 ^c	15,7272	16,0061
	Maydanoz	83,8672±0,0015 ^b	81,8090	85,3818
	Soğan	9,6985±0,0011 ^{cd}	9,2320	10,1406
	Pırasa	31,8454±0,0017 ^c	30,9664	32,6806
	Ispanak	27,1081±0,0012 ^c	26,3376	27,6744
ESKİYAYLACIK	Marul	21,1002±0,0010 ^c	20,4846	21,5664
	Maydanoz	38,5768±0,0016 ^c	38,1102	39,4768
	Soğan	21,7546±0,0011 ^c	21,0558	22,2027
	Pırasa	20,7121±0,0009 ^c	19,6414	21,5434
	Ispanak	34,9352±0,0013 ^c	34,1815	35,7608
GÜLPINARI	Marul	12,4407±0,0012 ^{cd}	12,0846	13,0007
	Maydanoz	40,6475±0,0013 ^c	40,4990	40,8675
	Soğan	19,2874±0,0005 ^c	18,6776	19,9935
	Pırasa	8,9554±0,0001 ^d	8,7574	9,0751
	Ispanak	35,2604±0,0011 ^c	34,5597	35,7825
KIZILKAYA	Marul	22,0469±0,0014 ^c	21,7700	22,5295
	Maydanoz	39,8133±0,0013 ^c	38,6784	42,0736
	Soğan	57,2126±0,0021 ^b	56,0205	58,1590
	Pırasa	178,6262±0,0242 ^a	177,3288	180,6038
	Ispanak	25,4563±0,0003 ^c	24,7524	25,9750
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	49,2012±0,0008 ^c	47,4059	51,0648
	Maydanoz	67,5691±0,0010 ^b	65,4240	70,1232
	Soğan	39,9110±0,0007 ^c	38,8700	41,6586
	Pırasa	26,7487±0,0005 ^c	26,3363	27,0130
	Ispanak	44,5311±0,0003 ^c	43,4741	45,5144
UÇHİSAR	Marul	77,4719±0,0047 ^b	75,6748	78,4480
	Maydanoz	21,2665±0,0011 ^c	20,6975	21,7244
	Soğan	100,6010±0,0120 ^b	99,3387	102,4474
	Pırasa	21,5639±0,0009 ^c	20,8339	22,2813
	Ispanak	41,8038±0,0008 ^c	41,5342	41,9999

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.9. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Mn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	400,99±0,0081 ^c	398,8959	402,7798
	ALTIPINAR	1082,44±0,0417 ^b	1067,7052	1093,1978
	CİVELEK	1821,81±0,0612 ^a	1814,5845	1827,7339
	DADAĞI	1215,62±0,0251 ^b	1195,3208	1232,0784
	EMMİLER	581,87±0,0123 ^c	576,8740	587,9458
	ESKİYAYLACIK	488,15±0,0120 ^c	476,9456	500,4509
	GÜLPINAR	373,42±0,0096 ^c	369,7170	379,1541
	KIZILKAYA	251,60±0,0041 ^d	242,0466	259,8864
	KÜÇÜKAYHANLAR	1331,77±0,0175 ^b	1320,3889	1354,7704
	UÇHİSAR	421,30±0,0085 ^c	413,3742	429,5873
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0002±0,0000 ^b	0,0001	0,0002
	ALTIPINAR	0,0002±0,0000 ^b	0,0001	0,0002
	CİVELEK	0,0001±0,0000 ^c	0,0001	0,0001
	DADAĞI	0,0002±0,0000 ^b	0,0001	0,0002
	EMMİLER	0,0002±0,0000 ^b	0,0001	0,0002
	ESKİYAYLACIK	0,0004±0,0001 ^a	0,0003	0,0004
	GÜLPINAR	0,0002±0,0000 ^b	0,0002	0,0002
	KIZILKAYA	0,0002±0,0000 ^b	0,0002	0,0002
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0002±0,0000 ^b	0,0001	0,0002
	UÇHİSAR	0,0002±0,0000 ^b	0,0002	0,0002

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Kızılkaya istasyonundaki pırasa sebzesine ait Mn değerleri ($178,6262 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Gülpınarı istasyonundaki pırasa numunelerine ait Mn değerleri ($8,9554 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Toprak numuneleri incelendiğinde Mn değerleri $242,0466 - 1827,7339 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Civelek istasyonunda ölçülen değerler ($1821,81 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Kızılkaya istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Mn değerleri $0,0001 - 0,0004 \text{mg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Eskiaylacık istasyonunda ölçülen değerler ($0,0004 \text{mg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Civelek istasyonunda ölçülen değerler diğer istasyonlardan önemli derecede düşük bulunmuştur.

4.1.5. Nikel

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Ni konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.10 ve Tablo 4.11’de verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiyaılacık istasyonundaki maydanoz sebzesine ait Ni değerleri ($4,1782 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Civelek istasyonundaki soğan numunelerine ait Ni değerleri ($1,0334 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

Toprak numuneleri incelendiğinde Ni değerleri $9,5049 - 54,4861 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Altıpınar istasyonunda ölçülen değerler ($54,1857 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Alkan istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Ni değerleri $0,0001 - 0,0007 \text{mg l}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Kızılkaya istasyonunda ölçülen değerler ($0,0007 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.10. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Ni konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	1,8812±0,0047 ^b	1,4095	2,5262
	Maydanoz	1,9057±0,0052 ^b	1,8975	1,9211
	Soğan	1,7987±0,0041 ^b	1,7878	1,8043
	Pırasa	1,4960±0,0037 ^b	1,4938	1,5004
	Ispanak	1,6204±0,0032 ^b	1,6100	1,6323
ALTIPINAR	Marul	3,7968±0,0140 ^b	3,7777	3,8105
	Maydanoz	2,2251±0,0085 ^b	2,0701	2,4397
	Soğan	1,3760±0,0044 ^b	1,3605	1,3870
	Pırasa	2,6854±0,0084 ^b	2,6664	2,6987
	Ispanak	1,3859±0,0095 ^b	1,3703	1,3963
CİVELEK	Marul	1,5137±0,0042 ^b	1,5026	1,5230
	Maydanoz	1,9430±0,0065 ^b	1,8970	1,9904
	Soğan	1,0334±0,0017 ^c	0,9468	1,1134
	Pırasa	1,0697±0,0012 ^{bc}	1,0476	1,0908
	Ispanak	2,3627±0,0038 ^b	2,3445	2,3709
DADAĞI	Marul	1,9051±0,0035 ^b	1,8834	1,9389
	Maydanoz	2,7949±0,0095 ^b	2,5919	3,0865
	Soğan	2,1331±0,0099 ^b	2,0711	2,2017
	Pırasa	1,7866±0,0085 ^b	1,7789	1,7935
	Ispanak	2,0209±0,0076 ^b	2,0052	2,0391
EMMİLER	Marul	1,7456±0,0069 ^b	1,7363	1,7618
	Maydanoz	2,3633±0,0102 ^b	2,2928	2,3997
	Soğan	1,3110±0,0095 ^b	1,2924	1,3456
	Pırasa	1,3298±0,0082 ^b	1,3231	1,3405
	Ispanak	1,5023±0,0067 ^b	1,4770	1,5286
ESKİYAYLACIK	Marul	1,8064±0,0079 ^b	1,7793	1,8465
	Maydanoz	4,1782±0,4147 ^a	4,1388	4,2137
	Soğan	1,8408±0,0098 ^b	1,8312	1,8499
	Pırasa	1,6433±0,0072 ^b	1,6245	1,6625
	Ispanak	1,7742±0,0084 ^b	1,7385	1,8006
GÜLPINARI	Marul	1,3426±0,0085 ^b	1,3334	1,3488
	Maydanoz	2,2421±0,0092 ^b	2,2402	2,2457
	Soğan	1,8472±0,0076 ^b	1,8343	1,8624
	Pırasa	1,2273±0,0058 ^b	1,2077	1,2209
	Ispanak	1,8873±0,0091 ^b	1,8473	1,9170
KIZILKAYA	Marul	1,3894±0,0057 ^b	1,3626	1,4063
	Maydanoz	1,8633±0,0065 ^b	1,8417	1,8858
	Soğan	1,6617±0,0074 ^b	1,6461	1,6888
	Pırasa	1,3686±0,0069 ^b	1,3523	1,3834
	Ispanak	1,3184±0,0076 ^b	1,3027	1,3484
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	1,3062±0,0047 ^b	1,3035	1,3084
	Maydanoz	2,7138±0,0058 ^b	2,6792	2,7638
	Soğan	1,6251±0,0084 ^b	1,5684	1,6554
	Pırasa	1,4861±0,0061 ^b	1,4745	1,4979
	Ispanak	1,6390±0,0052 ^b	1,6131	1,6561
UÇHİSAR	Marul	1,6646±0,0063 ^b	1,6388	1,6789
	Maydanoz	2,5631±0,0084 ^b	2,4801	2,6178
	Soğan	3,8601±0,0103 ^b	3,8433	3,8861
	Pırasa	1,5910±0,0057 ^b	1,5664	1,6146
	Ispanak	2,1142±0,0063 ^b	2,0963	2,1450

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.11. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Ni konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mgL}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	9,6950±0,0086 ^c	9,5049	9,9769
	ALTIPINAR	54,1857±0,441 ^a	54,0261	54,4861
	CİVELEK	29,9198±0,102 ^b	29,2544	30,4176
	DADAĞI	26,9680±0,234 ^b	26,9178	27,0344
	EMMİLER	25,9730±0,210 ^b	25,5128	26,7408
	ESKİYAYLACIK	28,8064±0,274 ^b	28,4883	28,9668
	GÜLPINAR	13,1967±0,147 ^b	12,3622	13,6301
	KIZILKAYA	12,4153±0,124 ^b	12,0214	12,8448
	KÜÇÜKAYHANLAR	23,2214±0,231 ^b	23,0267	23,3360
	UÇHİSAR	18,6504±0,130 ^b	18,2531	18,9766
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0003±0,0001 ^b	0,0003	0,0003
	ALTIPINAR	0,0002±0,0001 ^b	0,0002	0,0002
	CİVELEK	0,0001±0,0000 ^c	0,0001	0,0001
	DADAĞI	0,0003±0,0001 ^b	0,0003	0,0004
	EMMİLER	0,0002±0,0001 ^b	0,0002	0,0002
	ESKİYAYLACIK	0,0002±0,0001 ^b	0,0002	0,0002
	GÜLPINAR	0,0002±0,0001 ^b	0,0002	0,0002
	KIZILKAYA	0,0007±0,0001 ^a	0,0007	0,0007
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0003±0,0001 ^b	0,0002	0,0003
	UÇHİSAR	0,0004±0,0001 ^b	0,0004	0,0004

