

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORDU İLİ AKARSULARINDA BULUNAN *Typha latifolia* L.
TÜRÜNDE AĞIR METAL ve MAKRO ELEMENT MİKTARININ
BELİRLENMESİ

FATİH KARAHASAN

Bu tez,
Biyoloji Anabilim Dalında
Yüksek Lisans
derecesi için hazırlanmıştır.

ORDU 2014

TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Fatih KARAHASAN tarafından hazırlanan ve Doç. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK danışmanlığında yürütülen “Ordu İli Akarsularında Bulunan *Typha latifolia* L. Türünde Ağır Metal ve Makro Element Miktarının Belirlenmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 15/04/2014 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK

Başkan : Doç. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK
Biyoloji, Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Doç. Dr. Beyhan TAŞ
Biyoloji, Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Evren TUNCA
Fatsa Deniz Bilimleri ve Teknolojisi,
Ordu Üniversitesi

İmza :

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 09.05.14 tarih ve 2014/200 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

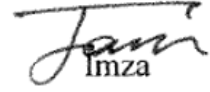
15.05/2014

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Fikret BALTA

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.


İmza

Fatih KARAHASAN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Fatih KARAHASAN

Ordu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı, 2014
Yüksek Lisans Tezi, 140s.

Danışman: Doç. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK

ORDU İLİ AKARSULARINDA BULUNAN *Typha latifolia* L. TÜRÜNDE AĞIR METAL ve MAKRO ELEMENT MİKTARININ BELİRLENMESİ

Bu tezin amacı, Ordu İli'nde bulunan farklı akarsu (Melet, Turnasuyu ve Akçaova) sulcul ekosistemlerinde yayılış gösteren *Typha latifolia* L. makrofit türüne ait örneklerde ağır metal (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Mn) birikimi ve makro element (N, P, K, Ca, Mg, Na) miktarlarını belirlemektir. Çünkü makrofit bitkiler çeşitli maddeleri (örneğin metalleri) büyük miktarlarda konsantre ederler ve dolayısıyla yerel kirlilik açısından çok önemli göstergeler olarak kabul edilirler. Bu amaçla örnekleme zamanları olan Haziran, Ağustos ve Ekim aylarında (zaman faktörü) Turnasuyu, Akçaova ve Melet Irmakları'ndan (nehir faktörü) alınan örneklerin kök, gövde, rizom ve yaprak kısımlarında (bitki kısmı faktörü) ağır metal ve makro element analizleri yapılmıştır.

Yapılan analizlere göre bitki kısımlarının ağır metal ve makro element miktarları gövde için N>P>K>Na>Ca>Mg>Zn>Fe>Mn>Pb>Cd>Cu, kök için, N>P>K>Ca>Mg>Fe>Na>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu, yaprak için, N>P>K>Ca>Mg>Na>Mn>Zn>Fe>Pb>Cd>Cu ve rizom için N>P>K>Ca>Mg>Na>Fe>Zn>Mn>Pb>Cd>Cu şeklinde sıralanmaktadır.

Elde edilen veriler üç-yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan varyans analizleri sonucunda; Demir (Fe), Fosfor (P) ve Magnezyum (Mg) elementleri için faktör seviyelerinin genel ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$ ve/veya $p<0.01$). Çinko (Zn) ve Azot (N) elementleri açısından üçlü interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli iken; Bakır (Cu), Kadmiyum (Cd),

Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Sodyum (Na), elementleri için ise çeşitli ikili interaksiyonlar önemli bulunmuştur ($p < 0.05$ ve/veya $p < 0.01$).

Anahtar Kelimeler: *Typha latifolia*, makrofit, ağır metal, makro element, sucul ekosistem.

ABSTRACT

Fatih KARAHASAN

University of Ordu
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Biology, 2014
MSc. Thesis, 140p.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK

DETERMINATION OF HEAVY METAL AND MACRO ELEMENTS AMOUNT IN *Typha latifolia* L. WAS FOUND IN RIVERS IN ORDU PROVINCE

The purpose of this thesis is to determine the accumulation of heavy metals (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Mn) and the amount of macroelements (N, P, K, Ca, Mg, Na) in samples belonging to the species of macrophytes *Typha latifolia* L. which occurs in aquatic ecosystems of different streams located in Ordu (Melet, Turnasuyu and Akçaova). Because macrophytes plants concentrate various substances (e.g. heavy metals) and so they are considered as very important indicators in terms of local pollution. For this purpose; we obtained our samples from Turnasuyu, Akçaova and Melet rivers (river factor) during the June, August and October, the our sampling months (the time factor). We analysed heavy metals and macro elements in root, trunk, rhizome and leaf parts (part of the plant factor). Our data is evaluated by using three-ways analysis of variance.

According to our results, the amounts of heavy metal and macro elements of plant parts were found as N> P> K> N> Ca> Mg> Zn> Fe> Mn> Pb> Cd> Cu for the trunk, N> P> K> Ca> Mg> Fe> Na> Mn> Zn> Pb> Cd> Cu for the root, N> P> K> Ca> Mg> Na> Mn> Zn> Fe> Pb> Cd> Cu for the leaves and N> P> K> Ca> Mg> Na> Fe> Zn> Mn> Pb> Cd> Cu for the rhizome.

According to variance analyses, we found significant statistical differences among overall average of factor levels for the elements Iron (Fe), Phosphorus (P) and Magnesium (Mg) ($p<0.05$ and/or $p<0.01$). While a triple interactions are found significant for Zinc (Zn) and Nitrogen (N) elements, various binary interactions are

found for Copper (Cu), Cadmium (Cd), Lead (Pb), Manganese (Mn), Potassium (K), Calcium (Ca) and Sodium (Na) elements ($p < 0.05$ and/or $p < 0.01$).

Key Words: *Typha latifolia*, macrophytes, heavy metals, macroelement, aquatic ecosystems.

TEŐEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının konusunun belirlenmesinde, deneysel ve teorik aŐamalarında ve yazımı esnasında yardım, öneri ve desteğini esirgemeyen, yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yol gsteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Tuğba BAYRAK ÖZBUCAK'a,

Yüksek Lisansa baŐlamamda yol gsteren ve eğitim süresince desteklerini esirgemeyen Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. KürŐat KORKMAZ'a,

AraŐtırmamda yer alan istatistik analizlerinde yardımını esirgemeyen ve Tezimde yoğun emeği bulunan Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Yeliz KAŐKO ARICI'ya,

Yüksek lisans eğitimim yürütülmesi sırasında değerli fikir ve önerileri ile çalıŐmalarımı destekleyen Sayın ArŐ. Gör. Dr. Sevda YALÇIN TÜRKiş'e,

ÇalıŐmalarım sırasında ağır metal konsantrasyonlarının ölçümünde yardımlarını esirgemeyen Ordu Arıcılık Araştırma İstasyonu Müdürlüğünde alıŐan laborant Sayın Ömer YILMAZ'a,

AraŐtırmam süresince hem arazi çalışmalarında hem de laboratuvar çalıŐmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Ender AKDENİZ'e, Nurullah YİğİT'e, Okan YURTTAŐ'a ve diğer tüm yüksek lisans arkadaşlarıma,

Tüm hayatım boyunca yardımlarını ve desteklerini gördüğüm AİLEM'e,

TeŐekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜRLER	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
ÇİZELGELER LİSTESİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIV
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Su Kirliliği.....	5
2.2. Ağır Metaller ve Özellikleri.....	7
2.2.1. Bakır (Cu).....	8
2.2.2. Çinko (Zn).....	9
2.2.3. Demir (Fe).....	10
2.2.4. Kadmiyum (Cd).....	11
2.2.5. Kurşun (Pb).....	12
2.2.6. Mangan (Mn).....	13
2.3. Ağır Metallerin Canlılara Etkisi.....	14
2.4. Ağır Metallerin Su Ortamlarında Etkisi.....	15
2.5. Ağır Metallerin Bitkilerdeki Etkisi.....	17
2.5.1. Hiperakümülatör Bitkiler.....	18
2.5.1.1. Fitoremediasyon (Yeşil Islah).....	19

2.6.	Makro Elementler ve Özellikleri.....	20
2.6.1.	Azot (N).....	20
2.6.2.	Fosfor (P).....	21
2.6.3.	Potasyum (K).....	22
2.6.4.	Kalsiyum (Ca).....	23
2.6.5.	Magnezyum (Mg).....	25
2.6.6.	Sodyum (Na).....	26
3.	ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	27
4.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
4.1.	Materyal.....	37
4.1.1.	<i>Typha latifolia</i> L. (Typhaceae) Genel Özellikleri.....	37
4.1.2.	Araştırma Alanlarının Genel Özellikleri.....	39
4.1.2.1.	Melet Irmağı.....	41
4.1.2.2.	Turnasuyu Deresi.....	46
4.1.2.3.	Akçaova Deresi.....	49
4.1.3.	Araştırma Alanlarının İklimsel Özellikleri.....	51
4.1.3.1.	Biyoklimsel Sentez.....	55
4.2.	Yöntem.....	58
4.2.1.	Arazi Çalışması.....	58
4.2.2.	Laboratuvar Çalışması.....	59
4.2.2.1.	Makro Element Analizleri.....	59
	-Azot Analizi.....	59
	-Fosfor Analizi.....	60
4.2.2.2.	Mikro Element Analizi.....	62
4.2.3.	İstatistik Değerlendirme.....	62

5.	BULGULAR ve TARTIŞMA.....	63
5.1	Bulgular.....	63
5.1.1.	Bakır.....	66
5.1.2.	Çinko.....	69
5.1.3.	Demir.....	76
5.1.4.	Kadmiyum.....	78
5.1.5.	Kurşun.....	81
5.1.6.	Mangan.....	83
5.1.7.	Azot.....	86
5.1.8.	Fosfor.....	93
5.1.9.	Potasyum.....	95
5.1.10.	Kalsiyum.....	98
5.1.11.	Magnezyum.....	102
5.1.12.	Sodyum.....	104
5.2.	Tartışma.....	108
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	125
7.	KAYNAKLAR.....	127
	ÖZGEÇMİŞ.....	139

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1.	<i>Typha Latifolia</i> 'nın genel görünümü.....	38
Şekil 4.2.	Ordu ili, Türkiye haritası.....	41
Şekil 4.3.	Melet Irmağı'nın 1/25 000 ölçekli haritası.....	44
Şekil 4.4.	Melet Irmağı'nda seçilen istasyonlar ve uydu görüntüsü.....	44
Şekil 4.5 (a,b)	Melet Irmağı'nda bulunan <i>Typha latifolia</i> bitkisi.....	45
Şekil 4.6.	Turnasuyu Deresi'nin 1/5 000 ölçekli haritası.....	47
Şekil 4.7.	Turnasuyu Deresi'nden seçilen istasyonlar ve uydu görüntüsü..	47
Şekil 4.8 (a,b)	Turnasuyu Deresi'nde bulunan <i>Typha latifolia</i> bitkisi.....	48
Şekil 4.9.	Akçaova Deresi'nin 1/25 000 ölçekli haritası.....	49
Şekil 4.10.	Akçaova Deresi'nden seçilen istasyonlar ve uydu görüntüsü....	50
Şekil 4.11 (a,b)	Akçaova Deresi'nde bulunan <i>Typha latifolia</i> bitkisi.....	51

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 2.1.	Toksik ağır metal kaynakları.....	4
Çizelge 2.2.	İçme sularında inorganik bileşikler için önerilen limit değerler (mg/L).....	16
Çizelge 4.1.	Ordu İli'nin 1960–2012 yıllarına ait iklim ortalama değerleri...	53
Çizelge 4.2.	Ordu İli'nin 1960–2012 yıllarına ait iklim diyagramı.....	54
Çizelge 4.3.	Yağış rejimi ve yağışın mevsimlere göre dağılımı.....	54
Çizelge 4.4.	Biyoklimsel sentez tablosu.....	58
Çizelge 4.5.	Fosfor Analizi için Kullanılan Standartlar.....	61
Çizelge 5.1.	Tüm istasyonlardan toplanan <i>Typha latifolia</i> örneklerinde mikro element içerikleri (mg/kg).....	64
Çizelge 5.2.	Tüm istasyonlardan toplanan <i>Typha latifolia</i> örneklerinde makro element içerikleri N, P (%), K, Ca, Mg, Na (mg/kg).....	65
Çizelge 5.3.	Bakır miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	66
Çizelge 5.4.	Bakır miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları...	68
Çizelge 5.5.	Akarsuların bakır miktarına ait tanıtıcı istatistikleri.....	68
Çizelge 5.6.	Çinko miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	69
Çizelge 5.7.	Çinko miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları...	75
Çizelge 5.8.	Demir miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 5.9.	Demir miktarı için akarsular arasındaki tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	77

Çizelge 5.10.	Demir miktarı için bitki kısımları arasındaki tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	77
Çizelge 5.11.	Zamanlar arasında demir miktarına ait tanıtıcı istatistikler.....	78
Çizelge 5.12.	Kadmiyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	78
Çizelge 5.13.	Kadmiyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonucu.....	80
Çizelge 5.14.	Bitki kısımlarının kadmiyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler...	80
Çizelge 5.15.	Kurşun miktarına için yapılan varyans analiz sonuçları.....	81
Çizelge 5.16.	Kurşun miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.	82
Çizelge 5.17.	Bitki kısımlarının kurşun miktarına ait tanıtıcı istatistikler.....	83
Çizelge 5.18.	Mangan miktarı için yapılan varyans analizi sonuçları.....	83
Çizelge 5.19.	Mangan miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları	85
Çizelge 5.20.	Zamanların mangan miktarına ait tanıtıcı istatistikleri.....	85
Çizelge 5.21.	Azot miktarı için yapılan varyans analizi sonuçları.....	86
Çizelge 5.22.	Azot miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları....	92
Çizelge 5.23.	Fosfor miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	93
Çizelge 5.24.	Fosfor miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları...	94
Çizelge 5.25.	Akarsuların fosfor miktarına ait tanıtıcı istatistikler.....	94
Çizelge 5.26.	Zamanların fosfor miktarına ait tanıtıcı istatistikler.....	94
Çizelge 5.27.	Potasyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	95

Çizelge 5.28.	Potasyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	97
Çizelge 5.29.	Akarsuların potasyum miktarına ait tanıtıcı istatistikleri.....	97
Çizelge 5.30.	Kalsiyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	98
Çizelge 5.31.	Kalsiyum miktarı (akarsu*bitki kısmı) için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	100
Çizelge 5.32.	Kalsiyum miktarı (akarsu*zaman) için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	101
Çizelge 5.33.	Magnezyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	102
Çizelge 5.34.	Akarsuların magnezyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	103
Çizelge 5.35.	Bitki kısımlarının magnezyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	103
Çizelge 5.36.	Zamanların magnezyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	104
Çizelge 5.37.	Sodyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları.....	104
Çizelge 5.38.	Sodyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları	106
Çizelge 5.39.	Akarsuların sodyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları.....	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

μ	:	Mikro
AAS	:	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometri
ADP	:	Adenozin di fosfat
Al	:	Alüminyum
As	:	Arsenik
ATP	:	Adenozin tri fosfat
ATPaz	:	Enzim
B	:	Bor
Ca	:	Kalsiyum
Cd	:	Kadmiyum
cm	:	Santimetre
Co	:	Kobalt
Cr	:	Krom
Cu	:	Bakır
DDT	:	Dikloro Difenil Trikloroethan
DNA	:	Deoksiribo Nükleit Asit
DTPA	:	Diethylene Triamine Pentaacetic Acid
EDTA	:	Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid
Fe	:	Demir
g/cm^3	:	Gram/santimetre küp
H_2SO_4	:	Sülfürik asit
H_3BO_3	:	Borik asit
HCl	:	Hidroklorik Asit
HES	:	Hidro Elektrik Santrali
Hg	:	Cıva
IAA	:	İndol asetik asit
K	:	Potasyum
kg/m^2	:	Kilogram/metre kare
KH_2PO_4	:	Potasyum Dihidrojen Fosfat
km	:	Kilometre
km/sa	:	Kilometre/saat
L/sn	:	Litre/saniye

m	:	Metre
m ³ /s	:	Metreküp/saniye
Mg	:	Magnezyum
mg	:	Miligram
mg/kg	:	Miligram/kilogram
mg/L	:	Miligram/litre
mm	:	Milimetre
mm ³	:	Milimetre küp
mmol	:	milimol
Mn	:	Mangan
Mo	:	Mobilden
N	:	Azot
N	:	Normalite
Na	:	Sodyum
NAD	:	Nikotinamid adenin dinükleotit
NADH	:	Nikotinamid adenin dinükleotit
NH ³	:	Amonyak
Ni	:	Nikel
NW	:	Kuzeybatı
°C	:	Santigrat derece
P	:	Fosfor
p<0.01	:	% 1 önemlilik seviyesi
p<0.05	:	% 5 önemlilik seviyesi
p>0.05	:	Önemli değildir
Pb	:	Kurşun
PCB	:	Poliklorlu bifenil
pH	:	Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir
ppm	:	Milyonda bir (Parts per million)
RNA	:	Ribonükleit asit
Sb	:	Antimon
Se	:	Selenyum
Sr	:	Stronsiyum
U	:	Uranyum

V	:	Vanadyum
W	:	Volfram
WHO	:	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
Zn	:	Çinko
$\mu\text{g/g}$:	Mikrogram/gram
μmol	:	Micromolar
Mmol/g	:	Micromolar/gram

1.GİRİŞ

Ekosistemde bulunan tüm canlılar olumsuz çevre şartlarından etkilenmektedir. Çevresel problemler son yıllarda tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de günlük yaşam problemleri arasında yer almaktadır. Ormansızlaşma, çarpık kentleşme, yeşil alanların azalması, trafik, endüstride kullanılan kimyasallar ile tatlı ve tuzlu suların kirlenmesi sadece Türkiye’de değil tüm dünyada çözümlü araştırılan problemlerden bazılarıdır (Aslan ve ark. 2005, Taş ve ark. 2013).

Canlıların yaşam alanlarının ve yaşam standartlarının bozulmasına neden olan çevre kirliliği çok eskiden beri var olmakla birlikte, günümüzde kirlenmenin boyutları doğal dengede ciddi bozulmalara sebep olmuştur. Çevremiz bugün sürekli olarak çeşitli kaynaklardan gelen zararlı maddeler ile fiziksel, kimyasal, biyolojik ve estetik şekilde kirletilmektedir (Şanda 1993, Kurca 2005). Özellikle endüstrileşme ve kentleşmeye bağlı olarak artan çevre kirliliği, canlılar üzerinde tehlikeli olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Doğrudan ve dolaylı yollardan çevre kirliliği probleminden her çeşit organizmanın etkilenmesi, bu problemin büyüklüğünü ve tehlikesini daha da arttırmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu 2005).

Hızlı ve dengesiz bir biçimde artan dünya nüfusu, yetersiz beslenme, plânsız kentleşme, yanlış arazi kullanımı, tehlikeli atıklar, hızla azalan ve yok edilen yeşil alanlar ve ormanlar, bilinçsiz enerji üretimi ve tüketimi, endüstrileşme ve sonucunda ortaya çıkan tehlikeli atıklar gibi insan etkinliğinin yarattığı daha birçok olumsuzluklar, günümüzde yaşanan en önemli çevre sorunlarından biridir (Yıldız ve ark. 2000, Doğan 2005).

Canlılar, doğada yaşamlarını hava, su ve topraktan oluşan bir ekosistem içerisinde bir denge halinde sürdürürler. Bu ekosistem içerisindeki denge o kadar düzenlidir ki bu sayede doğa kendini yenileme ve oluşan doğal atıkları bertaraf edebilme özelliğine sahiptir. İnsanoğlunun teknoloji ile tanışmasından sonra çevrenin kirlenmesi ve doğal dengenin bozulması önceleri yavaş daha sonra hızla artmıştır. Özellikle doğanın yapısına ters düşen kirleticilerin toprak, su ve atmosferdeki miktarları gün geçtikçe artmaktadır. Kirlenme nedenlerinin başında maden alanları işletimi, fosil yakıtların kullanımı ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıkların kontrolsüzce çevreye bırakılması gelir (Elmacı 1995).

Teknolojik gelişmelerin, sanayileşmenin ve sosyal yaşamın insanlığa kazandırdığı sayısız faydaların yanı sıra, istenmeyen ve ekolojik dengeyi bozan etkilerinden biri olan ağır metal kirliliği her geçen gün artmaktadır. Çok küçük konsantrasyonlarda bile toksik olabilen bu çevresel kirlilik ayrıca canlılarda biyolojik birikim yapan maddelerden birisidir (Doğan 2005).

Makrofitler çeşitli maddeleri (örneğin metalleri) büyük miktarlarda konsantre ederler ve dolayısıyla yerel kirlilik açısından çok önemli göstergeler olarak kabul edilirler. Bitkilerdeki ağır metal içerikleri ile ilgili çalışmalar sonucunda hiperakümülatör ve biyomonitör kavramları ortaya çıkmış ve hiperakümülatör bitkilerin belirlenmesi çalışmaları son zamanlarda artmıştır. Bitkilerin toksik ağır metal içeriklerinin, biyomonitör ve hiperakümülatör özelliklerinin belirlenebilmesi ile ilgili özelleşmiş çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar ışığında bitkilerin fitoremediasyon, beslenme, sağlık ve endüstriyel gibi çeşitli amaçlarla kullanılmasının insan ve çevre sağlığı açısından değerlendirilmesi her geçen gün önem kazanmaktadır (Kurca 2005). Bundan dolayı bu çalışmanın amacı, Ordu İlinde bulunan farklı büyüklükteki akarsuların aşağı havzalarındaki sulak alan ekosistemlerinde yayılış gösteren *Typha latifolia* L. makrofit türüne ait örneklerde ağır metal birikimi ve makro element miktarlarını belirlemektir. Bu çalışmanın ağır metal birikiminin özellikle *Typha latifolia* türünün biyomonitör tür olarak belirlenmesi adına önemli bir kaynak olacağı düşüncesindeyiz.

2. GENEL BİLGİLER

Bazı kirleticilerin hava, su ve toprakta düşük miktarlarda bulunmalarına karşın, besin zincirlerinin birbirini izleyen halkalarındaki tüketicilerde giderek artan yoğunluklarda bulunması olayına “biyolojik birikim” denir. Biyolojik birikimi olan maddelerin başlıcaları DDT, PCB gibi sentetik organik kimyasallar, bazı radyoaktif maddeler ve ağır metallerdir (Doğan 2005).

Biyolojik birikimin en önemli nedenleri şunlardır;

- Bu maddelerin suda çözünmeyip, yağda çözünür olması ve böylece hayvanların yağ dokularında birikmesi.
- Bu tür maddelerin doğada kimyasal ya da biyolojik ayrışımının olmaması veya çok geç olması.
- Besin zincirlerinde enerji aktarımının verimsiz olması.

Bu nedenlerle besin piramitlerinde enerji aktarımının aksine tabandan tepeye doğru çıkıldıkça bu tür maddelerin birikimi artmakta ve üst basamaklardaki canlılar daha çok etkilenmektedir (Yıldız ve ark. 2000, Doğan 2005).

Çevreyi kirleten önemli unsurlardan biri olduğu bilinen ağır metaller endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar gibi yollar ile çevreye yayılmaktadırlar. Biyolojik döngü göz önüne alındığında besin zincirinin temel basamağındaki bitkilerin çevre kirliliğinden etkilenmesi kaçınılmaz bir hal almaktadır (Sresty ve Madhava 1999, Zengin ve Munzuroğlu 2005). Son zamanlarda giderek artan ağır metal kirliliği kaynaklarından bazıları şunlardır:

Maden endüstrisi: Kömür ve diğer maden ocaklarının çalıştırılabilmesi için madenden çıkarılarak atılması gereken maden drenajları yüksek konsantrasyonlarda Ca, Mg, Fe ve düşük konsantrasyonlarda Al, Mn ve diğer ağır metal iyonlarını içerir. Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, Ni gibi madenleri içeren cevherlerin gerek topraktan çıkarılması, gerekse temizlenmesi, öğütülmesi ve saflaştırılması esnasında oldukça fazla su kullanılır ve bu sular yüksek miktarlarda adı geçen metal iyonlarını içerir.

Metal endüstrisi: Bu endüstrilerin çeşitli fiziksel ve kimyasal proseslerinde fazla miktarda su kullanılır. Dolayısıyla atık sular içerisinde doğanın kirlenmesine neden olan metal iyonları çevreye zarar vermektedir.

Diğer sanayi tesisleri: Sanayi tesisleri atık suları, en fazla ağır metal kirliliği ve zehirliliği içeren atık sulardır. Metal kaplama sanayi, otomotiv fabrikaları, elektrik, elektronik mutfak ve ev eşyaları üreten sanayi tesisleri, boru, kapsül, tüfek, makine ve boya endüstrileri atık suları bu guruba girmektedir (Köseoğlu 2007).

Ekosisteme yukarıda belirtildiği şekillerde dâhil olan toksik ağır metal kaynakları insanoğlunun yaşamında hemen her yerde ortaya çıkmaktadır. Bu kaynaklar Çizelge 2.1 'de gösterilmektedir (Markert 1993, Duman 2005).

Çizelge 2.1. Toksik ağır metal kaynakları

Endüstri	Havadaki partikül ve dumanlar	Tarım	Metal işletmeciliği ve eritmeden gelen atıklar	Atıklar
Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)	Fosil yakıtlar (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)	Sulama (Cd, Pb, Zn)	Metal işlemciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)	Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
Ev aletleri yapım sanayi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)	Metal işlemciliği (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn)	Gübreleme (As, Cd, Mn, U, V, Zn)	Metallerin eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Se)	Kazma ve delme (As, Cd, Fe, Pb)
Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)	Şehir, fabrika vs. (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)	Pestisit uygulaması (Cu, Mn, Zn)	Demir ve çelik endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)	Küller (Cu, Pb)
Ağaç işlemciliği (Cu, Cr, As)	Taşıtlar (Pb, V, Cd)	Hayvansal gübreler (As, Cu, Mn, Zn)	Maden işlemlerinden rüzgârla çevreye yayılanlar (Cd, Hg, Pb, As)	
Rafineri (Pb, Ni, Cr)		Kireçler (As, Pb)		
		Metal aşınması (Fe, Pb, Zn)		

Ağır metallere maruz kalma ve çevresel kirlilik, dünyanın her yerinde artan bir problem olarak görülür. Son 50 yıldır, insanlar aşırı miktarda ağır metallere maruz

kalmışlardır. Bu durum endüstriyel faaliyetler ve üretimde ağır metallerin kullanımının artmasıyla ortaya çıkmıştır. Motorlu araçlar da havadaki ağır metal birikiminde önemli bir kirlilik kaynağıdır (Seaward ve Richardson 1989, Kurca 2005).

Ortaya çıkan tüm bu olumsuzluklar, insanoğlunun yaşamını sürdürdüğü çevreyi tanımaya ve neslini sürdürebilmesi için çevreye daha çok önem vermesi zorunluluğu gün geçtikte artmaktadır. Bunun sonucudur ki, henüz istenilen düzeyde olmasa da, çevreyle ilgili araştırmaların ve kuruluşların sayısında artış olmuştur (Tüfekçioğlu 1995).

İnsanoğlu göl, akarsu, nehir ve deniz gibi su ortamları için sınırsız kapasitede atık bölgeleri olarak görmektedir. Endüstriyel atık suların, zirai kaynaklı suların ve evsel atık suların sucul ekosistemlere geniş ölçüde deşarjı birçok kesimde giderek yaygınlaşmaktadır. Bunun sonucu olarak, sahil ve iç kesimlerdeki su ortamlarında kirlilik hızla artmaktadır. Buna ilaveten, şehir nüfusundaki hızlı artış daha fazla endüstri oluşturmak için talebi arttırmış ve zaten var olan problemlere yenilerini ilave etmiştir. Yıllar boyunca birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi Türkiye'nin de çevresel yaklaşımları bu problemlere kalıcı çözümler üretememiştir. Ülkemizde son yıllarda giderek artan problemlerin başında ise ağır metal iyonlarının sebep olduğu su kirliliği gelmektedir (Cooke ve Dennis 1985, Jiries 2003, Gündoğan 2005).

2.1. Su Kirliliği

Su kirliliği, su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen, doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir (Doğan 2005).

Ağır metaller sucul kirliliğin önemli boyutunu oluşturmaktadır. Su sistemlerinde toksik metallerin çok az miktarları bile ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Sucul ekosistemlerde meydana gelen kirlenme olayları besin zinciri yoluyla bütün canlıları etkilemektedir. Bu ortamlarda yaşayan sucul bitkiler, ağır metalleri bünyesine almakta ve bu bitkilerle beslenen balıkların yenmesi sonucunda da insan sağlığı etkilenmektedir. Geniş yayılış gösteren birçok türün, ortamda bulunuşu veya ortamdaki kaybolması su ortamının durumu ve kalitesi hakkında bilgi verir. Ancak,

bu konuda dikkate alınması gereken bir husus da ötrofikasyon olayı ve ötrofikasyondan sonra habitatta meydana gelen değişmelerdir (Demirezen 2002, Bozbek 2007).

Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmakta ve yine akarsular yoluyla göllere ve denizlere ulaşmaktadır. Bu nedenle kıyısız alanlardaki su kalitesinin belirlenmesi ve gelecekte olabilecek değişimlerin tahmininde akarsuların kirletici yükünün bilinmesi önem taşımaktadır (Boran ve Karaçam 1996, Taş 2006, Odabaşı ve Büyükkateş 2009). Akarsular, tatlı sular içinde % 0.003 gibi çok küçük bir paya sahip olmasına karşın yeryüzündeki hidrolojik döngü içerisinde önemli bir konumdadır ve zengin bir canlı yaşamını barındırır (Soylak ve Doğan 2000, Odabaşı ve Büyükkateş 2009).

Plansız kentleşme ve altyapı tesislerinin yetersiz olması ile ideal bir deşarj alanı olarak görülen su ortamları, kirletici etmenlerin herhangi bir işleme tabi tutulmadan bertaraf edilmesinde uygulamanın basit ve ucuz olması nedeniyle bilinçsiz bir şekilde yaygın olarak kullanılmıştır. Bu nedenle su kirliliği günümüzde ciddi bir problem haline gelmiş ve iç su kaynakları çeşitli amaçlar için kullanılabilme özelliğini kaybetmiştir (Boran ve ark. 2004, Odabaşı ve Büyükkateş 2009).

Gelişmiş ülkeler de dahil olmak üzere bilinçsizce yapılan deşarj, zehirli kimyasal maddelerin biyolojik birikimi ve bazı kirleticilerin su ortamlarında uzun süre kalması ekolojik zehirlenmenin artarak bugünkü vahim duruma gelmesine yol açmıştır. Bu kirlenme suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Su kirliliğini belirleyici bu özellikler izlenerek problemlerin çeşitli çözüm yollarına gidilmektedir. Bunun için kirleticilerin konsantrasyonları kimyasal olarak belirlenmektedir. Ancak bu yöntemler su ortamındaki potansiyel kirliliği belirlemede yetersiz kalmaktadır. Yapılacak izlemelerde yeni tekniklerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır ve bu da zaman almaktadır (Taylan ve Özkoç 2007).

Sucul ortamlar sadece sudan ibaret olmayıp bünyesinde pek çok sucul hayvan ve bitkiyi, yüzen veya dipteki sediment tabakasında yaşayan organizma gruplarını barındırmaktadır. Kirleticiler sadece suda çözünmekle kalmayıp, ortam şartlarına göre organizmaya geçmekte, besin zincirinde birikmekte veya dibe çökmektedirler. Dolayısıyla bir kirletici sadece suda değil, aynı zamanda o su ortamında bulunan tüm canlıların yapısına geçmektedir (Taylan ve Özkoç 2007).

Su kirliliğinin araştırılmasında gastropodlar, balıklar, algler, su örnekleri, sedimentler ve sucul bitkiler kullanılmaktadır (Ravera 1966, Cenci 1993, Gündoğan 2005).

Kirleticiler, genelde iki ana kaynaktan sucul ortama ulaşırlar. Noktasal deşarjlar; atık su deşarjları, endüstriyel kaynaklardan gelen atık sular ile noktasal olmayan deşarjlar; tehlikeli atık bertaraf bölgeleri ve kaza sonucu sızmalardan salınan maddeler şeklinde olmaktadır. Noktasal kaynakların tiplerini karakterize etmek genelde kolaydır. Aksine, zirai alanlardan gelen pestisitler, kontamine olmuş topraklar ve akuatik sedimentlerden, atmosferik birikimlerden ve yerleşim alanlarından gelen noktasal olmayan deşarjları karakterize etmek daha zordur. Çoğu durumda noktasal olmayan kaynaklardan gelen deşarjlar kompleks karışımlardır, toksik maddelerin miktarını, deşarjların miktarını ve zamanlamasını tahmin etmek zordur. Noktasal olmayan deşarjlardaki en zor görüşlerden biri bileşenlerin toksik karakterlerini değiştirebilmesidir (Landis ve Ho Yu 1999, Taylan ve Özkoç 2007).

2.2. Ağır Metaller ve Özellikleri

Ağır metaller, yoğunlukları 5 g/cm³'den büyük olan elementlerin oluşturduğu bir grup olarak tanımlanmakta olup bu kategoriye giren yaklaşık 40 kadar elementten oluşmaktadır (Srivastav 1994, Zenk 1996, Taş ve ark. 2013). Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, Ni, Co ve As gibi bu sözü edilen ağır metaller, endüstriyel aktiviteler, atık su deşarjları ve asit yağmurlarıyla su ekosistemlerine girmektedir (Moiseenko ve Kudryavtseva 2001, Taş ve ark. 2013). Su ortamlarına giren bu metaller, besin zincirinde birikip ekolojik zararlara neden olmakta ve hatta insan sağlığını tehdit edebilecek seviyeye gelmektedirler (Grimanis ve ark. 1978, Adams ve ark. 1992, Ermosele ve ark. 1995, Taş ve ark. 2013).

Toksik bir madde “herhangi bir organizmada veya onun yavrularında ölüme, hastalığa, anormal davranışlara, fiziksel veya üreme bozukluklarına ya da fiziksel deformasyonlara neden olabilen, besin zinciri veya diğer maddelerle birleşmesi durumundaki konsantrasyonlarda zehirlenme etkisi oluşturabilen madde” olarak tanımlanmaktadır (Taylan ve Özkoç 2007).

Günümüzde su ekosistemlerinin ağır metallerle kirlenmesi en önemli çevresel sorunlardan biridir (Nriagu ve Pacyna 1998, Silva ve ark. 1999, Taş ve ark. 2013). Bu metallerin toksisiteleri hedef organizmanın türüne, metalin özelliklerine ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Tao ve ark. 1999, Taş ve ark. 2013).

Endüstriyel atıklar, evsel atıklar ve diğer kirleticilerin ortama gelişigüzel boşaltılması çevrenin kirlenmesine ve hedef organizmaların fizyolojik ve biyokimyasal aktivitelerinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Ağır metaller su kirliliğinin büyük bir kısmından sorumlu tutulmaktadır; çünkü dünyanın birçok bölgesinde kritik düzeylerde buldukları saptanmıştır. Ağır metaller her zaman her yerde bulunmakta ve proteinlerin sülfidril gruplarına bağlanarak protein ve enzimlerin yapısını değiştirerek organizmaya toksik etki yapmaktadır (Hodson 1988, Taş 2013).

Bazı metallerin genel özellikleri, yayılış kaynakları, kullanım alanları ve sağlık açısından etkileri aşağıda belirtilmiştir.

2.2.1. Bakır (Cu)

Bakır, bitkiler tarafından B, Fe, Mn ve Zn' ye göre çok daha az miktarda (Mn'nin 1/10'u oranında) alınmaktadır. Bitkilerin Cu içeriği 2-20 mg/kg arasında değişmektedir. Bakır, fotosentezin düzenli olarak gerçekleşebilmesi için mutlak gerekli bir elementtir. Çeşitli enzimlerin (tirosinaz, askorbik asit, oksidaz, bütiril Co-A dehidrogenaz gibi) aktivitelerinde önemli rol oynar ve bu enzimlerin aktivitelerini artırıcı etkiye sahiptir. Bitki bünyesinde oluşan çeşitli yükseltgenme-indirgenme olaylarında, solunum olayında etkin rol aldığı özellikle noksanlığında solunum olayları olumsuz etkilediği bilinmektedir. Ayrıca, bitkilerde klorofil oluşumu ile ilgili olaylarda görev almakta ve bitki bünyesinde protein kullanımını ayarlamakta olup, noksanlığında bitki dokularında protein birikimi görülmektedir (Karaman 2012).

Bakır en fazla metal ve madeni kaplama işlemlerinden, bakır tuzları ve katalizleri kullanan kimyasal üretim işlemlerinin atık sularından, bakır madenlerinden, bakır ve pirinç kaplama ile petrol ve boya endüstrilerinden, bakır, amonyum ve kâğıt fabrikalarından çevreye yayılmaktadır (Kurca 2005).

Bakır noksanlığı olan bitkilerde, büyüme noktalarına kalsiyum taşınımı az olur. Bakırın bitki bünyesinde hareket kabiliyeti iyi olmadığından noksanlık belirtileri yeni meydana gelen yapraklarda görülür. Grimsi yeşil renk, hatta beyazlaşma gibi renk değişimleri ve solma görülür. Kuruma uçtan tabana doğru iner ve kuruyan dallar alta doğru kıvrılır. Bakır noksanlığında bitkilerde rozetleşme, çalılışma ve bazı hallerde zambak akıtma da gözlenebilir. Yapraklarda klorozlar (sararmalar) ortaya çıkar ve şekil bozulur. Bazen de grimsi-yeşil renkler ortaya çıkar. Noksanlığın belli bir düzeyinden sonra yapraklar dökülmeye başlar, bitkide büyüme ve gelişme zayıflar. Bakır

noksanlığının diğerk bir özelliği, bitkilerin generatif gelişmesinin, yani çiçek ve meyve oluşumunun, vejetatif gelişmeye göre daha fazla etkilenmesidir (Karaman 2012).

Uzun süreli bakır ile temas halinde olan yiyecek ve içeceklerin tüketilmesi ile gözlenen insanlardaki bakır zehirlenmesi nadir rastlanan bir durumdur. Akut bakır zehirlenmesi sonucu; tükürük salgılanması, üst sindirim sistemi ağrıları, bulantı, kusma ve ishal görülür. Buna ilaveten intravasküler hemoliz ve sarılık, karaciğer yetmezliği ve nekrozu, hemoglobinüri, proteinüri, hipotansiyon, taşikardi, akut böbrek yetmezliği, damar hasarları ve ölüm görülebilir. Kronik bakır toksisitesinin klinik semptomları; hepatit, karaciğer sirozu, sarılık, seyrek olarak da akut bakır toksisitesine eşlik eden hemolitik kriz benzeri durumlardır (WHO 1996, Kurca 2005).

2.2.2. Çinko (Zn)

Bitkilerin çinko içerikleri normalde 5-100 mg/kg arasında olup, toksiteler genellikle 400 mg/kg'den sonra başlamaktadır. Çinko noksanlığı görülen bitkilerdeki çinko düzeylerinin ise oldukça düşük olduğu (0-15 mg/kg) belirlenmiştir (Özbek ve ark. 1995).

Çinko bitkide çok sayıda enzimin aktifleştirilmesinde görev alır ve çeşitli enzimlerin yapılarında yer alır. Bazı proteinlerin önemli bir bileşeni olan triptofanın sentezinde, indolasetik asit gibi gelişme hormonlarının (oksinler) üretimleri için ihtiyaç duyulan bir bileşik için de çinko önemli bir elementtir. Dolayısıyla çinko noksanlığında protein kapsamı azalır. Protein, şeker ve karbonhidrat sentezine katılmasının yanı sıra, fotosentez, solunum ve biyolojik membran stabilitesi üzerine etkileri nedeniyle ürün miktarı ve kalitesini doğrudan etkiler (Karaman 2012).

Çinko; çelik, ipek ipliği ve fiber optik kablo üretimi, soğutma sistemleri ile metal kaplama ve metal işlemlerinin atık sularından, araç lastiklerinin aşınmasından çevreye yayılır (Kurca 2005).

Bitkiler için çinko noksanlığında belirtiler, çinkonun bitki bünyesinde hareket kabiliyetinin iyi olmaması nedeniyle önce bitkinin genç yapraklarında görülür. Noksanlık çok şiddetli değilse sadece yaprakları etkiler, sürgün gelişimi devam eder. Noksanlık şiddetli ise sürgün gelişimi tamamen durur sürgünlerde tomurcuk sayısı azalır veya açılmadan kalır. Özellikle alt yaprakların damarları arasında hafif yeşil,

sarı veya beyaz renkli alanlar oluşur. Gövde veya gövdedeki boğumlar arası kısılır, dolayısıyla bitki bodurlaşır, yapraklar daralır ve küçülerek rozet şeklini alır. Yaprak dokusunun yalnız bir bölümünün sürekli büyümesi ile çoğunlukla yapraklar anormal bir şekil alır. Yapraklar erkenden dökülür (Karaman 2012).

Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, genç yapraklar kıvrılır ve kloroz görülür. Çinko fazlalığında ayrıca hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Karaman 2012).

2.2.3. Demir (Fe)

Mutlak gerekli bitki besin maddelerinden olan demir, kimi araştırmacılara göre makro element kabul edilmekle birlikte mikro element listesinde yerini almıştır (Kacar ve İnal 2010).

Demir, yer kürede en fazla bulunan metallere birisidir. Doğal sularında 0.5-50 mg/L arasında bulunur. Demir yer altı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularında ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun yaratmaktadır. Bitkilerde Fe miktarı, kuru madde üzerinden 50 ile 2000 ppm gibi geniş bir yelpazede değişir. Fotosentetik olarak gelişmesini tamamlamış ve tam aktif yapraklarda fazla miktarda Fe bulunur (Köseoğlu 2007).

Bitkilerde 350-5400 mg/kg arasında demir bulunmakla birlikte, bu oranlar özellikle bitki çeşidine bağlı olarak önemli değişkenlikler gösterir. Demir bitkilerde, klorofil yapısına girmese de klorofil sentezinde katalizör olarak görev yapar. Enzimatik (hidrojenaz, katalaz, diastaz ve stromatol vb. enzimleri) olayları hızlandırarak, bitki bünyesinde oluşan oksidasyon-redüksiyon olaylarını düzenler. Demir yükseltgenme ve indirgenme özelliğine sahip olduğu için bitkilerde iyon taşınımında, elektron alma-verme yeteneği nedeniyle başta fotosentez olmak üzere bitkide meydana gelen sayısız fizyolojik olayda çok önemli rol oynar. Protein sentezinde görev alması nedeniyle, demir yetersizliğinde mevcut proteinler de tekrar parçalanır ve amino asitler açığa çıkar. Baklagillerde nodül oluşumu açısından gerekli bir besin elementidir (Karaman 2012).

Bitkide başlıca demir noksanlık belirtileri; genç yapraklarda genel bir sarılık ortaya çıkar ve yaprakların damarları arasında yeşil rengin yerini sarı bir renk alır.

Noksanlığın daha da arttığı dönemlerde yapraklar tamamen sararır. Genç sürgünlerde kurumalar görülür. Klorofil oluşumu yavaşlar. Demir toksikliği (bronzlaşma) özellikle suyla doymuş topraklarda yaygın şekilde görülmektedir (Karaman 2012).

Demir, bitki bünyesinde en yavaş hareket eden elementlerden biridir. Aşırı demir eksikliğinde yapraklarda ileri derecede kloroz hastalığı görülür. Bu hastalık özellikle genç yapraklarda; çok ince ağsı damarlanma (damarlar koyu yeşil) ve damarlar arasındaki bölgelerde yer yer sararma şeklinde kendisini belli eder. Çok aşırı hallerde damarlarda da sararma görülür (Durak 2005).

2.2.4. Kadmiyum (Cd)

Bitkiler için mutlak gerekli olmayan kadmiyum enerji santralleri, ısıtma sistemleri, fosforlu gübre endüstrisi, arıtma çamurları, metalürji sanayi, trafik gibi çeşitli yollarla doğayı kirletmekte ve bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir (Kacar ve İnal 2010).

Kadmiyum yer kabuğunda bulunan doğal bir elementtir. Genellikle oksijen, klor ve sülfür gibi diğer elementlerle mineral kombinasyonları (Cd oksit, Cd sülfat, Cd klorit, Cd sülfid) halinde bulunur. Kadmiyum partikülleri toprak ve suya karışmazlar, havada uzun süre kalabilirler, havadan toprak yüzeyine inerler. Toprak partiküllerine zor bağlanırlar, bazı kadmiyum partikülleri suda çözülebilir. Çevrede bozulmaz fakat değişik formlara dönüşebilir. Kadmiyum endüstride çinko, kurşun ve bakır metallerinin üretimi sırasında açığa çıkmakta, ayrıca araç lastiklerinin aşınmasından, yanan motor yağından ve en çok dizel yakıtlardan havaya verilmektedir (Lagerwerf 1971, Kurca 2005).

Kadmiyumun akut etkileri yüksek oranda toz veya buharının solunmasıyla ortaya çıkar. Boğaz kuruluğu, öksürük, baş ağrısı, kusma, göğüs ağrısı, zatürre, nefes darlığı gibi belirtiler görülür. Gıdalarla ve içme suyu ile yüksek oranda alındığında tükürük salgısını arttırır, midede yanmaya, kusma, karın ağrısı ve ishale sebep olur. Hava, su veya yiyeceklerle kadmiyuma uzun süre maruz kalmak böbreklerde kadmiyum birikmesine, böbrek hasarı ve hastalıklarına sebep olur. Uzun süreli maruz kalmanın diğer potansiyel etkileri akciğer hasarı, kemiklerin kırılabilir olması (osteomalasi) ve ölümdür (WHO 1996, Anonim 2005, Kurca 2005).

2.2.5. Kurşun (Pb)

İnsan ve hayvanların doğrudan veya dolaylı yoldan bitkileri besin maddesi olarak kullanımını nedeniyle, bitki ve toprakların kurşun kapsamlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Kacar ve İnal 2010).

Kurşun, insan ve hayvanlarda zehirlenme kaynağı oluşturan ağır metallerin başında yer alır. İnsanlar kurşunu yumuşak ve işleme kolaylığı olması nedeniyle çok eski yıllardan beri çeşitli amaçlarla (mutfak araç-gereçleri, su boruları yapımı vb.) kullanmışlardır. Bu yüzden kurşun zehirlenmesi de çok eski yıllardan beri bilinmektedir. Günümüzde metalik kurşunun başlıca kullanım yeri akümülatör yapımıdır. Üretilen kurşunun yarısından çoğu bu amaçla kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları arasında matbaacılık, boya imalatı, kristal cam ve plastik yapımı gibi işler sayılabilir (Kurca 2005).

Kurşun binaların dış kaplama boya ve sıvalarının dağılıp parçalanması, kurşun içeren yakıtları kullanan araçların egzoz gazları, katı ve sıvı fosil yakıtların yakılması, madenlerin işlenmesi ve arıtılması sırasında çıkan baca gazları ve kurşun arsenat içeren insektisit ve pestisitlerin püskürtülerek uygulanması gibi yollarla doğaya karışmaktadır (Kacar ve İnal 2010).

Çevreyi kirleten en önemli kurşun kaynağı olan hava kaynaklı kurşunun büyük kısmı ise otomobil egzoz gazlarından gelmektedir. Kurşunun motorlardaki vuruntuyu önlemek amacıyla benzinlerde anti-knock maddesi olarak kullanılmaya başlanması, çevre için tehlikeli bir kurşun kaynağının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Saatte 90 km hızla giden bir araç, dakikada 2 mg kurşun açığa çıkarmaktadır (Öztürk ve Türkan 1982, Kurca 2005).

Bitkiler için mutlak gerekli olmayan kurşun, bitki ve hayvanlarda zehir etkisi yapmaktadır. Kurşun bitkiler tarafından alınmakta ve bu yolla besin zincirine girmektedir. Kurşun insanlarda kan enzimlerinin değişimi, anemi, hiperaktivite ve nörolojik bozukluklara sebep olmaktadır. Kanda düşük oranda bulunan kurşun, çocuklarda duyma eşiğinin yükselmesine, zekâ geriliğine ve davranış bozukluğu gibi belirtilere yol açarken yüksek oranda kurşun hafıza yitimi ve ölümlere sebep olabilmektedir (Kacar ve İnal 2010).

Kurşun Na - K ATPaz aktivitesini azaltarak sodyum pompasını bozduğu için hücre içerisine sodyum girişi fazla olmakta ve hücrenin osmotik basıncını yükseltmektedir.

Sindirim sistemine etki ederek, ağızda metalik tat, karın ağrıları ve huzursuzluk hissi, iştahsızlık, kabızlık oldukça sık rastlanılan belirtilerdir. Sinir sistemini etkileyerek çocuklarda kurşun ensefalopatisi meydana getirir. Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma, uyuşma, uyarılabilirlik, ileri derecedeki birikimlerde bilinç kaybı, felç, koma ve ölüme kadar ilerleyebilen durumlar görülebilir (WHO 1996, Kurca 2005).

2.2.6. Mangan (Mn)

Bitki türüne, yaşına, toprak pH'sına ve toprağın su durumuna göre değişmekle birlikte, bitkilerdeki mangan oranı 1-2300 mg/kg arasındadır. Bitkilerin Mn içerikleri oldukça değişkendir. Manganın bitkilerde en az elma yapraklarında, en fazla ise tütün yapraklarında bulunduğu belirtilmektedir. Mangan bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik fonksiyonlara sahiptir. Mangan bitkilerde pek çok yaşamsal enzimin aktivite edilmesinden sorumludur. Bitki bünyesindeki çeşitli oksidasyon ve redüksiyon (yükseltgenme-indirgenme) olaylarında, karbonhidrat metabolizması, fosforlaşma gibi metabolik faaliyetlerin düzenlenmesinde, indol asetik asit (IAA) oksidazları etkin hale getiren IAA'nın oksidasyonunda görev alır. Protein sentezi ve askorbik asit sentezini sağlama gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. Mangan ATP ile enzim kompleksleri (fosfotransferaz, fosfokinaz) arasında köprü kurmaya ve bitkilerde klorofil oluşumuna yardımcı olur (Karaman 2012).

Mangan, hareketli bir bitki besin elementi olduğundan, noksanlık belirtileri önce alt yapraklarda görülür. Mangan noksanlığında fotosentezin azalmasına bağlı olarak bitki köklerine yeterince karbonhidrat aktarımı gerçekleşemez ve kök büyümesi olumsuz yönde etkilenir. Mangan klorozu damar aralarında sararmayla başlar. Yaşlı alt yaprak damar aralarında renkler açılır ve renkli benekler çizgi halini alır. Mangan noksanlığı ilerledikçe yaprak dokuları esmer bir renge dönüşür. Daha ileri dönemlerde ise sadece yaprak damarları yeşil renkli kalır ve fizyolojik bozukluklar ortaya çıkar. Toprak asitliğinin çok yüksek olduğu ve özellikle magnezyum ve kalsiyumunda bitkilerce yetersiz alındığı durumlarda mangan toksisitesi ortaya çıkar. Mangan toksisitesi durumunda yapraklar sararır, kenarlarında sarı lekeler görülür ve bitkiler bodur kalır. Mangan zehirlenmesine en hassas bitkiler tütün, yonca, üçgül, turunçgiller ve sebzelerdir. Damarlar arasında düzensiz klorotik lekeler oluşur, daha sonra koyu kahve, mor veya siyah nekrotik lekeler dönüşür. Lekeler yaprak kenarlarında yoğunudur ve yaprak kenarları içe doğru kıvrılabilir (Karaman 2012).

Hayvanlarda mangan toksisitesinin belirtileri; büyüme ve iştah baskılanması, demir metabolizması bozukluğu ve beyin fonksiyonlarının değişmesidir. Şili mangan madeni işçilerinde gözlenen birkaç psikiyatrik anormallik şekli, hiperirritabilite, sert davranışlar ve halüsinasyon ilk toksisite belirtileri olup, bu davranış değişikliklerine “manganik delilik” adı verilir. Bu rahatsızlıkların ilerlemesi, parkinson hastalığının benzer morfolojik bozukluklarına ve kalıcı nörolojik bozukluklara yol açabilir (WHO 1996, Kurca 2005).

2.3. Ağır Metallerin Canlılara Etkisi

Metaller tüm aerobik ve çoğu anaerobik organizmalar için esansiyel minerallerdir. Kurşun, bakır, civa, kadmiyum gibi birçok ağır metalin insan ve diğer canlıların sağlığını ciddi derece etkilediği kanıtlanmıştır. Çünkü “insan vücudu ağır metalleri işleyemez ve dışarı atamaz”. Vücuttan atılamayan bu ağır metaller çeşitli iç organlarda birikir ve dolayısıyla yüksek miktarda biriken ağır metaller canlı vücudu içerisinde ciddi zararlara neden olmaktadır (Forster ve ark. 1997, Doğan 2005).

Ağır veya toksik metaller stabil (vücutta metabolize edilemeyen) ve biyoakümülatif (gıda zinciri ile insana geçen) elementlerdir. İnsan sağlığını; solunan havadan doğrudan, içilen su ve yenilen gıdalardan dolaylı olarak etkilemektedir. Vücuda solunum, sindirim ve deri absorpsiyonu yoluyla alınabilir. Ağır metallerin canlı vücuda girmesi ve dokulardaki birikimi, vücudun detoksifikasyon yollarından daha hızlı olursa, birikerek ve kademeli olarak toksinlere dönüşebilirler. Bu durumda zamanla yüksek toksik metal konsantrasyon seviyeleri meydana gelir. Damarlarda ağır metallerin yüksek oranda birikmesi, endotel relax faktör olarak bilinen nitrik oksidin miktarının azalmasına yol açar. Bu madde olmazsa normal kan akımı güçleşir ve damar tıkanma riski normale göre daha da fazlalaşır. Adrenal bezde birikmeleri durumunda hormon verimliliğini düşürürler. Bunun sonucunda erken yaşlanma, stres, eşeyssel fonksiyonlarda azalma ve menopoz semptomlarında artma gözlenir. Ağır metallerin vücutta aşırı birikmesi diabet hastalarının tedavilerini güçleştirmekte, depresyon, hafıza ve konsantrasyon kaybı, osteoporozis ve hipotiroidizm gibi rahatsızlıklara yol açmakta, mental ve nörolojik fonksiyonları bozarak direk olarak davranışları etkileyebilmektedir. Toksik metaller yararlı bakterilerin ölümüne, dokularda iltihaplanmaya ve mutasyonlara sebep olabilir. Ağır metallerin biyolojik yarılanma ömrü çok uzundur. Kronik sessiz semptomlar, ağır metallerin dokularda birikmesi sonucunda kardiyovasküler hastalıklara, zekâ

geriliğine, kuvvetten düşmeye, bitkinliklere, iskelet kas sisteminde ağrılara, nörolojik düzensizliklere, depresyona, hafıza kaybına ve allerjik hipersensitivede sebep olabilir (Anonim 2005, Kurca 2005).

Ağır metal partiküllerinin atmosferde taşınmaları çapları ile orantılıdır. 10 µ'dan daha büyük çaplı partiküller yerçekiminin etkisi ile derhal çökerken, 10 µ'dan küçük çaplı partiküller ise uzun süre ve uzak mesafelere atmosferde taşınırlar (Harrison ve Laxen 1981, Kurca 2005).

Oldukça küçük çapa sahip ağır metal partikülleri yükselen hava ile uzaklaşarak etrafa dağılmakta ve çökelmektedir. Havadaki asılı partikülleri çökerten başlıca mekanizma ise yağmurdur. Havada asılı kalan ağır metal partikülleri solunum ile hayvan ve insan immün sistem fonksiyonlarının hemen hemen tamamı ağır metal partiküllerinin etkisiyle tehlikeye girebilir ve çeşitli hastalıklara sebep olabilmektedir (Öztürk ve Türkan 1982, Türkan ve ark. 1984, Kurca 2005).

2.4. Ağır Metallerin Su Ortamlarında Etkisi

Ülkemiz de dâhil olmak üzere birçok ülkede ağır metaller suların kirlenmesine sebep olup, her gün büyük miktarlarda doğal ve endüstriyel kaynaklardan, evsel atıklardan, zirai kaynaklardan ve atmosferik kirleticilerden çevreye yayılmakta ve değişik yollarla akarsu, göl ve denizlere ulaşmaktadırlar. Günümüzde en kritik çevre sorunlarından birisi su ekosistemlerinin ağır metallerle kirlenmesidir (Nriagu ve Pacyna 1998, Silva ve ark. 1999, Taş ve ark. 2013).

Su, canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için temel unsurdur. Suyun ekoloji kavramı içindeki yeri hayatın kendisi olarak ifade edilir. Artan nüfus yoğunluğu ve teknolojik gelişme sonucu suya olan ihtiyaç gün geçtikçe artarken, su ekosistemleri hem evsel hem de endüstriyel atıklar ile gittikçe kirlenmektedir. Sonuçta içme suyu olarak kullandığımız sularımızı insanoğlu kendisi kirletmekte ve tekrar kullanmaktadır. Çevre sorunları arasında önemli bir yere sahip olan su kirliliği, suyun hava ve toprak gibi diğer ekolojik sistemlerle iç içe olması ve insan faaliyetlerinin etkisi gibi bir çok etken ile çevresel kirliliği artırmaktadır (Duman 2005).

İçme sularında çözülmüş minerallerin bazıları sağlık için gereklidir, ancak bir kısmı da su içerisinde çok fazla olması halinde zehir etkisi göstermekte ve tat ve koku

problemi meydana getirebilmektedir. İçme sularında inorganik bileşikler için önemli limit değerler izelge 2.2' de verilmiştir (Bulut 2003).

Çizelge 2.2. İçme sularında inorganik bileşikler için önerilen limit değerler (mg/L)

Kabul edilebilir maddeler				Potansiyel tehlikeli maddeler			
Alüminyum	0.2	Sodyum	200	Arsenik	0.01	Flor	1.5
Amonyum	1.5	Sülfat	250	Baryum	0.7	Kurşun	0.01
Klor	250	inko	3,0	Bor	0.3	Cıva	0.001
Sülfür	0.05			Kadmiyum	0.003	Molibden	0.07
Demir	0.3			Krom	0.05	Nikel	0.02
Manganez	0.05			Bakır	2	Selenyum	0.01

Denizlerdeki ağır metal kirlenmesinin önemli kaynaklarından biri olan akarsular, ağır metallerin büyük bir kısmını çözünmüş halde taşımaktadır. Partiküler formdaki ağır metal formlarının ise sadece bir kısmı denizlere ulaşmaktadır Çünkü akarsuyun hızı azaldıkça çökme meydana gelir ve körfezlerde tuzlu su ile tatlı su karıştığı zaman çeşitli fiziko-kimyasal değişimler olmaktadır. Metal kirlenmesi iletimi, rüzgâr ve sularla bir yerden başka bir yere sürüklenirler. Bu şekilde bir dağılmanın yararlı yönleri yanında konsantrasyon azalımı gibi zararlı yönleri de vardır. Böylelikle hiç kirlenmemiş bölgelere kirlilik taşınabilir (Taylan ve Özkoç 2007).

Sulardaki birikim, çözüme şeklinde olabileceği gibi, çözümeden suların dibinde çökme şeklinde de olabilir. Bu şekilde bir kirlenme endüstriyel ve zirai atıklardan meydana geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü maddelerden de meydana gelebilir. Metal kirlenmesi, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmazlar, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşür. Dönüşme ne olursa olsun metal iyonu kaybolmaz (Rainbow 1995, Taylan ve Özkoç 2007).

2.5. Ağır Metallerin Bitkilerdeki Etkisi

Ağır metaller arasında yer alan Mn, Fe, Cu, Zn ve Ni gibi elementler yüksek bitkiler için gerekli elementlerdir (Gündüz 1994). Örneğin, bakır ve çinko gibi ağır metallerin normal konsantrasyonları bitkideki metabolik işlemler için gereklidir (Haritonidis ve Malea 1999, Taylan ve Özkoç 2007).

Fakat ağır metaller bitkiler için gereken seviyeden fazla miktarda biriktiğinde doku ve organlarda toksik etki yapmaktadır. Ağır metallerin bitki doku ve organlarındaki birikimi vejetatif ve generatif organların gelişiminde problemlere yol açabilmektedir (Gür ve ark. 2004, Kavaklı 2011).

Ağır metallerin bitkilerde birikme oranının, ağır metal kaynağından uzaklığa, trafik yoğunluğuna, rüzgâr yönüne, mevsimsel değişmelere, bölgenin topoğrafik özellikleri ile bitki ve toprak özelliklerine göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Türkan 1982, Türkan ve ark. 1984, Türkan 1986, Foner 1987, Türkan ve Öztürk 1989, Madany ve ark. 1990, Kutbay ve Kılınç 1991, Masshour ve Seaward 1991, Demir 1998, Lehoczky ve ark. 2002, Kurca 2005).

Bitkinin yüzey yapısı ve farklı bitki organlarına göre de ağır metallerin bitkilerdeki dağılımı değişik olmaktadır. Bitkilerin morfolojileri, partiküller olarak yayılan kirleticilerin tutulması ve alınmasında önemli rol oynar. Geniş yapraklar dar yüzeylilere oranla, pürüzlü ve tüylü yüzeye sahip bitki dokuları düz yüzeylilere oranla, saçak kökler kazık köklere oranla, toprak üstü kısımlar toprak altındaki kısımlara oranla daha fazla ağır metal biriktirmektedirler (Kovacs ve ark. 1982, Öztürk ve Türkan 1982, Türkan 1986, Madany ve ark. 1990, Toker ve ark. 1990, Bingöl 1992, Karademir ve Toker 1998, Kurca 2005).

Ağır metaller bitkilerde turgor basıncını düşürerek yapraklarda kıvrılmalara, kök meristemindeki mitotik bölünmeleri azaltarak morfolojik bozukluklara, transpirasyon hızında azalmaya, tohum çimlenmesinde gerilemeye, fotosentezin azalmasına, yaprakta klorozise, stoma hareketi, su alınımı, klorofil miktarında azalma, enzim aktivitesi, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge bozuklukları, kök gelişim ve yayılmasının engellenmesine, esansiyel elementlerin azalmasına sebep olurlar (Öztürk ve Türkan 1982, Wong ve ark. 1986, Rappaport ve ark. 1987, Kim ve ark. 2003, Gardea - Torresdey ve ark. 2004, Kurca 2005).

Ağır metaller, süperoksit radikallerinin redüksiyonunu katalizleyen antioksidan enzimleri tetikleyerek bitkilerde oksidatif strese sebep olmaktadır (Sairam ve ark.1998, Teisseire ve Vernet 2001, Kurca 2005).

2.5.1. Hiperakümülatör Bitkiler

Bitkilerdeki ağır metal içerikleri ile ilgili çalışmalar sonucunda hiperakümülatör ve biyomonitör kavramları ortaya çıkmış ve hiperakümülatör bitkilerin belirlenmesi çalışmaları son zamanlarda artmıştır. Bitkilerin toksik ağır metal içeriklerinin, biyomonitör ve hiperakümülatör özelliklerinin belirlenebilmesi ile ilgili özelleşmiş çalışmalar yapılmakta, bu çalışmalar ışığında bitkilerin fitoremediasyon ve çeşitli amaçlarla (beslenme, sağlık ve endüstriyel) kullanılmasının insan ve çevre sağlığı açısından değerlendirilmesi her geçen gün önem kazanmaktadır (Kurca 2005).

Bir bitkinin hiperakümülatör olabilmesi için kadmiyumu 100, bakır ve kurşunu 1000, çinkoyu 10000 mg/kg'den daha fazla biriktirmesi ve bu metal konsantrasyonlarının köklerden ziyade toprak üstü kısımlarda bulunması, ayrıca metallerin bitkinin toprak altı ve toprak üstü kısımlarındaki absorblama ve taşınmaları ile toprak üstü kısımlarındaki depolanmalarının gösterilmesi gerekir (Baker ve ark. 1994, Brown ve ark. 1994, Kurca 2005).