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

4.1.6. Kadmiyum

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Cd konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.12 ve Tablo 4.13’de verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiaylacık istasyonundaki maydanoz sebzisine ait Cd değerleri ($0,5252 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Dadağı istasyonundaki pırasa numunelerinde ve Emmiler istasyonundaki maydanoz numunelerine ait Cd değerleri ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4.12. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Cd konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	0,0559±0,0009 ^c	0,0521	0,0589
	Maydanoz	0,0002±0,0000 ^d	0,0001	0,0003
	Soğan	0,0075±0,0003 ^d	0,0061	0,0095
	Pırasa	0,0004±0,0002 ^d	0,0002	0,0006
	Ispanak	0,0853±0,002 ^{bc}	0,0835	0,0864
ALTIPINAR	Marul	0,0463±0,0007 ^c	0,0449	0,0487
	Maydanoz	0,0005±0,0002 ^d	0,0002	0,0008
	Soğan	0,0019±0,0001 ^d	0,0006	0,0033
	Pırasa	0,0502±0,0003 ^c	0,0478	0,0523
	Ispanak	0,3161±0,0012 ^{ab}	0,2902	0,3670
CİVELEK	Marul	0,1448±0,0006 ^b	0,1390	0,1517
	Maydanoz	0,0227±0,0001 ^{cd}	0,0214	0,0245
	Soğan	0,0138±0,0003 ^{cd}	0,0125	0,0145
	Pırasa	0,0017±0,0002 ^d	0,0010	0,0025
	Ispanak	0,1451±0,0009 ^b	0,1436	0,1479
DADAĞI	Marul	0,0930±0,0007 ^{bc}	0,0913	0,0942
	Maydanoz	0,0003±0,0000 ^d	0,0001	0,0005
	Soğan	0,0002±0,0000 ^d	0,0001	0,0003
	Pırasa	0,0001±0,0000 ^e	0,0001	0,0001
	Ispanak	0,2549±0,002 ^{ab}	0,2543	0,2560
EMMİLER	Marul	0,0318±0,0005 ^c	0,0297	0,0338
	Maydanoz	0,0001±0,0001 ^e	0,0001	0,0001
	Soğan	0,0075±0,0004 ^{cd}	0,0059	0,0090
	Pırasa	0,0178±0,0003 ^{cd}	0,0170	0,0183
	Ispanak	0,0717±0,0006 ^{bc}	0,0690	0,0754
ESKİYAYLACIK	Marul	0,0027±0,0002 ^d	0,0005	0,0049
	Maydanoz	0,5252±0,0022 ^a	0,5142	0,5407
	Soğan	0,0006±0,0001 ^d	0,0002	0,0010
	Pırasa	0,0008±0,0001 ^d	0,0002	0,0014
	Ispanak	0,3313±0,0011 ^{ab}	0,2801	0,3972
GÜLPINARI	Marul	0,0315±0,0006 ^c	0,0296	0,0336
	Maydanoz	0,0006±0,0001 ^d	0,0002	0,0010
	Soğan	0,0531±0,0004 ^c	0,0516	0,0553
	Pırasa	0,0005±0,0001 ^d	0,0002	0,0008
	Ispanak	0,2215±0,0032 ^{ab}	0,2196	0,2245
KIZILKAYA	Marul	0,1971±0,0009 ^{ab}	0,1896	0,2048
	Maydanoz	0,0052±0,0001 ^d	0,0019	0,0088
	Soğan	0,0750±0,0002 ^{bc}	0,0716	0,0747
	Pırasa	0,2729±0,0003 ^{ab}	0,2668	0,2752
	Ispanak	0,0538±0,0002 ^c	0,0523	0,0562
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	0,2087±0,0006 ^{ab}	0,2041	0,2139
	Maydanoz	0,0308±0,0004 ^c	0,0289	0,0319
	Soğan	0,0065±0,0005 ^d	0,0049	0,0080
	Pırasa	0,0002±0,0000 ^d	0,0001	0,0003
	Ispanak	0,0915±0,0020 ^{bc}	0,0859	0,0964
UÇHİSAR	Marul	0,1717±0,0008 ^{ab}	0,1649	0,1829
	Maydanoz	0,0005±0,0001 ^d	0,0002	0,0008
	Soğan	0,1426±0,0012 ^b	0,1339	0,1485
	Pırasa	0,0005±0,0000 ^d	0,0001	0,0009
	Ispanak	0,0766±0,0002 ^{bc}	0,0764	0,0768

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.13. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Cd konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}/\text{mg l}^{-1}$).

Numune	İstasyon	0,0766±0,0011 ^c	0,0764	0,0768
TOPRAK	ALKAN	0,4921±0,0023 ^b	0,4263	0,5885
	ALTIPINAR	0,6329±0,0022 ^{ab}	0,6308	0,6366
	CİVELEK	0,8880±0,0034 ^a	0,8138	1,0287
	DADAĞI	0,6358±0,0017 ^{ab}	0,6224	0,6587
	EMMİLER	0,7624±0,0022 ^{ab}	0,7472	0,7841
	ESKİYAYLACIK	0,3784±0,0019 ^b	0,3701	0,3915
	GÜLPINAR	0,3682±0,0010 ^b	0,3661	0,3694
	KIZILKAYA	0,5643±0,0015 ^{ab}	0,5397	0,5791
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,4388±0,0002 ^b	0,4072	0,4555
	UÇHİSAR	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
Numune	İstasyon	0,0001±0,0000 ^c	0,0000	0,0001
SU	ALKAN	0,0002±0,0000 ^c	0,0000	0,0004
	ALTIPINAR	0,0002±0,0000 ^c	0,0000	0,0004
	CİVELEK	0,0002±0,0000 ^c	0,0000	0,0004
	DADAĞI	0,0001±0,0000 ^c	0,0000	0,0002
	EMMİLER	0,0001±0,0000 ^c	0,0000	0,0002
	ESKİYAYLACIK	0,0001±0,0000 ^c	0,0000	0,0002
	GÜLPINAR	0,0001±0,0000 ^c	0,0000	0,0002
	KIZILKAYA	0,0001±0,0000 ^c	0,0000	0,0002
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0016±0,0001 ^b	0,0015	0,0016
	UÇHİSAR	0,0766±0,0011 ^a	0,0764	0,0768

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Toprak numuneleri incelendiğinde Cd değerleri 0,0764 - 1,0287 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Dadağı istasyonunda ölçülen değerler (0,8880 $\mu\text{g g}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Alkan istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Cd değerleri 0,0000 - 0,0766 mg l^{-1} arasında ölçülmüştür. Uçhisar istasyonunda ölçülen değerler (0,0766 mg l^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Diğer istasyonlar arasında istatistiki açıdan önemli bir fark belirlenmemiştir.

4.1.7. Kurşun

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Pb konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.14 ve Tablo 4.15’de verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiyaılacık istasyonundaki ıspanak sebzesine ait Pb değerleri ($2,4001 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Emmiler istasyonundaki marul numunelerine ait Pb değerleri ($0,0004 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.14. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Pb konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	0,4785±0,0041 ^c	0,4728	0,4832
	Maydanoz	0,4359±0,0039 ^c	0,4222	0,4505
	Soğan	0,5291±0,0025 ^b	0,5228	0,5339
	Pırasa	0,1252±0,0014 ^c	0,1246	0,1259
	Ispanak	0,9057±0,0075 ^b	0,9008	0,9143
ALTIPINAR	Marul	1,1132±0,0055 ^b	1,0143	1,2771
	Maydanoz	0,2464±0,0012 ^c	0,2449	0,2472
	Soğan	0,2256±0,0016 ^c	0,2230	0,2281
	Pırasa	0,2156±0,0011 ^c	0,2120	0,2215
	Ispanak	0,2212±0,0018 ^c	0,1962	0,2638
CİVELEK	Marul	0,8663±0,0026 ^b	0,8558	0,8736
	Maydanoz	0,4826±0,0021 ^c	0,4711	0,4944
	Soğan	0,1591±0,0035 ^c	0,1199	0,2045
	Pırasa	0,1081±0,0011 ^c	0,1048	0,1145
	Ispanak	0,1271±0,0015 ^c	0,1249	0,1287
DADAĞI	Marul	0,2185±0,0014 ^c	0,2134	0,2226
	Maydanoz	0,4453±0,0024 ^c	0,4190	0,4586
	Soğan	0,1117±0,0013 ^c	0,1108	0,1122
	Pırasa	0,2431±0,0010 ^c	0,2391	0,2480
	Ispanak	0,8674±0,0042 ^b	0,8584	0,8818
EMMİLER	Marul	0,0004±0,0000 ^d	0,0001	0,0007
	Maydanoz	0,2630±0,0012 ^c	0,2551	0,2687
	Soğan	0,0010±0,0002 ^{cd}	0,0007	0,0013
	Pırasa	0,1362±0,0013 ^c	0,1327	0,1390
	Ispanak	0,4936±0,0031 ^c	0,4829	0,5044
ESKİYAYLACIK	Marul	0,2135±0,0014 ^c	0,1712	0,2680
	Maydanoz	1,0359±0,0052 ^b	1,0104	1,0586
	Soğan	0,0018±0,0004 ^b	0,0016	0,0020
	Pırasa	0,0005±0,0000 ^{cd}	0,0001	0,0009
	Ispanak	2,4001±0,0319 ^a	2,1017	2,7069
GÜLPINARI	Marul	0,1623±0,0012 ^c	0,1583	0,1656
	Maydanoz	0,0878±0,0056 ^c	0,0720	0,1276
	Soğan	0,1469±0,0020 ^c	0,1340	0,1650
	Pırasa	0,0005±0,0000 ^{cd}	0,0003	0,0007
	Ispanak	0,3180±0,0041 ^c	0,3056	0,3402
KIZILKAYA	Marul	0,4023±0,0037 ^c	0,3869	0,4140
	Maydanoz	0,2730±0,0025 ^c	0,2648	0,2802
	Soğan	0,1414±0,0039 ^c	0,1400	0,1425
	Pırasa	0,0957±0,0012 ^c	0,0933	0,0973
	Ispanak	0,4552±0,0058 ^c	0,4453	0,4657
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	0,2134±0,0017 ^c	0,2095	0,2203
	Maydanoz	1,0346±0,0120 ^b	1,0256	1,0413
	Soğan	0,2158±0,0051 ^c	0,2145	0,2180
	Pırasa	1,3286±0,0131 ^b	1,2013	1,4143
	Ispanak	0,6923±0,0089 ^b	0,6782	0,7101
UÇHİSAR	Marul	0,8987±0,0092 ^b	0,8897	0,9055
	Maydanoz	0,0670±0,0024 ^c	0,0647	0,0685
	Soğan	1,0380±0,0174 ^b	1,0208	1,0527
	Pırasa	0,4021±0,0051 ^c	0,3571	0,4279
	Ispanak	0,2316±0,0034 ^c	0,2267	0,2373

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.15. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Pb konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mgL}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	14,0298±0,0011 ^b	12,7073	16,0337
	ALTIPINAR	20,3531±0,0054 ^b	19,8273	20,7886
	CİVELEK	99,5079±0,0719 ^a	93,1668	110,0626
	DADAĞI	41,1065±0,0045 ^b	40,1239	42,8758
	EMMİLER	16,3077±0,0096 ^b	16,1447	16,6145
	ESKİYAYLACIK	19,0317±0,0058 ^b	18,3011	19,7010
	GÜLPINAR	6,4626±0,0021 ^b	6,2614	6,6595
	KIZILKAYA	4,3530±0,0012 ^c	4,2860	4,4045
	KÜÇÜKAYHANLAR	45,2082±0,0074 ^b	44,2110	46,8965
	UÇHİSAR	10,0230±0,0019 ^b	9,8836	10,1998
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	ALTIPINAR	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	CİVELEK	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	DADAĞI	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	EMMİLER	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	ESKİYAYLACIK	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	GÜLPINAR	0,0014±0,0001 ^a	0,0014	0,0015
	KIZILKAYA	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0004±0,0000 ^b	0,0004	0,0005
	UÇHİSAR	0,0001±0,0000 ^b	0,0001	0,0001

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Toprak numuneleri incelendiğinde Pb değerleri 4,2860 - 110,0626 μgg^{-1} arasında ölçülmüştür. Civelek istasyonunda ölçülen değerler (99,5079 μgg^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Kızılkaya istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Pb değerleri 0,0001 - 0,0015 mgL^{-1} arasında ölçülmüştür. Gülpınar istasyonunda ölçülen değerler (0,0014 mgL^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Diğer istasyonlar arasında önemli bir fark belirlenmemiştir.

4.1.8. Magnezyum

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Mg konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.16. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Mg konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	6788,3602±0,0121 ^b	6690,9176	6902,9481
	Maydanoz	2873,6687±0,0210 ^c	2738,0358	3010,9089
	Soğan	2079,6563±0,0205 ^c	2068,3094	2092,3360
	Pırasa	1200,6149±0,0088 ^{cd}	1199,4811	1201,9089
	Ispanak	5549,1142±0,0214 ^b	5401,0824	5637,1031
ALTIPINAR	Marul	1981,6953±0,0083 ^c	1971,3560	1997,8796
	Maydanoz	2277,0083±0,0147 ^c	2234,8598	2318,9909
	Soğan	2213,9605±0,0152 ^c	2159,5756	2269,1988
	Pırasa	2221,0969±0,0132 ^c	2154,2348	2274,4779
	Ispanak	7605,1131±0,0214 ^b	7365,7942	7783,2607
CİVELEK	Marul	2567,3666±0,0102 ^c	2461,8777	2643,4746
	Maydanoz	2371,1534±0,0120 ^c	2314,9642	2449,7914
	Soğan	1042,4085±0,0086 ^{cd}	995,5140	1075,2201
	Pırasa	1608,4650±0,0104 ^c	1570,7899	1650,8469
	Ispanak	6079,3895±0,0172 ^b	6011,1359	6194,7627
DADAĞI	Marul	1868,8320±0,0085 ^c	1857,4730	1878,8080
	Maydanoz	2769,2364±0,0102 ^c	2627,4588	2853,7845
	Soğan	1703,3061±0,0073 ^c	1615,6104	1772,8061
	Pırasa	5419,8987±0,0140 ^b	5302,7521	5513,2002
	Ispanak	8348,4529±0,0278 ^b	8212,6912	8521,4487
EMMİLER	Marul	1374,2187±0,0072 ^c	1347,5742	1401,4521
	Maydanoz	4319,8554±0,0120 ^c	4301,2184	4329,5317
	Soğan	1111,4080±0,0075 ^{cd}	1067,0240	1135,4695
	Pırasa	3507,4898±0,0102 ^c	3447,5038	3552,6745
	Ispanak	10632,6121±0,0381 ^a	10219,8280	10959,3703
ESKİYAYLACIK	Marul	1647,1251±0,0096 ^c	1632,0510	1662,4959
	Maydanoz	2497,6482±0,00103 ^c	2409,1382	2657,0920
	Soğan	972,0760±0,0042 ^{cd}	932,8239	1000,1732
	Pırasa	1851,1968±0,0073 ^c	1833,8170	1875,8346
	Ispanak	6099,2057±0,0152 ^b	6049,7095	6137,7315
GÜLPINARI	Marul	801,8632±0,0037 ^d	771,9884	854,3917
	Maydanoz	3224,0379±0,0102 ^c	3194,8780	3264,7093
	Soğan	2192,1422±0,0083 ^c	2166,3551	2223,7299
	Pırasa	3532,8708±0,00141 ^c	3462,7026	3626,9568
	Ispanak	7570,7181±0,0174 ^b	7158,7538	8011,9647
KIZILKAYA	Marul	1559,5304±0,0085 ^c	1516,5857	1592,7196
	Maydanoz	4627,4723±0,00172 ^c	4555,2757	4676,0951
	Soğan	2546,7772±0,0086 ^c	2519,3924	2583,8993
	Pırasa	2362,9175±0,0093 ^c	2334,6471	2405,7516
	Ispanak	3406,1741±0,0087 ^c	3347,8715	3500,0920
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	3159,4516±0,0064 ^c	3097,9170	3265,2887
	Maydanoz	6312,7298±0,0125 ^b	6262,9109	6361,7802
	Soğan	2467,1971±0,0074 ^c	2422,2667	2502,0662
	Pırasa	3538,0881±0,0065 ^c	3443,1702	3587,2834
	Ispanak	6074,8696±0,0130 ^b	5957,2492	6307,4056
UÇHİSAR	Marul	3207,1663±0,0091 ^c	3115,7335	3273,3458
	Maydanoz	1910,9616±0,0081 ^c	1854,9457	1974,3102
	Soğan	2561,9895±0,0076 ^c	2490,0089	2602,3869
	Pırasa	1540,5623±0,0045 ^c	1518,1086	1561,2880
	Ispanak	7499,6014±0,0162 ^b	7436,2375	7578,0086

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler p<0,05 varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.17. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Mg konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mg}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	5199,3392±1,0652 ^c	5095,4636	5379,4053
	ALTIPINAR	13884,9478±2,852 ^b	13777,8247	13978,3332
	CİVELEK	5536,8726±1,0751 ^c	5511,4549	5555,8208
	DADAĞI	12727,5994±1,821 ^b	12458,7369	12879,8771
	EMMİLER	19017,8164±2,0532 ^b	18596,3037	19292,3227
	ESKİYAYLACIK	8450,8107±1,0214 ^c	8334,9154	8656,6648
	GÜLPINAR	7672,1706±1,1281 ^c	7511,3864	7767,6480
	KIZILKAYA	3617,0736±0,2081 ^d	3414,7511	3765,7944
	KÜÇÜKAYHANLAR	25719,7634±4,2381 ^a	25464,4320	26099,9562
	UÇHİSAR	4516,7166±1,211 ^c	4540,6108	4460,3420
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	6,1044±1,1247 ^b	5,8301	6,2598
	ALTIPINAR	7,8341±2,2181 ^b	7,6038	8,0335
	CİVELEK	4,4108±1,0042 ^c	4,3623	4,4707
	DADAĞI	25,2847±4,0074 ^b	24,6119	25,6617
	EMMİLER	14,0245±2,0047 ^b	13,7058	14,2693
	ESKİYAYLACIK	6,0491±1,0324 ^b	5,9245	6,1555
	GÜLPINAR	25,5960±3,0374 ^b	25,2512	26,0293
	KIZILKAYA	15,0727±2,0732 ^b	14,3551	15,9912
	KÜÇÜKAYHANLAR	27,6702±50672 ^a	26,9406	28,7016
	UÇHİSAR	3,1665±0,9481 ^d	2,9922	3,3299

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p<0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Emmiler istasyonundaki ıspanak sebzesine ait Mg değerleri ($10632,6121 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Gülpınarı istasyonundaki marul numunelerine ait Mg değerleri ($801,8632 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Toprak numuneleri incelendiğinde Mg değerleri $3414,7511 - 26099,9562 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($25719,7634 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Kızılkaya istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Mg değerleri $2,9922 - 28,7016 \text{mg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($27,6702 \text{mg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Uçhisar istasyonunda ölçülen değerler ($3,1665 \text{mg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede düşük bulunmuştur.

4.1.9. Çinko

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze rneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Zn konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.18 ve Tablo 4.19'da verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Dadağı istasyonundaki ıspanak sebzesine ait Zn değerleri ($68,7888 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Gülpınarı istasyonundaki marul numunelerine ait Zn değerleri ($10,2472 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 4.18. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Zn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri (μgg^{-1}).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	32,8640±0,071 ^b	24,3458	44,1515
	Maydanoz	52,2649±0,062 ^b	50,8038	53,5814
	Soğan	25,3319±0,024 ^b	24,7846	25,2640
	Pırasa	40,1824±0,042 ^b	38,5998	41,7529
	Ispanak	47,3932±0,035 ^b	46,3435	48,5444
ALTIPINAR	Marul	20,1718±0,014 ^b	19,6258	20,5870
	Maydanoz	48,5779±0,028 ^b	44,9608	52,4350
	Soğan	22,5521±0,014 ^b	22,2816	22,7608
	Pırasa	30,1175±0,219 ^b	29,7478	30,3242
	Ispanak	51,3472±0,042 ^b	49,9208	52,0887
CİVELEK	Marul	35,0816±0,061 ^b	34,8694	35,1231
	Maydanoz	31,0788±0,085 ^b	30,8158	31,3885
	Soğan	28,4131±0,067 ^b	25,8561	30,3203
	Pırasa	17,4251±0,041 ^{bc}	17,2221	17,7904
	Ispanak	67,6358±0,361 ^{ab}	66,9979	68,4610
DADAĞI	Marul	30,3408±0,043 ^b	30,1181	30,5487
	Maydanoz	22,3295±0,034 ^b	20,6416	24,5201
	Soğan	23,2982±0,029 ^b	22,9219	23,8722
	Pırasa	30,2195±0,034 ^b	29,5024	31,4268
	Ispanak	68,7888±0,417 ^a	67,9973	69,2512
EMMİLER	Marul	26,6739±0,062 ^b	26,3534	27,0097
	Maydanoz	37,7852±0,052 ^b	36,9282	38,5360
	Soğan	18,8763±0,021 ^{bc}	18,6253	19,2426
	Pırasa	25,9163±0,033 ^b	25,0480	26,4744
	Ispanak	33,5397±0,027 ^b	32,6996	34,6719
ESKİYAYLACIK	Marul	32,2142±0,031 ^b	32,5130	32,5964
	Maydanoz	33,6130±0,029 ^b	33,1357	34,2521
	Soğan	34,7757±0,041 ^b	34,2631	35,0549
	Pırasa	49,8108±0,053 ^b	48,9195	50,9687
	Ispanak	59,3114±0,082 ^b	58,0531	60,1537
GÜLPINARI	Marul	10,2472±0,041 ^c	10,0583	10,3747
	Maydanoz	26,6214±0,054 ^b	25,8658	27,7089
	Soğan	28,9926±0,062 ^b	28,7337	29,2595
	Pırasa	40,9196±0,071 ^b	40,4878	41,7313
	Ispanak	55,3437±0,063 ^b	52,1255	60,4732
KIZILKAYA	Marul	22,9793±0,043 ^b	22,7675	23,1493
	Maydanoz	34,7765±0,036 ^b	33,6923	35,6050
	Soğan	26,1911±0,019 ^b	25,9875	26,3242
	Pırasa	21,4249±0,031 ^b	21,2669	21,5188
	Ispanak	30,3633±0,037 ^b	29,5259	30,9210
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	12,1274±0,045 ^{bc}	11,9529	12,3387
	Maydanoz	42,3211±0,061 ^b	41,4549	43,5535
	Soğan	45,8824±0,059 ^b	44,5751	46,7449
	Pırasa	26,6429±0,074 ^b	26,2727	26,8419
	Ispanak	37,5052±0,064 ^p	36,6135	38,4712
UÇHİSAR	Marul	51,5150±0,085 ^b	50,1554	52,5343
	Maydanoz	33,4708±0,067 ^b	32,1939	35,2989
	Soğan	48,3502±0,069 ^b	46,7543	49,8381
	Pırasa	30,4256±0,076 ^b	29,9141	30,7023
	Ispanak	29,3332±0,081 ^b	29,0202	29,5747

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.19. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Zn konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{gg}^{-1}/\text{mgI}^{-1}$).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	30,1249±0,721 ^c	29,1470	31,3880
	ALTIPINAR	41,1373±0,841 ^b	40,4045	42,1067
	CİVELEK	125,0022±4,124 ^a	124,3106	125,5926
	DADAĞI	58,7576±1,924 ^b	57,6193	59,7110
	EMMİLER	43,2323±0,874 ^b	43,0651	43,4177
	ESKİYAYLACIK	58,4302±0,963 ^b	57,1841	59,7624
	GÜLPINAR	32,5940±0,810 ^{bc}	30,9474	33,9708
	KIZILKAYA	47,7590±0,901 ^b	44,4166	51,2205
	KÜÇÜKAYHANLAR	73,2068±1,013 ^b	72,1699	74,4357
	UÇİSAR	63,8753±1,214 ^b	62,4497	66,0066
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0062±0,0009 ^{bc}	0,0059	0,0065
	ALTIPINAR	0,0034±0,0004 ^{bc}	0,0034	0,0036
	CİVELEK	0,0027±0,0003 ^{bc}	0,0026	0,0027
	DADAĞI	0,0269±0,0018 ^b	0,0266	0,0272
	EMMİLER	0,0023±0,0003 ^{bc}	0,0021	0,0023
	ESKİYAYLACIK	0,0044±0,0002 ^{bc}	0,0044	0,0045
	GÜLPINAR	0,0125±0,022 ^b	0,0122	0,0127
	KIZILKAYA	0,0380±0,011 ^b	0,0377	0,0383
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0014±0,0001 ^c	0,0012	0,0016
	UÇİSAR	0,1369±0,042 ^a	0,1365	0,1375

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Toprak numuneleri incelendiğinde Zn değerleri 29,1470 - 125,5926 μgg^{-1} arasında ölçülmüştür. Civelek istasyonunda ölçülen değerler (125,0022 μgg^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Alkan istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Zn değerleri 0,0012 - 0,1375 mgI^{-1} arasında ölçülmüştür. Uçhisar istasyonunda ölçülen değerler (0,1369 mgI^{-1}) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Küçükayhanlar istasyonunda belirlenmiştir.

4.1.10. Bakır

Çalışma alanındaki 10 farklı istasyondan toplanan 50 sebze örneği (marul, maydanoz, soğan, pırasa ve ıspanak) ile bunların yetiştiği istasyondan alınan toprak ve su numunelerine ait Cu konsantrasyonu, standart hata, minimum ve maksimum değerleriyle birlikte Tablo 4.20 ve Tablo 4.21’de verilmiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Dadağı istasyonundaki soğan sebzesine ait Cu değerleri ($10,0155 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Gülpınarı istasyonundaki marul numunelerine ait Cu değerleri ($1,2121 \mu\text{gg}^{-1}$) ise diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).

Toprak numuneleri incelendiğinde Cu değerleri $6,5597 - 29,6532 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($29,1182 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. En düşük değer ise Alkan istasyonunda belirlenmiştir. Su numuneleri incelendiğinde Cu değerleri $0,0006 - 0,0065 \text{mg l}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Kızılkaya istasyonunda ölçülen değerler ($0,0064 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($0,0004 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede düşük bulunmuştur.

Tablo 4.20. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan 50 sebze örneklerine ait Cu konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$).