Martin ve Coughtrey (1982) ağır metal birikiminin uygun biyolojik monitörleri için kriterleri şöyle açıklamışlardır:

- ✓ Organizma ölçülebilir miktarda metal birikimi yapabilme yeteneğinde olmalıdır.
- ✓ Organizma veya onun ilgili parçalarının hem miktarsal hem de dağılım olarak örneklenebilir düzeyde olması gerekir.
- ✓ Yıl boyunca sağlanabilmeli ya da çalışmanın bütün periyodu için nispeten toplama kolaylığı olmalıdır.
- ✓ Organizma farklı seviyelerde birikim veya alım gösterebilir. Bu seviyeler ya ilgili kirletici seviyelerini belirlemeli ya da havadaki konsantrasyon ile depolanan oranlar arasında miktarsal olarak birbirini destekler bir oranda bulunmalıdır.
- ✓ Havadan gelen diğer kontaminasyonlara karşı, organizma bunları alacak kadar büyük ve hedef olmamalıdır.
- ✓ Tekrarlanabilirlik şarttır.

- ✓ Örneklerin toplanması ve analizlerin maliyeti kabul edilebilir düzeyde olmalıdır (Avcıl 2005).

Likenler, yosunlar, eğreltiler, ağaç kabukları ve mantarlar gibi biyolojik materyaller 1950'den beri ağır metallerin ve çevre kirliliğinin biyomonitörü olarak kullanılmaktadır (Aksoy ve ark. 1999, Gündoğan 2005, Bozbek 2007).

Akuatik bitkiler kök ve/veya sürgünleri aracılığıyla elementleri absorblar (Pip ve Stepianiuk 1992, Jackson 1998, Taş ve ark. 2013). Çeşitli türlerin kök, gövde ve/veya yapraklarında elementleri biriktirmekle ilgili davranışları farklılık gösterir. Bu durumda elementleri büyük miktarda absorblayan bitki organını tanımlamak için yararlıdır (Baldantoni ve ark. 2004, Taş ve ark. 2013).

Biyomonitörün çeşitli avantajları vardır ve biyolojik birikimi olan kontaminantların doku içinde subletal seviyelerini çalışmada en önemlilerinden biridir, belli bir süre üzerinde entegre kirleticilerin net miktarını hangisinin olduğunu gösterir (Lovett-Doust ve ark. 1994, Taş ve ark. 2013).

Bitkilerde biriken ağır metallerin, bitkinin veya bunları besin olarak tüketen canlıların ayrıştırıcılar tarafından parçalanmasıyla tekrar doğaya karışması, ekosistemdeki ağır metal döngüsünü meydana getirir (Kim ve ark. 2003, Kurca 2005).

Metallerin buldukları ortamdan uzaklaştırılmaları amacı ile redüksiyon, kimyasal çöktürme, filtrasyon, elektrokimyasal muamele ve havalandırma gibi teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklerin kullanımı açısından maliyetinin fazlalığı, bölgeye uyum sağlayamama, uygulanabilir olmama gibi sebeplerden dolayı bazı zorluklar bulunmaktadır. Çeşitli etmenlerle meydana gelen kirliliğin giderilmesinde potansiyeli yüksek alternatif bir uygulama olan fitoremediasyon tekniğinin kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır (Anderson 1977, Kalkan ve ark. 2011).

2.5.1.1. Fitoremediasyon (Yeşil Islah)

Fitoremediasyon, Türkçe'de "Yeşil Islah" olarak kullandığımız bu ifade bitki temel alınarak çevreyi ıslah etme teknolojileridir. Bu teknoloji ile organik ve inorganik maddeler bitki kullanılarak kirlilik oluşturduğu alandan bertaraf edilebilmektedir (Henry 2000, Durak 2005).

Kimyasal arıtmaya alternatif olarak kullanılan ve kısaca bitkiler kullanılarak topraktan yerinde (in-situ) organik ve metal kirleticilerin giderimi olarak tarif edilen fitoremediasyon yöntemi, yeni ortaya konmuş, ekonomik ve ekolojik olması ile özel donanım gerektirmemesi ve uygulanan bölgenin yeniden kullanılabilmesine imkan vermesi gibi avantajlara sahip olması nedeniyle günümüzde tercih edilen bir yöntem haline gelmektedir (Vanlı ve Yazgan 2012).

Fitoremediasyonun fizikokimyasal teknolojilerden çok daha kolay uygulanabilirliği ve birçok organik ve inorganik kirleticide etkili olması, bu sistemlerin kuruluşu ve ıslah maliyetinin diğer teknolojilere göre çok (4-1000 kat) daha ucuz olması önemli olumlu yönleridir (Sadowsky 1999, Durak 2005).

Fitoremediasyon, başlıca insan kaynaklı zehirli atıkları azaltmada, gidermede, parçalanmada (bozundurmada) yıkmada ya da hareketsiz hale getirmede (immobilize) bitkilerin kullanılması ile özel ve genel uygulamalar için koşulları kullanışlı hale getirmek amacıyla alanları restore etmeyi hedefleyen bir teknolojidir (Arlı 2006). Yaklaşık 400 tür bitkinin yüksek biriktirici olduğu saptanmıştır (Brooks ve ark. 1988, Nedelkoska ve Doran 2000, Arlı 2006).

2.6. Makro Elementler ve Özellikleri

2.6.1. Azot (N)

Azot bitkilerde büyük oranda organik ve daha az oranda da inorganik (nitrat ve daha az miktarda amonyum) olarak bulunur. Bitki türü, çeşidi, yaşı, çevre koşulları, örneğin alındığı bitki aksamı vb. gibi etmenler bitkilerin azot içeriklerini etkiler. Genel olarak kuru madde ilkesine göre bitkilerde toplam azot % 0.2-6.0 ve nitrat şeklinde azot ise % 0-3.5 arasında değişmektedir (Kacar ve İnal 2010).

Azot bitkilerin temel yapı taşlarından olup, bitkilerin azot içerikleri oldukça değişkendir. Azot bitkilerde aminoasitler, proteinler, nükleik asitler gibi organik bileşiklerin vazgeçilmez bileşenlerinden biridir (Karaman 2012).

Azotun bitkilerdeki başlıca metabolik fonksiyonları vejetatif gelişme ve ürün artışı açısından büyük öneme sahiptir. Klorofilin temel yapı taşı olması nedeniyle bitkilerde fotosentez için son derece önemlidir. Bitkilerde vejetatif gelişmeyi kök gelişimine göre daha fazla etkilediğinden tepe/kök oranı azotun etkisiyle artar. Bitki hücreleri daha büyük, buna karşılık ince duvarlı olur. Hücrelerde protoplazma oranı

artar, protoplazmanın su kapsamı yüksek olduğundan bitki suyu üzerine olumlu etkide bulunur. Bitkilerde karbonhidrat-protein dengesini etkiler. Azot düzeyindeki artış ile birlikte şeker ve nişasta sentezlenmesi geriler. Azot bitkilerde diğer besin elementlerinin alım ve kullanım etkinliği açısından da son derece önemlidir. Azot ile yeterli beslenen bitkilerin diğer besin elementlerini alım ve kullanım etkileri de artmaktadır (Karaman 2012).

Azot ve fosfor gibi besin elementleri bitkiler için gübre değerine sahiptirler. Ancak yüzey sularında ötrofikasyona ve içme için kullanılan yeraltı ve yerüstü sularında nitrat kirlenmesine neden olabilirler Yeterince azotun sağlanması ile bitkiler koyu yeşil renkli kuvvetli bir vejetatif gelişme gösterirler. Ortamda gereğinden fazla azotun bulunması halinde bitkinin gelişme devresi normalden daha uzun olacağından, olgunlaşma geriler ve meyvelerin tatlarında bir azalma meydana gelir (Kaçar 1984, Ali 1987, Görkem 2006).

Azot yetersizliğinde bitkiler genellikle soluk açık yeşil bir görünüm kazanır ve devamında yaşlı yapraklardan başlayarak homojen sararmalar başlar. Azot eksikliği özellikle bitkinin vejetatif gelişimini olumsuz etkiler. Yaprak ve gövde sistemi zayıf olur, vejetatif gelişme periyodu kısalmır. Bitkiler erken olgunlaşır, erken çiçek açar ve erken yaşlanır. Aşırı azot kullanımı vejetatif gelişmeyi artırır. Aşırı azotlu gübreleme nedeniyle, bitkide karbonhidrat ve azotlu bileşikler arasındaki denge bozulduğundan, bitkilere mekanik destek sağlayan dokular zayıflar. Azot fazlalığında bitkiler koyu mavimsi-yeşil renk alır. Vejetatif gelişme uzar ve yoğun olur, dolayısıyla olgunlaşma gecikir. Bitkilerde aşırı miktarlarda bulunan nitrat yaprak kenarlarında kloroz ve nekrozların ortaya çıkmasına sebep olur. Yaprak kenarları aşağı doğru ters çanak şeklinde kıvrılır (Karaman 2012).

2.6.2. Fosfor (P)

Bitkilerin toplam fosfor içerikleri, kuru madde esasına göre çoğunlukla % 0.05-0.5 arasında değişir (Vance ve ark. 2003). Johnson ve Ulrich (1959) tarafından bitki örneklerinde asitte çözünebilir durumdaki fosfor miktarı, kuru madde esasına göre % 0.01-1.0 arasında değişiklik göstermektedir (Kacar ve İnal 2010).

Fosfor bitki kuru ağırlığının yaklaşık % 0.2'sini oluşturmakta, bitkide cereyan eden sayısız fizyolojik ve biyokimyasal aksiyonlarda görev almaktadır. Fosfor bitkilerde

optimum büyüme ve gelişme için mutlak gerekli olan makrobesin elementlerinden ikincisidir (Karaman 2012).

Tüm organizmalar için gerekli bir element olan fosfor bitkilerde proteinler, enzimler, koenzimler, nükleik asitler ve fosfolipidlerin önemli yapısal bileşenidir. Hem fotosentez ve hem de solunumda gerekli olan NAD, NADH, ADP ve ATP gibi fosfor içeren enerjice zengin bileşiklerin sentezinde mutlak bir elementtir. DNA ve RNA oluşumunda anahtar bir rol oynar. Çiçeklenme, tohum bağlama, erken büyüme ve kök oluşumunu teşvik eder, olgunlaşmayı hızlandırır ve tohum/meyve üretimini artırır. Besin elementleri ve diğer bileşiklerin taşınmasında görev alır (Karaman 2012).

Fosfor bitkilerde hareketli (mobil) bir besin elementi olduğu için noksanlığında yaşlı yapraklardan genç dokulara fosfor taşınır. Dolayısıyla noksanlık belirtileri ilk önce yaşlı yapraklarda ve genellikle genç ağaçlarda ortaya çıkar. Fosfor noksanlığının en dikkat çekici belirtisi yaprak genişliği ve sayısının azalmasıdır. Bitkilerde gövde gelişimi kök gelişiminden daha fazla etkilenecek şekilde gövde/kök oranı azalır. Fosfor noksanlığında karbonhidratların kullanımı azalır ve bitkilerde koyu yeşil yaprak rengi oluşur. Fosfor noksanlığında hücrelerde şeker birikimi sonucu ortaya çıkan antosiyanin renk maddesi ile bitkide pembemsi-mor renkli yaprak oluşumuna yol açmaktadır. Fosfor noksanlığının diğer genel etkileri; bodurlaşma, donuk-mavi yeşil yaprak rengi, bazı kısımlarda morlaşma, sürgün, çiçek ve tohum oluşumunda azalma, tomurcukların geç patlaması, olgunlaşmada gecikme, tane ve meyvede azalma, ürün kalitesinde ve hastalıklara karşı dirençte azalma şeklinde ortaya çıkar. Bitkilerde fosfor fazlalığı, Zn ve Fe gibi mikrobesin noksanlıklarına yol açar. Fosfor fazlalığı ayrıca Ca, B, Cu ve Mn noksanlıklarına da yol açabilir. Dolayısıyla fosfor fazlalığı aslında Fe, Mg, Zn ve Cu gibi diğer besinlerin interaksyonu ile ortaya çıkan belirtilerdir (Karaman 2012).

2.6.3. Potasyum (K)

Bitkiler potasyumu K^+ şeklinde iyonik formda aktif ve pasif yollarla absorbe ederler. Potasyum alımı bitki türüne göre değişmekle birlikte genellikle bitkinin ilk gelişme devresinde (vejetatif dönem) yüksek düzeyde gerçekleşir. Potasyum bitkide cereyan eden birçok proseste hayati öneme sahiptir. Potasyum bitkinin organik yapısında

bulunmazken, büyüme ve gelişmede önemli biyokimyasal proseslerde düzenleyici olarak görev yapar (Karaman 2012).

Potasyum bitkide birçok enzim sistemini aktive eder. Kök gelişimini artırarak kuraklığa karşı direnç sağlar. Hücre duvarlarının stabilitesini sağlamak suretiyle bitkilerin dik durmasına katkıda bulunur ve yatmayı önler. Hücre turgorunu sağlamak suretiyle, bitkilerden su kaybını azaltır ve solmayı engeller. Bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direncini artırır. Stomaların açılıp kapanmasında görev alır. Solunumu azaltmak suretiyle enerji kaybını önler. Buna karşılık stoma aktivitesi ve fotosentezi artırır, şeker ve nişastanın taşınımını, bitkilerde protein kapsamını, su ve besin elementlerinin taşınımını artırır. Sonuçta bitkisel üretimde verim ve kalite artar (Karaman 2012).

Potasyum noksanlığının en dikkat çekici belirtileri yaprak kenarlarının önce sararması, daha sonra koyu kahverengine dönüşmesidir. Dolayısıyla, potasyum noksanlığı genellikle yaprak kenarlarının boydan boya sararması şeklinde karakterize edilen kloroz şeklinde görülür. Potasyum bitkilerde hareketli olduğu için noksanlık belirtileri önce yaşlı yaprak kenarlarında ve uçlarında başlar. Bitkilerde floem ve ksilem iletim demetleri oluşumu geriler, dokular gevşek ve anormal bir hal alır, hücrelerde turgor basıncı düşer. Tüm bunların sonucu olarak bitkilerin kuraklık, don, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılıkları azalır. Potasyumca noksan bitkilerde fungus ve bakterilerin infeksiyon etkileri artar. Potasyum bitki dokularında su, besin ve karbonhidrat taşınımından sorumlu olduğu için noksanlığında bitkide yeterli büyüme ve gelişme sağlanamaz ve bodurlaşma ile ürün azalır. Potasyumca noksan bitkilerin tohumları küçük, çimlenme gücü az ve hastalıklara karşı hassas olurlar. Meyve normal rengini kaybeder, erken veya geç olgunlaşır (Karaman 2012).

2.6.4. Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum bütün bitkiler için mutlak gerekli bir elementtir. Kalsiyum bitkilerin yapraklarında ve hücre duvarlarının orta lamellerinde kalsiyum pektat şeklinde fazla miktarda bulunur. Organik asitlerle tuzları oluşturur. Birçok bitki türünde kalsiyum okzalat şeklinde hücrelerde birikebilir. Bitkilerde kalsiyum hareketsizdir ve noksanlığı durumunda yaşlı kısımdan genç kısma taşınmaz. Bu nedenle kalsiyum noksanlığı önce bitkinin genç aksamalarında görülür (Kacar ve İnal 2010).

Marschner (1995) bitki çeşidi ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak bitkilerde % 0.1-5 arasında kalsiyum bulunabileceğini belirtmiştir. Kaçar ve Katkat (2007) ise bitkilerde bulunan kalsiyumun % 0.2-3.0 arasında değiştiğini, çoğu bitkiler için yeterli kalsiyum miktarının % 0.3-1.0 arasında olduğunu belirtmiştir (Kacar ve İnal 2010).

Bitkiler sağlıklı bir gelişme periyodu için yüksek miktarda kalsiyuma ihtiyaç duyarlar. Kalsiyum bitkilerde, hücre duvarlarının yapısında yer alır. Sürgün ucu ve kök ucu gibi büyüme noktalarının gelişimi için son derece önemlidir. Büyüme uçlarının sert ve kırılabilir olmasını önleyerek hücre duvarının esneme ve genişlemesine yardımcı olur. Kalsiyum bitkide hareketsiz olduğu için büyüme sezonu boyunca yaşlı dokularda kalır. Bitkinin gelişme sezonu boyunca üretilen organik asitlerin nötralizasyonunu sağlar. Karbonhidrat taşınımı ve azot absorpsiyonuna yardımcı olur (Karaman 2012).

Kalsiyum bitki hücrelerinden dışarıya madde çıkışını engelleyerek bitkileri don zararlarına karşı korur. Hücre duvarlarının oluşumunda, bölünme ve uzamasında görev alan kalsiyum, oluşan kalsiyum pektat bileşikleriyle hücre duvarlarının stabilitesini sağlar. Bitki köklerinde hücre bölünmesi ve uzamasını olumlu yönde etkiler, kök salgılarında artış sağlar. Bitki hücrelerinde anyon-katyon dengesi açısından önemli bir besin elementi olan kalsiyum, meyvelerde kabuk yapısı ve dayanıklılığını artırarak, taşınma ve depolamada bozulma riskini azaltır. Stomaların fonksiyonunu artırmak suretiyle kuraklık ve susuzluk stresine karşı bitkileri korur. Bakteri ve mantarların çıkardıkları enzimleriyle bitkilerin hücre duvarlarına zarar vermelerini önler (Karaman 2012).

Kalsiyumun önemli bölümü hücre duvarlarında yer aldığından, noksanlığı durumunda öncelikle dokular zarar görür. İç dokularda yer yer lekeler ve çürümeler söz konusudur. Anormal meyve ve tomurcuk oluşumu ortaya çıkar. Çok fazla dallanmış, kısa ve kahverengi kök oluşumu ortaya çıkar. Büyümede bodurlaşma, sürgün uçları ve kök gelişiminde azalma olur. Bitki gövdesi zayıflar, sürgün uçlarında bükülme ve kırılmalar meydana gelir. Kalsiyum fazlalığının en önemli olumsuz etkisi, diğer kimi besin elementlerinin yararlılığı ve bitkilerce alımının engellenmesidir (Karaman 2012).

2.6.5. Magnezyum (Mg)

Kaçar ve Katkat (2007) bitkilerde bulunan magnezyumun % 0.15-1.0 arasında değiştiğini belirtmiştir. Magnezyum klorofil molekülünün tek mineral maddesidir ve klorofil molekülünün ortasında yer alır. Bir klorofil molekülü % 2.7 magnezyum içerir. Yetiştikleri ortamdan yeterince magnezyum alamayan yeşil bitkiler klorofil oluşturamazlar (Kaçar ve İnal 2010).

Magnezyum normal bitki gelişmesi için gereklidir. Sulama sularındaki magnezyum ve kalsiyum katyonları, toprağı daha geçirgen ve daha işlenebilir hale getirir. Sulama suyunda 24 mg/L konsantrasyona kadar Magnezyum katyonunun bitki gelişmesine ve toprağı olumsuz bir etkide bulunmadığı saptanmıştır (Ayyıldız 1990, Görkem 2006).

Magnezyumun ATP ve enerji metabolizmasında çok önemli rol oynar, dolayısıyla enerji aktarımında görev alır. Magnezyum birçok enzimin gerek aktivasyonunda ve gerekse bileşiminde kofaktör olarak yer alır. Fotosentezin hem ışık hem de karanlık evrelerinde önemli rol oynar, şeker ve nişasta sentezi ile taşınmalarında görev alır. Polipeptit zincirinin oluşum aşamasında amino asit aktivasyonunda ve polipeptit zincirinin uzaması reaksiyonlarında gerekli olan amino asitlerin sentezlenmesinde etkilidir. Magnezyum hücre çekirdeğinde RNA sentezi ve DNA oluşumu için gerekli olan RNA polimeraz aktivitesinde etkilidir (Karaman 2012).

Magnezyum hücre membranlarında fosfolipidlerin biyosentezi için de gereklidir. Magnezyum kloroplastlarda nitritin amonyak (NH₃)'e indirgenmesinde ve NH₃'ün glutamik asitle birleşmesinde önemli rol oynar. Meyvede A ve C vitamin konsantrasyonunu artırır. Magnezyum kök meristemini koruyarak nikel ve alüminyum toksisitesini giderir (Karaman 2012).

Magnezyum noksanlığında yapraklarda kloroz oluşur. Magnezyum bitkide mobil olduğundan yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınabilir. Bu yüzden noksanlık belirtileri ilk önce yaşlı yapraklarda görülür. Magnezyum noksanlığı çeken yapraklar ışığa karşı oldukça hassas olur ve erken dökülürler. Aynı zamanda meyve dökülmesi de artar. Kök gelişimi olumsuz etkilenir, verim ve kalite azalır (Karaman 2012).

2.6.6. Sodyum (Na)

Sodyumun bitkiler için mutlak gerekli bir element olduğu yaklaşık 50 yıl önce belirlenmiştir. Birçok bitkiye gübre olarak verilen sodyumun ürün miktarı üzerinde olumlu etkide bulunduğu da belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2010).

Harmer ve Benne (1941), yeterli sodyum içeren bitkilerin daha iyi geliştiklerini, renk açısından daha düzgün bir görünüme sahip olduklarını ve bitkilerin bu durumlarını uzun süre koruduklarını, hastalık ve zararlılara karşı, yüksek sıcaklık ve kuraklığa karşı daha dayanıklı olduklarını belirtmişlerdir. Kaçar ve Katkat (2007)'a göre bitkilerde toplam sodyum içerikleri genellikle % 0.01-10.0 arasında değişmektedir (Kacar ve İnal 2010).

Bitkiler sodyumu Na^+ iyonu şeklinde alırlar. Bitkiler sodyum ihtiyaçları ve sodyuma tepkileri yönünden iki grup altında toplanmaktadır; natrofilik bitkiler ve natrofobik bitkiler. Natrofilik bitkilerde, sodyum bitki organları arasında üniform bir şekilde dağılır. Natrofobik bitkilerde ise sodyum kökte toplanır. Sodyumun bitkilerdeki başlıca metabolik fonksiyonları; bitkilerde enzim aktivitesinin düzenlenmesinde rol alır, bitkilerin potasyum ihtiyacını azaltır, başka bir ifade ile metabolik fonksiyonlar açısından potasyum ve sodyum kısmen birbirinin yerini alabilir, potasyum alımını düzenler, bazı hallerde tuzların bitkilere toksik etkisini önleyici etkide bulunur. Su ve iyon dengesinin ayarlanmasında anahtar bir rol oynamaktadır. Sodyum noksanlığı durumunda bitkilerin yapraklarında incelme, metalik yeşil bir renk alması ve yaprak altlarının pembemsi görünüm kazanması tipik noksanlık belirtileridir. Yaprak kenarları yukarı doğru kıvrılırken, ana damar boyunca kırışıklık ve koyu kahverengi nekrotik lekeler oluşur. Sıcak havalarda bitki çok kolaylıkla solma gösterebilir. Yapraklar küçülür, bitki bodur görünüm kazanır (Karaman 2012).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Araştırma materyali ve bazı makrofitler ile ilgili yapılan daha önceki bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Ray ve White (1976), ağır metal biriktirme özellikleri bakımından farklı sucul bitkileri karşılaştırmış ve uygun biyolojik izleyiciler belirlemiştir. Su mercimeği, (*Lemna minör* L.) (Zayed ve ark. 1998), su sümbülü (*Eichhornia crassipes* Martius) (Vesk ve ark. 1999), hasır kamışı (*Typha latifolia* L.) ve kamış (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) (Ye ve ark. 2001) gibi birçok sucul bitkinin ağır metal akümülyasyon özellikleri çalışılmış ve doku ve organlarında önemli miktarda ağır metali biriktirdikleri saptanmıştır (Duman 2005).

Chan ve ark. (1981), sulak alan sistemlerinde, organik ve inorganik çözünmüş ve askıdaki kirleticilerin adsorpsiyon ve çökeltme gibi fiziko-kimyasal mekanizmalarla giderilebildiğini bildirmektedirler. Araştırmacılar bu sistemlerde toprak ve mikroorganizmaların yanında özellikle *Phragmites* (kamış) ve *Typha* (saz) cinsi sulak alan bitkilerinin arıtımda yardımcı olduklarını bildirmişlerdir (Ekmekçi 2007).

Mungur ve ark. (1997), *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris* ve *Iris pseudacorus* ile zenginleştirdikleri yapay sulak alanda % 81.7-91.8 Cu⁺², % 75.8-95.3 Pb⁺² ve % 82.8-90.4 Zn⁺² giderimi sağlamışlardır (Ekmekçi 2007).

Grace ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada *Typha* popülasyonunun uzun dönemli dinamiğini incelemişlerdir. Bunu için *Typha latifolia* ve *Typha angustifolia* arasındaki gövde dağılım ve yoğunluğundaki değişimi gözlemlemek için daha önceden belirlenen gölcüklerde mono kültür ve karışık stantlar hazırlayarak bu alanlarda çalışmalarını yürütmüşlerdir. Sonuçta *Typha latifolia* varlığında yetişen ve 37 cm'ye azalan *Typha angustifolia*'nin minimum derinliğinin tersine daha fazla sele toleranslı *Typha angustifolia*'nin varlığında yetişen *Typha latifolia*'nin maximum derinliğinde önemli bir azalma olmadığını gözlemlemişlerdir. Mono kültür ve karışık stantlar karşılaştırıldığında ise *Typha angustifolia* sığ derinliklerde daha fazla etkilenmesi ile (% 92 azalma) ve daha derin olan yerlerde daha fazla etkilenmesi ile *Typha latifolia*'nin yoğunluğu ortalama % 32'den daha düşük iken, karışık stantlarda *Typha latifolia* gövde yoğunluğu ortalama % 54'den daha düşük olduğunu belirlemişlerdir (Seyithanoğlu 2007).

Groudeva ve ark. (2001), *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Phragmites communis*, *Scirpus lacustris*, *Juncus* spp. bitkilerini kullandığı yapay sulak alanlarda, ham petrol içeren sularda % 92-98 Cu⁺², % 96-99 Pb⁺² giderildiğini bildirmişlerdir (Ekmekçi 2007).

Mays ve Edwards (2001), *Scirpus cyperinus*, *Typha latifolia*, *Juncus effusus* bulunan bir yapay sulak alanda, giriş suyu 32.4-47.4 mg/L Fe, 1.9-9.4 mg/L Mn, 10-40 mg/L Zn, 10-40 mg/L Cd, 2.0- 6.1 mg/L Pb içeren atık sudan metallerin sırasıyla % 97, % 47, % 33, % 100, % 26 oranlarında giderildiğini bildirmişlerdir (Ekmekçi 2007).

Shutes (2001), kurşun, bakır, çinko ve kadmiyum elementlerinin *Typha latifolia*'nın rizom kısımlarından alındığını ve % 54 ile % 61 arasında giderim sağlandığını bildirmiştir (Ekmekçi 2007).

Cardwell ve ark. (2002), *Typha* ssp. gibi yükselici bitkilerin kökte fazla miktarda metal biriktirdiğini, suya batık ve serbest yüzen yapraklı bitkilerin ise yapraklarında metal biriktirdiği sonucuna varmışlardır (Duman 2005).

Smith ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada *Typha latifolia*'da toprakaltı mineral element depolamanın önemini incelemişlerdir. Bunun için de Wisconsin ve Mentoda Gölünün kıyısı üzerinde bir bataklıkta gelişen bitkilerde gelişme sezonu boyunca (Nisan-Ekim) her iki hafta *Typha latifolia* L.'nin toprak altı ve üstü parçalarında N, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Na, Sr, Cu, ve Zn miktarlarını ölçmüşlerdir. Sonuçta parçalar arasındaki belli değiş tokuşların miktarı ve parçaların toprak altı ve üzeri arasındaki dağılımında elementlerin oldukça farklı olduğunu gözlemlemişlerdir (Yıldız 2008).

Demirezen ve Aksoy (2004), Sultan Sazlığında yaşayan *Typha angustifolia* ve *Potamogeton pectinatus* bitkilerinde ağır metal (Cd, Pb, Cr, Ni, Zn ve Cu) birikimini araştırmış; *T. angustifolia* dokularının *P. pectinatus*'a oranla daha fazla ağır metal içerdiğini ve çevresel baskıların belirlenmesinde *T. angustifolia*'nın daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Yine aynı çalışmada, bitkiler ve buldukları su ortamının ağır metal içeriği ile su pH'sı arasında istatistik bakımdan bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Ciria ve ark. (2005), yapay sulak alanlardaki sucül bitkilerin rolünü ve yetiştirilen *Typha latifolia* bitkisinin yakıt olarak kullanılma potansiyelinin değerlendirilmesiyle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda hasat edilmiş biyokütlenin (*Typha*

latifolia) termokimyasal proseslerde yakıt malzemesi olarak kullanılabilen uygun bir hammadde olduğunu tespit etmişlerdir (Ekmekçi 2007).

Bozbek (2007), Beyşehir Gölü kıyılarından seçilen 15 istasyondan alınan sediment, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud ve *Typha angustifolia* L. örneklerinde Pb, Zn, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni ve Cr konsantrasyonları analiz edilmiştir. Her iki bitkide ağır metallerin genel olarak birikim seviyeleri sırasıyla sediment>kök>gövde>yaprak şeklinde olduğu, kökte Zn birikimi, sedimentten ve diğer bitki kısımlarından daha fazla olduğu bulunmuştur. Beyşehir Gölü sedimentlerinde Pb, Cd, Ni ve Cr konsantrasyonları izin verilen sınırlar içerisinde, Zn ve Fe içerikleri ise maksimum sınırların üzerindedir. *Phragmites australis* ve *Typha angustifolia* bitkilerinin çevresel değişimlerin belirlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılacağı sonucuna varılmıştır.

Ekmekçi (2007), *Typha latifolia* bitkisi ile Adana Sofulu düzensiz çöp depolama sahasından alınan çöp sızıntı suyunda bulunan kirletici parametrelerin bitkisel yolla iyileştirilmesini araştırmıştır. *Typha latifolia* bitkisi ile Cr, Cu, Pb, Fe, Ni, Mn içeren çöp sızıntı suyundan sırasıyla % 10.50, % 94.00, % 86.45, % 61.85, % 68.91 ve % 72.20 oranlarında metal giderimi sağlanmıştır. Çalışmanın her tür çöp depolama alanlarından kaynaklanan sızıntı suyu kirleticilerinin giderimi için örnek teşkil edebileceği sonucuna varılmıştır.

Seyithanoğlu (2007), şeytan mumu (*Typha latifolia* L.)'nun bazı biyolojik özelliklerinin araştırılması amacıyla yapılmış çalışmasını Kahramanmaraş'ta 2 farklı bölgede yürütmüştür. Araştırma sonucunda şeytan mumu rizomlarında en düşük karbonhidrat seviyesi Mart en yüksek Temmuz ayında bulunmuştur. Makro besin elementlerinden Potasyuma en fazla gövdede, sodyum ve kalsiyumun en fazla yaprakta, Magnezyumun ise en fazla kökte olduğu belirlenmiştir. Mikro besin elementlerinden çinko, demir ve bakıra en fazla kökte, mangana en fazla yaprakta rastlanmıştır. Ağır metallere nikel, kurşun ve kadmiyuma en fazla kökte rastlanmıştır.