İstasyon	Örnek	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
ALKAN	Marul	6,4351±0,0011 ^b	4,8084	8,5883
	Maydanoz	8,0827±0,0021 ^b	7,8604	8,4081
	Soğan	6,1300±0,0012 ^b	5,9571	6,4722
	Pırasa	6,3386±0,0010 ^b	6,2384	6,4322
	Ispanak	6,1811±0,0009 ^b	5,6789	6,4646
ALTIPINAR	Marul	4,3575±0,0005 ^c	4,3226	4,4099
	Maydanoz	6,8178±0,0006 ^b	6,4004	7,3662
	Soğan	5,5289±0,0004 ^b	5,5111	5,5564
	Pırasa	4,4797±0,0003 ^c	4,4574	4,5001
	Ispanak	7,5992±0,0008 ^b	7,3702	7,7648
ÇİVELEK	Marul	6,1164±0,0004 ^b	6,0738	6,1760
	Maydanoz	4,3357±0,0003 ^c	4,2685	4,3979
	Soğan	8,5647±0,0007 ^b	7,9177	9,0241
	Pırasa	4,3260±0,0004 ^c	4,2399	4,4043
	Ispanak	7,7446±0,0007 ^b	7,6050	7,8256
DADAĞI	Marul	4,0317±0,0006 ^c	3,9776	4,0693
	Maydanoz	5,9439±0,0005 ^b	5,5687	6,5044
	Soğan	10,0155±0,0049 ^a	9,6676	10,3540
	Pırasa	5,7398±0,0004 ^b	5,7297	5,7461
	Ispanak	7,2978±0,0006 ^b	7,2693	7,3273
EMMİLER	Marul	5,0193±0,0004 ^b	4,9948	5,0540
	Maydanoz	5,8896±0,0005 ^b	5,7416	5,9937
	Soğan	7,2755±0,0008 ^b	7,1204	7,4062
	Pırasa	6,4865±0,0004 ^b	6,3494	6,5581
	Ispanak	6,2915±0,0003 ^b	6,1394	6,3713
ESKİYAYLACIK	Marul	4,7896±0,0002 ^c	4,7293	4,8305
	Maydanoz	6,6321±0,0003 ^b	6,5207	6,6940
	Soğan	4,6670±0,0002 ^c	4,6428	4,7130
	Pırasa	3,2501±0,0001 ^c	3,2341	3,2748
	Ispanak	7,8722±0,0008 ^b	7,6525	8,2487
GÜLPINARI	Marul	1,2121±0,0001 ^d	1,1994	1,2371
	Maydanoz	6,2045±0,0006 ^b	6,1594	6,2368
	Soğan	4,1182±0,0003 ^c	4,0685	4,1661
	Pırasa	6,2726±0,0004 ^b	6,2131	6,3243
	Ispanak	5,4313±0,0002 ^b	5,2223	5,6207
KIZILKAYA	Marul	3,0401±0,0002 ^c	3,0347	3,0503
	Maydanoz	6,1990±0,0003 ^b	6,1855	6,2214
	Soğan	4,0244±0,0004 ^c	3,9964	4,0492
	Pırasa	4,7085±0,0002 ^c	4,6978	4,7156
	Ispanak	3,9573±0,0001 ^c	3,9380	3,9708
KÜÇÜKAYHANLAR	Marul	2,9747±0,0001 ^c	2,9433	3,0045
	Maydanoz	8,3662±0,0005 ^b	8,2292	8,5831
	Soğan	7,4173±0,0006 ^b	7,2306	7,5410
	Pırasa	5,2070±0,0004 ^b	5,1493	5,2729
	Ispanak	6,8620±0,0007 ^b	6,7573	7,0019
UÇİSAR	Marul	4,8685±0,0005 ^c	4,6845	5,0401
	Maydanoz	7,5142±0,0011 ^b	7,2084	7,7093
	Soğan	8,4086±0,0009 ^b	8,3415	8,5167
	Pırasa	4,3108±0,0003 ^c	4,2401	4,4095
	Ispanak	6,6056±0,0004 ^b	6,5597	6,6518

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde sebze numunelerine göre lokasyonlar arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

Tablo 4.21. Araştırmada 10 farklı lokaliteden toplanan toprak ve su örneklerine ait Cu konsantrasyonları ve ANOVA değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ / mg l^{-1}).

Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
TOPRAK	ALKAN	6,6056±0,0009 ^c	6,5597	6,6518
	ALTIPINAR	8,2705±0,0011 ^b	8,2037	8,3776
	CİVELEK	23,1058±0,0018 ^b	22,3245	24,0439
	DADAĞI	14,9952±0,0012 ^b	14,8838	15,1837
	EMMİLER	24,7564±0,0017 ^b	28,4435	29,1126
	ESKİYAYLACIK	13,4856±0,0011 ^b	13,0744	13,9087
	GÜLPINAR	10,9127±0,0008 ^b	10,3138	11,2663
	KIZILKAYA	14,7942±0,0013 ^b	14,1750	15,1814
	KÜÇÜKAYHANLAR	29,1182±0,0035 ^a	28,7635	29,6532
	UÇİSAR	14,3452±0,0012 ^b	14,2475	14,5361
Numune	İstasyon	Ort./St.Hata	Minimum	Maksimum
SU	ALKAN	0,0030±0,0004 ^b	0,0028	0,0032
	ALTIPINAR	0,0014±0,0002 ^c	0,0013	0,0014
	CİVELEK	0,0009±0,0001 ^c	0,0009	0,0009
	DADAĞI	0,0042±0,0010 ^b	0,0041	0,0043
	EMMİLER	0,0007±0,0003 ^c	0,0007	0,0007
	ESKİYAYLACIK	0,0010±0,0004 ^c	0,0009	0,0010
	GÜLPINAR	0,0017±0,0003 ^c	0,0017	0,0018
	KIZILKAYA	0,0064±0,0011 ^a	0,0063	0,0065
	KÜÇÜKAYHANLAR	0,0004±0,0001 ^d	0,0006	0,0007
	UÇİSAR	0,0010±0,0002 ^c	0,0009	0,0010

Aynı sütunda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ varyans analizi (ANOVA) düzeyinde toprak ve su numunelerine göre lokaliteler arasında kayda değer farklılığın olduğunu belirtmektedir.

5. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Nevşehir ili kapsamında yapılan önceki çalışmalarda, içme sularındaki total arsenik düzeylerine bağlı olarak 3 farklı bölge seçilmiştir.

Dadağı, Küçükayhan, Emmiler ve Gülpınar köyleri Arsenik miktarı en yüksek olan 1. Bölge ($As > 50 \mu g/l$) Kızılkaya ve Uçhisar kasabası As miktarı orta düzeyde olan 2. Bölge ($As < 10 \mu g/l$) ve Eskiaylacık, Civelek, Alkan ve Altıpınar köyleri kontrol bölgesi olan 3. Bölge olarak belirlenmiştir.

Toplanan sebze örnekleri, bunların yetiştiği toprak örnekleri ve sulama suyu örneklerinde, başta Arsenik (As) olmak üzere, Demir (Fe), Mangan (Mn), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn) ve Bakır (Cu) değerleri tespit edildikten sonra ağır metallerle yapılan önceki çalışma sonuçlarıyla tartışılmıştır.

Çalışma alanında, Dadağı istasyonundan toplanan soğan örneklerine ait As değerleri ($10,9358 \mu g g^{-1}$) diğer örneklerden istatistikî açıdan önemli derecede yüksek sonuçlar saptanmıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.2). Toprak numuneleri incelendiğinde Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($111,3877 \mu g g^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 4.3). Su numuneleri incelendiğinde Dadağı istasyonunda ölçülen değerler ($0,3418 mg l^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 4.3). Sonuçlara göre Dadağı istasyonunda su ve soğan numunelerinde diğer istasyonlardan ve sebze örneklerinden daha yüksek oranda As belirlenmiştir.

Toprakta ölçülen arsenik değerleri incelendiğinde 4 istasyonda, üst sınırın (20 ppm) üzerinde veriler elde edilmiştir. Bu istasyonlar arsenik verilerine göre çoktan aza doğru Küçükayhanlar>Dadağı>Civelek>Emmiler olarak sıralanmaktadır. Diğer istasyonlarda ölçülen veriler normal aralıktadır. Su örnekleri incelendiğinde beş istasyonda normal aralıkta değerler bulunurken, diğer beş istasyonda ölçülen veriler ise su kirliliği sulama suyu sınır değerinin (0,01 ppm) üzerinde bulunmuştur. Bu istasyonlar arsenik verilerine göre çoktan aza doğru Dadağı > Küçükayhanlar > Gülpınar > Emmiler > Kızılkaya

olarak sıralanmaktadır. Toprak ve su örneklerinde arseniğin yüksek çıktığı ortak istasyonlar Küçükayhanlar, Dadağı ve Emmiler'dir. WHO'nun bitkilerde kabul ettiği arsenik sınır değeri 0,5 ppm'dir. Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen tüm bitki örneklerinde üst sınırın üzerinde veriler elde edilmiştir. Dadağı istasyonunda marul dışındaki tüm bitkilerde yüksek sonuçlar ölçülmüştür. Bunların dışında Alkan istasyonunda ıspanak örneklerinde, Altıpınar istasyonu marul örneklerinde, Civelek istasyonu marul örneklerinde, Emmiler istasyonu maydanoz ve pırasa örneklerinde, Eskiaylacık istasyonu maydanoz ve soğan örneklerinde, Kızılkaya istasyonu marul, maydanoz ve soğan örneklerinde, Uçhisar istasyonu soğan örneklerinde yüksek sonuçlar belirlenmiştir (Tablo 4.1). Küçükayhanlar istasyonunda toprak, su ve tüm bitki gruplarında; Eskiaylacık istasyonunda toprak, su ve marul dışındaki tüm bitkilerde arsenik oranının normal değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ispanak, marul ve maydanozda belirlenen en yüksek arsenik verileri Zor [166] ile Stalikas ve ark. [194] belirlediği değerlerden yüksek bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm Demir (Fe) verileri değerlendirildiğinde Eskiaylacık istasyonundaki maydanoz sebzesine ait Fe değerleri ($1305,15 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistikî açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Eskiaylacık istasyonunda ölçülen değerler ($26552,34 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Kızılkaya istasyonunda ölçülen değerler ($0,0094 \text{ mgl}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde Kızılkaya istasyonunda hem toprak örneklerinde hem de su örneklerinde diğer istasyonlardan yüksek oranda Fe belirlenmiştir.

Toprakta ölçülen demir miktarları tüm istasyonlarda belirlenen üst sınırın (150-300) üzerinde bulunmuştur. Tüm istasyonlardan alınan su numunelerinde ise demir miktarı belirlenen üst sınırın (5,0) çok altında belirlenmiştir. Bitkiler için belirlenen demir üst sınırı 30 ppm'dir. Çalışmamızda belirlediğimiz en düşük demir oranı bile (Gülpınarı istasyonundan alınan pırasa örneği) üst limitin üzerinde bulunmuştur. Demir bakımından su numunelerinde değerler normal aralıklarda bulunurken, toprak ve bitki örneklerinde yüksek oranda demir belirlenmiştir. Ispanak, marul ve maydanozda ölçülen en yüksek demir değerleri Zor [166], Mohamed ve ark. [171] ve Stalikas ve ark. [192] belirlediklerinden yüksek bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Altıpınar istasyonundaki marul sebzesine ait Cr değerleri ($5,8385 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistikî açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Altıpınar istasyonunda ölçülen değerler ($79,5415 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Gülpınar istasyonunda ölçülen değerler ($0,0015 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde Altıpınar istasyonunda hem toprak örneklerinde hem de marul örneklerinde diğer istasyonlardan yüksek oranda Cr belirlenmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğine göre krom üst sınır değeri 100 ppm'dir. Tüm istasyonlarda ölçülen değerler bu üst sınıra ulaşmamıştır. Aynı şekilde su örneklerin de belirlenen değerler üst sınırın (0.1 ppm) altında bulunmuştur. Bütün istasyonlardan toplanan tüm bitkilerde krom değeri üst limit olarak belirlenen 0,5 ppm' den yüksek bulunmuştur. Krom için toprak ve su örneklerinde değerler normal aralıkta bulunurken, bitki örneklerinde ise yüksek bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Kızılkaya istasyonundaki pırasa sebzesine ait Mangan (Mn) değerleri (178,6262) diğer numunelerden istatistikî açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Toprak numuneleri Civelek istasyonunda ölçülen değerler ($1821,81 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Eskiyaylacık istasyonunda ölçülen değerler ($0,0004 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre su, toprak ve bitki örneklerine ait yüksek değerler aynı istasyonlarda toplanmamıştır.

Toprak kontrol yönetmeliğine göre mangan üst sınır değeri 300 ppm'dir. Çalışmamızda bazı istasyonlardan toplanan toprak örneklerinde üst sınır değeri üzerinde veriler belirlenmiştir. Kirlenmenin bölgede yoğun şekilde uygulanan, suni ve hayvan gübresi kullanımından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Su örneklerinde ise tüm istasyonlardan alınan numunelerde düşük değerler elde edilmiştir. WHO'nun bitkilerde kabul ettiği mangan sınır değeri 50 ppm'dir. Alkan, Eskiyaylacık, Kızılkaya, Küçükayhanlar ve Uçhisar istasyonlarında ki tüm bitkilerde üst sınırın üzerinde değerler elde edilmiştir. Kalan istasyonlardan Altıpınar istasyonunda

soğan örneklerinde, Civelek istasyonunda pırasa, Dadağı istasyonunda soğan ve pırasa, Emmiler istasyonunda marul ve soğan, Gülpınarı istasyonunda marul, soğan ve pırasa örneklerinde ölçülen Mn miktarları normal aralıkta bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiyaılacık istasyonundaki maydanoz sebzesine ait Ni değerleri ($4,1782 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Altıpınar istasyonunda ölçülen değerler ($54,1857 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Kızılkaya istasyonunda ölçülen değerler ($0,0007 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre su, toprak ve bitki örneklerine ait yüksek değerler aynı istasyonlarda toplanmamıştır.

Toprak kontrol yönetmeliğine göre nikel değerinin 30-75 ppm arasında olması beklenmektedir. Altıpınar istasyonunda ölçülen değerler normal aralıkta çıkarken, diğer istasyonlarda 30 ppm' den daha düşük oranda nikel belirlenmiştir. Su örneklerin de nikel değerleri su kirliliği sulama suyu sınır değerinin (0,2 ppm) altında belirlenmiştir. Bitki örneklerinde yapılan ölçümlerde de verilerin normal aralıkta olduğu belirlenmiştir. Nikel bakımından su, toprak ve bitkilerde kontaminasyon belirlenmemiştir.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiyaılacık istasyonundaki maydanoz sebzesine ait Cd değerleri ($0,5252 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Dadağı istasyonunda ölçülen değerler ($0,8880 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Uçhisar istasyonunda ölçülen değerler ($0,0766 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre su, toprak ve bitki örneklerine ait yüksek değerler aynı istasyonlarda toplanmamıştır.

Toprakta ölçülen kadmiyum değerleri toprak kontrol yönetmeliğine göre ağır metal üst değerinin (3 ppm), altında ölçülmüştür. Su örnekleri incelendiğinde sadece Uçhisar istasyonunda ölçülen değerler su kirliliği sulama suyu sınır değerinin (0,01 ppm) üzerinde bulunmuştur. Diğer istasyonlardan alınan su numune sonuçları normal aralıktadır. Bitki örnekleri incelendiğinde Eskiyaılacık istasyonundan toplanan maydanoz örneklerinde üst sınırın (0,5 ppm) üzerinde belirlenmiştir. Diğer tüm

istasyonlarda ölçülen tüm bitki örneklerinde değerler normal aralıkta bulunmuştur. Uçhisar istasyonunda alınan su örneklerinde kadmiyum yüksekliği ölçümler arasında önemli derecede dikkat çekmektedir. Ispanakta ölçülen en yüksek kadmiyum değerleri (0,33 ppm) Zor [166] (0,080 ppm) ve Stalikas ve arkadaşlarının [192] belirlediklerinden (0,043 ppm) yüksek bulunurken; Alexander ve arkadaşlarının [177] (0,34 ppm) ve Mohamed ve arkadaşlarının [171] elde ettiği verilerden (0,77 ppm) daha düşük bulunmuştur. Marulda ölçülen en yüksek kadmiyum değeri Zor [166] (0,029 ppm) Alexander ve ark. [177] (0,205 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,038 ppm) yaptıkları çalışmada elde ettikleri verilerden yüksek bulunurken; Mohamed ve ark. [171] ve Demirezen ve Aksoy'un [193] (0,34 ppm) elde ettiği verilerden düşük bulunmuştur. Maydanozda belirlenen en yüksek veriler Zor [166] (0,008 ppm), Mohamed ve ark. [171] ve Stalikas ve ark. [192] (0,002 ppm) elde ettikleri verilerden daha yüksek bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Eskiyaılacık istasyonundaki ıspanak sebzesine ait Pb değerleri ($2,4001 \mu\text{g g}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Civelek istasyonunda ölçülen değerler ($99,5079 \mu\text{g g}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Gülpınar istasyonunda ölçülen değerler ($0,0014 \text{ mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre su, toprak ve bitki örneklerine ait yüksek değerler aynı istasyonlarda toplanmamıştır.

Toprak örneklerinde ölçülen kurşun değerleri üst sınırın altında belirlenmiştir. Aynı şekilde su örneklerinde de üst sınırın (5,0 ppm) altında değerler belirlenmiştir. WHO'nun bitkilerde kabul ettiği kurşun sınır değeri 2 ppm'dir. Yapılan ölçümlerde sadece Eskiyaılacık istasyonundan toplanan ıspanak örneklerinde üst sınırın aşıldığı belirlenmiştir. Diğer bitki örneklerinde ölçülen değerler normal aralıktadır. Ispanakta ölçülen en yüksek kurşun değerleri (2,4 ppm) Zor [166] (0,106 ppm), Alexander ve ark. [177] (0,61 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,134 ppm) yaptıkları çalışmada elde ettikleri verilerden yüksek bulunurken; Mohamed ve ark. [171] (9,44 ppm) elde ettiği verilerden düşük bulunmuştur. Marulda ölçülen en yüksek değerler ise Zor [166] (0,029 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,013 ppm) elde ettiği verilerden yüksek bulunurken; Alexander ve ark. [177] (1,52 ppm), Mohamed ve ark. [171] (3,7 ppm), Demirezen ve

Aksoy'un [193] (9,7 ppm) elde ettiği verilerden düşük bulunmuştur. Maydanozda Zor [166] (0,099 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,025 ppm) yaptıkları çalışmada elde ettikleri verilerden yüksek bulunurken; Mohamed ve ark. [171] (3,29 ppm) elde ettiği verilerden düşük bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Emmiler istasyonundaki ıspanak sebzesine ait Mg değerleri ($10632,6121 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($25719,7634 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($27,6702 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde Küçükayhanlar istasyonunda hem toprak örneklerinde hem de su örneklerinde diğer istasyonlardan yüksek oranda Fe belirlenmiştir. Ispanak, marul ve maydanozda ölçülen en yüksek magnezyum değerleri Zor [166], Mohamed ve ark. [171] elde ettiği verilerden yüksek bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Dadağı istasyonundaki ıspanak sebzesine ait Zn değerleri ($68,7888 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunlerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Toprak numuneleri incelendiğinde Civelek istasyonunda ölçülen değerler ($125,0022 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Uçhisar istasyonunda ölçülen değerler ($0,1369 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre su, toprak ve bitki örneklerine ait yüksek değerler aynı istasyonlarda toplanmamıştır.

Toprak kontrol yönetmeliğine göre çinko değerinin 150-300 ppm arasında olması beklenmektedir. Tüm istasyonlarda ölçülen değerlerin tamamı 125,59 ppm'in altında bulunmuştur. Su kirliliği sulama suyu sınır değeri çinko için 2,0 ppm'dir. Su numunelerinde ölçülen tüm değerlerin üst sınırın altında olduğu belirlenmiştir. WHO'nun bitkilerde kabul ettiği çinko sınır değeri 50 ppm'dir. Bazı ölçümler bu değerlerin üzerinde belirlenmiştir. Tüm istasyonlardan alınan maydanoz, soğan ve pırasa örneklerinde normal aralıkta çinko değerleri belirlenmiştir. Marulda, sadece Uçhisar istasyonu örneklerinde yüksek değerler ölçülmüştür. Ispanakta ise: Altıpınar, Civelek, Dadağı, Eskiyaılacık ve Gülpınarı istasyonu örneklerinde yüksek değerler

belirlenmiştir. Ispanakta ölçülen en yüksek çinko verileri Zor [166] (10,1 ppm), Mohamed ve ark. [171] (9,6 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (2,99 ppm) belirlediklerinden yüksek bulunurken; Alexander ve ark. [177] (241,1 ppm) çalışmasında ölçülenlerden düşük bulunmuştur. Marulda ise Zor [171] (4,20 ppm), Mohamed ve ark. [171] (42 ppm), Demirezen ve Aksoy'un [193] (39,5 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (1,01 ppm) elde ettiği verilerden yüksek bulunurken; Alexander ve ark. [177] (57,83 ppm) çalışmasında ölçülenlerden düşük bulunmuştur. Maydanozda ölçülen en yüksek çinko verileri Zor [166] (51,7 ppm), Mohamed ve ark. [171] (21 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,88 ppm) belirlediklerinden yüksek bulunmuştur.

Sebze numunelerine ait tüm veriler değerlendirildiğinde Dadağı istasyonundaki soğan sebzesine ait Cu değerleri ($10,0155 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer numunelerden istatistiki açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Gülpınarı Toprak numuneleri incelendiğinde Küçükayhanlar istasyonunda ölçülen değerler ($29,1182 \mu\text{gg}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Su numuneleri incelendiğinde Kızılkaya istasyonunda ölçülen değerler ($0,0064 \text{mg l}^{-1}$) diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre su, toprak ve bitki örneklerine ait yüksek değerler aynı istasyonlarda toplanmamıştır.

Toprak kontrol yönetmeliğine göre bakır değerinin 50-140 ppm arasında olması beklenmektedir. Tüm istasyonlarda ölçülen değerlerin tamamı 29,65 ppm'in altında bulunmuştur. Su kirliliği sulama suyu sınır değeri bakır için 0,2 ppm'dir. Su numunelerinde ölçülen tüm değerlerin üst sınırın altında olduğu belirlenmiştir. WHO'nun bitkilerde kabul ettiği bakır sınır değeri 5 ppm'dir. Bazı ölçümler bu değerlerin üzerinde belirlenmiştir. Alkan ve Emmiler istasyonunda belirlenen tüm bitki örneklerine ait veriler üst sınırın üzerinde bulunmuştur. Altıpınar istasyonunda marul ve pırasa dışındaki bitki örneklerinde, Civelek istasyonunda maydanoz ve pırasa dışındaki bitki örneklerinde, Dadağı istasyonunda marul dışındaki bitki örneklerinde, Eskiyaılacık istasyonunda marul, soğan ve pırasa dışındaki bitki örneklerinde, Gülpınarı istasyonunda marul ve soğan dışındaki bitki örneklerinde, Kızılkaya istasyonunda maydanoz, Küçükayhanlar istasyonunda marul dışındaki bitki örneklerinde, Uçhisar istasyonunda marul ve pırasa dışındaki bitki örneklerinde, normal değerlerin üzerinde bakır belirlenmiştir. Ispanakta ölçülen bakır değerleri Alexander ve ark. [177] (6,74 ppm), Mohamed ve ark. [171] (2,71 ppm) ve Stalikas ve ark. [192]

(2,45 ppm) belirlediği değerlerden yüksek bulunmuştur. Zor [166] (28,3 ppm) elde ettiği verilerde ise belirlediğimizden daha yüksek verilere rastlanmıştır. Marulda belirlediğimiz bakır verileri Zor [166] (0,6 ppm), Alexander ve ark. [177] (5,5 ppm), Mohamed ve ark. [171] (0,9 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,17 ppm) belirlediklerinden yüksek bulunurken; Demirezen ve Aksoy'un [193] (59,93 ppm) belirlediğinden daha düşük bulunmuştur. Maydanozda ölçülen en yüksek bakır verileri Zor [166] (2,2 ppm), Mohamed ve ark. [171] (3,34 ppm) ve Stalikas ve ark. [192] (0,29 ppm) belirlediklerinden yüksek bulunmuştur.

5.2. ÖNERİLER

Çalışma bölgemizdeki sularda As miktarı jeotermal kaynaklı olarak yüksek olan köylerde, (Dadağı, Gülpınar, Küçükayhan, Emmiler, Kızılkaya) sulamada kaynak suyunun kullanılması sebebiyle, sebze ve toprak örneklerinde de yüksek çıkmıştır.