Yıldız (2008), *Typha latifolia* bitkisi ile Amylum Nişasta Sanayi ve Tic. AŞ.'den alınan ön arıtmaya tabi tutulmuş organik içeriği yüksek nişasta atık sularının yeşil ıslahı sırasında mikorizal simbiyozun davranışları araştırılmış ve atık suyun ileri arıtılmasına bir alternatif olarak sunulmuştur. *Typha latifolia* bitkisinin arbüsküler mikorizal mantarla enfeksiyonunun sağlanması amacıyla, *Glamus etinucatum* cinsi

mikorizal mantar kullanılmıştır. Mikorizal simbiyoz bitki üzerindeki nişasta sanayi atık suyuyla deneysel olarak kirletilen topraktaki ağır metal toksisitesine karşı koruyucu etkisi göstermiştir. Bu koruyucu etki mikorizal simbiyozun fitoremediasyonda bitkileri korumada oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan deneyde simbiyozla sahip olmayan bitkilerin bünyelerinde daha fazla ağır metal almaları uzun vadede bitkilere toksik etki yapacaktır. Fitoremediasyon için kullanılan bitkilerin ise bu toksisiteden dolayı kısa ömürlü olması sistemlerin işletme ömürlerini kısaltıp uzun vadede işletme masraflarını artıracığı için tercih edilmez. Mikorizal simbiyozla sahip bitkilerin ise dokularında daha kontrollü oranlarda ağır metal birikimi gözlenmiş ve bitkilerin ağır metal stresinden daha az etkilendikleri belirlenmiştir.

Alonso-Castro ve ark. (2009), sucul makrofit olan *Typha latifolia* bitkisinin gelişiminde kadmiyum ve kurşunun etkisini araştırmış, bitki tarafından bu elementlerin birikimi ve çözeltilerden uzaklaştırılması incelenmiştir.

Hadad ve ark. (2010), kurulmuş bir sulak alan içerisinde endüstriyel atık suların *Typha domingensis* bitkisinde morfolojik yanıtı araştırılmıştır.

Bah ve ark. (2011), yapmış oldukları çalışmada, *Typha angustifolia* bitkisinde 1 mM krom (Cr), kadmiyum (Cd), ve kurşun (Pb) 30 gün maruz kaldıktan sonra bitkide antioksidan savunma sisteminin modülasyonu incelenmiştir. *T. angustifolia* metal stresine maruz kaldığında görsel toksik belirti göstermediği, ağır metal toksisitesinin yüksek toleransı ile belirtmiştir ve Cd/Pb ilavesi özellikle Pb iyileştirmesinde bitki yüksekliğini ve biyokütlesini artırdığı sonucuna varmışlardır.

Brunham ve Bendell (2011), *Typha latifolia* ve *Scirpus acutus* tarafından, kurşun, bakır, çinko ve kadmiyum birikiminin sıcaklığa bağlı etkisini karşılaştıran bir analiz çalışması yapmışlardır. *S. acutus* bitkisinin *T. latifolia*'ya göre daha fazla metal biriktirdiği bunun sebebinin ise kök yapılarının farklılık göstermesi olabileceği sonucuna varmışlardır.

Yadav ve Chandra (2011), yapmış oldukları çalışmada Hindistan'da Unnao kentinde damıtma tesisi ve deri tabaklama tesisi alanında doğal sulak alanlar çevresinde yetişen *Typha angustifolia* L. ve *Cyperus esculentus* L. bitkileri üzerinde ekofizyolojik ve ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. *T. angustifolia* bitkisinde C.

esculentus'dan daha yüksek metal birikimi gözlenmiş ve elementlerin birikim sırasını Fe>Mn>Cr>Zn>Pb>Cu>Ni>Cd şeklinde bulmuşlardır.

Leura-Vicencio ve ark. (2013), *Typha latifolia* tarafından As, Cd ve Cr elementlerinin birikimini ve ortamdaki giderimini incelemişlerdir. Sonuçta *T. latifolia* bitkisi toksik iz elementler ile çevreyi kirleten atıkların aquatik arıtım için ilgi çekici bir alternatif olarak kabul edilebileceğini önermişlerdir.

Lyubenova ve ark. (2013), bakır elementine maruz kalan *Typha latifolia* L. bitkilerinde kök eksüdasyonu (yaşarma) modelini incelemişlerdir.

Araştırma konusu ile ilgili yapılan daha önceki bazı çalışmalar ise şunlardır:

Gersberg ve ark. (1986), sulak alanlarda bulunan bitkilerin yüksek hidrolik yüklenme durumunda, kirleticilerin birçoğunu kullanma konusunda verimli olamadığını, ancak bu bitkilerin düşük hidrolik yüklemelerde arıtma verimine daha fazla katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir (Ekmekçi 2007).

Sawidis ve ark. (1995), "Makedonya su sistemlerinde sediment ve sucul bitkilerde ağır metal tayini" adlı çalışmalarında bitki organlarındaki ağır metal dağılımının çoktan aza doğru kök, rizom, yaprak, çiçek, tohum şeklinde olduğu sonucuna varmışlardır (Duman 2005).

Gupta ve Chandra (1996), sucul bitkilerden *Vallisneria spiralis*'in sudan Hg⁺²'yi alıp bünyesinde biriktirdiğini bildirmiştir. Çalışmada, 20 µmol'lük Hg⁺² çözeltisinde 168 saatlik süre bekletilen bitkinin kuru ağırlığında yapraklarında 0.25 µmol/g, köklerinde ise 1.12 µmol/g miktarlarında Hg⁺² biriktirdiği bulunmuştur (Ekmekçi 2007).

USEPA (United States Environmental Protection Agency 2000), bitkinin toprak, su ve havayı temizleyebilme yeteneği önemli bir buluş olarak kabul edilmiştir. Bitki anlamındaki "*phyto*" ile ıslah anlamındaki "*remediation*" kelimelerinden türetilen ve 1991'de terminolojiye giren "*pyhtoremediation*", "*bioremediation*", "*botanical remediation*" ve "*green remediation*" olarak da anılmaktadır (Durak 2005).

USEPA (United States Environmental Protection Agency 2000), Doğal ortamda kurşun hiperakümülatörleri belirlenmemiştir. Ama kurşun biriktirebilme potansiyeline sahip belirli bitkiler tanımlanmıştır. Bu bitkilerin birçoğu *Brassicaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* ve *Scrophulariaceae*

familyalarına aittirler. Hint hardalı olarak bilinen *Brassica juncea* köklerden gövdeye iyi bir kurşun taşıma yeteneğine sahiptir. Bu durum bitkisel ekstraksiyon için çok önemli bir özelliktir (Şahin 2007).

Doğan (2003), Şanlıurfa şehir merkezinden geçen evsel ve sanayi atıklarının döküldüğü Karakoyun Deresi suyu ile sulanan soğanda (*Allium cepa* L.) toksik element birikimi ve bu birikim üzerine gübrelemenin etkisini araştırmıştır. Atık su ile birlikte gübre uygulanan ortamda topraktan bitkiye önemli miktarda toksik elementin geçtiği tespit edilmiştir. Ancak kadmiyum (5.06-6.15 µg/g kuru ağırlık) dışındaki toksik elementlerin miktarları normal değerler aralığında bulunmuştur.

Avcıl (2005), Zonguldak il merkezindeki atmosferik ağır metal birikiminin biyomonitör bitkiler olan karayosunları üzerinden belirlenmesi amacı ile yaptığı bir çalışmada, toplanan örneklerde Pb, Fe, Ni, Cr, As, Cu ve Co elementlerinin atmosferik birikim değerlerini ölçmüştür. Analiz sonuçlarına göre bölgedeki ağır metal konsantrasyonlarının büyüklük sıralaması Fe > Pb > Cu > Co > Ni > Cr > As şeklinde belirlenmiştir. Bölgede araştırılan her bir metal için kirlilik haritaları çıkartılmıştır. Elde edilen değerlerin genel ortalamalarının, Avrupa ortalamaları ile kıyas edilmesi sonucu, incelenen metallere yalnızca bakır ve krom hariç, araştırılan diğer tüm metallere Avrupa ortalamalarının üzerinde olduğu görülmüştür.

Doğan (2005), ağır metal gideriminde tarımsal atık kullanımı çalışmasında, sıvı solüsyonlardan bakır (Cu) ve kurşun (Pb) iyonlarını adsorbe etmek için pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğu ağır metal adsorbent materyali olarak kullanmıştır.

Duman (2005), Sapanca ve Abant gölleri su, sediment ve bazı sucul makrofitlerde ağır metal akümülyasyonunun mevsimsel değişimini incelemek amacıyla yaptığı çalışmada, Sapanca Gölü'nden 9 ve Abant Gölü'nden 3 istasyon seçilmiş ve bu istasyonlardan su, sediment ve makrofit örnekleri (*Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Potamogeton lucens* ve *Nuphar lutea*) olarak bu örneklerde Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn ve Cd içerikleri tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının bitkiden bitkiye hatta aynı bitkinin farklı morfolojik kısımları arasında farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Ağır metallere bitki kısımları arasında en çok kökte birikme eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışılan bitkilerde en yüksek ağır metal birikiminin sonbahar ve kış mevsiminde olduğu belirlenmiştir. *P. australis*'in Pb, Cr, Cu ve Ni'i, *S. lacustris*'in ise Mn, Zn ve Cd metallere etkin bir

şekilde alıp bünyesinde biriktirdiği saptanmıştır. Atık suların arıtımında bu iki türün kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Durak (2005), yaptığı çalışmada *Juncus acutus* bitkisi ile Adana Sofulu düzensiz çöp depolama alanında oluşan çöp sızıntı suyu ve arıtma tesislerinden oluşan arıtma çamurlarının içerisindeki ağır metallerin giderim performansları araştırılmıştır. Çalışmada çöp sızıntı suyu bitkilere sulama suyu olarak uygulanırken arıtma çamuru da yetiştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda *Juncus acutus* bitkisinin kobalt, demir, nikel ve bakır analizleri kök, gövde, yapraklarında ve toprakta yapılmıştır. Sonuç olarak bitkinin anılan ağır metalleri özellikle köklerinde biriktirdiği ve bitkilerin yoğun kirlilik koşullarında bile canlılıklarını sürdürebildikleri belirlenmiştir.

İçel (2005), hava kalitesini izlemek amacıyla İstanbul'un çeşitli bölgelerinden (Polonezköy, Sile Yolu, Çamlıca, Hıdiv Kasrı, Büyük Ada, Kınalı Ada, Heybeli Ada, Maltepe, Belgrad Ormanı ve Maslak) karayosunu ve liken örnekleri (*Parmelia caperata*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia tinctoria*, *Cladonia* türleri, *Xanthoria parietina*, *Hypogymnia tubulosa*, *Evernia prunastri* ve *Physcia adscendens*) toplamıştır. Toplanan örneklerde Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn analizi yapılmış ve likenlerin elementleri diğer bitkilere göre daha iyi biriktirdiği sonucuna varmışlardır.

Kurca (2005), Konya çevre yollarında doğal olarak yetişen ve halk tarafından besin olarak tüketilen *Cichorium inthibus*, *Lactuca serriola*, *Chondrilla juncea* var. *acantholepis*, *Scorzonera cana* var. *jacquiniana* bitkilerinin yenen kısımlarındaki ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal (Pb, Cd, Ni, Cu, Mn, Al, Cr, Zn, As, Se) içeriklerini belirlemiştir. Bu bitkilerden ortalama günlük tüketimle alınan ağır metal miktarları WHO standartları ile karşılaştırılıp alınan miktarların tolere edilebilir alımlara katkıları As'nin % 99, Mn'nin % 72, Cr'nin % 50, Al'ni % 13, Ni'nin % 11, Pb'nin % 8.4, Se'nin % 4, Cd ve Zn'nin % 1.6 ve Cu'nun % 0.5 olarak bulmuştur. Yıkanmış ve yıkanmamış bitkilerden vücuda alınan As, Cr ve Mn miktarları ile yıkanmamış bitkilerden alınan Pb, Ni, Al ve Se miktarları metal toksisitesi açısından riskli; yıkanmış ve yıkanmamış örneklerden alınan Cd, Cu, ve Zn miktarları ise metal toksisitesi açısından risksiz olduğu bulunmuştur.

Türkoğlu (2006), çalışmasında birçok literatürden elde edilen bilgilerle toprakların nasıl kirlendiği ve kirlenmiş toprakların hangi metotlarla ıslah edilebileceği üzerinde durmuştur. Sonuç olarak çalışma, kirleticileri tanımak, bunların topraklarda nasıl bir

etkileşim oluşturduğunu anlamak ve kirleticilerin tipine ve yapısına göre toprakları da değerlendirerek en uygun ıslah teknolojisinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir.

Şahin (2007), çalışmasında artan konsantrasyonlarda (0, 0.5, 1.5 mmol EDTA/kg) uygulanan EDTA'nın, kurşun ile kirlenmiş toprakta yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) ve kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) bitkilerinin bitkisel ekstraksiyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Denemede kullanılan toprak Samsun Azot Sanayi (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) çevresinden alınmıştır. Araştırma toprağının ve bitkilerinin Pb kapsamını belirlemek amacıyla toprağın toplam ve ekstrakte edilebilir ve bitkideki Pb konsantrasyonları belirlenmiştir. Toplam Pb içeriği 600.675 mg/kg olan kirli bir toprağa EDTA uygulamaları sonucu, *Zea mays* ve *Festuca arundinacea* bitkilerinin gövde Pb konsantrasyonları artış göstermiştir. Bu bitkilerde Pb birikimindeki artışın nedeninin, toprağa EDTA ilave edildikten sonra toprak çözeltisindeki Pb konsantrasyonunun artması ile ilgili olduğu saptanmıştır. *Zea mays* ve *Festuca arundinacea* bitkilerinin yüksek Pb konsantrasyonundan etkilenmediği saptanmıştır. Bitkilerin topraktan kurşunu kaldırması ve topraktaki alınabilir kurşun miktarına, toprak pH'sının ve EDTA'nın önemli etkilerinin olduğu bulunmuştur.

Bingöl (2008), günümüzde kullanılmakta olan arıtım teknolojilerine nazaran daha az maliyete sahip olan yeşil ıslah (phytoremediation) yönteminin bor ile kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilirliği ve metallerin toprak çözeltisindeki konsantrasyonlarını artırmak amacıyla sıklıkla kullanılan ajanların, toprak çözeltisindeki bor konsantrasyonu üzerine etkisini incelemiştir. Bu amaçla, *Vetiver grass* bitkisinin 0-40 mg/kg (H_3BO_3) ile kirlenmiş topraklardan bor alımının, iki ajan (EDTA ve DTPA) ve bu ajanların iki uygulama zamanı (ekim öncesi ve hasat öncesi) ve üç farklı ajan konsantrasyonuna (0, 4, 8 mmol/kg) göre değişimi incelenmiş ve sonuç olarak toprağa uygulanan EDTA ve DTPA'nın *Vetiver grass* bitkisinin bor alımını kontrol bitkisine göre % 50 artırdığını göstermiştir. Uygulanan ajanlar içerisinde EDTA'nın DTPA'ya göre bitkinin bor alımında daha etkin olduğu da belirlenmiştir.

Huseyinova ve ark. (2009), tarafından Ordu ili yakınlarında "kirlenmiş (karayollarına yakın)" ve "kirlenmemiş (karayollarından ve yerleşim alanlarından uzak)" alanlarda *Corylus avellana*, *Alopecurus myosuroides*, *Helleborus orientalis*, *Glechoma*

hederacea, *Calamintha nepeta* ve *Urtica dioica*'nın yapraklarında sülfür ve bazı ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. "Kirlenmiş" ve "kirlenmemiş" alanlar arasında ağır metal içerikleri yönünden istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Ağır metal içeriği Fe>Zn>Cu sırası ile azalmaktadır. demir içeriği "kirlenmiş" alandan toplanmış türlerin yapraklarında "kirlenmemiş" alandaki konsantrasyon değeri olan 13.5-115.5 ppm'den fazla bulunmuş olup 188.9-519.9 ppm arasında değişmektedir. Çalışılan türlerde yüksek sülfür içerikleri bulunmuştur. En yüksek sülfür içeriği *Alopecurus myosuroides*'de tespit edilmiştir. Bu sonuca göre *Corylus avellana*, *Glechoma hederacea* ve *Urtica dioica* iyi biyoindikatörler olup, endüstrileşmiş şehirlerde hava kirliliğini gözlemede kullanılabilir olduğunu saptanmıştır.

Candan ve Taş (2014), Melet Irmağı'nda (Ordu) bulunan *Cladophora* (Chlorophyta) örneklerindeki ağır metal birikimi üzerine yapmış olduğu çalışmada, Melet Irmağı boyunca dört istasyon seçmiş, deniz seviyesinden başlayarak yüksek seviyelere doğru 4, 3, 2, 1 şeklinde numaralandırmıştır. Araştırma sonucunda bakır ve çinko birinci istasyonda (Cu; 121.0 µg/g, Zn; 1.070 µg/g) ve ikinci istasyonda (Cu; 119.5 µg/g, Zn; 1.5937 µg/g) yüksek bulunmuştur. Kobalt ve nikelin birinci (Co; 2.663 µg/g, Ni; 7.512 µg/g), krom ve kurşunun ikinci istasyonlardaki (Cr; 2.498 µg/g, Pb; 844.9 µg/g) birikim düzeyinin diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Maden işletmesine (Cu-Pb-Zn) yakın olan ikinci istasyondaki *Cladophora crispata* örneklerinde kurşun birikimi diğer istasyonlara göre önemli derecede yüksek bulunmuştur.

Duru ve ark. (2011) tarafından, Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize illeri ile Hopa ilçesi arasında uzanan Karadeniz Sahil yolundan toplanan *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (sığırkuyruğu) türünün yapraklarında taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutları araştırılmıştır. Örnek toplama işlemi yol boyunca belirlenen 23 istasyondan gerçekleştirilmiştir. Yaprak örneklerinde gerçekleştirilen ağır metal ölçümleri sonucunda sırasıyla kurşun (Pb) > çinko (Zn) > krom (Cr) > nikel (Ni) > bakır (Cu) > kadmiyuma (Cd) rastlanılmıştır. Bu çalışma sonuçları yapraklardaki ağır metal birikiminin trafik yoğunluğu ile arttığını ve *V. sinuatum* türünün bu birikimin tespitinde biyolojik bir belirleyici (markır) olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Demirayak ve ark. (2011), Samsun il merkezi (Türkiye) ve çevresinde (Atakum)'da seçilen bazı doğal ve egzotik ağaç ve çalı türlerinin yaprak, iğne yaprak ve dallarında bazı ağır metallerin (Pb, Cd, Zn ve Cu) düzeyini ve bu türlerin biyomonitor (biyolojik gözlem) özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; ağır metal konsantrasyonlarının çalışılan türlere, çalışılan lokalitelere ve örnekleme zamanına göre değişebilmesine karşın en yüksek ağır metal konsantrasyonlarını *Magnolia grandiflora*'da kaydetmişlerdir. Elde edilen verilere göre *M. grandiflora*, *L. vulgare* ve *P. dactylifera*'nın biyomonitor olarak kullanılabilecekleri belirtmişlerdir. Sonuç olarak herdem yeşil türlerin farklı kısımlarının (örneğin; yaprak ve dalları) ağır metal kirliliğinin tayininde biyomonitor olarak kullanılabilecekleri kaydedilmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. *Typha latifolia* L. (Typhaceae) Genel Özellikleri

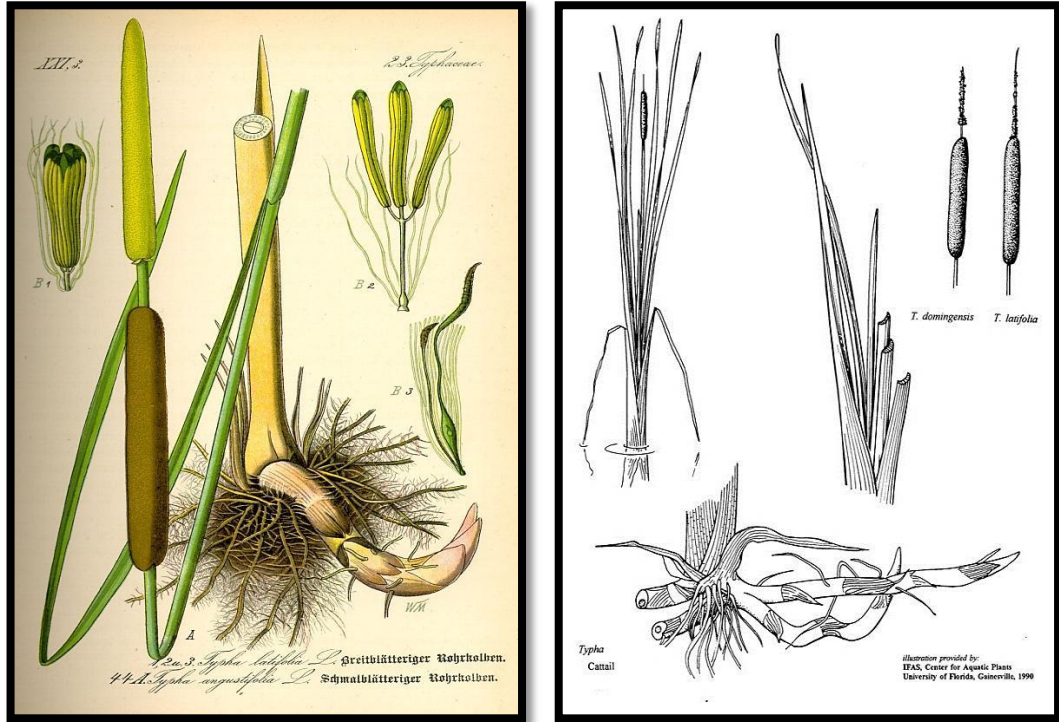
Dünya’da ve Türkiye’de sulama kanalları ve taban suyu yüksek arazilerde yoğun şekilde bulunan su yabancı otlarından bir tanesi de halk arasında şeytan mumu veya hasır otu olarak bilinen *Typha latifolia* L. bitkisidir. *Typha* cinsi Türkiye’de sulama sistemlerinde tek başına ya da başta *Phragmites* cinsi olmak üzere, diğer su üstü yabancı otları ile birlikte, büyük sorun yaratan cinslerden biridir. Türkiye’de 6 türünün bulunduğu bilinmektedir. Bunlar; *Typha latifolia* L., *Typha shuttleworthii* W. Koch ve Sonder, *Typha laxmannii* Lepechin, *Typha angustifolia* L., *Typha domingensis* Pers., *Typha minima* Funck. türleridir (Seyithanoğlu 2007).

Bu türler içerisinde Türkiye’de yaygın olarak görülen *Typha latifolia* L. besin maddesince zengin, yavaş akan sulara, bataklıklarda, su kıyılarında, göllerde, hendeklerde ve kanallarda gelişir. Orta ve Güney Afrika, Güney Asya, Avustralya ve Polinezya (Büyük Okyanustaki adalar birliği) dışında tüm dünyada görülmektedir. Türkiye’de Trakya, Kuzeybatı ve Orta Anadolu’da saptanmıştır (Altınyar 1988, Seyithanoğlu 2007).

Typha latifolia L. çok yıllık bir su yabancı otudur. Gövdeleri 2 m’ye kadar boylanır. Yaprakları 1-2 cm genişliğinde, 1-2 m uzunluğunda (yaklaşık sapların boyu kadardır) ve mavimtrak yeşil renklidir. Kökler boğumlu rizomludur. Her bitkide tek ve kalın bir sap mevcuttur (Şekil 4.1). Erkek ve dişi başaklar bitişiktir ya da aralarında 0.5-2.5 cm boşluk bulunur. Dişi başak olgunlaştığında 9-28 cm boyunda, 2.5-3 cm çapındadır ve pulları bulunmaz. Genç dönemlerde koyu kahverengi renkli olup, daha sonraları açık renkli ve kahverengi noktalıdır. Tepecikler mızraksı–yumurtamsı biçimlidir. Erkek başak, dişi başaktan biraz daha uzundur ve 11-35 cm x 12-17 mm boyutlarında, pulları ipliksi ve yalındır. Çiçek tozu tanecikleri dördü gruplar şeklindedir. Meyveler 1-1.5 mm boyunda, yumurtalık sapçığı üzerinde 25-52 adet, 7-11 mm boyunda, tabansal bölgede ise 1.5-2.5 mm boyunda tüyler bulunur. Yaz ortasında çiçek açar. Üremesi tohum ve rizom ile olmaktadır (Özer ve ark. 1999, Seyithanoğlu 2007).

Araştırma materyali olan *Typha latifolia* L. bitkisinin sistematığı aşağıda verilmiştir:

Alem : Plantae
Altalem : Tracheobionta
Şube : Magnoliophyta
Sınıf : Liliopsida
Altsınıf : Commelinidae
Takım : Typhales
Aile : Typhaceae
Cins : *Typha*
Tür : *Typha latifolia* L.



Şekil 4.1. *Typha Latifolia*'nın genel görünümü

Typha spp. gibi birçok su yabancı otu değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bu amaçlardan bir tanesi de atık suların tarımsal sulamada kullanılmasını sağlamaktır ve bunun için kullanılan başlıca bitkiler *Typha* spp. ve bataklığa uyumlu olan diğer bitkilerdir. Bu yöntem 1980'li yıllardan sonra Yeni Zelanda, Güney Afrika ve İsrail gibi birçok ülkede kullanılmaya başlanmıştır (Seyithanoğlu 2007).

Typha latifolia türü göllerde, ırmaklarda ve sulama sistemlerinde gelişir. Tatlı sulardan tuzlu sulara kadar değişik nitelikli sulara, 5m derinliğe kadar yaşayabilir. Kış mevsiminde de yaşayabilmektedir. Türkiye’de çeşitli su kaynakları ile sulama ve boşaltma kanallarında yaygın olan ve tıkanma, akış hızını azaltma gibi sorunlar yaratan bir türdür (Altınyar 1988, Yıldız 2008).

Makrofitler metalleri kendi biyokütelleri içinde yakın çevrelerinden daha yüksek seviyede yoğunlaştırabilirler ve bu durum kirletici konsantrasyonunun zamana bağlı olduğunu gösterir (Whitton ve ark. 1981, Ma 2005). Bu sebeple, makrofitler kimyasalları biriktirebilme özelliğinden dolayı su kalitesinin biyoindikatörleri olarak ekolojik araştırmalarda kullanılabilirler (Lewis 1995, Ma 2005).

Sucul makrofitler, kökleri aracılığıyla metal alımı ve adsorpsiyon için temel mekanizma olarak, sudan metalin uzaklaştırılması için son 20 yıldır kullanılmaktadır (Denny ve Wilkins 1987, Ma 2005).

Bu bitkiler yüzey akışlı bataklıklarda su içinde ve yüzey altı akışlı bataklıklarda da zemin içinde geniş adsorpsiyon yüzeyleri oluşturmak sureti ile hem mikrobiyolojik büyümeyi, hem de çözülmüş oksijenin kök bölgesine iletilmesini sağlamaktadır. Bu yolla kök çevresinde önce bir aerobik biyofilm, sonra da bir aneorobik biyofilm oluşmaktadır. Oluşan bu biyofilm zamanla genişleyerek çoğalmakta ve yapay bataklığın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu noktadan sonra bitkilerin etkinliği azaldığından, hasat edilmesi ve yerine yenilerinin çoğalmalarının sağlanması zorunludur. Bu yolla ortamdaki mineral tuzlar bitkiler tarafından adsorbe edilmek sureti ile ortamın tuz potansiyeli düşürülmektedir. Bitkinin kök sistemine verilen oksijen ile bazı toksik maddeler ve patojenler bitkisel etki ile ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Bu tür bir uygulamada atık sular öncelikle bir fiziksel ayırmadan geçmektedir (Tok 1997, Seyithanoğlu 2007).

4.1.2. Araştırma Alanlarının Genel Özellikleri

Doğusunda Giresun, batısında Samsun, güneyinde Tokat ve Sivas kuzeyinde ise Karadeniz ile kuşatılan Ordu, Orta ve Doğu Karadeniz Bölümleri’nde yer alır. Ordu il merkezi 41° kuzey paraleli ve 37° ve 38° doğu meridyenleri arasında bulunmaktadır (Şekil 4.2). Canik ve Doğu Karadeniz Dağları’nın coğrafyasını belirlediği kent, derin vadi koridorlarıyla bölünen engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Deniz kıyısından güneye doğru yükselen bu dağlar, batı kesimde alçak tepeler

oluştururken doğuya doğru ulu zirvelere dönüşür. Kıyı kesiminin yaz aylarındaki nemli ve sıcak ortamından kaçmak için kullanılan bol oksijenli yaylalar, Ordu ilinin turizm kaynağıdır. Akkuş ilçesi Argan, Aybastı ilçesi Perşembe, Mesudiye ilçesi Keyfalan, Çukuralan ve Kızılağaç, Kumru ilçesi Düzoba ve Ericik, Kabadüz ilçesi Çambaşı ve Turnalık ilin önemli yaylalarıdır (Anonim 2013a).

Ordu doğal göl açısından pek zengin sayılmaz. Fatsa'ya 10 km uzaklıkta Aybastı yolu üzerindeki Gaga ile Gököy'e 17 km mesafedeki Ulugöl kentin en önemli gölleridir. Ordu'nun en önemli bölgesel özelliklerinden biri de Orta ve Doğu Karadeniz sahilleri boyunca uzanan doğal plajlara sahip olmasıdır. Bölgenin bitki örtüsü çeşitliliği, yüksekliğe göre farklılık gösterir. Sahil kesiminde makilik ve fundalık hâkimken 600 m'ye kadar fındık, meyve ağaçları, kızılağaç, akçağaç, meşe, ıhlamur ve kestane gibi türlere rastlanır. Yükseklik arttıkça, özellikle 800-2000 m arasındaki kısımda yoğun ve gür sarıçam, ladin, dişbudak, köknar ve gürgen orman dokusu ile ağaç diplerindeki açıklık alanlarda genellikle orman gülü, çalı çileği, ılgın, karayemiş, defne ve şimşir gibi bodur ağaççıklar egemendir (Anonim 2013a).

Özellikle ilkbahar dönemlerinde sarı ve mor açan orman gülleri (komar), bölgeyi renklendirerek müthiş bir görsellik sunar. 2000 m üzerinde ise genel olarak tüm Karadeniz Bölgesi'ne egemen olan alpin çayırliklar yayılır. Bu alandaki toprak üstü florası sürünücü otsu ve soğanlı bitkiler ile mantarlardan teşekkül eder. Bunların başlıcaları böğürtlen, şerbetçiotu, buğday ve baklagillerden türlü çayır otları, eğreltiotu, çuhaçiçeği, düğünçiçeği, yabancı çilek, basurotu, hodan, ısırgan, atkuyruğu, kuzukulağı, geven, kekik, nane, dikenler, çeşitli yosunlar, kardelen, zambak, salep, süsen, siklamen ve zehirli-zehirsiz birçok mantar türüdür (Anonim 2013a).

Coğrafi konumu itibarıyla zengin bir flora çeşitliliğine sahip olan Ordu, topoğrafik yapısı ve farklı iklimsel özelliklere sahip olması, bu çeşitliliğin en önemli nedenleridir. İlin özellik arz eden bitki bölgesi, Ordu bitki çeşitliliğinin Doğu Karadeniz florasından ayrılma sınırı olarak Melet Havzası'dır. Bu vadinin özgünlüğü öksin ve kolşik zonun kesişim noktası üzerinde bulunması ve Doğu ladininin (*Picea orientalis*) Karadeniz Bölgesi'ndeki yaşam alanının sınırını belirlemesinden kaynaklanır. Orman ve Su İşleri Müdürlüğü tarafından Melet Havzası, Akkuş ilçesi ve civarı, Fatsa-Ünye sahil şeridi alanlarında yürütülen çalışmalar ışığında, yetiştiği

yaşam zonlarına göre bölgedeki türlerin tanımlanması yapılmıştır. Bu zonlar; Lauretum (defne-karayemiş), Castanetum (kestane), Fagetum (kayın), Picetum (çam) ve Alpinetum (alpin zonu) olarak isimlendirilmiştir (Anonim 2013a).

Ordu'nun Karadeniz'de 107 km kıyısı vardır. Bu kıyı şeridindeki yerleşmelerde Ordu, Perşembe, Fatsa ve Ünye'de liman ve iskeleler kurulmuştur. İlin diğer önemli merkezlere olan mesafeleri şöyledir. Trabzon'a 197 km, Samsun'a 164 km, Ankara'ya 581 km ve İstanbul'a 910 km'dir.



Şekil 4.2. Ordu ili, Türkiye haritası

Bölge coğrafyasının dağlık ve iklimin yağışlı olması il sınırlarındaki irili ufaklı birçok akarsuyun varlığının ana nedenidir. Binlerce yıldır bereketli sularıyla Karadeniz'i besleyen Ordu'nun başlıca akarsuları Turnasuyu, Melet, Akçaova, Ilıca, Bolaman, Elekçi, Curi, Cevizdere ve Akçay'dır (Anonim 2013a). Bu çalışmada araştırma materyali olan *Thypa latifolia* örnekleri Turnasuyu Deresi, Melet Irmağı ve Akçaova Deresi kenarlarından alınmıştır. Bu alanların genel özellikleri aşağıda verilmiştir:

4.1.2.1. Melet Irmağı

Melet Irmağı bölgenin Doğu Karadeniz ve Orta Karadeniz bölümleri arasında sınır oluşturur. Ordu ilinin ana akarsuyu olup uzunluğu 165 km'dir. Giresun dağlarının batısındaki Karagöl Dağı'nın güney yamaçlarından doğan suların birleşmesiyle

oluşur. Başlangıçta doğu-batı doğrultusunda akan Melet Irmağı, Mesudiye ilçe merkezinin de içinde yer aldığı çöküntü alanın batısında kuzeye yönelir. Bu kesimdeki ormanlarla kaplı dağlık alandan geçerken dar ve derin bir vadide akar. Ordu kentinin doğusunda pek belirgin olmayan bir delta oluşturarak Karadeniz'e dökülür. Melet Irmağı, Ordu ilinin en büyük akarsuyudur. Konumu 40°52'-41°08' kuzey paralelleri ile 36°52'-38°12' doğu meridyenleri arasındadır (Anonim 2013b) (Şekil 4.3).

Araştırma alanı olarak Melet Irmağı havzasının seçilme nedeni; bu havzanın Türkiye Flora Bölgelerinden Euro-Siberian (Avrupa-Sibirya) Flora bölgesinin Kolşik (Colchis) ve Öksin (Euxin) kesimini birbirinden ayıran sınır olarak kabul edilmesidir (Anşin 1979, Tüfekçioğlu 1995) (Şekil 4.4). Ayrıca Melet Irmağı akarsu havzası içinde iki büyük maden işletme tesisi yer almaktadır. Bu tesislerde Cu, Zn ve Pb işletmeciliği yapılmaktadır. Aşırı yağışlı ve sel felaketlerinin yaşandığı zamanlarda çöktürme havuzlarındaki ağır metal içeren sular yüzey sularıyla ırmağa karışmakta ve çevre için büyük bir problem oluşturmaktadır. Doğrudan akıntı veya kirleticilerin kuru ve yağ depolanmaları eser elementlerin konsantrasyonunu artırır, böylece sedimentlerdeki birikimi ortaya çıkar. Karadeniz Bölgesi'nin önemli kentlerinden biri olan Ordu ili içme suyu kaynağının da %60'ı ilin en büyük akarsuyu olan Melet Irmağı'ndan karşılanmaktadır (Dunbabin ve Bowmer 1992, Sinicrope ve ark. 1992, Taş ve ark. 2013).

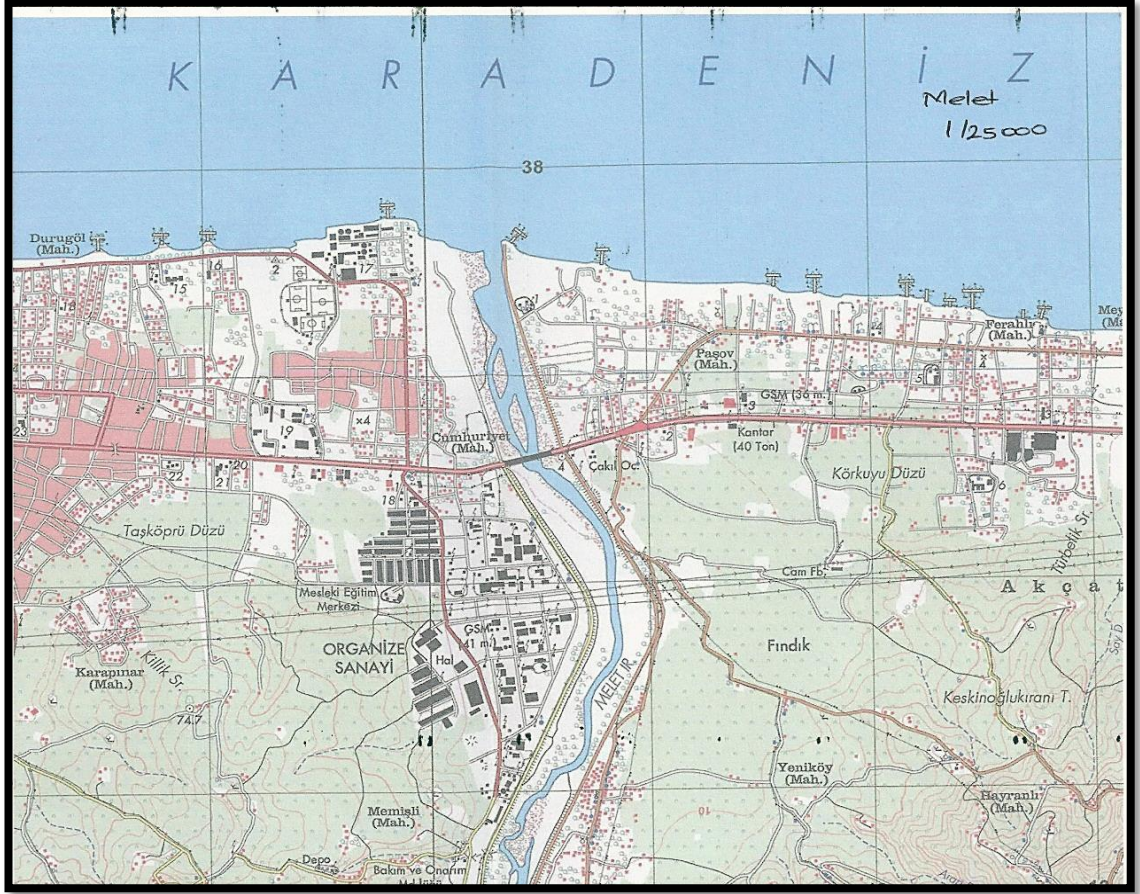
Akarsuyun yıllık ortalama debisi 27 m³/s dir. Melet Irmağı, kar ve yağmur sularıyla beslenir. Su düzeyinin en yüksek olduğu Nisan'da 77 m³/s'ye ulaşan debisi suların en alçak olduğu Eylülde 7 m³/s'ye iner. İlkçağda Melanthios adıyla anılan akarsuyun açtığı vadi, Ordu ilini Anadolu'nun iç kesimlerine bağlayan karayolun geçmesine uygun olduğundan tarih boyunca büyük önem taşımıştır (Anonim 2013b).

En çok yağış sonbahar aylarında düşer. Yağışlar depresyonik karakterli olmasının yanında orografik karakterli yağışlar da görülmektedir. Sahilden iç kesimlerde kalan memba kısımlarında kotlar daha yüksek olmasına rağmen yağışlarda düşüş vardır. Yani yağışın yükseklikle artması gerekirken aksine azalma vardır. Bu durum tamamen arazi topoğrafyası ile ilgilidir. Şöyle ki; Ordu ve Mesudiye meteoroloji istasyonlarında hakim rüzgar yönü W ve NW'dir. Fırtına sistemleri batı ve kuzey batıdan gelmektedir. Batı ve kuzeybatıdan gelen yağış sistemi Melet havzası sınırına

doğru yükselerek orografik karakter kazanmakta ve sınırdan Melet vadisine doğru parçalanıp etkisini kaybetmektedir (Anonim 2013b).

Üzerinde enerji elde etmek amacıyla 1997 yılında inşası başlayan Topçam HES kurulmuştur. Aşağı havzada da Ordu Regülatörü kurulacaktır. Ordu ilinin şebeke suyu bu ırmaktan sağlanmaktadır. Irmağın yukarı havzasında, Koyulhisar Ortakent beldesinde ve aşağı havzada Kabadüz Bakacak mevkiinde maden işletme tesisleri bulunmaktadır. Her iki tesiste de bakır, kurşun ve çinko işlenmektedir. Melet Irmağı'ndaki biyolojik yaşam özellikle beşeri faaliyetlerin tehdidi altındadır. Akarsuya yapılan her türlü etki (taş ocağı-kum-çakıl işletmeciliği, kentleşme, endüstrileşme, maden işletmeciliği, tarım, otlakçılık, ağaç kesimi, katı atık depolama vb.) sucul ekosisteme zarar vermektedir ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Taş ve ark. 2013). Şekil 4.4 ve 4.5 (a,b)'de Melet Irmağı'ndaki istasyonlar ve uydu görüntüsü verilmiştir.

Stratigrafik jeoloji: Genel olarak üst kretase yaşlı bazik volkanik sedimanter seri, diyabaz, riyolit, kireçtaşı, üst kretase flişi ile tersiyer yaşlı fliş, andezit lav-tüf ve sedimentlerle, bazalt, trakit, andezit, granit yer alır. Kuvaternere ait yamaç molozu ve alüvyon görülür. İl toprakları, ovalardan oluşan dar bir kıyı şeridi ile hemen geride yükselmeye başlayan Kuzey Anadolu Dağlarının kıyı sıralarını kapsar. Akarsu vadileriyle derin biçimde parçalanmış olan dağlık alanın yüksekliği kuzeyden güneye doğru gittikçe artar (Anonim 2013b).



Şekil 4.3. Melet Irmağı'nın 1/25 000 ölçekli haritası (Anonim 2013b)



Şekil 4.4. Melet Irmağı'nda seçilen istasyonlar ve uydu görüntüsü

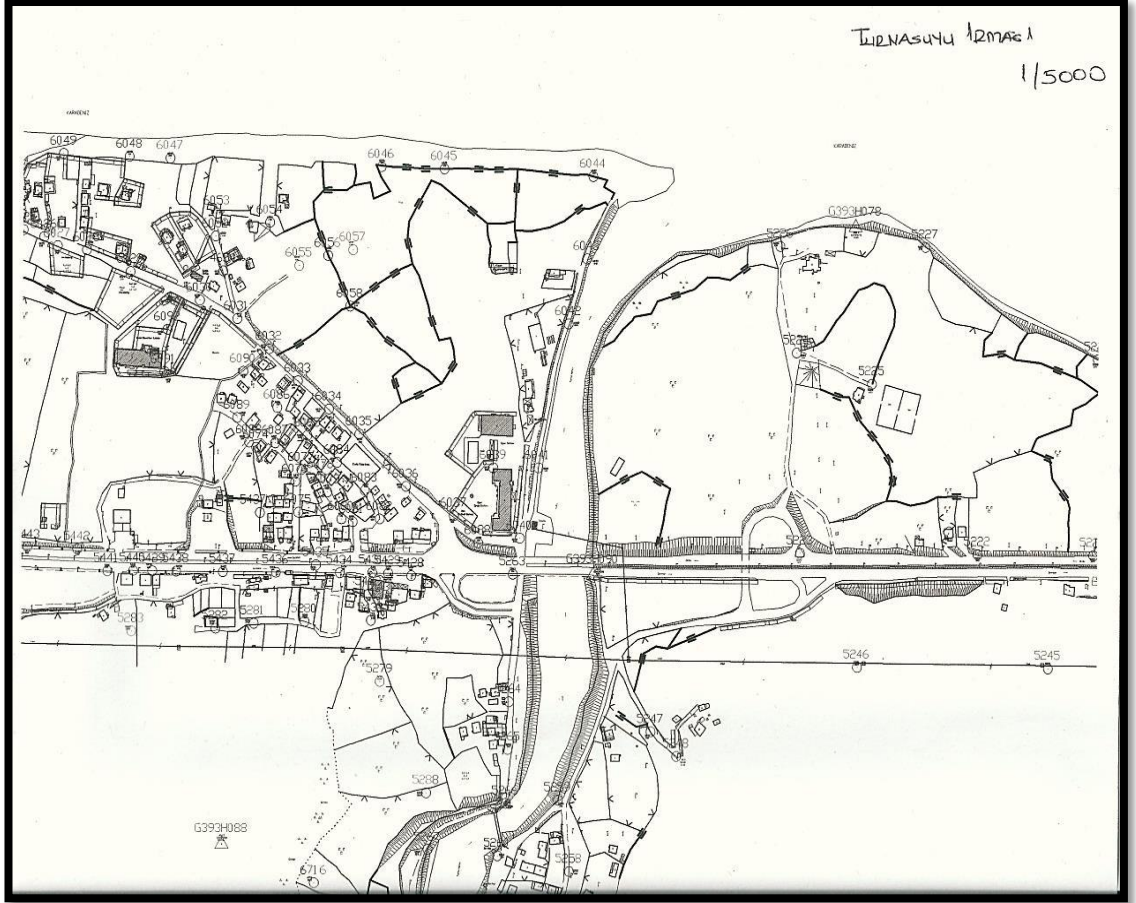


Şekil 4.5. (a,b) Melet Irmağı'nda bulunan *Typha latifolia* bitkisi

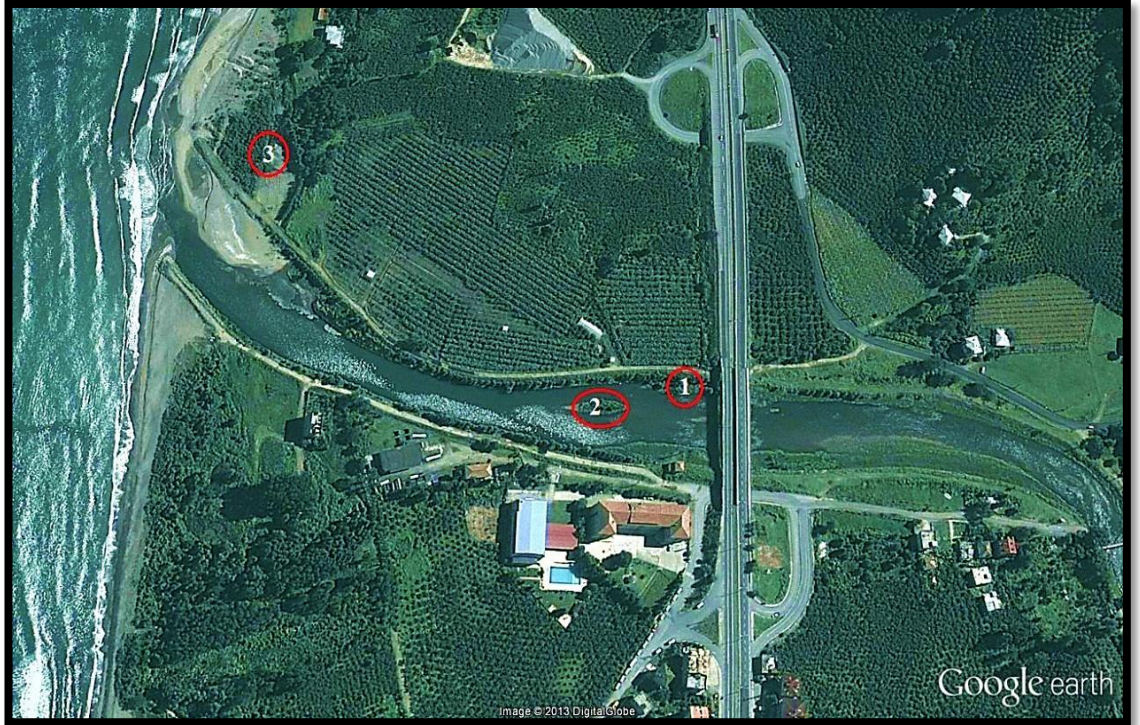
4.1.2.2. Turnasuyu Deresi

Konumu 40°52'-40°59' kuzey paralelleri ile 37°57'-37°59' doğu meridyenleri arasında bulunan Turnasuyu Deresi Çambaşı Yaylası'ndan doğmaktadır. Ordu ili Glyalı ilçesi Turnasuyu Köyü'nde Karadeniz'e dökülür (Şekil 4.6). En uzun dere boyu 56 km, yağış alanı 275 km², ortalama debisi 200 L/sn ve eğimi 0.023'dr. Memba ile mansap arasındaki kot farkı 1900 m olup, debisi $Q_{\max 100} = 364 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\max 500} = 525 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Taşkın ve kıyı oyuntusu zararına neden olabilecek potansiyele sahiptir. Turnasuyu Deresi bölgenin en bakir, yeşil ve temiz vadilerinden birine sahiptir. Doğa yürüyüŐleri, foto safariler ve kamılık gibi doğa aktiviteleri için çok uygundur (Anonim 2013c).

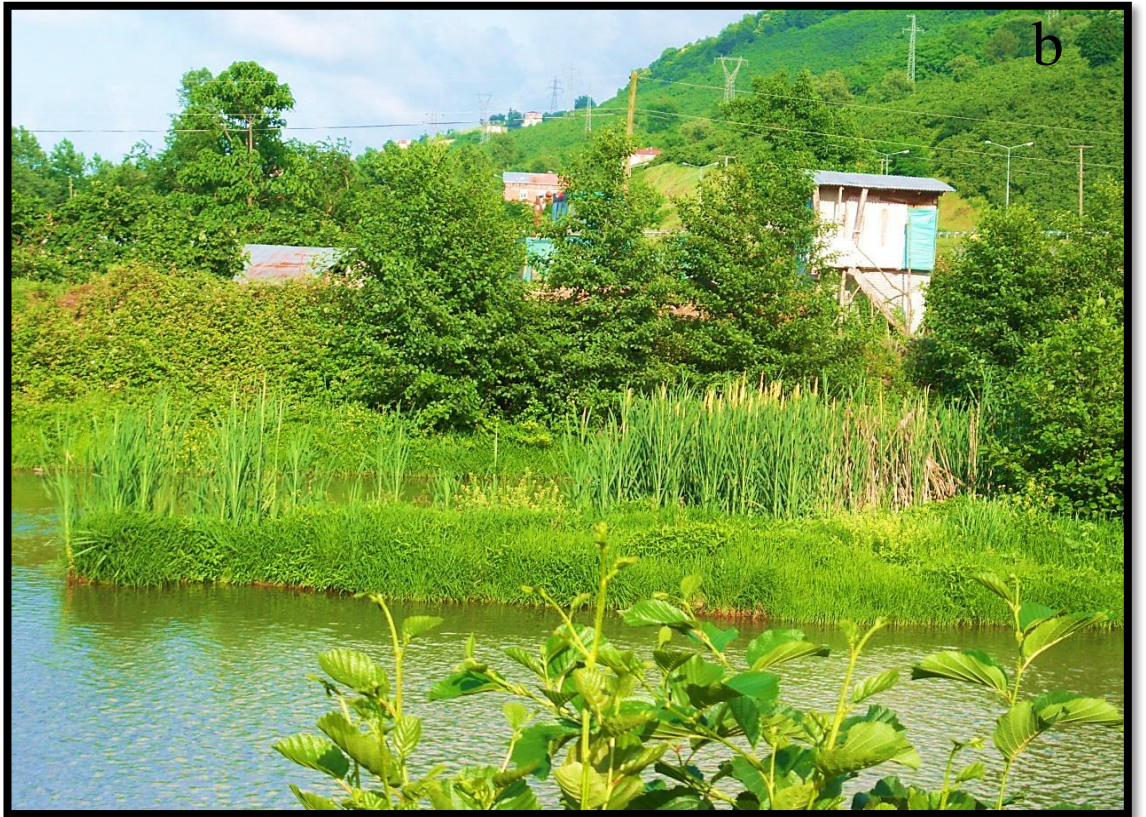
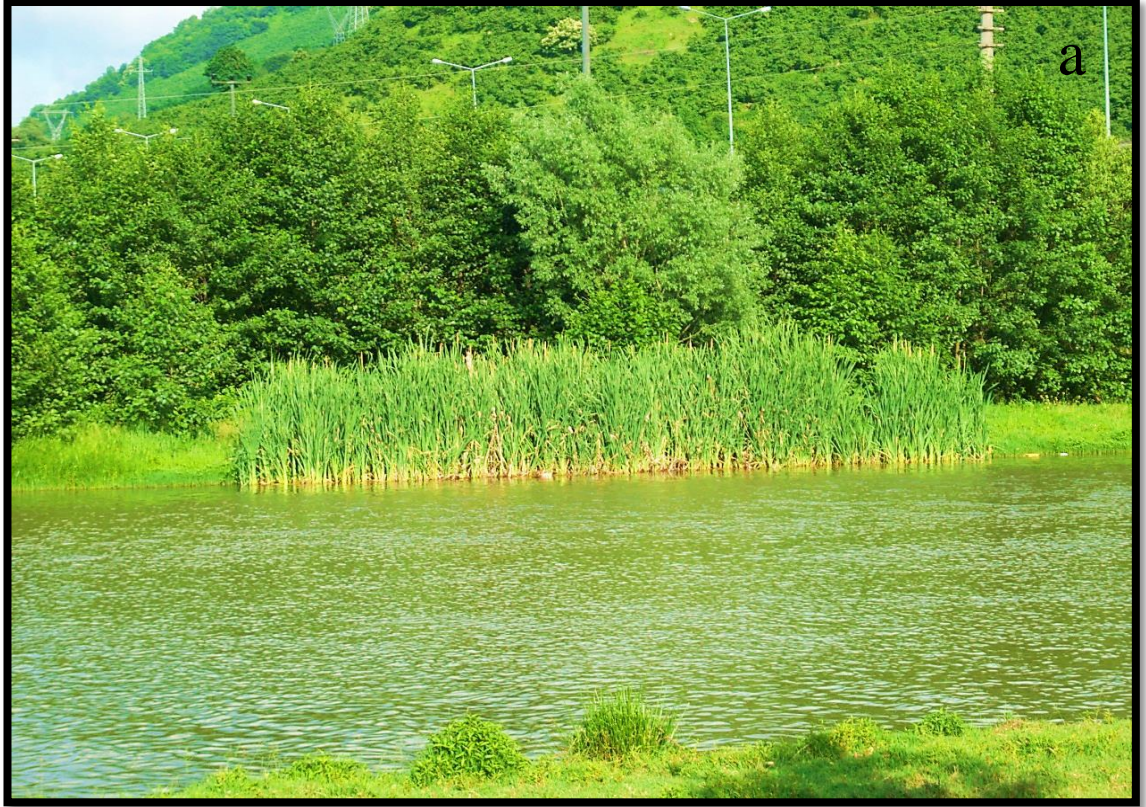
Turnasuyu Deresi zerinde Derinçay Regülatörü ve HES Projesi'nin yapılması planlanmıŐtır. Jeolojik yapısı, st kresate volkanik fasiyesine ait andezit, bazalt lavları ve tf kaya birimleri yer almaktadır. Bu birimler, koyu renkli, sert ve sıkı yapılı olup eklemli ve çatlaklıdır. Yüzeyden itibaren 1 m ayrıŐmalıdır. Dere yatağı boyunca bloklu, killi, kumlu, çakıl niteliğinde genç alüvyon ve yamaç molozu bulunmaktadır (Anonim 2013b). Şekil 4.7 ve 4.8 (a,b)'de Turnasuyu'ndaki çalışma istasyonları ve uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.6. Turnasuyu Deresi'nin 1/5 000 ölçekli haritası (Anonim 2013b)



Şekil 4.7. Turnasuyu Deresi'nden seçilen istasyonlar ve uydu görüntüsü



Şekil 4.8. (a,b) Turnasuyu Deresi'nde bulunan *Typha latifolia* bitkisi

4.1.2.3. Akçaova Deresi

Konumu 40°53'-41°02' kuzey paralelleri ile 37°40'-37°50' doğu meridyenleri arasında bulunan Akçaova Deresi, Ordu ili Ulubey ilçesinin kuzeybatısında Kurşunçalı mevkiinden doğar (Şekil 4.9). Güneybatı ve kuzeydoğu doğrultusunda akar ve Ordu ilinin 7 km batısında, Ordu-Perşembe sınırını oluşturarak Efirli mevkiinden Karadeniz'e ulaşır (Şekil 4.10). Yağış alanı 98 km², kolektör uzunluğu (yatak) 35 km'dir. Ortalama debisi 98 L/sn'dir. Mema ile mansap arasındaki kot farkı 1090 m olup, debisi $Q_{\max 100} = 318.7 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\max 500} = 416.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Taşkın ve kıyı oyuntusu zararına neden olabilecek potansiyele sahiptir (Anonim 2013c). Akçaova Deresi'ndeki çalışma istasyonları ve uydu görüntüsü verilmiştir Şekil 4.11. (a,b)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Akçaova Deresi'nin 1/25 000 ölçekli haritası



Şekil 4.10. Akçaova Deresi'nden seçilen istasyonlar ve uydu görüntüsü





Şekil 4.11. (a,b) Akçaova Deresi'nde bulunan *Typha latifolia* bitkisi

4.1.3. Araştırma Alanlarının İklimsel Özellikleri

Ordu'nun kıyı kesiminde, tipik Karadeniz iklimi görülür. Karadeniz iklimi her mevsimde bol yağışlı olan bir iklimdir. İlde yaz aylarında bunaltıcı sıcaklar olmaz. Bol yağışlar bölgede zengin bir bitki örtüsünün oluşmasına izin vermiştir. Buna karşılık ilin güney kısımları, İç Anadolu'ya yakın olması sebebiyle yer yer karasal iklim özellikleri taşır. İklimin kıyı ve iç kesimlerde farklı olmasında Canik dağlarının önemli etkisi vardır. Kışların ılık yazların serin geçtiği bölge bol yağışlı ve sislidir (Anonim 2013b).

Kuzeyden gelen soğuk rüzgârlar taşıdıkları deniz nemini Canik Dağları'nın kuzey eteklerinde bırakır. Bu yüzden bu bölgede çok yağmur yağar. Canik Dağları'nın güneyinde, bu durum birden değişir. Deniz etkisinden kalan bu bölge, tümüyle karasal iklimin etkisi altındadır. Denize bakan yamaçlarda yaz ile kış ve gece ile gündüz arasında yüksek ısı farkları yoktur. Buna karşılık, güneyde yazlar sıcak, kışlar soğuk geçmektedir. Yağışlarda kıyı kesimine göre çok daha azdır (Anonim 2013b).

Karadeniz kıyılarını belli bir yükselti kuşağına kadar kaplayan bitki örtüsünün oluşumunda, ılık ve bol yağışlı iklim özelliklerinin etkisi çok büyüktür. Doğal bitki örtüsü olarak, kıyıdan başlayıp, 500-600 m yükselteli yamaçları izleyerek yer yer yüzey şekillerine bağlı olarak daralan ya da genişleyen bir orman şeridi göze çarpar. Ormanları genelde ladin, sarıçam, göknar, kayın, meşe ağaçları oluşturmaktadır. Ordu Türkiye'nin en çok yağış alan illerinden biridir, ilin yıllık toplam yağış miktarı 1039.8 mm'dir (Anonim 2013b).

Araştırma alanlarının iklimsel verileri Ordu Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden alınmış olup, Ordu ilinde tipik Karadeniz iklimi hüküm sürer. Ordu İl'inde SKYİ (Sonbahar, Kış, Yaz, İlbahar) Doğu Karadeniz Oseyanik yağış rejiminin 1.tipi görülür. Bu iklim tipi Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz kıyıları boyunca, özellikle Karadeniz dağlarının denize bakan yamaçlarında, batıda Bulgaristan sınırından doğuda Rusya sınırına kadar 1500 km'lik bir alanda yayılmaktadır. Oseyanik iklim kurak mevsimin bulunmayışı ile karakterize edilir (Akman 2011).

Ordu Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'ne ait sıcaklıkla ilgili veriler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Buna göre Ordu'da 1960-2012 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık 14.2 °C'dir. Ortalama yüksek sıcaklıklar 27.2 °C ile Ağustos ve 26.6 °C ile Temmuz aylarında gerçekleşmiştir.

Ortalama düşük sıcaklıklar ise Ocak'ta 3.7 °C, Şubat'ta 3.6 °C ve Mart'ta 5 °C'dir. 1960 ile 2012 yılları arasında Ordu'da kaydedilen en yüksek sıcaklık 1994 yılının Haziran ayında 37.3°C'dir (06.06.1994). En düşük sıcaklık ise 1964 yılının Ocak ayında -7.2 °C olarak gerçekleşmiştir (29.01.1964) (Çizelge 4.1).

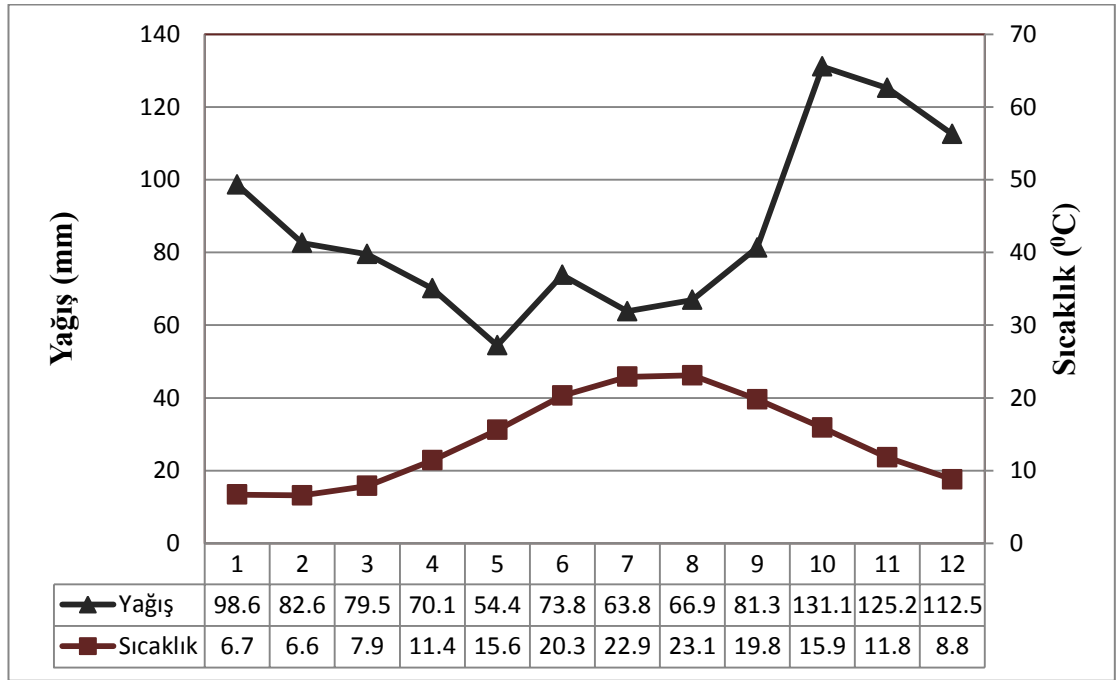
Çizelge 4.1. Ordu İli'nin 1960–2012 yıllarına ait iklim ortalama değerleri

ORDU	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1960 - 2012)												
Ortalama sıcaklık (°C)	6.7	6.6	7.9	11.4	15.6	20.3	22.9	23.1	19.8	15.9	11.8	8.8
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	10.7	10.8	12.0	15.1	19.1	23.9	26.6	27.2	24.2	20.2	16.4	13.0
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	3.7	3.6	5.0	8.2	12.3	16.4	19.3	19.7	16.6	12.8	8.6	5.7
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	2.3	3.1	3.2	4.2	5.5	7.2	6.3	6.1	5.2	4.2	3.3	2.3
Ortalama yağışlı gün sayısı	14.3	13.7	15.2	14.7	13.0	11.1	9.7	9.7	11.8	14.0	13.1	14.6
Aylık Toplam yağış miktarı ortalaması(kg/m ²)	98.6	82.6	79.5	70.1	54.4	73.8	63.8	66.9	81.3	131.1	125.2	112.5
Uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük değerler (1960 - 2012)												
En yüksek sıcaklık (°C)	25.8	28.3	32.8	36.5	35.6	37.3	37.1	36.3	36.4	34.2	32.4	29.7
En düşük sıcaklık (°C)	-7.2	-6.7	-4.7	-1.4	3.4	8.4	12.6	13.0	8.2	2.5	-1.5	-3.2
Günlük toplam en yüksek yağış miktarı	13.06.1975 171.3 kg/m ²			Günlük en hızlı rüzgâr	12.03.1968 128.5 km/sa			En yüksek kar	01.02.1967 62.0 cm			

Çizelge 4.2’de yağış rejimi ve yağışın mevsimlere göre dağılımı verilmiştir. Yağış, en fazla Ekim ayında 131.1 mm ve Kasım ayında 125.2 mm olarak gerçekleşmiştir. Yağışın en az olduğu aylar ise 54.4 mm ile Mayıs ve 63.8 mm ile Temmuz aylarıdır.