Dünya'da '*düşük-orta düzey*' As maruziyetine bağlı sağlık riskleri (akciğer, deri, mesane kanseri ve deri lezyonları gibi) konusundaki çelişkili sonuçlar da gözönüne alınarak; Dadağı, Gülpınar, Küçükayhan, Emmiler ve Kızılkaya köylerinde ilgili kurumlarca uzun süreli izleme çalışmaları başlatılmalı benzer çalışmalar belirli periyotlarda tekrarlanmalıdır.

İncelenen örneklerde bazı bölgelerde Cd ve Mn gibi elementlerinde sınır değerleri aştığı gözlenmiştir. Tarım alanlarında gereksiz yere fazla miktarda gübreler, tarım ilaçları ve pestisitlerin kullanılması daha önce yapılan çalışmalar ve açıklamalarda olduğu üzere, sebze gibi çok tüketilen besin maddelerinde birikmiş ağır metallerin, en önemli kaynaklarından birisidir. Bu yüzden tarımsal alanlarında yapılan sebze yetiştiriciliğinde gereğinden fazla kullanılan gübreler ve kimyasal ilaçlar azaltılmalı ve sık sık denetlenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Topçu, S., *Tarım Mühendisliğinde Çevre Sorunları*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana 1998.
2. Akman, Y., Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L., Düzenli, S., *Çevre Kirliliği (Çevre Kirliliği)*, Palme Yayıncılık, Ankara 2000.
3. Nriagu, J. O., "Global Metal Pollution: Poisoning the Biosphere?", *Environment*, 32 (7), 7-33, 1990.
4. Jung, M.C., Thornton, I., Chon, H.T., "Arsenic, Sb and Bi Contamination of Soils, Plants, Waters and Sediments in the Vicinity of the Dalsung Cuw Mine in Korea", *Science of the Total Environment*, (295), 81-89, 2002.
5. Liu, W. X., Coveney, R. M., Chen, J. L., "Environmental Quality Assessment on A River System Polluted By Mining Activities", *Applied Geochemistry*, (18), 749-764, 2003.
6. Varalakshmi, L. R., Ganeshamurthy, A. N., "Heavy Metal Contamination of Water Bodies, Soils and Vegetables in Peri-Urban Areas: A Case Study in Bangaluru", 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August, Brisbane, Australia, 2010.
7. Herpin, U., Berlekamp J., Markert B., Wolterbeek B., Grodzinska K., Siewers U., Lieth H., Weckert V., "The Distribution of Heavy Metals in a Transect of the Three States the Netherlands, Germany and Poland, Determined With the Aid of Moss Monitoring", *The Science of the Total Environment*, (187), 185-198, 1996.
8. Kahvecioğlu, Ö. Kartal, G. Güven, A. Timur, S., "Metallerin Çevresel Etkileri-I", *Metalurji Dergisi*, (136), 47-53, 2003.
9. Dağdeviren Ş., Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçların Yapay Sinir Ağları ile Değerlendirilmesi, *Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Edirne 2007.
10. Çakmakçı, M. ve Ark., "İçme Sularında Arsenik ve Giderme Yöntemleri", *Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu*, İstanbul BB. Yayınları, İstanbul 2008.
11. Öztürk, M., Aslan, Ş., Demirbaş, A., "Sulama Sularındaki Arseniğin Bitkilerde Birikimi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(3), 288-296, 2017.

12. Thompson, H. C., Kelly, W. C., *Vegetable Crops*, (5th Ed.), McGraw Hill Publishing Company Ltd, New Delhi 1990.
13. Alam, M.G.M., Snow, E. T., Tanaka, A., Arsenic and Heavy Metal Contamination of Vegetables Grown in Samta Village, Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 308 (1-3), 83-96, 2003.
14. Nostrand V., *International Encyclopaedia of Chemical Science*, New Jersey, 1964.
15. Lorber K.E., *Umweltschadstoffe*, Montan Universitat, 2011.
16. Thornton I., *Metals in the Global Environment: Facts and Misconceptions*, Ottawa, 1995.
17. Türkoğlu, M., Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi, Pallas 1811*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Van 2008.
18. Egemen, Ö., *Çevre ve Su Kirliliği*, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları İzmir, 1999.
19. Engel, D.W., Sundu, W.G., Fowler, B.A., *Factors Affecting Trace Metal Uptake and Toxicity to Estuarine Organisms*, Academic Press, London, 1981.
20. Jarup, L., "Hazards of Heavy Metal Contamination", *British Medical Bulletin*, (68), 167-182, 2003.
21. Hazer, B., *Genel Kimya*, Karadeniz Teknik Üniv. Yayınları, Trabzon, 1992.
22. Angioni, A., Cabitza, M., Russo, M.T., Caboni, P., Influence of Olive Cultivars and Period of Harvest on the Contents of Cu, Cd, Pb And Zn in Virgin Olive Oils, *Food Chemistry*, 99 (3), 525-529, 2006.
23. FAO/WHO., Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Technical Report, 837, *World Health Organisation*, Geneva, 1993.
24. Ece, A., Çağlarırnak, N., Camcı Çetin, S., "Çevre Kirliliğinden Etkilenen ve Yaygın Olarak Yetiştirilen Sebzelerde Kurşun (Pb) ve Kadmiyum (Cd) Miktarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma", *IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, 429-434, Bodrum, İzmir, 2001.
25. Tok, H. H., *Çevre Kirliliği*, Anadolu Matbaacılık, İstanbul 1997.
26. Fukushima, M., Tatsumi, K., Wada, S., "Determination of the Intrinsic Stability Constants of Toxic Divalent Metal Ions to Alginic Acid", *Analytical Sciences*, 17 (5), 663-66, 2001.

27. Kantar, C., The Role of Citric Acid in the Transport of U(VI) Through Saturated Porous Media: The Application of Surface Chemical Models to Transport Simulations of Bench-Scale Experiment, Ph.D. Dissertation, Environmental Science and Engineering, Colorado School of Mines, Golden, Co, 2001.
28. Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ., “Van Gölü’nden Toplanan Midye (Unito Stevenianus Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri”, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, (24), 93-96, 2000.
29. Markert, B., *Plant as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Enviroment*, VCH Weinheim, New York/ Basel/ Cambridge, 1993.
30. Dağhan, H., “Doğal Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 15-26, 2011.
31. Smedley P.L., Kinnburg D.G., “A Review of the Source, Behaviour and Distribution of Arsenic in Natural Waters”, *Applied Geochemistry*, 17 (5), 517-568, 2002.
32. Bissen M., Frimmel F. H., “Arsenic - a Review. Part I: Occurrence, Toxicity, Speciation, Mobility”, *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 31 (1), 9-18, 2003.
33. Kürekci, E. F., Sulardaki Arseniğin Uygun Ligandlar Kullanılarak Ön Zenginleştirilmesi ve Aas Hidrür Tekniği ile Tayini, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara 2001.
34. Bektaş, H., Çevre Sularından Arsenik Uzaklaştırılması İçin Süpermakro Gözenekli Hidrojellerin Hazırlanması, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 2013.
35. Yağmur F. - Hancı, H. İ., “Arsenik”, *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 11(7), 250-251, 2002.
36. Welch, A.H., Lico, M.S., J. L. Hughes, “Arsenic in Ground Water of the Western United States”, *Ground Water*, 26 (3), 333-347, 1988.
37. Bhumbra, D.K., R.F. Keefer, “Arsenic Mobilization and Bioavailability in Soils”, In *Arsenic in the Environment*, 51-82, 1994.
38. Çalışkan, M.B. And P. Ayşegül, “İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 69-79, 2009.

39. Wang, S. and C.N., Mulligan, "Occurrence of Arsenic Contamination in Canada: Sources, Behavior and Distribution", *Science of the Total Environment*, 366(2-3), 701-721, 2006.
40. Bilici Başkan, M., Pala, A., "İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme", *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 69-79, 2009.
41. Chou, H. S. J., Rosa, C.T.D., "Case Studies Arsenic"., *J. Hyg. Env. Health*, (206), 381-386, 2003.
42. Concon, J. M., *Food Toxicology / Part A, Principles And Concepts*, New York, 1988.
43. Hapke, H.J., *Toxikologie Für Veterinarmendiziner*, Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 1988.
44. Görtunca, Ş., Ceylan, S., Şanlı, Y., "Ankara ve Yöresinde Bazı İçme ve Kullanma Suları Örneklerinin Arsenik Yönünden Araştırılması", *Ankara Ü. Veterinerlik Fak. Derg.*, 20 (1), 85-95, 1973.
45. Kaya, S., Bilgili, A., Doğan, A. ve Liman, B. C., "Mezbahada Kesilen Sığırların Et Ve Bazı Organlarında Arsenik Kalıntıları", *Ankara Ü. Vet. Fak. Derg.*, 37(2), 359-363, 1990.
46. Robertson, I.D., Harms, W.E. and Ketterer, P.J., "Accidental Arsenical Toxicity of Cattle", *Australian Veterinary Journal*, 61(11), 366-367, 1984.
47. Schwarz, T., Busch, A. Und Lenk, R., Erste Untersuchungen Zur Belastung Von Futtermitteln, Rindem Und Lebensmittel Tierischer Herkunft Aus Unterschiedlihen Produktongebieten Sachsens Mit Blei, Kadmium Und Arsen. *Deut. Tierarztl. Wschr* 98, 365-372, 1991.
48. Şanlı, Y. Kaya, S., "Biyolojik Materyalde Arsenik Aranması", *Ankara Ü. Vet. Fak. Derg.*, 31(1), 1-14, 1984.
49. Badruk, M., "Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları", *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 345-358, 2003.
50. Kessel, M., Liu, S.X., Xu, A., Santella, R., Hei, T.K., "Arsenic Induces Oxidative DNA Damage in Mammalian Cells", *Molecular and Cellular Biochemistry*, (234), 301-308, 2002.
51. Hei, T.K., Filipic, M., Role of Oxidative Damage in the Genotoxicity of Arsenic", *Free Radic Biol Med.*, 37(5), 574-581, 2004.

52. Hooiveld, M., D.J. Heederik, M. Kogevinas, P. Boffetta, L.L. Needham, D.G. Patterson, Jr. and H.B. Bueno-de-Mesquita, "Second follow-up of a Dutch cohort occupationally exposed to phenoxy herbicides, chlorophenols, and contaminants", *American Journal of Epidemiology*, 147 (9), 891-901, 1998.
53. Pontius, Fw., Brown, Kg., Chen, Cj., "Health Implications of Arsenic in Drinking-Water", *Journal American Water Works Association*, 86(9), 52-63, 1994.
54. Caniyilmaz, S., Arsenic Removal From Groundwater By Fe - Mn Oxidation and Microfiltration, *Ms Thesis, University of Pittsburgh*, Pittsburgh, 2005.
55. Abernathy, C. and A. Morgan, "United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water", *World Health Organization*, Geneva, 2001.
56. Topal, F., İçme Sularından Arsenik Giderimi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2009.
57. EPA, "United States Environmental Protection Agency", *Office of Groundwater and Drinking Water Standarts*, 2001.
58. Yılmaz, O, Ekici K., "Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri", *YYÜ. Fen ve Veterinerlik Dergisi*, 15(1-2), 47-51, 2004.
59. Mazumder Dn, Das Gupta J, Chakraborty Ak, Chatterjee A, Das D, Chakraborty D., "Environmental Pollution and Chronic Arsenicosis in South Calcutta", *Bulletin of the World Health Organization*, 70(4), 481-485, 1992.
60. Rodríguez V.M., Jiménez-Capdeville M.E., Giordano M., "The Effects Of Arsenic Exposure on the Nervous System", *Toxicology Letters*, 145(1), 1-18, 2003
61. Chun-Yuh, Y., Chih-Ching Chang, C., Ho, S., Chiu, H., "Does Arsenic Exposure Increase the Risk for Prostate Cancer?", *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 71(23), 1559-1563, 2008.
62. Karagas, M.R., Stukel, T.A., Tosteson, T.D., "Assessment of Cancer Risk and Environmental Levels of Arsenic in New Hampshire", *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 205(1-2), 85-94, 2002.
63. Mukherje, S.C., Rahman, M.M., Chowdhury, U.K., Sengupta, M.K., Lodh, D., Chanda, C.R., Saha, K.C., Chakraborti, D., "Neuropathy in arsenic toxicity from groundwater arsenic contamination in West Bengal, India", *Journal Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.*, 38(1), 165-183, 2003.