Çizelge 4.3’de yağış rejimi ve yağışın mevsimlere göre dağılımı verilmiştir. Buna göre en fazla yağış sonbahar aylarında (% 32.46), en az yağış ise ilkbahar aylarında (% 19.61) görülmektedir. Buna göre Ordu, Doğu Karadeniz Oseyanik yağış rejimi 1. tip (SKYİ) içinde yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Ordu İlinin 1960–2012 yıllarına ait iklim diyagramı



Çizelge 4.3. Yağış rejimi ve yağışın mevsimlere göre dağılımı

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Yıllık	Yağış rejimi	Yağış rejim tipi
mm	204	204.5	337.6	293.7	1039.8	SKYI	Doğu Karadeniz Oseyanik Yağış
%	19.61	19.66	32.46	28.24			Rejimi 1. Tipi

4.1.3.1. Biyoiklimsel Sentez

Meteorolojik olayların bir bütünü olan iklim elemanları, bitkiler üzerinde de bir bütün halinde etkili olmaktadır. Düşük sıcaklıklar bitkilerin gelişmesini sınırlayan önemli bir faktör olurken, yüksek sıcaklık terlemeyi arttırdığından bitkilerin vejetasyon süresini kısaltmaktadır (Kılıç ve ark. 2010).

Emberger (1952), Akdeniz ikliminin katlarını tayin etmek için şu formülü önermiştir:

$$Q = \frac{1000 P}{\frac{M + m}{2} - (M - m)} \quad (4.1)$$

veya

$$Q = 2000 P / (M^2 - m^2) \quad (4.2)$$

Burada;

Q = Yağış - sıcaklık emsali

P = Yıllık yağış miktarı (mm)

M = En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (°C)

m = En soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (°C)

M - m = Karasallığı dolayısıyla evapotranspirasyonu gösteren yıllık sıcaklık farkı (°C)

(M + m) / 2 = Kuraklığı göstergesi

°C = +273°K

Veriler °C kullanılmak istendiğinde aşağıdaki formül uygulanır:

$$Q = \frac{2000 P}{(M + m + 546.4) (M - m)} \quad (4.3)$$

Q değeri ne kadar büyükse iklim o kadar nemli, ne kadar küçükse iklim o kadar kuraktır. Q ve P değerlerine göre Akdeniz iklimleri şu biyoiklim katlarına ayrılır (Akman 2011):

Q < 20; P < 300 mm: Çok kurak Akdeniz iklimi

Q = 20-30; P = 300-400 mm: Kurak Akdeniz iklimi

Q = 32-63; P = 400-600 mm: Yarı kurak Akdeniz iklimi

Q = 63-98; P = 600-800 mm: Az yağışlı Akdeniz iklimi

Q > 98; P > 1000 mm: Yağışlı Akdeniz iklimi

Araştırma alanımız Q = 153.2 ve P= 1039.8 değeri ile **Yağışlı Akdeniz Biyoiklim Katına** dâhildir (Çizelge 4.4).

“m” donlu devrelerin süresini ifade eder. m değeri ne kadar küçükse soğuk devre o kadar uzundur. m değerinin sıfırdan büyük veya küçük oluşuna göre Akdeniz biyoiklim katlarının alt tipleri:

m > 0 °C olduğunda;

m >10 °C: çok sıcak Akdeniz iklimi

7 °C < m < 10 °C: sıcak Akdeniz iklimi

4.5 °C < m < 7 °C: yumuşak Akdeniz iklimi

3 °C < m < 4.5 °C: ılık (mutedil) Akdeniz iklimi

0°C < m < 3 °C: serin Akdeniz iklimi

$m < 0$ °C olduğunda;

$m < -10$ °C: kışı buzlu

-7 °C $< m < -10$ °C: kışı son derece soğuk

-3 °C $< m < -7$ °C: kışı çok soğuk

0 °C $< m < -3$ °C: kışı soğuk

Emberger (1952) kurak indisi için şu formülü önermiştir:

$$S = PE / M \quad (4.4)$$

PE = Yaz yağışı toplamı (mm),

M = En sıcak ayın max. sıcaklık ortalaması (°C),

S = Kuraklık indisini ifade etmektedir.

Burada;

PE = P6 + P7 + P8 yani Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki yağış toplamıdır.

M = En sıcak ayın maksimum ortalaması

S değerine göre istasyon;

$S < 5$ ise Akdenizli,

S 5 ile 7 arasında ise Yarı-Akdeniz,

$S > 7$ ise Akdenizli değildir.

Araştırma alanımız $S = 7.51$ değeri ile oseyanik iklimin etkisi altındadır (Çizelge 4.4). Bu nedenle de Ordu ili yapraklı ormanlar için çok uygundur. Ordu ilinde yaz yağışları 200 mm^3 'ün altındadır. Ordu ili kurak mevsimin bulunmayışı ile karakterize edilir. Aylık yağış miktarı 40 ila 60 mm^3 'den fazladır (Akman 2011).

Çizelge 4.4. Biyoiklimsel sentez tablosu

M	m	Q	PE	S	P	Yağış rejimi	Biyoiklim katı/tipi	Biyoiklim alt katı
27.2	3.7	153.2	204.5	7.51	1039.8	SKYİ	Yağışlı Akdeniz biyoiklim katı	Kışı ılık (mutedil) Akdeniz biyoiklim katı

4.2. Yöntem

4.2.1. Arazi Çalışması

Bu çalışmada Ordu ilinde bulunan Turnasuyu, Melet ve Akçaova akarsularının aşağı havzalarındaki sulak alanlarda yayılış gösteren *Typha latifolia* L. türüne ait örneklerde ağır metal birikimi ve makro element miktarları belirlenmiştir. Bu amaçla belirlenen lokalitelerden 3 farklı örneklem döneminde alınan örneklerde Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Pb ağır metalleri ile Ca, Na, Mg, K, N, P makro elementlerinin analizleri yapılmıştır. Analizler toplanan örneklerin kök, gövde, rizom, yaprak gibi değişik kısımlarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya 2012 Haziran ayında başlanmış olup, Haziran, Ağustos ve Ekim ayı olmak üzere 3 örneklem dönemine ait bitki örnekleri toplanmıştır. Çalışılacak lokaliteler ön arazi çalışması ile belirlenmiştir. Bu belirleme sırasında aynı vejetasyonu temsil eden doğal alanlar belirlenerek bu alanlardan, araziyi temsil edebilecek yarı sucül türler arasında, tüm lokaliteler içerisinde ortak ve populasyon yoğunluğu fazla olan ve hiperakümülatör bitki olduğu bilinen *Typha latifolia* L. türüne ait örnek bireyler seçilmiştir. Her bir lokalite içerisinde 3 tane çalışma istasyonu belirlenmiş olup her bir istasyondan 5'er birey alınmıştır. Her bir bireyin kök, gövde, yaprak ve rizom kısımlarına sahip olmasına dikkat edilmiştir. Bitkilerin seçiminde mikro çevre varyasyonundan kaçınmak için komşu bireyler arasında 2-3 m'lik mesafe olmasına önem verilmiştir (Boerner ve Koslowsky 1989, Yılmaz 2009). Toplanan örneklerinin sağlıklı, olgun ve böcekler tarafından yenmemiş olmasına dikkat edilmiştir. Toplanan bitkiler polietilen poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir.

4.2.2. Laboratuvar Çalışması

Laboratuvara getirilen bitki numunelerine toprak ve çeşitli partiküllerden temizlemek için bir ön yıkanma işlemi yapılmıştır. Yıkanan bitki numunelerinin hava akımının olduğu bir odada yaklaşık bir hafta kurutulması sağlanmıştır. Bu aşama sonrasında bitki numuneleri kök, gövde, yaprak ve rizom olmak üzere dört parçaya ayrılıp delikli kese kâğıtları içerisine konulmuştur. Kese kâğıtları içerisine konulan numuneler etüvde 65°C'de 48 saat kurutulduktan sonra bitki değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

4.2.2.1. Makro Element Analizleri

K, Na, Ca, Mg makro elementler tayini için analizinden önce bitki örneklerine yaş yakma metodu uygulanmıştır (Kacar ve İnal 2010). 0.3 g alınan bitki numuneleri nitrik asit – perklorik asit (5 ml nitrik asit: 3 ml perklorik asit) karışımı ile organik kısımları tamamen uzaklaşana kadar çözülmüştür. Çözülen numuneler Whatman 42 filtre kâğıdıyla süzülüş ve distile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Sıvı numuneler, GBC Avanta Σ model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS) ile düşük alev başlığı kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Azot (N) ve fosfor (P) makro elementleri için uygulanan metotlar aşağıda belirtilmiştir.

-Azot Analizi

Bitkide N analizi yönteminin temel prensibi, yapraklardaki serbest azotun amonyum iyonuna dönüştürülmesidir. Bunun için bitki örnekleri öncelikle konsantre sülfürik asit ile yüksek sıcaklıkta yaş yakmaya tabii tutulur. Burada Kjeldahl (selenyum) tableti reaksiyon sıcaklığını arttırıcı katalizör olarak işlev yapar. Organik karbonlu bileşikler okside olarak karbondioksite, hidrojenler suyla, hidrojene bağlı azot (N) amonyum haline dönüşür. Elde edilen çözelti ağırlıkça % 33-40'luk sodyum hidroksit çözeltisi ile destile edilir ve serbest hale geçen amonyak % 4'lük borik asit içinde tutularak kesin normalitesi belirlenmiş HCl ile titrasyona tabii tutulur.

Bitki numunelerindeki N konsantrasyonlarının belirlenmesi mikro Kjeldahl metodu ile yapılmıştır. Bu amaçla 0.25 g kuru ve öğütülmüş bitki numunesi alınarak üzerlerine 5 ml Sülfürik asit (H₂SO₄) ve katalizör (selenyum) tablet eklenmiştir. Kjeldahl VAP 30 S (Gerhardt) cihazında renkleri çağla yeşili oluncaya dek 400 °C'de yaklaşık 1.5 saat yakılmıştır. Bir süre soğutulduktan sonra örneklerin üzerine 25 ml

distile su eklenmiştir. Bu sırada distilasyon düzeneğinin alkali tankı % 40'lık NaOH ile doldurulmuştur. Daha sonra bir erlene % 4'lük borik asitten 10 ml ve 5 damla metil red indikatörü eklenmiş, alete yerleştirilerek distilasyon yapılmıştır. Titrasyon aşamasında büret 0.1 N HCl ile doldurulmuştur. Daha sonra erlendeki sıvı 0.1 N HCl ile titrasyon yapılarak, indikatörün pembe renginin gözlemlendiği anda harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir.

Kaydedilen HCl miktarında aşağıdaki denklem uygulanarak bitkideki % N konsantrasyonları belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2010).

$$\% N / 1 \text{ gr. Bitki örneği} = \frac{\text{Harcanan HCl miktarı} \times 0,14}{0,25} \quad (4.5)$$

-Fosfor Analizi

Bitkide fosfor analiz yönteminin temel prensibi, yaş yakma yöntemi ile yakılmış bitki örneğinin Barton çözeltisi ile renklendirildikten sonra oluşan rengin indensitesinin (ışık absorbanansı) standart seriye karşılık spektrofotometrede belirlenmesi esasına dayanır.

Barton çözeltisinin hazırlanması: 25 g amonyum molibdat 400 ml saf suda çözüldü. Çözünmeyi kolaylaştırmak için 50 °C'ye kadar ısıtıldı. 1.25 g amonyum monovanadat 1000ml'lik ölçü balonu içerisinde 300 ml'lik kaynar saf suda çözüldü. Oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra üzerine 250 ml konsantre nitrik asit konuldu ve çalkalandı. Her ikisi soğuduktan sonra karıştırılıp çözelti 1 lt'ye saf su ile tamamlandı.

Standart fosfor çözeltisinin hazırlanması: 1000 ml'lik ölçü balonu içerisinde 40 °C'de kurutulmuş 0.5 g KH₂PO₄ bir miktar saf suda çözüldü. Balon saf su ile 1 lt'ye tamamlandı. Bu çözelti 100 ppm fosfor kapsar. Daha sonra 100 ppm'lik fosfor çözeltisinden, 20 ppm'lik çözelti elde edildi.

Bitki örneklerinde fosfor analizinden önce yaş yakma metodu uygulanmıştır (Kacar ve İnal 2010). 0.3 gr alınan bitki numuneleri nitrik asit–perklorik asit (5 ml nitrik asit: 3 ml perklorik asit) karışımı ile organik kısımları tamamen uzaklaşana kadar

çözölmüştür. Çözölen numuneler Whatman 42 filtre kâğıdıyla süzülmüş ve distile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Fosfor analizinde 1, 2, 4, 6, 8 ppm'lik standart fosfor ve kör numuneler hazırlanmış ve bunların absorbans değeri spektrofotometrede 430 nm'de okunmuştur. Bitki numunelerinden ve barton çözeltilisinden 2 ml alınarak üzerlerine 16 ml distile su konularak çözeltiler hazırlanmış ve bunların absorbans değeri Shimadzu marka UV – 1800 model spektrofotometrede 430 nm'de okunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Fosfor analizi için kullanılan standartlar

Kör		2 ml Barton	18 ml saf su
1 ppm'lik standart	1 ml 20 ppm standart	2 ml Barton	17 ml saf su
2 ppm'lik standart	2 ml 20 ppm standart	2 ml Barton	16 ml saf su
4 ppm'lik standart	4 ml 20 ppm standart	2 ml Barton	14 ml saf su
6 ppm'lik standart	6 ml 20 ppm standart	2 ml Barton	12 ml saf su
8 ppm'lik standart	8 ml 20 ppm standart	2 ml Barton	10 ml saf su
Örnek	2 ml örnek	2 ml Barton	16 ml saf su

Aşağıdaki denklemlerle fosfor konsantrasyonları belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2010).

$$\text{ppm P / 1 g bitki örneği} = \text{Okunan değeri (absorbans)} \times \text{Kurve faktörü} \times \text{Sulandırma faktörü (100 / 0.3)} \quad (4.6)$$

$$\text{Kurve Faktörü} = \frac{\frac{1 \text{ ppm}}{\text{Abs}} + \frac{2 \text{ ppm}}{\text{Abs}} + \frac{4 \text{ ppm}}{\text{Abs}} + \frac{6 \text{ ppm}}{\text{Abs}} + \frac{8 \text{ ppm}}{\text{Abs}}}{n} \quad (4.7)$$

n (5)

$$\% \text{ P / 1 gr Bitki örneği} = \text{ppm P / 10000} \quad (4.8)$$

4.2.2.2. Mikro Element Analizi

Mikro element analizinden önce bitki örnekleri yaş yakma metodu uygulanmıştır (Kacar ve İnal 2010). 0.3 g alınan bitki numuneleri nitrik asit –perklorik asit (5 ml nitrik asit: 3 ml perklorik asit) karışımı ile organik kısımları tamamen uzaklaşana kadar çözülmüştür. Çözülen numuneler Whatman 42 filtre kâğıdıyla süzölmüş ve distile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Sıvı numunelerin mikro element (Cd, Zn, Pb, Cu, Fe, Mn) analizleri, GBC Avanta Σ model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS) ile yapılmıştır.

4.2.3. İstatistik Değerlendirme

Yürütölen denemede ele alınan özellikler bakımından elde edilen veriler üç-yönlü varyans analizi (three-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılım kontrolü Kolmogorov-Simirnov Testi ile varyansların homojenlik kontrolü ise Levene Testi ile yapılmıştır. Farklı ortalamaların belirlenmesinde % 5 önem düzeyinde yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Verilere ait tanıtıcı istatistikler verilmiş (ortalama±standart hata, standart sapma, en büyük ve en küçük gözlem değerleri) ve Tukey testi sonuçları ortalamaların yanında harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir. Tüm hesaplamalar SPSS 21 istatistik paket programı ile yapılmıştır.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Bulgular

Çalışma alanları olarak seçilen Turnasuyu, Melet ve Akçaova akarsularında ve her üç akarsuyun kenarından seçilen üç çalışma istasyonu üzerinde toplanan *Typha latifolia* (L.) örneklerinde, bitkinin kök, gövde, yaprak ve rizom kısımlarının mikro element (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Mn) içerikleri Çizelge 5.1 'de, makro element (N, P, K, Ca, Mg, Na) içerikleri Çizelge 5.2 'de verilmiştir.

Ayrıca her bir mikro ve makro elementin varyans analizi ve istatistiksel sonuçları Çizelge 5.3 – 5.39 'da ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 5.1. Tüm istasyonlardan toplanan *Typha latifolia* örneklerinde mikro element içerikleri (mg/kg)
1, 2, 3: İstasyonlar, K: kök, G: gövde, Y: yaprak, R: rizom, H: Haziran, A: Ağustos, E: Ekim

İstasyonlar	Kısımlar	Bakır (Cu)			Çinko (Zn)			Demir (Fe)			Kadmilyum (Cd)			Kurşun (Pb)			Mangan (Mn)			
		H	A	E	H	A	E	H	A	E	H	A	E	H	A	E	H	A	E	
TURNASUYU	1.	K	0.20	0.00	0.20	1.00	1.20	1.20	32.03	45.33	50.67	0.00	0.20	0.20	0.10	0.50	0.70	2.40	2.00	3.50
		G	0.00	0.00	0.10	1.40	1.10	1.60	0.39	0.99	1.43	0.10	0.20	0.10	0.00	0.60	0.40	0.90	1.50	1.00
		Y	0.00	0.00	0.20	1.00	1.40	1.30	0.58	0.77	0.84	0.00	0.10	0.20	0.10	0.60	0.70	6.50	11.80	4.80
		R	0.10	0.00	0.10	1.00	1.10	1.10	1.32	19.45	23.70	0.20	0.10	0.20	0.20	0.30	0.50	1.80	1.60	1.20
	2.	K	0.20	0.00	0.00	1.20	1.40	1.20	21.97	22.75	21.55	0.10	0.20	0.20	0.20	0.60	0.60	3.60	2.50	3.60
		G	0.00	0.00	0.10	1.50	1.60	1.10	0.97	1.07	0.93	0.20	0.20	0.10	0.10	0.60	0.60	0.40	0.90	0.50
		Y	0.00	0.00	0.10	0.90	1.00	1.00	0.78	0.49	0.71	0.30	0.10	0.20	0.30	0.60	0.40	2.10	3.30	2.90
		R	0.10	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90	8.30	5.11	2.51	0.20	0.10	0.20	0.20	0.30	0.60	0.50	0.90	0.50
	3.	K	0.20	0.00	0.20	1.20	1.40	1.20	33.1	38.54	54.35	0.20	0.20	0.10	0.10	0.50	0.40	1.90	1.00	1.60
		G	0.00	0.10	0.00	1.40	1.20	1.30	1.66	1.46	1.21	0.20	0.10	0.10	0.30	0.40	1.10	0.60	0.70	0.60
		Y	0.00	0.00	0.10	1.10	1.10	1.10	1.17	0.76	2.51	0.20	0.20	0.10	0.40	0.70	0.70	4.80	1.60	3.70
		R	0.10	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	14.16	12.02	27.67	0.20	0.10	0.20	0.60	0.80	0.70	1.00	0.40	0.60
MELET	1.	K	0.10	0.10	0.10	1.20	1.20	1.30	37.5	39.46	38.79	0.20	0.20	0.20	0.50	0.90	0.60	2.10	2.50	2.00
		G	0.00	0.10	0.00	1.90	2.30	1.40	1.95	2.04	1.88	0.10	0.10	0.30	0.50	0.50	0.70	1.00	1.30	0.50
		Y	0.00	0.10	0.10	1.20	1.20	1.10	0.97	0.70	1.24	0.20	0.20	0.30	0.70	0.60	0.40	6.70	5.90	6.50
		R	0.1	0.10	0.10	1.00	1.20	1.20	18.45	9.54	8.85	0.20	0.20	0.30	0.40	0.60	0.80	1.30	0.90	0.60
	2.	K	0.20	0.10	0.20	1.40	1.30	2.00	21.87	21.77	34.01	0.10	0.20	0.30	0.70	0.50	0.80	1.50	2.30	3.40
		G	0.00	0.10	0.10	2.00	2.70	1.80	1.56	1.34	1.28	0.10	0.10	0.30	0.70	0.90	0.50	0.80	0.70	0.50
		Y	0.00	0.00	0.00	1.10	1.20	1.20	1.17	1.15	1.07	0.20	0.10	0.20	0.40	0.60	0.50	6.40	4.90	6.50
		R	0.10	0.10	0.10	1.10	1.10	1.10	9.47	4.67	6.49	0.20	0.20	0.30	0.60	0.60	0.80	1.00	0.60	0.60
	3.	K	0.20	0.00	0.20	1.30	1.50	4.30	20.21	32.08	55.96	0.10	0.20	0.30	0.70	0.50	0.90	2.00	1.80	5.60
		G	0.00	0.00	0.10	3.50	4.30	2.00	1.36	1.92	2.11	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.50	2.10	1.00	0.50
		Y	0.00	0.10	0.10	1.10	1.10	1.10	0.78	0.74	1.17	0.20	0.20	0.20	0.80	0.70	0.70	10.60	7.00	1.40
		R	0.10	0.10	0.10	1.00	1.30	1.30	11.03	10.29	12.50	0.20	0.20	0.20	0.50	0.70	1.00	1.20	0.80	0.50
AKÇAOVA	1.	K	0.10	0.00	0.20	1.30	1.20	1.10	14.84	27.30	32.09	0.20	0.10	0.10	0.40	0.90	0.60	2.40	3.60	1.70
		G	0.00	0.00	0.00	1.40	1.30	1.00	1.07	1.74	2.45	0.10	0.20	0.20	0.50	0.80	0.80	0.10	0.50	0.20
		Y	0.00	0.00	0.10	1.60	1.00	1.00	0.68	1.64	0.81	0.30	0.20	0.20	0.40	0.90	0.70	0.40	1.70	2.30
		R	0.10	0.00	0.10	1.00	1.20	1.00	4.88	3.46	5.49	0.20	0.20	0.10	0.50	0.70	0.80	0.30	0.40	0.40
	2.	K	0.20	0.00	0.10	1.10	1.30	1.20	33.98	28.87	20.72	0.20	0.10	0.10	0.50	0.70	0.90	2.60	2.70	2.70
		G	0.10	0.00	0.00	1.30	1.40	1.20	2.73	1.93	1.25	0.20	0.10	0.20	0.50	0.60	0.60	0.40	0.50	0.30
		Y	0.00	0.00	0.00	0.90	1.20	1.20	1.26	1.05	0.95	0.20	0.20	0.20	0.40	0.90	0.70	2.00	5.50	2.50
		R	0.10	0.00	0.10	1.00	1.10	1.70	7.51	3.81	5.35	0.20	0.20	0.20	0.50	0.70	0.80	0.50	0.50	0.50
	3.	K	0.20	0.10	0.20	1.10	1.10	1.00	22.85	30.30	30.09	0.20	0.20	0.30	0.50	0.70	0.70	2.90	3.90	8.10
		G	0.00	0.10	0.10	2.40	1.20	1.00	1.46	1.41	1.04	0.20	0.20	0.30	0.50	0.90	1.00	0.60	0.90	0.50
		Y	0.00	0.00	0.10	1.00	1.10	1.00	1.17	0.76	0.73	0.20	0.20	0.10	0.50	0.90	0.60	3.10	4.90	3.30
		R	0.10	0.10	0.00	1.00	1.30	1.40	8.10	6.89	5.37	0.20	0.20	0.30	0.40	0.90	0.80	0.80	1.10	0.80

Çizelge 5.2. Tüm istasyonlardan toplanan *Typha latifolia* örneklerinde makro element içerikleri N, P (%), K, Ca, Mg, Na (mg/kg), 1, 2, 3: İstasyonlar, K: kök, G: gövde, Y: yaprak, R: rizom, H: Haziran, A: Ağustos, E: Ekim

İstasyonlar Kısımlar		Azot (N)			Fosfor (P)			Potasyum (K)			Kalsiyum (Ca)			Magnezyum (Mg)			Sodyum (Na)			
		H	A	E	H	A	E	H	A	E	H	A	E	H	A	E	H	A	E	
TURNASUYU	1.	K	1.120	0.392	1.008	0.3169	0.2855	0.3134	185.46	108.20	171.50	27.27	25.30	18.20	43.32	34.90	40.20	23.10	21.1	22.50
		G	1.176	0.672	2.072	0.4239	0.4248	0.4880	73.09	57.70	74.20	18.75	25.90	6.20	17.03	1.50	8.80	22.30	24.0	14.20
		Y	3.360	2.800	2.632	0.3831	0.3590	0.4011	126.90	79.40	165.20	43.75	76.53	35.20	29.59	24.30	14.60	7.90	8.3	15.90
		R	1.232	0.392	1.904	0.4317	0.3440	0.4454	149.78	132.60	179.80	31.25	26.60	16.00	34.91	23.90	16.80	21.10	20.0	16.60
	2.	K	1.008	0.616	0.784	0.3981	0.3160	0.3603	199.85	98.40	190.90	29.54	17.90	25.30	46.63	40.10	40.30	26.30	25.2	26.10
		G	3.304	1.232	0.896	0.9416	0.8719	0.5542	191.07	99.30	92.60	18.79	15.00	6.70	44.49	40.40	27.70	24.70	25.2	16.90
		Y	1.904	2.072	1.848	0.3689	0.3431	0.3388	188.48	82.70	128.70	42.02	37.60	39.70	43.56	30.20	35.40	19.20	18.7	22.30
		R	0.896	0.392	0.672	0.4441	0.3689	0.3921	186.90	152.30	172.50	25.56	20.60	13.40	43.22	35.40	25.90	29.60	27.3	23.50
	3.	K	0.952	0.672	0.840	0.3117	0.3246	0.3255	179.28	164.70	187.50	27.84	17.90	12.50	41.45	27.70	31.70	23.50	21.2	22.90
		G	2.016	0.952	2.218	0.3973	0.6024	0.5349	79.85	234.20	74.40	19.31	16.50	5.70	17.33	16.70	1.10	10.10	23.5	12.70
		Y	3.192	3.024	3.024	0.3925	0.4029	0.4588	140.28	165.30	171.90	67.61	26.00	33.90	31.73	21.60	18.20	19.30	9.4	16.50
		R	1.344	0.784	1.568	0.3710	0.4029	0.4798	130.35	222.30	189.30	36.93	20.00	11.60	29.09	14.50	17.20	20.30	20.4	18.20
MELET	1.	K	0.784	0.560	0.504	0.4231	0.3341	0.3182	190.79	161.00	144.20	74.43	43.80	49.10	41.99	28.60	30.40	23.80	22.7	23.00
		G	0.560	0.896	1.232	0.5873	0.4837	0.4678	63.74	110.50	83.80	22.15	19.20	6.90	12.69	5.90	2.50	11.30	22.4	17.70
		Y	1.960	2.632	1.512	0.3723	0.3968	0.3582	113.38	153.30	137.30	69.31	38.40	77.20	23.91	4.90	3.30	18.10	10.2	11.10
		R	0.672	0.448	1.176	0.4385	0.3702	0.5392	138.84	169.50	179.70	46.02	17.80	12.50	29.43	4.30	9.80	16.80	16.3	16.60
	2.	K	1.008	0.504	0.616	0.4003	0.3169	0.3001	174.96	156.20	141.80	65.90	42.40	31.20	38.05	34.0	32.70	24.10	22.1	23.70
		G	1.008	1.904	1.624	0.5559	0.4867	0.5275	58.70	101.30	49.80	27.84	8.00	5.90	12.22	3.10	4.70	18.50	19.0	12.20
		Y	2.688	2.576	2.576	0.3999	0.4261	0.4244	133.09	153.30	168.00	84.65	43.60	61.13	27.59	20.90	8.10	8.60	9.7	15.80
		R	1.568	0.840	1.456	0.5521	0.4205	0.4613	130.21	186.60	158.40	29.54	12.90	10.70	26.79	7.60	6.50	18.70	17.6	17.40
	3.	K	0.728	0.392	0.840	0.3349	0.3087	0.3543	186.47	140.50	108.00	62.51	52.60	39.00	40.52	34.70	19.90	24.60	22.3	19.50
		G	0.896	1.120	1.568	0.5478	0.6135	0.5486	117.41	84.60	94.10	28.40	13.50	5.30	24.42	11.10	10.00	11.20	23.5	5.60
		Y	2.352	2.576	1.848	0.3814	0.3809	0.4149	120.86	121.50	202.70	75.56	72.90	70.22	25.38	14.30	22.80	21.90	10.1	12.80
		R	1.232	0.504	1.568	0.4893	0.4037	0.4854	157.12	188.30	165.20	34.09	29.10	13.40	32.67	12.10	6.10	20.10	20.1	15.70
AKÇAĞVA	1.	K	1.400	0.840	1.064	0.3306	0.3152	0.3173	172.23	55.60	130.30	51.13	52.80	43.00	39.08	29.20	31.70	20.60	21.1	22.00
		G	5.208	2.296	1.456	0.6075	0.5925	0.4510	122.73	144.70	41.30	22.72	22.80	9.10	27.29	0.90	4.00	23.70	22.8	7.10
		Y	1.904	1.792	2.184	0.3289	0.3487	0.3564	118.12	110.10	131.30	65.34	52.80	49.10	26.02	17.40	12.30	22.60	19.2	18.90
		R	1.512	0.560	1.008	0.3943	0.3500	0.3601	129.92	176.00	173.90	42.04	31.50	23.80	28.73	14.20	13.40	22.90	22.4	18.40
	2.	K	1.400	0.784	0.896	0.3603	0.3164	0.3259	168.48	47.40	176.60	64.20	55.39	40.60	37.61	26.10	29.00	25.10	22.3	23.80
		G	4.368	2.240	1.960	0.8298	0.3594	0.5822	122.30	49.00	128.90	26.70	31.80	8.80	26.22	3.60	3.70	23.20	22.4	14.40
		Y	2.184	2.240	2.632	0.3573	0.3452	0.3745	128.48	59.50	174.00	76.70	75.45	41.70	27.99	15.50	21.80	15.20	13.5	19.10
		R	0.952	0.504	1.288	0.3956	0.3276	0.3680	121.87	116.30	240.50	45.39	23.50	29.50	26.22	3.90	18.90	19.20	18.8	21.10
	3.	K	1.120	0.728	0.616	0.3895	0.3035	0.2926	169.20	99.20	164.70	60.79	35.20	36.60	37.41	34.50	40.30	25.40	23.6	25.30
		G	2.296	2.520	1.680	0.5327	0.5202	0.4639	100.14	188.80	51.50	23.29	37.90	5.70	21.21	16.90	0.80	26.30	23.9	7.50
		Y	1.960	2.520	2.352	0.3728	0.3457	0.3745	189.06	129.10	151.10	93.75	63.12	41.80	41.79	28.00	20.40	18.30	17.5	17.60
		R	1.232	0.560	0.896	0.4312	0.3418	0.3650	130.21	223.60	182.00	41.47	30.30	21.60	27.29	25.80	19.90	24.10	24.0	21.80

5.1.1. Bakır

Bakır elementi için yapılan varyans analizi sonucunda kısım*zaman interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.3). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.4’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.3. Bakır miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	0.010556	0.005278	2.38	0.100
Kısım	3	0.131111	0.043704	19.67	0.000
Zaman	2	0.057222	0.028611	12.87	0.000
Akarsu*Kısım	6	0.009444	0.001574	0.71	0.644
Akarsu*Zaman	4	0.020556	0.005139	2.31	0.066
Kısım*Zaman	6	0.113889	0.018981	8.54	0.000**
Akarsu*Kısım*Zaman	12	0.017222	0.001435	0.65	0.796
Hata	72	0.160000	0.002222		
Genel	107	0.520000			

**, %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.4’de görüldüğü gibi bitki örneklerinin gövde kısmındaki en büyük bakır ortalaması 0.0556 ± 0.0176 ile Ekim ayında, en küçük bakır ortalaması ise $0,0111\pm 0,0111$ ile Haziran ayında görülmüştür. Ortalaması 0.0444 ± 0.0176 olan Ağustos ayı ile üç örneklem zamanının aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin kök kısmındaki en büyük bakır ortalaması 0.1778 ± 0.0147 ile Haziran ayında, en küçük bakır ortalaması 0.0333 ± 0.0167 ile Ağustos ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 0.1556 ± 0.0242 olan Ekim ayı örnekleri ile Haziran ayı örnekleri arasında Tukey testine göre bir farklılık görülmemiştir.