64. Ali, M., Tarafdar, S.A., "Arsenic in Drinking Water and in Scalp Hair by EDXRF: A Major Recent Health Hazard in Bangladesh", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, (256), 297-305, 2003.
65. Mazumder, D.N.G., "Chronic Arsenic Toxicity: Clinical Features, Epidemiology and Treatment: Experience in West Bengal", *J. Env. Sci. Health*, (1), 141-163, 2003.
66. Shrestha, R.R., Shrestha, M.P., Upadhyay, N.P., Pradhan, R., Khadka, R., Maskey, A., Maharjan, M., Tuladhar, S., Dahal, B.M., Shrestha, K., "Groundwater Arsenic Contamination, its Health Impact and Mitigation Program in Nepal", *J. Env. Sci. Health*, (1), 185-200, 2003.
67. Xia, Y., Liu, J., "An Overview on Chronic Arsenism Via Drinking Water in PR China", *Toxicology*, (198), 25-29, 2004.
68. Mukherjee, S.C., Saha, K.C., Pati, S., Dutta, R.N., Rahman, M.M., Sengupta, M.K., Ahamed, S., Lodh, D., Das, B., Hossain, M.A., Nayak, B., Mukherjee, A., Chakraborti, D., Dulta, S.K., Palit, S.K., Kaies, I., Barua, A.K., Asad, K.A., "Murshidabad-One of the Nine Groundwater Arsenic-Affected Districts of West Bengal, India. Part II: Dermatological, Neurological and Obstetric Findings", *Clinical Toxicology*, (43), 835-848, 2005.
69. Ehrenstein, O.S., Mazumder, D.N.G., Yuan, Y., Samanta, S., Balmes, J., Sil, A., Ghosh, N., Hirasmitth, M., Haque, R., Purushothamam, R., Lahiri, S., Das, S., Smith, A.H., "Decrements in Lung Function Related to Arsenic in Drinking Water in West Bengal, India", *Am. J. Epidem.*, (162), 533-541, 2005.
70. Rahman, M.M., Sengupta, M.K., Ahamed, S., Chowdhury, U.K., Hossain, A., Das, B., Lodh, D., Saha, K.C., Pati, S., Kaies, I., Barua, A.K., Chakraborti, D., "The Magnitude of Arsenic Contamination in Groundwater and its Health Effects to Tthe Inhabitants of the Jalangi-One of the 85 Arsenic Affected Blocks in West Bengal, India", *Sci. Total Environment*, 338 (3), 189-200, 2005.
71. Caceres, D.D., Pino, P., Montesinos, N., Atalah, E., Amigo, H., Loomis, D., "Exposure to Inorganic Arsenic in Drinking Water and Total Urinary Arsenic Concentration in A Chilean Population", *Env. Res.*, (98), 151-159, 2005.
72. Ahamed, S., Sengupta, M.K., Mukherjee, A., Hossain, M.A., Das, B., Nayak, B., Pal, A., Mukherjee, S.C., Pati, S., Dutta, R.N., Chatterjee, G., Mukherjee, A., Srivastava, R., Chakraborti, D., "Arsenic Groundwater Contamination and its

- Health Effects in the State of Uttar Pradesh [UP] in Upper and Middle Ganga Plain, India: A Severe Danger”, *Science of the Total Environment*, 370 (2-3), 310-322, 2006.
73. Kelepertsis, A., D., Alexakis, K. Skordas, “Arsenic, Antimony And Other Toxic Elements in the Drinking Water Of Eastern Thessaly in Greece and Its Possible Effects On Human Health”, *Environmental Geology*, 50(1), 76- 84, 2006.
 74. Yılmaz O. - Ekici K., “Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri”, *Yüzüncü Yıl Üniv. Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15 (1-2), 47-51, 2004.
 75. Coşkun, A., “Arsenik ve Yaşam”, *Bilim ve Teknik*, TÜBİTAK Yayını, (541), 66-70, 2012.
 76. Denizli, A., Yavuz H., “Ağır Metal Toksikolojisi”, *Standard Ekonomik ve Teknik Dergisi*, (477), 76-82, 2001.
 77. Tunçok, Y., İçme Suyunda Ağır Metaller ve İnsan Sağlığına Etkileri, Dokuz Eylül Üniv. Farmakoloji ABD, 2008.
 78. UNDP., Human Development Report 2006, “Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis”, *Published For the United Nations Development Programme (UNDP)*, New York USA, 2006.
 79. Karakoç, V., Arsenik Baskılanmış Nanopartiküller ile Çevre Sularından Arsenik Uzaklaştırılması, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi*, Ankara 2013.
 80. Yüksel, B., Mesleki Olarak Metallerle Maruz Kalan İşçilerin Biyolojik Örneklerinde Arsenik Düzeyleri, *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 2013.
 81. Henke, K., *Arsenic Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment*, Henke, K. (Eds.), John Wiley & Sons Ltd., Great Britain, 2009.
 82. EPA, Arsenic and Clarifications to Compliance and New Source Contaminants Monitoring; Final Rule (66 FR 6976), U.S. Environmental Protection Agency, USA,
http://water.epa.gov/drink/info/arsenic/upload/2005_11_10_arsenic_ars_final_app_b.pdf
 83. EPA, Implementation Guidance for the Arsenic Rule, U.S. EPA, USA,
http://water.epa.gov/drink/info/arsenic/upload/2005_11_10_arsenic_ars_final_mai nguide_9-13.pdf.

84. Mohan D. And Pittman Jr. C.U., "Arsenic Removal From Water/Wastewater Using Adsorbents -A Critical Review", *Journal of Hazardous Materials*, 142(1-2), 1-53, 2007.
85. Çakıroğlu, M. E., Demir Oksitler ile İçme Sularından Arsenik Giderimi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul 2009.
86. Üzeltürk B., "Nevşehir İli Belediyeleri İçme Suyunda Arsenik Sorunu", *1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, (Ed. Y. Örgün ve G. Yalçın), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara 2009.
87. Atabey, E., *Nevşehir İli Tıbbi Jeolojik Unsurları ve Halk Sağlığı*, Nevşehir Belediyesi Yay., Ankara 2013.
88. Atabey, E., *Arsenik ve Etkileri*, MTA Yayınları, Ankara 2009.
89. Atabey, E., Ünal ,H., "Batı Anadolu'daki Jeolojik Unsurlar ve Halk Sağlığı Projesi", *2006-2007 Yılı Tıbbi Jeoloji ve Etüt Raporu*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yay., Ankara 2008.
90. Atabey, E. ve Şahan, M., *Tıbbi Jeoloji Projesi 2008 Etüt Raporu*, MTA Yay., Ankara 2009.
91. Atabey, E., "Türkiye'deki Tıbbi Jeoloji Konularına Genel Bakış", *Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Kitabı*, YMGV Yay., Ankara 2008.
92. Atabey, E., "Türkiye'de Jeolojik Olarak Arsenik Sorununa Genel Bir Bakış", *Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Kitabı*, YMGV Yay., Ankara 2008.
93. Atabey, E., *Arsenik ve Etkileri*, MTA Yayınları, Ankara 2009.
94. Çalışkan, E., Asi Nehrinde Su, Sediment ve Karabalık'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, *Mustafa Kemal Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Hatay 2005.
95. Aksoy, M., *Beslenme Biyokimyası*, Hatiboğlu Yayınları, 3. baskı, Ankara, 2011.
96. Yaşar, Ü., Cercis Siliquastrum L. Subsp. Siliquastrum (Fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitor Olarak Kullanımı, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İstanbul 2009.
97. Güler, Ç. - Çobanoğlu Z., *Kimyasallar ve Çevre*, Sağlık Bakanlığı Yayınları, Ankara 1997.
98. Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yay., Ankara 2001.

99. Emsley, J., "Chromium", *Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements*, Oxford University Press, Oxford 2001.
100. Kotas, J., Stasicka, Z., "Chromium Occurrence in the Environment and Methods of its Speciation", *Environmental Pollution*, 107(3), 263-283, 2000.
101. Baselt, Randall C., *Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man*, (8th Ed.), Biomedical Publications, Foster City, 2008.
102. Güler, Ç. - Çobanoğlu Z., *Kimyasallar ve Çevre*, Sağlık Bakanlığı Yay., Ankara 1997.
103. Vincent, J. B., "The Biochemistry of Chromium", *The Journal of Nutrition*, 130(4), 715-718, 2000.
104. Barceloux Donald, G. - Barceloux, D., "Chromium", *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 37(2), 173-194, 1999.
105. Baysal, A., *Beslenme*, Hatiboğlu Yayınları, 11.Baskı, Ankara 2007.
106. Kacar, B. ve İnal, A., *Bitki Analizleri*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2008.
107. Kacar, B. - Katkat, V., *Bitki Besleme*, Nobel Yayıncılık, 6. Baskı, Ankara 2015.
108. Kacar, B. - Katkat, V., *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2007.
109. Pak, O., Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ 2011.
110. Uthus, E.O., Seaborn, C.D., "Deliberations and Evaluations of the Approaches, Endpoints and Paradigms for Dietary Recommendations of the Other Trace Elements", *J. Nutr.*, (126), 2452-2459, 1996.
111. Cempel, M., Nikel, G., "Nickel: A Review of its Sources and Environmental Toxicology", *Polish Journal Of Environmental Studies*, 15(3), 375-382, 2006.
112. San, N. O., Ağır Metal ve Boyar Madde İçeren Atık Suların Rhodotorula Sp. ile Arıtımı, *Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara 2007.
113. Sarı, E., Nikelin Daphnia Magna (Straus, 1820) (Crustacea: Cladocera) Üzerine Akut Toksik Etkisinin Araştırılması, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara 2011.
114. Öztürk, M., Kitosanların Metal Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Konya 2014.

115. Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., *Toprak Bilimi*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları, Adana 1995.
116. Öktüren Asri, F. Ve S. Sönmez, “Ağır Metal Toksikitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri”, *Derim Dergisi*, 23 (2), 36-45, 2006.
117. Alkış, İ. M., Türk Şaraplarında Ağır Metallerin Belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara 2011.
118. Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri- II”, *Metalurji Dergisi*, (137), 46-51, 2004.
119. Öztan, Ö., Plasental Toksik Metal ve İz Element Düzeyleri, *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara 2009.
120. Wang, K-S., Huang, L-C., Lee, H-S., Chen, P-Y., Chang, S-H., “Phytoextraction of Cadmium By Ipomoea Aquatica (Water Spinach) in Hydroponic Solution: Effects of Cadmium Speciation”, *Chemosphere*, 72(4), 666-672, 2008.
121. Kacar, B., *Toprak Analizleri*, Nobel Yayınları, Ankara 2009.
122. İmre, Z., *Toksikoloji*, İstanbul Üniv. Eczacılık Fak. Yayınları, İstanbul 1988.
123. Koren, H. - Bisesi, M., *Handbook of Environmental Health and Safety*, Lewis Publishers, New York, 1996.
124. Swaine DJ., *The Trace-Element Content of Soils*, Commonwealth Agricultural Bureaux, England 1955.
125. Gama, E., Silva, L. A., Lemos, V. A., “Preconcentration system for cadmium and lead determination in environmental samples using polyurethane foam/Me-BTANC”, *Journal of Hazardous Materials*, 136, 757-762, 2006.
126. Foy, C.D., Chaney, R.L., White, M.C., “The Physiology of Metal Toxicity in Plants”, *Ann. Rew. Plant Physiol.*, (29), 511-566, 1978.
127. Ndiokwere, C.L., “A Study of Heavy Metal Pollution from Motor Vehicle Emissions and its Effect on Roadside Soil, Vegetation and Crops in Nigeria”, *Environmental Pollution*, 7(1), 35-42, 1984.
128. Strauss, W. and Mainwaring, S. J., *Air Pollution*, Edward Arnold, London, 1984.
129. Osma, E., İstanbul’da Yetişen Bazı Sebzelerde Ağır Metal Birikiminin Tespiti, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 2009.
130. Türkan, İ., Öztürk, M., “Lead Contamination in the Plants Growing Near Motor Roads”, *Jour. Fac. Sci. Ege Univ.*, 11(2), 25-33, 1989.