Bitki örneklerinin rizom kısmındaki en büyük bakır ortalaması 0.1000 ± 0.0000 ile Haziran ayında, en küçük bakır ortalaması ise 0.0444 ± 0.0176 ile Ağustos ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ancak ortalaması 0.0667 ± 0.0167 olan Ekim ayı Haziran ve Ağustos aylarından istatistiksel olarak farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Bitki örneklerinin yaprak kısmındaki en büyük bakır ortalaması $0,0889 \pm 0,0200$ ile Ekim ayında, en küçük bakır ortalaması ise 0.0000 ± 0.0000 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 0.0222 ± 0.0147 olan Ağustos ayı örnekleri Haziran ayı ile istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Haziran ayı örneklerinde en yüksek bakır ortalaması kök kısmında (0.1778 ± 0.0147), en düşük bakır ortalaması yaprak kısmında (0.0000 ± 0.0000) bulunmuş olup aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$). Ancak örneklerin gövde ve yaprak kısmı arasında farklılık görülmezken örneklerin kök ve rizom kısımları arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayındaki örneklerde en büyük bakır ortalaması 0.0444 ± 0.0176 ile gövde ve rizom kısmında, en küçük bakır ortalaması 0.0222 ± 0.0147 ile yaprak kısmında gözlenmiştir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Ağustos ayı örneklerinin tüm bitki kısımları arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ekim ayı örneklerinde ise en yüksek birikim kök kısmında (0.1556 ± 0.0242), en düşük bakır birikimi ise gövde kısmında (0.0556 ± 0.0176) görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ekim ayı örneklerinin kök ile yaprak arasında ve gövde ile rizom arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.4. Bakır miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Kısım	Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	Haziran	9	0.0111±0.0111Ac	0.0000	0.0000-0.1000
	Ağustos	9	0.0444±0.0176Aa	0.0527	0.0000-0.1000
	Ekim	9	0.0556±0.0176Ab	0.0527	0.0000-0.1000
Kök	Haziran	9	0.1778±0.0147Aa	0.0441	0.1000-0.2000
	Ağustos	9	0.0333±0.0167Ba	0.0500	0.0000-0.1000
	Ekim	9	0.1556±0.0242Aa	0.0726	0.0000-0.2000
Rizom	Haziran	9	0.1000±0.0000Ab	0.0000	0.1000-0.1000
	Ağustos	9	0.0444±0.0176Ba	0.0527	0.0000-0.1000
	Ekim	9	0.0667±0.0167ABb	0.0500	0.0000-0.1000
Yaprak	Haziran	9	0.0000±0.0000Bc	0.0000	0.0000-0.0000
	Ağustos	9	0.0222±0.0147Ba	0.0441	0.0000-0.1000
	Ekim	9	0.0889±0.0200Aa	0.0601	0.0000-0.2000

Aynı bitki kısmında farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı zamanda farklı küçük harfi olan bitki kısımları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.5’de ise akarsuların bakır miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Akarsular arasında bakır bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.5. Akarsuların bakır miktarına ait tanıtıcı istatistikleri

	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	36	0.0611±0.0115	0.0688	0.0000-0.2000
Melet	36	0.0806±0.0104	0.0624	0.0000-0.2000
Turnasuyu	36	0.0583±0.0128	0.0770	0.0000-0.2000

5.1.2. Çinko

Çinko elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*bitki kısımları*zaman üçlü interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.6). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.7’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.6. Çinko miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	4.3235	2.1618	14.08	0.000
Kısım	3	6.4921	2.1640	14.10	0.000
Zaman	2	0.1035	0.0518	0.34	0.715
Akarsu*Kısım	6	4.5365	0.7561	4.93	0.000
Akarsu*Zaman	4	0.3031	0.0758	0.49	0.740
Kısım*Zaman	6	2.4409	0.4068	2.65	0.022
Akarsu*Kısım*Zaman	12	3.9680	0.3307	2.15	0.023**
Hata	72	11.0533	0.1535		
Genel	107	33.2210			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.7’de görüldüğü gibi Akçaova Deresi’ndeki örneklerde bitkinin gövde kısmında en büyük çinko ortalaması 1.700 ± 0.351 ile Haziran ayında, en küçük çinko ortalaması ise $1,066\pm 0,066$ ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ortalaması 1.300 ± 0.057 olan Ağustos ayı Ekim ve Haziran ayı ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Akçaova’daki örneklerin kök kısmında en büyük çinko ortalaması 1.200 ± 0.057 ile Ağustos ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.100 ± 0.057 ile Ekim ayında görülmüştür. Ortalaması 1.166 ± 0.066 olan Haziran ayı örnekleri ile Akçaova’da örneklerin gövde kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Akçaova Deresi'ndeki örneklerin rizom kısmında en büyük çinko ortalaması 1.367 ± 0.203 ile Ekim ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.000 ± 0.000 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ortalaması 1.200 ± 0.057 olan Ağustos ayı ile bitkinin rizom kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.05$).

Akçaova Deresi örneklerinin yaprak kısmında en büyük çinko ortalaması $1,167\pm 0,219$ ile Haziran ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.066 ± 0.066 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ortalaması 1.100 ± 0.057 olan Ağustos ayı ile bitkinin yaprak kısmının her üç zamanda aralarındaki fark Tukey testine göre önemsizdir.

Melet Irmağı'ndaki örneklerde bitkinin gövde kısmında en büyük çinko ortalaması $3,100\pm 0,611$ ile Ağustos ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.733 ± 0.176 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 2.467 ± 0.517 olan Haziran ayı bitki örnekleri, Ağustos ve Ekim ayları ile arasında istatistiki farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Melet Irmağı'ndaki örneklerin kök kısmında en büyük çinko ortalaması $2,533\pm 0,906$ ile Ekim ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.300 ± 0.057 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinde kök kısmının ortalaması 1.333 ± 0.088 olan Ağustos ayı ile Haziran ayı arasında fark Tukey testine göre önemsizdir.

Melet Irmağı'ndaki örneklerin rizom kısmında en büyük çinko ortalaması 1.200 ± 0.057 ile Ağustos ve Ekim ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.033 ± 0.033 ile Haziran ayında görülmüştür. Bitki örneklerinde rizom kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Melet Irmağı örneklerinin yaprak kısmında en büyük çinko ortalaması 1.166 ± 0.033 ile Ağustos ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.133 ± 0.033 ile Haziran ve Ekim ayında görülmüştür. Bitki örneklerinde kök kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde bitkinin gövde kısmında en büyük çinko ortalaması 1.433 ± 0.033 ile Haziran ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.300 ± 0.153 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ortalaması 1.333 ± 0.145 olan Ekim ayı

ile bitki örnekleri gövde kısmının tüm zamanlar arasında istatistiksel fark Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin kök kısmında en büyük çinko ortalaması 1.333 ± 0.066 ile Ağustos ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.133 ± 0.066 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ortalaması 1.200 ± 0.000 olan Ekim ayı ile bitki örnekleri kök kısmının her üç zamanda aralarındaki fark Tukey testine göre önemsizdir.

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin rizom kısmında en büyük çinko ortalaması 1.033 ± 0.033 ile Ağustos ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.000 ± 0.000 ile Haziran ayında görülmüştür. Ortalaması 1.000 ± 0.057 olan Ekim ayı ile bitkinin rizom kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi örneklerinin yaprak kısmında en büyük çinko ortalaması 1.167 ± 0.120 ile Ağustos ayında, en küçük çinko ortalaması ise 1.000 ± 0.057 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ortalaması 1.133 ± 0.088 olan Ekim ayı ile bitkinin kök kısmının her üç zamanda aralarında fark Tukey testine göre önemsizdir.

Çizelge 5.7'de bitki örneklerinin gövde kısmına bakıldığında, Haziran ayı içerisinde en büyük çinko ortalaması 2.467 ± 0.517 ile Melet Irmağı'nda, en küçük çinko ortalaması ise 1.433 ± 0.033 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 1.700 ± 0.351 olan Akçaova ile Turnasuyu Deresi aralarında istatistiki olarak fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin gövde kısmında, Ağustos ayı içerisinde en büyük çinko ortalaması 3.100 ± 0.611 ile Melet Irmağı'nda, en küçük çinko ortalaması ise 1.300 ± 0.057 ile Akçaova Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 1.300 ± 0.153 olan Turnasuyu ile Akçaova Deresi aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Bitki örneklerinin gövde kısmında, Ekim ayı içerisinde en büyük çinko ortalaması 1.733 ± 0.176 ile Melet Irmağı'nda, en küçük çinko ortalaması ise 1.066 ± 0.066 ile Akçaova Deresi'nde görülmüştür. Ortalaması 1.333 ± 0.145 olan Turnasuyu Deresi ile her üç alarsu için aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin kök kısmı incelendiğinde Haziran ayı içerisinde en büyük çinko ortalaması Melet Irmağı'nda (1.300 ± 0.057), en küçük çinko ortalaması ise Turnasuyu Deresi'nde (1.133 ± 0.066) görülmüştür. Ortalaması 1.166 ± 0.066 olan Akçaova Deresi ile birlikte, her üç nehrin aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin kök kısmında Ağustos ayında en büyük çinko ortalaması Melet Irmağı'nda (1.333 ± 0.088), en küçük çinko ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.200 ± 0.057) görülmüştür. Ortalaması 1.333 ± 0.066 olan Turnasuyu Deresi ile birlikte her üç nehrin aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Ekim ayında ise en büyük çinko ortalaması Melet Irmağı'nda (2.533 ± 0.906), en küçük çinko ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.100 ± 0.057) görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 1.200 ± 0.000 olan Turnasuyu ile Akçaova Deresi aralısındaki fark Tukey testine göre önemsizdir.

Bitki örneklerinin rizom kısmı incelendiğinde Haziran ayı içerisinde en büyük çinko ortalaması Melet Irmağı'nda (1.033 ± 0.033), en küçük çinko ortalaması ise Turnasuyu Deresi ile Akçaova Deresi'nde (1.000 ± 0.000) görülmüştür. Ağustos ayına bakıldığında en büyük çinko ortalaması Melet Irmağı ile Akçaova Deresi'nde (1.200 ± 0.057), en küçük çinko ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (1.033 ± 0.033) görülmüştür. Ekim ayında ise en büyük çinko ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.367 ± 0.203), en küçük çinko ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (1.000 ± 0.057) görülmüştür. Bitki örneklerinin rizom kısmında, Haziran, Ağustos ve Ekim ayları içerisinde tüm akarsular için aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin yaprak kısmı incelendiğinde Haziran ayı içerisinde en büyük çinko ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.167 ± 0.219), en küçük çinko ortalaması ise Turnasuyu Deresi'nde (1.000 ± 0.057) görülmüştür. Ağustos ayında en büyük çinko ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (1.167 ± 0.120), en küçük çinko ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.100 ± 0.057) görülmüştür. Ekim ayına bakıldığında en büyük çinko ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (1.133 ± 0.088), en küçük çinko ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.066 ± 0.066) görülmüştür.

Haziran, Ağustos ve Ekim ayları içerisinde bitki örneklerinin yaprak kısmında tüm akarsular için aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Haziran ayı bitki örneklerinin Akçaova Deresi'ndeki en büyük çinko ortalaması 1.700 ± 0.351 ile gövde kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.000 ± 0.000 ile bitkinin rizom kısmında görülmüştür. Bu ay içerisinde örneklerin gövde, rizom, kök (1.166 ± 0.066) ve yaprak (1.167 ± 0.219) kısımları ile tüm bitki kısımları aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Haziran ayı bitki örneklerinin Melet Irmağı'ndaki en büyük çinko ortalaması 2.467 ± 0.517 ile gövde kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.033 ± 0.033 ile örneklerin rizom kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinin kök (1.300 ± 0.057), yaprak (1.133 ± 0.033) ve rizom kısımları arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Haziran ayı bitki örneklerinin Turnasuyu Deresi'ndeki en büyük çinko ortalaması 1.433 ± 0.033 ile gövde kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.000 ± 0.000 ile örneklerin rizom kısmında görülmüştür. Turnasuyu Deresi örneklerinin tüm bitki kısımları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Ağustos ayı bitki örneklerinin Akçaova Deresi'ndeki en büyük çinko ortalaması 1.300 ± 0.057 ile gövde kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.100 ± 0.057 ile bitkinin yaprak kısmında görülmüştür. Bitki örneklerinin gövde, yaprak, kök (1.200 ± 0.057) ve rizom (1.200 ± 0.057) ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Ağustos ayı bitki örneklerinin Melet Irmağı'ndaki en büyük çinko ortalaması 3.100 ± 0.611 ile gövde kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.166 ± 0.033 ile bitkinin yaprak kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinin kök (1.333 ± 0.088) ve rizom (1.200 ± 0.057) kısmı, yaprak ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayı bitki örneklerinin Turnasuyu Deresi'ndeki en büyük çinko ortalaması 1.333 ± 0.066 ile kök kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.033 ± 0.033 ile bitkinin rizom kısmında görülmüştür.

Bitki örneklerinde kök, rizom, gövde (1.300 ± 0.153) ve yaprak (1.167 ± 0.120) kısımları ile tüm bitki kısımlarının aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Ekim ayı bitki örneklerinin Akçaova Deresi'ndeki en büyük çinko ortalaması 1.367 ± 0.203 ile rizom kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.066 ± 0.066 ile bitkinin gövde ve yaprak kısmında görülmüştür. Bitki örneklerinde kök (1.100 ± 0.057), gövde, yaprak ve rizom kısımları aralarındaki fark Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Ekim ayı bitki örneklerinin Melet Irmağı'ndaki en büyük çinko ortalaması 2.533 ± 0.906 ile kök kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.133 ± 0.033 ile bitkinin yaprak kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinde rizom (1.200 ± 0.057) ve yaprak arasında ve ayrıca gövde (1.733 ± 0.176) ile kök, rizom ve yaprak kısımları aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ekim ayı bitki örneklerinin Turnasuyu Deresi'ndeki en büyük çinko ortalaması 1.333 ± 0.145 ile gövde kısmında, en küçük çinko ortalaması 1.000 ± 0.057 ile bitkinin rizom kısmında görülmüştür. Ancak bitki örneklerinde yaprak (1.133 ± 0.088), kök (1.200 ± 0.000), gövde ve rizom kısımları ile aralarında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 5.7. Çinko miktarı için tanıttıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	Zaman	Kısımlar	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	Haziran	Gövde	3	1.700±0.351Ab ^a	0.608	1.300 - 2.400
		Kök	3	1.166±0.066Aa ^a	0.1155	1.100 - 1.300
		Rizom	3	1.000±0.000Aa ^a	0.0000	1.000 - 1.000
		Yaprak	3	1.167±0.219Aa ^a	0.379	0.900 - 1.600
	Ağustos	Gövde	3	1.300±0.057Ab ^a	0.1000	1.200 - 1.400
		Kök	3	1.200±0.057Aa ^a	0.1000	1.100 - 1.300
		Rizom	3	1.200±0.057Aa ^a	0.1000	1.100 - 1.300
		Yaprak	3	1.100±0.057Aa ^a	0.1000	1.000 - 1.200
	Ekim	Gövde	3	1.066±0.066Aa ^a	0.1155	1.000 - 1.200
		Kök	3	1.100±0.057Ab ^a	0.1000	1.000 - 1.200
		Rizom	3	1.367±0.203Aa ^a	0.351	1.000 - 1.700
		Yaprak	3	1.066±0.066Aa ^a	0.1155	1.000 - 1.200
Melet	Haziran	Gövde	3	2.467±0.517ABa ^a	0.896	1.900 - 3.500
		Kök	3	1.300±0.057Ba ^b	0.1000	1.200 - 1.400
		Rizom	3	1.033±0.033Aa ^b	0.0577	1.000 - 1.100
		Yaprak	3	1.133±0.033Aa ^b	0.0577	1.100 - 1.200
	Ağustos	Gövde	3	3.100±0.611Aa ^a	1.058	2.300 - 4.300
		Kök	3	1.333±0.088Ba ^b	0.1528	1.200 - 1.500
		Rizom	3	1.200±0.057Aa ^b	0.1000	1.100 - 1.300
		Yaprak	3	1.166±0.033Aa ^b	0.0577	1.100 - 1.200
	Ekim	Gövde	3	1.733±0.176Ba ^{ab}	0.306	1.400 - 2.000
		Kök	3	2.533±0.906Aa ^a	1.570	1.300 - 4.300
		Rizom	3	1.200±0.057Aa ^b	0.1000	1.100 - 1.300
		Yaprak	3	1.133±0.033Aa ^b	0.0577	1.100 - 1.200
Turnasuyu	Haziran	Gövde	3	1.433±0.033Ab ^a	0.0577	1.400 - 1.500
		Kök	3	1.133±0.066Aa ^a	0.1155	1.000 - 1.200
		Rizom	3	1.000±0.000Aa ^a	0.0000	1.000 - 1.000
		Yaprak	3	1.000±0.057Aa ^a	0.1000	0.900 - 1.100
	Ağustos	Gövde	3	1.300±0.153Ab ^a	0.265	1.100 - 1.600
		Kök	3	1.333±0.066Aa ^a	0.1155	1.200 - 1.400
		Rizom	3	1.033±0.033Aa ^a	0.0577	1.000 - 1.100
		Yaprak	3	1.167±0.120Aa ^a	0.208	1.000 - 1.400
	Ekim	Gövde	3	1.333±0.145Aa ^a	0.252	1.100 - 1.600
		Kök	3	1.200±0.000Ab ^a	0.0000	1.200 - 1.200
		Rizom	3	1.000±0.057Aa ^a	0.1000	0.900 - 1.100
		Yaprak	3	1.133±0.088Aa ^a	0.1528	1.000 - 1.300

Aynı akarsu ve aynı bitki kısımlarında farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Aynı bitki kısımları ve aynı zamanda farklı küçük harfi olan akarsular arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Aynı akarsu ve aynı zamanda farklı üst şeklindeki küçük harfi olan bitki kısımları arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

5.1.3. Demir

Demir elementi için yapılan varyans analizi sonucunda sadece akarsular arasındaki farklılık ($p<0.05$) ve bitki kısımları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.8). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10’da harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.8. Demir miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	315.26	157.63	4.63	0.013*
Kısım	3	17039.49	5679.83	167.00	0.000**
Zaman	2	167.23	83.62	2.46	0.093
Akarsu*Kısım	6	368.44	61.41	1.81	0.110
Akarsu*Zaman	4	84.38	21.10	0.62	0.650
Kısım*Zaman	6	419.38	69.90	2.06	0.069
Akarsu*Kısım*Zaman	12	183.06	15.26	0.45	0.937
Hata	72	2448.75	34.01		
Genel	107	21026.01			

*, %5 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.9’da görüldüğü gibi akarsular arasında en büyük demir ortalaması 12.870 ± 2.670 ile Turnasuyu Deresi’nde, en küçük demir ortalaması ise 8.780 ± 1.850 ile Akçaova Deresi’nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 11.590 ± 2.420 olan Melet Irmağı’nın Turnasuyu ve Akçaova Deresi arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 5.9. Demir miktarı için akarsular arasındaki tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	36	8.780±1.850B	11.12	0.68 - 33.98
Melet	36	11.590±2.420AB	14.53	0.70 - 55.96
Turnasuyu	36	12.870±2.670A	16.03	0.39 - 54.35

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.10'da görüldüğü gibi bitki örneklerinin kısımları arasında en büyük demir ortalaması 31.960 ± 2.060 ile kök kısmında, en küçük demir ortalaması ise $0.987\pm 0,076$ ile yaprakta görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 9.870 ± 1.200 olan rizom kısmı bitki örneklerinin diğer tüm kısımları ile arasındaki farklılığı Tukey testine göre önemli bulunmuştur.

Çizelge 5.10. Demir miktarı için bitki kısımları arasındaki tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Kısım	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	27	1.504±0.098C	0.5118	0.39 - 2.73
Kök	27	31.960±2.060A	10.69	14.84 - 55.96
Rizom	27	9.870±1.200B	6.22	2.51 - 27.67
Yaprak	27	0.987±0.076C	0.3990	0.49 - 2.51

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.11'de ise zamanların demir miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Zamanlar arasında demir bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.11. Zamanlar arasında demir miktarına ait tanıtıcı istatistikler

Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Haziran	36	9.810±1.880	11.28	0.39 - 37.50
Ağustos	36	10.660±2.250	13.52	0.49 - 45.33
Ekim	36	12.770±2.820	16.91	0.71 - 55.96

5.1.4. Kadmiyum

Kadmiyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*zaman interaksyonunu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.12). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.13’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.12. Kadmiyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	0.042407	0.021204	6.54	0.002
Kısım	3	0.009167	0.003056	0.94	0.425
Zaman	2	0.030185	0.015093	4.66	0.013
Akarsu*Kısım	6	0.005000	0.000833	0.26	0.955
Akarsu*Zaman	4	0.048148	0.012037	3.71	0.008**
Kısım*Zaman	6	0.021667	0.003611	1.11	0.363
Akarsu*Kısım*Zaman	12	0.066667	0.005556	1.71	0.081
Hata	72	0.233333	0.003241		
Genel	107	0.456574			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.13’de görüldüğü gibi Akçaova Deresi’ndeki örneklerde en büyük kadmiyum ortalaması 0.2000 ± 0.0123 ile Haziran ayında en küçük kadmiyum ortalaması ise 0.1750 ± 0.0131 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ortalaması 0.1917 ± 0.0229 olan Ekim ayı, Haziran ve Ağustos ayı ile aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Melet Irmağı'ndaki örneklerde en büyük kadmiyum ortalaması 0.2667 ± 0.0142 ile Ekim ayında en küçük kadmiyum ortalaması ise 0.1667 ± 0.0142 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalaması 0.1750 ± 0.0131 olan Ağustos ayı, Haziran ayı ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde en büyük kadmiyum ortalaması 0.1583 ± 0.0260 ile Haziran ayında en küçük kadmiyum ortalaması ise 0.1500 ± 0.0151 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ortalaması 0.1583 ± 0.0149 olan Ekim ayı, Haziran ve Ağustos ayı ile aralarındaki farkı istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Haziran ayında bitki örneklerindeki en yüksek kadmiyum ortalaması Akçaova (0.2000 ± 0.0123), en düşük kadmiyum ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (0.1583 ± 0.0260) olup aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Ortalaması 0.1667 ± 0.0142 olan Melet Irmağı ile her üç akarsu arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayında bitki örneklerindeki en büyük kadmiyum ortalaması 0.1750 ± 0.0131 ile Akçaova Deresi ve Melet Irmağı'nda, en küçük kadmiyum ortalaması 0.1500 ± 0.0151 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür. Her üç akarsuda aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Ekim ayında bitki örneklerindeki en büyük kadmiyum ortalaması 0.2667 ± 0.0142 ile Melet Irmağı'nda, en küçük kadmiyum ortalaması 0.1583 ± 0.0149 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 0.1917 ± 0.0229 olan Akçaova Deresi ile Turnasuyu Deresi arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.13. Kadmiyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonucu

Akarsu	Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	Haziran	12	0.2000±0.0123Aa	0.0426	0.100 - 0.300
	Ağustos	12	0.1750±0.0131Aa	0.0452	0.100 - 0.200
	Ekim	12	0.1917±0.0229Ab	0.0793	0.100 - 0.300
Melet	Haziran	12	0.1667±0.0142Ba	0.0492	0.100 - 0.200
	Ağustos	12	0.1750±0.0131Ba	0.0452	0.100 - 0.200
	Ekim	12	0.2667±0.0142Aa	0.0492	0.200 - 0.300
Turnasuyu	Haziran	12	0.1583±0.0260Aa	0.0900	0.000 - 0.300
	Ağustos	12	0.1500±0.0151Aa	0.0522	0.100 - 0.200
	Ekim	12	0.1583±0.0149Ab	0.0515	0.100 - 0.200

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı zamanda farklı küçük harfi olan akarsular arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.14’de ise bitki örneklerindeki kısımların kadmiyum miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Bitki kısımları arasında kadmiyum bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.14. Bitki kısımlarının kadmiyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler

Kısım	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	27	0.1741±0.0137	0.0712	0.100 - 0.300
Kök	27	0.1741±0.0137	0.0712	0.000 - 0.300
Rizom	27	0.1963±0.0099	0.05175	0.100 - 0.300
Yaprak	27	0.1852±0.0127	0.0662	0.000 - 0.300

5.1.5. Kurşun

Kurşun elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*zaman interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.15). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.16'da harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.15. Kurşun miktarına için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	0.90130	0.45065	18.86	0.000
Kısım	3	0.02324	0.00775	0.32	0.808
Zaman	2	1.53352	0.76676	32.10	0.000
Akarsu*Kısım	6	0.12315	0.02052	0.86	0.529
Akarsu*Zaman	4	0.40926	0.10231	4.28	0.004**
Kısım*Zaman	6	0.17093	0.02849	1.19	0.320
Akarsu*Kısım*Zaman	12	0.22185	0.01849	0.77	0.675
Hata	72	1.72000	0.02389		
Genel	107	5.10324			

**, %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi Akçaova Deresi'ndeki bitki örneklerinde en büyük kurşun ortalaması 0.800 ± 0.032 ile Ağustos ayında, en küçük kurşun ortalaması ise 0.466 ± 0.014 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 0.750 ± 0.035 olan Ekim ayı ile Ağustos ayı arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Melet Irmağı'ndaki bitki örneklerinde en büyük kurşun ortalaması 0.683 ± 0.053 ile Ekim ayında, en küçük kurşun ortalaması ise 0.566 ± 0.044 ile Haziran ayında görülmüştür. Melet Irmağı'ndaki örneklerde ortalaması 0.616 ± 0.049 olan Ağustos ayı ile tüm zamanların aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi'ndeki bitki örneklerinde en büyük kurşun ortalaması 0.616 ± 0.056 ile Ekim ayında, en küçük kurşun ortalaması ise 0.216 ± 0.047 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ancak ortalaması 0.541 ± 0.043 olan Ağustos ayı ile Ekim ayı arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Haziran ayına baktığımızda bitki örneklerinde en büyük kurşun ortalaması 0.566 ± 0.044 ile Melet Irmağı'nda, en küçük kurşun ortalaması ise 0.216 ± 0.047 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 0.466 ± 0.014 olan Akçaova Deresi ile Melet Irmağı arasında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Ağustos ayına baktığımızda bitki örneklerinde en büyük kurşun ortalaması 0.800 ± 0.032 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük kurşun ortalaması ise 0.541 ± 0.043 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 0.616 ± 0.049 olan Melet Irmağı ile Akçaova Deresi arasında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Ekim ayına baktığımızda bitki örneklerinde en büyük kurşun ortalaması 0.750 ± 0.035 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük kurşun ortalaması ise 0.616 ± 0.056 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür. Ortalaması 0.683 ± 0.053 olan Melet Irmağı ile Ekim ayında tüm akarsular arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.16. Kurşun miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	Haziran	12	0.466 ± 0.014 Ba	0.0492	0.400 - 0.500
	Ağustos	12	0.800 ± 0.032 Aa	0.1128	0.600 - 0.900
	Ekim	12	0.750 ± 0.035 Aa	0.1243	0.600 - 1.000
Melet	Haziran	12	0.566 ± 0.044 Aa	0.1557	0.300 - 0.800
	Ağustos	12	0.616 ± 0.049 Ab	0.1697	0.300 - 0.900
	Ekim	12	0.683 ± 0.053 Aa	0.1850	0.400 - 1.000
Turnasuyu	Haziran	12	0.216 ± 0.047 Bb	0.1642	0.000 - 0.600
	Ağustos	12	0.541 ± 0.043 Ab	0.1505	0.300 - 0.800
	Ekim	12	0.616 ± 0.056 Aa	0.1946	0.400 - 1.100

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$). Aynı zamanda farklı küçük harfi olan akarsular arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 5.17’de ise bitki kısımlarının kurşun miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Bitki kısımları arasında kurşun bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.17. Bitki kısımlarının kurşun miktarına ait tanıtıcı istatistikler

Kısım	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	27	0.5630±0.0490	0.2544	0.000 - 1.100
Kök	27	0.5815±0.0424	0.2202	0.100 - 0.900
Rizom	27	0.6037±0.0405	0.2103	0.200 - 1.000
Yaprak	27	0.5889±0.0375	0.1948	0.100 - 0.900

5.1.6. Mangan

Mangan elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*bitki kısımları interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.18). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.19’da harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.18. Mangan miktarı için yapılan varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	12.027	6.014	2.78	0.069
Kısım	3	273.050	91.017	42.02	0.000
Zaman	2	0.840	0.420	0.19	0.824
Akarsu*Kısım	6	45.158	7.526	3.48	0.005**
Akarsu*Zaman	4	7.456	1.864	0.86	0.492
Kısım*Zaman	6	17.585	2.931	1.35	0.245
Akarsu*Kısım*Zaman	12	14.079	1.173	0.54	0.880
Hata	72	155.940	2.166		
Genel	107	526.135			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.19’da görüldüğü gibi Akçaova Deresi’ndeki bitki örneklerinde en yüksek mangan ortalaması kök kısmında (3.400 ± 0.625), en düşük mangan ortalaması gövde kısmında (0.444 ± 0.078) bulunmuş olup diğer kısımlarla olan farklılığı istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinin yaprak kısmı (2.856 ± 0.527) ile kök kısmı arasında ve rizom kısmı (0.588 ± 0.085) ile gövde kısmı arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Melet Irmağı’ndaki bitki örneklerinde en yüksek mangan ortalaması yaprak kısmında (6.211 ± 0.793), en düşük mangan ortalaması rizom kısmında (0.833 ± 0.095) bulunmuş olup diğer kısımlarla olan farklılığı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak Melet Irmağı’ndaki örneklerin gövde (0.933 ± 0.172) ve kök (2.578 ± 0.418) kısmı ile rizom kısmı arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Turnasuyu Deresi’ndeki bitki örneklerinin en yüksek mangan ortalaması yaprak kısmında (4.610 ± 1.030), en düşük mangan ortalaması gövde kısmında (0.789 ± 0.111) bulunmuş olup diğer kısımlarla olan farklılığı istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak Turnasuyu Deresi’nde bitki örneklerinin rizom (0.944 ± 0.168) ve kök (2.456 ± 0.314) kısımları ile gövde kısmı aralarında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin gövde kısmında en büyük mangan ortalaması 0.933 ± 0.172 ile Melet Irmağı’nda, en küçük mangan ortalaması ise 0.444 ± 0.078 ile Akçaova Deresi’nde görülmüştür. Ancak Turnasuyu Deresi’nin mangan ortalaması 0.789 ± 0.111 ile bitki örneklerinde gövde kısmının her üç akarsuda da aralarındaki farklılık Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Bitki örneklerinin kök kısmında en büyük mangan ortalaması 3.400 ± 0.625 ile Akçaova Deresi’nde, en küçük mangan ortalaması ise 2.456 ± 0.314 ile Turnasuyu Deresi’nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ortalaması 2.578 ± 0.418 olan Melet Irmağı ile beraber tüm akarsular, aralarında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin rizom kısmında en büyük mangan ortalaması 0.944 ± 0.168 ile Turnasuyu Deresi’nde, en küçük mangan ortalaması ise 0.588 ± 0.085 ile Akçaova Deresi’nde görülmüştür. Ancak bitki örneklerinde rizom kısmının her üç akarsu için aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin yaprak kısmında en büyük mangan ortalaması 6.211 ± 0.793 ile Melet Irmağı'nda en küçük mangan ortalaması ise 2.856 ± 0.527 ile Akçaova Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 4.610 ± 1.030 olan Turnasuyu Deresi ile Melet Irmağı arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.19. Mangan miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Kısım	Akarsu	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	Akçaova	9	0.444 ± 0.078 Ba	0.2351	0.10 - 0.90
	Melet	9	0.933 ± 0.172 Ba	0.517	0.50 - 2.10
	Turnasuyu	9	0.789 ± 0.111 Ba	0.333	0.40 - 1.50
Kök	Akçaova	9	3.400 ± 0.625 Aa	1.875	1.70 - 8.10
	Melet	9	2.578 ± 0.418 Ba	1.253	1.50 - 5.60
	Turnasuyu	9	2.456 ± 0.314 Ba	0.941	1.00 - 3.60
Rizom	Akçaova	9	0.588 ± 0.085 Ba	0.2571	0.30 - 1.10
	Melet	9	0.833 ± 0.095 Ba	0.2872	0.50 - 1.30
	Turnasuyu	9	0.944 ± 0.168 Ba	0.505	0.40 - 1.80
Yaprak	Akçaova	9	2.856 ± 0.527 Ab	1.580	0.40 - 5.50
	Melet	9	6.211 ± 0.793 Aa	2.379	1.40 - 10.60
	Turnasuyu	9	4.610 ± 1.030 Aa	3.09	1.60 - 11.80