131. Toker, M. C., "Uptake of lead by barley (*Hordeum distichon* L.) roots and its relation to potassium", *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, 12 (2), 128-133, 1988.
132. Jones L.H.P., Clement C.R., Hopper M.J. "Lead Uptake from Solution by Perennial Ryegrass and its Transport from Roots to Shoots", *Plant Soil*, (38), 403-414, 1973.
133. Onar, A. N. - Temizer, A., Çevre Kirliliğinin Etkisinin Ölçüsü Olarak Cd ve Pb Derişimlerinin İdrarda Tayini, *Doğa Mühendislik ve Çevre Dergisi*, 11 (2), 254-267, 1987.
134. Yeşilyurt, C. - Akcan, N., *Hava Kirliliği İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri*, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müd. Yay., Ankara 2001.
135. Şanlıer, N. - Türközü, D., "Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Güncel Bakış", *Selçuk Üniversitesi Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (4), 73-80, 2012.
136. Mengel, K. and Kirkby, E.A., *Principles of Plant Nutrition*, International Potash Institute, Bern, 1978.
137. Marschner, H., *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Edition. Academic Press, New York, 1995.
138. Kirkby, E.A. and Mengel, K., The Role of Magnesium in Plant Nutrition, *Z Pflanzenern Bodenk*, (2), 209-222, 1976.
139. Wilkinson, S. R., Welch, R.M., Mayland, H.F. and Grunes, D.L., "Magnesium in Plants: Uptake, Distribution, Function and Utilization by Man and Animals", *Metal Ions in Biological Systems*, (26), 33-56, 1990.
140. Shaul, O., "Magnesium Transport and Function in Plants: The Tip of the Iceberg", *Biomaterials*, 15(3), 309-323, 2002.
141. Çakmak, I. and Kirkby, E.A., Role of Magnesium in Carbon Partitioning and Alleviating Photooxidative Damage", *Physiol. Plant.* 133(4), 692-704, 2008.
142. Willows, R. D., "Chlorophyll Synthesis", The Structure and Functions of Plastids, *Advances in Photosynthesis and Respiration*, (23), 295-313, New York 2006.
143. Bould, C., Hewitt, E.J., Needham, P., *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants: Principles*, Majesty's Stationery Office, London 1983.
144. Reuter, D. J. and Robinson, *Plant Analysis: An Interpretation Manual*, 2nd Edition, CSIRO Publishing, Australia 1998.

145. Çakmak, I., Hengeler, C. and Marschner, H., Partitioning of Shoot and Root Dry Matter and Carbohydrates in Bean Plants Suffering from Phosphorus, Potassium and Magnesium Deficiency”, *Journal of Experimental Botany*, (45), 1245-1250, 1994.
146. Çakmak, I., Hengeler, C. and Marschner, H., “Changes in Phloem Export of Sucrose in Leaves in Response to Phosphorus, Potassium and Magnesium Deficiency in Bean Plants”, *Journal of Experimental Botany*, (45), 1251-1257, 1994.
147. Hermans, C., Johnson, G.N., Strasser, R.J. and Verbruggen, N., “Physiological Characterization Of Magnesium Deficiency In Sugar Beet: Acclimation to Low Magnesium Differentially Affects Photosystems I and II”, *Planta*, 220(2), 344-355, 2004.
148. Marschner, H., Kirkby, E.A. and Çakmak, I., “Effect of Mineral Nutritional Status on Shoot-Root Partitioning of Photo Assimilates and Cycling of Mineral Nutrients”, *Journal of Experimental Botany*, (47) 1255-1263, 1996.
149. Asada, K., “Production and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Functions”, *Journal of Plant Physiology*, (141), 391-396, 2006.
150. Marschner, H. And Çakmak, I., “High Light Intensity Enhances Chlorosis and Necrosis in Leaves of Zinc Potassium and Magnesium Deficient Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Plants”, *Journal of Plant Physiology*, (134), 308-315, 1989.
151. Mittler, R., “Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance”, *Trends in Plant Science*, (7), 405-410, 2002.
152. Nicola, R.D., Hall, N., Bollag, T., Thermogiannis, G., Walker, G.M., “Zinc Accumulation and Utilization by Wine Yeasts”, *International Journal of Wine Research*, (1) 85-94, 2009.
153. Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O., Akan, E., “İnsan Sağlığı ve Beslenme Fiziyojisi Açısından Çinkonun Önemi”, *Akademik Gıda Dergisi*, 14(3), 307-314, 2016.
154. Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Colla, G., “Grafting of Cucumber As a Means to Minimize Copper Toxicity”, *Environmental and Experimental Botany*, (63), 49-58, 2008.

155. Devi S.R., Prasad M.N.V., "Copper Toxicity in *Ceratophyllum Demersum* L. (Coontail), A Free Floating Macrophyte: Response Of Antioxidant Enzymes and Antioxidants", *Plant Science*, 138 (2), 157-165, 1998.
156. Shrivastava, A. K., "A Review on Copper Pollution and its removal from Water Bodies by Pollution Control Technologies", *Indian Journal of Protection*, 29(6), 552-560, 2009.
157. Shrivastava, S., Mishra, S., Tripathi, R.D., Dwivedi, S., Gupta, D.K., Copper-induced Oxidative Stress and Responses of Antioxidants and Phytochelatins in *Hydrilla Verticillata* (L.f.) Royle", *Aquatic Toxicology*, 80(4), 405-415, 2006.
158. Bebek, M.T., Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, *Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 2001.
159. Demirezen, D., Aksoy, A., Determination of Heavy Metals in Bee Honey Using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)", *Journal of Science*, 18(4), 569-575, 2005.
160. Yang, X., Feng, Y., He, Z., Stoffella, P. J., "Molecular Mechanisms of Heavy Metal Hyperaccumulation and Phytoremediation", *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4), 339-353, 2005.
161. Keser, G., *Nastirtium Officinale* R. Br.'de Kurşunun Strese Bağlı Enzimlerin Aktivitelerine, Gelişmeye, Mineral ve Klorofil İçeriğine Etkileri, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Adana, 2005.
162. Atabey, E., Nevşehir İli Tıbbi Jeolojik Unsurları ve Halk Sağlığı, *Nevşehir Belediyesi Yay.*, Nevşehir, s.33-38, 2013.
163. Komisyon, İl Çevre Durum Raporu, *Nevşehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Yay.*, s. 21, Nevşehir, 2012.
164. Gulz, P.A., *Arsenic Uptake of Common Crops Plants from Contaminated Soils and Interaction With Phosphate*, Dissertation Submitted to the Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Doctoral Dissertation Zurich, 2002.
165. Wei, C.Y., Chen, T.B., "Arsenic Accumulation by Two Brake Ferns Growing on an Arsenic Mine and Their Potential in Phytoremediation", *Chemosphere*, 63(6), 1048-1053, 2006.

166. Zor, M., Marmara Bölgesi'nde Satılan Ispanak, Marul ve Maydanozun Metal İçeriğinin Analizi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2013.
167. Pekşen, S., Arpa'da Kök Büyümesi, Antioksidatif Enzim Aktivitesi Ve Lipid Peroksidasyonu Üzerine Arsenik'in Etkisi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2014.
168. Gedik, K., Çeltik Tarlalarında Arsenik Biyoakümülyasyonu Ve Biyomagnifikasyonunun Belirlenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Trabzon 2015.
169. McBride, M.B., Arsenic and Lead Uptake by Vegetable Crops Grown on Historically Contaminated Orchard Soils”, *Applied and Environmental Soil Science*, 1-8, 2013.
170. Kocaman, P., Çorlu-Çerkezköy Civarındaki Bazı Fabrikalara Yakın Tarım Arazilerindeki Çeşitli Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin Toprak ve Bitki Analizleri ile Belirlenmesi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ 2016.
171. Mohamed A.E., Rashed M.N. and Mofty A., “Assessment of Essential and Toxic Elements in Some Kinds of Vegetables”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 55 (3), 251-260, 2003.
172. Wang, C.X., Mo, Z., Wang, H., Wang, Z.J., Cao, Z.H., “The Transportation, Time-Dependent Distribution of Heavy Metals in Paddy Crops”, *Chemosphere*, 50(6), 716-723, 2003.
173. 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*, 16(1), 87-96, 2003.
174. Pavlova, D. K., St. Alexandrov, “Metal Uptake in Some Plants Growing on Serpentine Areas in the Eastern Rhodopes Mountains (Bulgaria)”, *The Herb Journal of Systematic Botany*, 10(2), 14-30, 2003.
175. 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 Büyümesine Etkileri”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 177-182, 2004.

176. Gedik, T., Madenköy (Niğde/Ulukışla) ve Dolaylarının Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana 2005.
177. Alexander P.D., Alloway B.J. and Dourado A. M., “Genotypic Variations in the Accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn Exhibited by Six Commonly Grown Vegetables”, *Environmental Pollution*, 144(3), 736-745, 2006.
178. Keser, B., Aydın İlinde Büyük Menderes Nehri ile Sulanan Bölgelerde Yetişen Bazı Sebze ve Meyvelerdeki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Aydın 2008.
179. Osmalı, E., Serin, M., Leblebici, Z., Aksoy, A., “Heavy Metals Accumulation in Some Vegetables and Soils in Istanbul”, *Ekoloji*, 21, (82), 1-8, 2012.
180. Osmalı, E., Serin, M., Leblebici, Z., “Şile (İstanbul)’de Yetiştirilen Bazı Sebzelerde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, *Erzincan Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 267-275, 2013.
181. Saltan, F.Z., Seçilmiş Canbay, H., Eskişehir’de Halk Arasında Kullanılan Bazı Bitkilerdeki Ağır Metal Ve Besin Elementlerinin Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(1), 83-90, 2015.
182. Kocaman, P., Çorlu-Çerkezköy Civarındaki Bazı Fabrikalara Yakın Tarım Arazilerindeki Çeşitli Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin Toprak ve Bitki Analizleri ile Belirlenmesi, *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ 2016.
183. Özyürek, F., Nevşehir’de Farklı Su Kaynaklarıyla Sulanan Sebzelerde Ağır Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) Birikimi, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Nevşehir 2016.
184. Gökçen, Ü., Aktarlarda Satılan Achillea Millefolium L. (Civanperçemi) Örneklerinin Organoleptik Kalite Kontrolleri ve Ağır Metal İçerikleri, *Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir 2017.
185. Marcussen, H., Joergensen, K., Holm, P.E., Brocca, D., Simmons, R.W., Ve Dalsgaard, A., “Element Content and Food Safety of Water Spinach (*Ipomea Aquatica* Forssk.) Cultivated With Wastewater in Hanoi, Vietnam”, *Environmental Monitoring and Assessment*, (139), 77-91, 2008.
186. Aehle, E., Raynaud-Le Grandic, S., Ralainirina, R., Baltora-Rosset, S., Mesnard, F., Frouillet, C., Maziere, J. C. and Fliniaux, M., “Development and Evaluation

- of an Enriched Natural Antioxidant Preparation Obtained From Aqueous Spinach (Spinacia Oleracea) Extracts by an Adsorption Procedure”, *Food Chemistry*, 86(4), 579-585, 2004.
187. Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman İ., *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir 2000.
188. Brewster, J. L., *Onions and Other Vegetable Alliums*, Cambridge 2008.
189. Turkey Soil Pollution Control Regulation (TSP 24609) From the Ministry of Environment, *Official Gazzette*, No: 24609, Date: 10.12.2001.
190. FAO/WHO, *Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179*, Codex Alimentarius Commission, 2003.
191. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Numune Alma ve Analiz Metotları Tekniği, 7 Ocak 1991 Tarihli ve 20748 Sayılı Resmî Gazete, Ankara 1991.
192. Stalikas C. D., Mantalovas A. C., Pilidis G.A., “Multielement Concentrations in Vegetable Species Grown in Two Typical Agricultural Areas of Greece”, *The Science of the Total Environment*, 206(1), 17-24, 1997.
193. Demirezen D., Aksoy A., “Heavy Metal Levels in Vegetables in Turkey Within Safe Limits For Cu, Zn, Ni And Exceeded For Cd and Pb”, *Journal of Food Quality*, 29(3), 252-265, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

23 Şubat 1977 yılında Nevşehir Uçhisar kasabasında doğdu. İlk ve orta öğretimini Nevşehir Uçhisar İlköğretiminde tamamladıktan sonra lise eğitimini 1991-1994 yılları arasında Nevşehir Lisesi'nde tamamladı.1996 yılında girdiği Selçuk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Laboratuvar Bölümünden 1998 yılında mezun oldu. 2000 yılında ise kazandığı Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden 2004 yılında mezun oldu. 2004 yılında çalışmaya başladığı Sağlık Bakanlığında Sağlık Memuru olarak halen iş hayatına devam etmektedir. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

Adres: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

38039 - Nevşehir

Telefon: 0 384 219 22 22

Gsm: 0 505 389 17 18

e-posta : lubasaran@gmail.com