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan bitki kısımları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$). Aynı bitki kısmında farklı küçük harfi olan akarsular arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 5.20'da ise zamanların mangan miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Zamanlar arasında mangan bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 5.20. Zamanların mangan miktarına ait tanıtıcı istatistikleri

Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Haziran	36	2.203 ± 0.376	2.258	0.10 - 10.60
Ağustos	36	2.336 ± 0.396	2.377	0.40 - 11.80
Ekim	36	2.122 ± 0.344	2.065	0.20 - 8.10

5.1.7. Azot

Azot elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*bitki kısımları*zaman üçlü interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.21). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.22’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.21. Azot miktarı için yapılan varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	2.8260	1.4130	6.83	0.002
Kısım	3	42.9875	14.3292	69.27	0.000
Zaman	2	3.5424	1.7712	8.56	0.000
Akarsu*Kısım	6	9.0320	1.5053	7.28	0.000
Akarsu*Zaman	4	2.4001	0.6000	2.90	0.028
Kısım*Zaman	6	3.5537	0.5923	2.86	0.015
Akarsu*Kısım*Zaman	12	6.4965	0.5414	2.62	0.006**
Hata	72	14.8930	0.2068		
Genel	107	85.7312			

**, %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.22’de görüldüğü gibi Akçaova Deresi’ndeki örneklerde bitkinin gövde kısmında en büyük azot ortalaması 3.957 ± 0.865 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 1.699 ± 0.146 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 2.352 ± 0.0855 olan Ağustos ayı ile Ekim ayı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Akçaova Deresi’ndeki örneklerin kök kısmında en büyük azot ortalaması 1.306 ± 0.093 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.784 ± 0.032 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ancak bitki örneklerindeki kök kısımları her üç zaman için aralarında fark Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Akçaova Deresi’ndeki örneklerin rizom kısmında en büyük azot ortalaması 1.232 ± 0.162 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.541 ± 0.018 ile

Ağustos ayında görülmüştür. Ancak örneklerdeki rizom kısımları her üç zaman için aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Akçaova Deresi'ndeki bitki örneklerinin yaprak kısmında en büyük azot ortalaması 2.389 ± 0.131 ile Ekim ayında, en küçük azot ortalaması ise 2.016 ± 0.085 ile Haziran ayında görülmüştür. Akçaova Deresi'ndeki örneklerin yaprak kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Melet Irmağı'ndaki örneklerde bitkinin gövde kısmında en büyük azot ortalaması 1.475 ± 0.122 ile Ekim ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.821 ± 0.135 ile Haziran ayında görülmüştür. Melet Irmağı'ndaki örneklerde, bitkinin gövde kısmının her üç zaman için aralarındaki fark Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Melet Irmağı'ndaki örneklerin kök kısmında en büyük azot ortalaması 0.840 ± 0.085 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.485 ± 0.049 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ancak Melet Irmağı'ndaki örneklerde, kök kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Melet Irmağı'ndaki örneklerin rizom kısmında en büyük azot ortalaması 1.400 ± 0.117 ile Ekim ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.597 ± 0.122 ile Ağustos ayında görülmüştür. Melet Irmağı'ndaki bitki örneklerinde, rizom kısmının her üç zamanda aralarındaki fark Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Melet Irmağı'ndaki bitki örneklerinin yaprak kısmında en büyük azot ortalaması 2.594 ± 0.018 ile Ağustos ayında, en küçük azot ortalaması ise 1.979 ± 0.314 ile Ekim ayında görülmüştür. Bitki örneklerinde kök kısmının Haziran ayı ortalaması (2.333 ± 0.210), Ağustos ve Ekim ayları ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde bitkinin gövde kısmında en büyük azot ortalaması 2.165 ± 0.619 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.952 ± 0.162 ile Ağustos ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 1.729 ± 0.418 olan Ekim ayı, Haziran ve Ağustos ayı ile arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Turnasuyu Deresi'ndeki bitki örneklerinin kök kısmında en büyük azot ortalaması 1.026 ± 0.049 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.560 ± 0.085 ile Ağustos ayında görülmüştür.

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde ortalaması 0.877 ± 0.067 olan Ekim ayı bitki örneği ile kök kısmının her üç zaman için aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde rizom kısmında en büyük azot ortalaması 1.381 ± 0.368 ile Ekim ayında, en küçük azot ortalaması ise 0.523 ± 0.131 ile Ağustos ayında görülmüştür. Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin ortalaması 1.157 ± 0.135 olan Haziran ayı ile rizom kısmının her üç zamanda aralarındaki fark istatistiki olarak önemsizdir ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi'ndeki bitki örneklerinin yaprak kısmında en büyük azot ortalaması 2.819 ± 0.460 ile Haziran ayında, en küçük azot ortalaması ise 2.501 ± 0.346 ile Ekim ayında görülmüştür. Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin ortalaması 2.632 ± 0.287 olan Ağustos ayı ile kök kısmının her üç zaman için aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.22'de bitki örneklerinin gövde kısmına bakıldığında, Haziran ayı içerisinde en büyük azot ortalaması 3.957 ± 0.865 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük azot ortalaması ise 0.821 ± 0.135 ile Melet Irmağı'nda görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 2.165 ± 0.619 olan Turnasuyu Deresi ile birlikte, her üç akarsu aralarında istatistiki olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Bitki örneklerinin gövde kısmına bakıldığında, Ağustos ayı içerisinde en büyük azot ortalaması 2.352 ± 0.0855 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük azot ortalaması ise 0.952 ± 0.162 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 1.307 ± 0.306 olan Melet Irmağı ile Turnasuyu Deresi arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Bitki örneklerinin gövde kısmına bakıldığında, Ekim ayı içerisinde en büyük azot ortalaması 1.729 ± 0.418 ile Turnasuyu Deresi'nde, en küçük azot ortalaması ise 1.475 ± 0.122 ile Melet Irmağı'nda görülmüştür. Ortalaması 1.699 ± 0.146 olan Akçaova Deresi ile Ekim ayı içerisinde tüm akarsular arasındaki fark Tukey testine göre önemsiz bulunmuştur.

Kök kısmına bakıldığında Haziran ayı içerisindeki örneklerde en büyük azot ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.306 ± 0.093), en küçük azot ortalaması ise Melet Irmağı'nda (0.840 ± 0.085) görülmüştür.

Aynı şekilde Ağustos ayındaki örneklerde en büyük azot ortalaması Akçaova Deresi'nde (0.784 ± 0.032), en küçük azot ortalaması Melet Irmağı'nda (0.485 ± 0.049) görülmüştür.

Ekim ayındaki örneklerde ise en büyük azot ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (0.877 ± 0.067), en küçük azot ortalaması Melet Irmağı'nda (0.653 ± 0.098) görülmüştür. Ancak Haziran, Ağustos ve Ekim ayları içerisinde örneklerin kök kısmında tüm akarsular için aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Rizom kısmına bakıldığında Haziran ayındaki örneklerde en büyük azot ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.232 ± 0.162), en küçük azot ortalaması ise Turnasuyu Deresi'nde (1.157 ± 0.135) görülmüştür. Ağustos ayındaki örneklere bakıldığında en büyük azot ortalaması Melet Irmağı'nda (0.597 ± 0.122), en küçük azot ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (0.523 ± 0.131) görülmüştür. Ekim ayındaki örneklerde ise en büyük azot ortalaması Melet Irmağı'nda (1.400 ± 0.117), en küçük azot ortalaması Akçaova Deresi'nde (1.064 ± 0.117) görülmüştür. Bitki örneklerinin rizom kısımlarında, Haziran, Ağustos ve Ekim ayları içerisinde tüm akarsular için aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Yaprak kısmına baktığımızda Haziran ayındaki örneklerde en büyük azot ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (2.819 ± 0.460), en küçük azot ortalaması ise Akçaova Deresi'nde (2.016 ± 0.085) görülmüştür. Aynı şekilde Ağustos ayında en büyük azot ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (2.632 ± 0.287), en küçük azot ortalaması Akçaova Deresi'nde (2.184 ± 0.212) görülmüştür. Ekim ayındaki örneklerde en büyük azot ortalaması Turnasuyu Deresi'nde (2.501 ± 0.346), en küçük azot ortalaması Melet Irmağı'nda (1.979 ± 0.314) görülmüştür. Haziran, Ağustos ve Ekim ayları içerisinde bitki örneklerinin yaprak kısmında tüm akarsular için aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Haziran ayına baktığımızda Akçaova Deresi'ndeki bitki örneklerinde, en büyük azot ortalaması 3.957 ± 0.865 ile gövde kısmında, en küçük azot ortalaması 1.232 ± 0.162 ile rizom kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak bitki örneklerinin kök (1.306 ± 0.093) ve yaprak (2.016 ± 0.085) kısmı rizom ile aralarında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır.

Haziran ayına baktığımızda Melet Irmağı'ndaki örneklerde, en büyük azot ortalaması 2.333 ± 0.210 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 0.821 ± 0.135 ile bitkinin gövde kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak örneklerin kök (0.840 ± 0.085), rizom (1.157 ± 0.261) ve gövde kısmında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Haziran ayına baktığımızda Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde, en büyük azot ortalaması 2.819 ± 0.460 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 1.026 ± 0.049 ile bitkinin kök kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinin gövde (2.165 ± 0.619) ile yaprak kısmı ve ayrıca rizom (1.157 ± 0.135) ile kök kısmı kendi aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayına baktığımızda Akçaova Deresi'ndeki örneklerde, en büyük azot ortalaması 2.352 ± 0.0855 ile gövde kısmında, en küçük azot ortalaması 0.541 ± 0.018 ile bitkinin rizom kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak örneklerin kök (0.784 ± 0.032) ile rizom kısmı ve ayrıca yaprak (2.184 ± 0.212) ile gövde kısmı kendi aralarında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Ağustos ayına baktığımızda Melet Irmağı'ndaki örneklerde, en büyük azot ortalaması 2.594 ± 0.018 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 0.485 ± 0.049 ile bitkinin kök kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak örneklerin gövde (1.307 ± 0.306) ve rizom (0.597 ± 0.122) kısmı kök ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayında Turnasuyu Deresi'ndeki bitki örneklerinin en büyük azot ortalaması 2.632 ± 0.287 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 0.523 ± 0.131 ile bitkinin rizom kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak örneklerin gövde (0.952 ± 0.162) ve kök (0.560 ± 0.085) kısmı rizom ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ekim ayına baktığımızda Akçaova Deresi'ndeki örneklerin en büyük azot ortalaması 2.389 ± 0.131 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 0.859 ± 0.131 ile bitkinin kök kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak örneklerin gövde (1.699 ± 0.146) kısmı kök, rizom ve

yaprak ile aralarında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Ayrıca bitkinin kök ve rizom kısmının ise yaprak ile aralarında Tukey testine göre farklılık bulunmuştur.

Ekim ayında Melet Irmağı'ndaki örneklerin en büyük azot ortalaması 1.979 ± 0.314 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 0.653 ± 0.098 ile bitkinin kök kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak bitki örneklerinin gövde (1.475 ± 0.122) ve rizom (1.400 ± 0.117) kısmı, bitkinin diğer kısımları ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ekim ayında Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin en büyük azot ortalaması 2.501 ± 0.346 ile yaprak kısmında, en küçük azot ortalaması 0.877 ± 0.067 ile bitkinin kök kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak gövde (1.729 ± 0.418) kısmı bitki örneklerinin diğer tüm kısımları ile aralarında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 5.22. Azot miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	Zaman	Kısımlar	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçayaova	Haziran	Gövde	3	3.957±0.865Aa ^a	1.499	2.296 - 5.208
		Kök	3	1.306±0.093Aa ^b	0.1617	1.120 - 1.400
		Rizom	3	1.232±0.162Aa ^b	0.280	0.952 - 1.512
		Yaprak	3	2.016±0.085Aa ^b	0.1482	1.904 - 2.184
	Ağustos	Gövde	3	2.352±0.0855Ba ^a	0.1482	2.240 - 2.520
		Kök	3	0.784±0.032Aa ^b	0.0560	0.728 - 0.840
		Rizom	3	0.541±0.018Aa ^b	0.0323	0.504 - 0.560
		Yaprak	3	2.184±0.212Aa ^a	0.367	1.792 - 2.520
	Ekim	Gövde	3	1.699±0.146Ba ^{ab}	0.253	1.456 - 1.960
		Kök	3	0.859±0.131Aa ^b	0.226	0.616 - 1.064
		Rizom	3	1.064±0.117Aa ^b	0.202	0.896 - 1.288
		Yaprak	3	2.389±0.131Aa ^a	0.226	2.184 - 2.632
Melet	Haziran	Gövde	3	0.821±0.135Ac ^b	0.233	0.560 - 1.008
		Kök	3	0.840±0.085Aa ^b	0.1482	0.728 - 1.008
		Rizom	3	1.157±0.261Aa ^b	0.453	0.672 - 1.568
		Yaprak	3	2.333±0.210Aa ^a	0.364	1.960 - 2.688
	Ağustos	Gövde	3	1.307±0.306Ab ^b	0.529	0.896 - 1.904
		Kök	3	0.485±0.049Aa ^b	0.0855	0.392 - 0.560
		Rizom	3	0.597±0.122Aa ^b	0.212	0.448 - 0.840
		Yaprak	3	2.594±0.018Aa ^a	0.0323	2.576 - 2.632
	Ekim	Gövde	3	1.475±0.122Aa ^{ab}	0.212	1.232 - 1.624
		Kök	3	0.653±0.098Aa ^b	0.1711	0.504 - 0.840
		Rizom	3	1.400±0.117Aa ^{ab}	0.202	1.176 - 1.568
		Yaprak	3	1.979±0.314Aa ^a	0.544	1.512 - 2.576
Turnasuyu	Haziran	Gövde	3	2.165±0.619Ab ^a	1.072	1.176 - 3.304
		Kök	3	1.026±0.049Aa ^b	0.0855	0.952 - 1.120
		Rizom	3	1.157±0.135Aa ^b	0.233	0.896 - 1.344
		Yaprak	3	2.819±0.460Aa ^a	0.797	1.904 - 3.360
	Ağustos	Gövde	3	0.952±0.162Bb ^b	0.280	0.672 - 1.232
		Kök	3	0.560±0.085Aa ^b	0.1482	0.392 - 0.672
		Rizom	3	0.523±0.131Aa ^b	0.226	0.392 - 0.784
		Yaprak	3	2.632±0.287Aa ^a	0.498	2.072 - 3.024
	Ekim	Gövde	3	1.729±0.418ABa ^{ab}	0.725	0.896 - 2.218
		Kök	3	0.877±0.067Aa ^b	0.1166	0.784 - 1.008
		Rizom	3	1.381±0.368Aa ^b	0.637	0.672 - 1.904
		Yaprak	3	2.501±0.346Aa ^a	0.599	1.848 - 3.024

Aynı akarsu ve aynı bitki kısımlarında farklı büyük harfî olan zamanlar arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir (p<0.05). Aynı bitki kısımları ve aynı zamanda farklı küçük harfî olan akarsular arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir (p<0.05). Aynı akarsu ve aynı zamanda farklı üst şeklindeki küçük harfî olan bitki kısımları arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir (p<0.05).

5.1.8. Fosfor

Fosfor elementi için yapılan varyans analizi sonucunda sadece bitki kısımları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.23). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.24’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.23. Fosfor miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	0.021468	0.010734	1.74	0.183
Kısım	3	0.747738	0.249246	40.35	0.000**
Zaman	2	0.034615	0.017307	2.80	0.067
Akarsu*Kısım	6	0.035850	0.005975	0.97	0.454
Akarsu*Zaman	4	0.013455	0.003364	0.54	0.704
Kısım*Zaman	6	0.041901	0.006983	1.13	0.353
Akarsu*Kısım*Zaman	12	0.033621	0.002802	0.45	0.935
Hata	72	0.444746	0.006177		
Genel	107	1.373394			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.24’de görüldüğü gibi bitki örneklerinin kısımları arasında en büyük fosfor ortalaması 0.5554 ± 0.0261 ile gövde kısmında, en küçük fosfor ortalaması ise 0.3331 ± 0.0066 ile kök kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 0.4138 ± 0.0114 olan rizom kısmı bitkinin gövde, kök kısımları ile arasındaki farklılığı Tukey testine göre önemli bulunmuştur. Ancak ortalaması 0.3780 ± 0.0059 olan bitkinin yaprak kısmı kök ve rizom kısmı ile aralarında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 5.24. Fosfor miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Kısım	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	27	0.5554±0.0261A	0.1356	0.359 - 0.941
Kök	27	0.3331±0.0066C	0.03472	0.285 - 0.423
Rizom	27	0.4138±0.0114B	0.0593	0.327 - 0.552
Yaprak	27	0.3780±0.0059BC	0.03073	0.328 - 0.458

Aynı bitki kısımlarında farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.25’de akarsuların fosfor miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Akarsular arasında fosfor bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.25. Akarsuların fosfor miktarına ait tanıtıcı istatistikler

Akarsu	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	36	0.400±0.018	0.1105	0.292 - 0.829
Melet	36	0.434±0.014	0.0853	0.300 - 0.613
Turnasuyu	36	0.425±0.023	0.1383	0.285 - 0.941

Çizelge 5.26’da ise zamanların fosfor miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Zamanlar arasında fosfor bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 5.26. Zamanların fosfor miktarına ait tanıtıcı istatistikler

Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Haziran	36	0.444±0.022	0.1335	0.311 - 0.941
Ağustos	36	0.401±0.019	0.1168	0.285 - 0.871
Ekim	36	0.414±0.013	0.0824	0.292 - 0.582

5.1.9. Potasyum

Potasyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda kısım*zaman interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.27). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.28’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.27. Potasyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	2431	1216	1.04	0.360
Kısım	3	65465	21822	18.59	0.000
Zaman	2	3230	1615	1.38	0.259
Akarsu*Kısım	6	6768	1128	0.96	0.458
Akarsu*Zaman	4	5876	1469	1.25	0.297
Kısım*Zaman	6	41409	6901	5.88	0.000**
Akarsu*Kısım*Zaman	12	13049	1087	0.93	0.526
Hata	72	84505	1174		
Genel	107	222733			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.28’de görüldüğü gibi bitki örneklerinin gövde kısmındaki en büyük potasyum ortalaması 118.90 ± 20.20 ile Ağustos ayında, en küçük potasyum ortalaması ise 76.73 ± 9.09 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 103.20 ± 13.80 olan Haziran ayı Ağustos ve Ekim aylarından istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$).

Bitki örneklerinin kök kısmındaki en büyük potasyum ortalaması 180.75 ± 3.56 ile Haziran ayında, en küçük potasyum ortalaması 114.60 ± 14.70 ile Ağustos ayında görülmüştür ve ortalaması 114.60 ± 14.70 olan Ekim ayı ile örneklerin kök kısmında tüm zamanlar arasındaki farklılığı Tukey testine göre önemli bulunmuştur.

Bitki örneklerinin rizom kısmındaki en büyük potasyum ortalaması 182.37 ± 7.89 ile Ekim ayında, en küçük potasyum ortalaması ise 141.69 ± 6.75 ile Haziran ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ancak ortalaması 174.20 ± 12.20 olan Ağustos ayı Haziran ve Ekim aylarından istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Bitki örneklerinin yaprak kısmındaki en büyük potasyum ortalaması 158.91 ± 8.03 ile Ekim ayında, en küçük potasyum ortalaması ise 117.10 ± 12.40 ile Ağustos ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 139.85 ± 9.62 olan Haziran ayı Ağustos ve Ekim aylarından istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Haziran ayındaki bitki örneklerinde en yüksek potasyum ortalaması kök kısmında (180.75 ± 3.56), en düşük potasyum ortalaması gövde kısmında (103.20 ± 13.80) bulunmuş olup aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak örneklerin rizom ve yaprak kısmı bitkinin diğer kısımlarıyla aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayındaki örneklerde en büyük potasyum ortalaması 174.20 ± 12.20 ile rizom kısmında, en küçük potasyum ortalaması 114.60 ± 14.70 ile kök kısmında gözlenmiştir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalaması 118.90 ± 20.20 olan gövde kısmı ile ortalaması 117.10 ± 12.40 olan yaprak kısmı örneklerinin kök kısmı ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ekim ayındaki örneklerde ise diğer aylardan farklı olarak kök (157.28 ± 9.31), rizom (182.37 ± 7.89) ve yaprak (158.91 ± 8.03) arasında fark gözlenmezken, gövdenin potasyum ortalaması 76.73 ± 9.09 ile diğer kısımlardan önemli derecede düşük olup bu farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 5.28. Potasyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Kısım	Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	Haziran	9	103.20±13.80ABb	41.3	58.7 - 191.1
	Ağustos	9	118.90±20.20Ab	60.6	49.0 - 234.2
	Ekim	9	76.73±9.09Bb	27.28	41.3 - 128.9
Kök	Haziran	9	180.75±3.56Aa	10.68	168.4 - 199.8
	Ağustos	9	114.60±14.70Cb	44.2	47.4 - 164.7
	Ekim	9	157.28±9.31Ba	27.93	108.0 - 190.9
Rizom	Haziran	9	141.69±6.75Bab	20.25	121.8 - 186.9
	Ağustos	9	174.20±12.20ABa	36.6	116.3 - 223.6
	Ekim	9	182.37±7.89Aa	23.66	158.4 - 240.5
Yaprak	Haziran	9	139.85±9.62ABab	28.86	113.3 - 189.0
	Ağustos	9	117.10±12.40Bb	37.2	59.5 - 165.3
	Ekim	9	158.91±8.03Aa	24.08	128.7 - 202.7

Aynı bitki kısmında farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$). Aynı zamanda farklı küçük harfi olan bitki kısımları arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 5.29’da ise akarsuların potasyum miktarlarına ilişkin tanıtıcı istatistik değerleri yer verilmiştir. Akarsular arasında potasyum bakımından bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 5.29. Akarsuların potasyum miktarına ait tanıtıcı istatistikleri

Akarsu	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	36	133.84±8.24	49.45	41.3 - 240.5
Melet	36	137.37±6.55	39.31	49.8 - 202.7
Turnasuyu	36	145.19±8.00	48.00	57.7 - 234.2

5.1.10. Kalsiyum

Kalsiyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*bitki kısımları interaksyonu ($p<0.01$) ve akarsu*zaman interaksyonu ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5.30). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları Çizelge 5.31 ve 5.32’de harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.30. Kalsiyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	4689.7	2344.9	33.75	0.000
Kısım	3	25720.2	8573.4	123.40	0.000
Zaman	2	6190.8	3095.4	44.55	0.000
Akarsu*Kısım	6	2970.5	495.1	7.13	0.000**
Akarsu*Zaman	4	865.6	216.4	3.11	0.020*
Kısım*Zaman	6	538.9	89.8	1.29	0.272
Akarsu*Kısım*Zaman	12	1209.8	100.8	1.45	0.164
Hata	72	5002.5	69.5		
Genel	107	47188.1			

*, %5 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

**, %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.31’de görüldüğü gibi Akçaova Deresi’ndeki bitki örneklerinde en büyük kalsiyum ortalaması 62.20 ± 5.88 ile yaprak kısmında en küçük kalsiyum ortalaması ise 20.98 ± 3.67 ile gövde kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 32.12 ± 2.95 ile rizom kısmı ve 48.86 ± 3.50 ile kök kısmı kalsiyum bakımından, Akçaova Deresi’ndeki örneklerin tüm bitki kısımları arasındaki farklılık Tukey testine göre önemli bulunmuştur.

Melet Irmağı’ndaki örneklerde en büyük kalsiyum ortalaması 65.89 ± 5.17 ile bitkinin yaprak kısmında en küçük kalsiyum ortalaması ise 15.24 ± 3.13 ile gövde kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 22.89 ± 4.11 olan rizom kısmı gövde ile bir farklılık bulunmazken, ortalaması 51.22 ± 4.67 olan kök kısmı örneklerin diğer kısımları arasındaki farklılık Tukey testine göre önemli bulunmuştur.

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde en büyük kalsiyum ortalaması 44.70 ± 5.50 ile bitkinin yaprak kısmında en küçük kalsiyum ortalaması ise 14.76 ± 2.36 ile gövde kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak bitki örneklerinin kök (22.42 ± 1.96) ve rizom (22.44 ± 2.80) kısmı gövde ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Bitki örneklerinin gövde kısmındaki en büyük kalsiyum ortalaması 20.98 ± 3.67 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük kalsiyum ortalaması 14.76 ± 2.36 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür. Ortalaması 15.24 ± 3.13 olan Melet Irmağı ile örneklerin gövde kısmındaki kalsiyum miktarı tüm akarsular için aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Bitki örneklerinin kök kısmındaki en büyük kalsiyum ortalaması 51.22 ± 4.67 ile Melet Irmağı'nda, en küçük kalsiyum ortalaması 22.42 ± 1.96 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 48.86 ± 3.50 ile Akçaova Deresi ve Melet Irmağı örnekleri aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Bitki örneklerinin rizom kısmındaki en büyük kalsiyum ortalaması 32.12 ± 2.95 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük kalsiyum ortalaması 22.44 ± 2.80 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 22.89 ± 4.11 olan Melet Irmağı ile örneklerin diğer tüm akarsular arasında istatistik bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Bitki örneklerinin yaprak kısmındaki en büyük kalsiyum ortalaması 65.89 ± 5.17 ile Melet Irmağı'nda, en küçük kalsiyum ortalaması 44.70 ± 5.50 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 62.20 ± 5.88 olan Akçaova Deresi ile Melet Irmağı örnekleri arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.31. Kalsiyum miktarı (akarsu*bitki kısmı) için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	Gövde	9	20.98±3.67Da	11.02	5.70 - 37.90
	Kök	9	48.86±3.50Ba	10.49	35.20 - 64.20
	Rizom	9	32.12±2.95Ca	8.85	21.60 - 45.39
	Yaprak	9	62.20±5.88Aa	17.64	41.70 - 93.75
Melet	Gövde	9	15.24±3.13Ca	9.40	5.30 - 28.40
	Kök	9	51.22±4.67Ba	14.01	31.20 - 74.43
	Rizom	9	22.89±4.11Cab	12.33	10.70 - 46.02
	Yaprak	9	65.89±5.17Aa	15.52	38.40 - 84.65
Turnasuyu	Gövde	9	14.76±2.36Ba	7.07	5.70 - 25.90
	Kök	9	22.42±1.96Bb	5.89	12.50 - 29.54
	Rizom	9	22.44±2.80Bb	8.40	11.60 - 36.93
	Yaprak	9	44.70±5.50Ab	16.50	26.00 - 76.53

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan bitki kısımları arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı bitki kısmında farklı küçük harfi olan akarsular arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.32’de görüldüğü gibi Akçaova Deresi’ndeki örneklerde en büyük kalsiyum ortalaması 51.13 ± 6.35 ile Haziran ayında, en küçük kalsiyum ortalaması ise 29.28 ± 4.39 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 42.71 ± 4.84 olan Ağustos ayı ile Akçaova Deresi’ndeki örneklerin, tüm akarsular için aralarındaki farklılık Tukey testine göre önemli bulunmuştur.

Melet Irmağı’ndaki örneklerde en büyük kalsiyum ortalaması 51.70 ± 6.52 ile Haziran ayında, en küçük kalsiyum ortalaması ise 31.88 ± 7.74 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak ortalaması 32.85 ± 5.62 olan Ağustos ayı ile Ekim ayı örnekleri arasında istatistik bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Turnasuyu Deresi’ndeki örneklerde en büyük kalsiyum ortalaması 32.38 ± 4.02 ile Haziran ayında, en küçük kalsiyum ortalaması ise 18.70 ± 3.46 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ancak ortalaması 27.15±4.83 olan Ağustos ayı ile Haziran ayı örnekleri arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Haziran ayındaki örnekler baktığımızda en büyük kalsiyum ortalaması 51.70±6.52 ile Melet Irmağı'nda, en küçük kalsiyum ortalaması ise 32.38±4.02 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Ancak ortalaması 51.13±6.35 olan Akçaova Deresi ile Melet Irmağı örnekleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05).

Ağustos ayındaki örnekler baktığımızda en büyük kalsiyum ortalaması 42.71±4.84 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük kalsiyum ortalaması ise 27.15±4.83 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Ancak ortalaması 32.85±5.62 olan Melet Irmağı ile Akçaova Deresi örnekleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05).

Ekim ayındaki örnekler baktığımızda en büyük kalsiyum ortalaması 31.88±7.74 ile Melet Irmağı'nda, en küçük kalsiyum ortalaması ise 18.70±3.46 ile Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Ancak ortalaması 29.28±4.39 olan Akçaova Deresi ile Melet Irmağı örnekleri arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.32. Kalsiyum miktarı (akarsu*zaman) için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	Haziran	12	51.13±6.35Aa	22.00	22.72 - 93.75
	Ağustos	12	42.71±4.84Ba	16.78	22.80 - 75.45
	Ekim	12	29.28±4.39Ca	15.21	5.70 - 49.10
Melet	Haziran	12	51.70±6.52Aa	22.60	22.15 - 84.65
	Ağustos	12	32.85±5.62Bb	19.47	8.00 - 72.90
	Ekim	12	31.88±7.74Ba	26.80	5.30 - 77.20
Turnasuyu	Haziran	12	32.38±4.02Ab	13.91	18.75 - 67.61
	Ağustos	12	27.15±4.83Ab	16.73	15.00 - 76.53
	Ekim	12	18.70±3.46Bb	11.99	5.70 - 39.70

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Aynı zamanda farklı küçük harfi olan akarsular arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

5.1.11. Magnezyum

Magnezyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda sadece akarsular arasındaki farklılık ($p<0.01$), bitki kısımları arasındaki farklılık ($p<0.01$) ve zamanlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.33). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları akarsular için Çizelge 5.34’de, bitki kısımları için Çizelge 5.35’de ve zamanlar için Çizelge 5.36’da harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.33. Magnezyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	1617.21	808.61	14.29	0.000**
Kısım	3	6628.80	2209.60	39.06	0.000**
Zaman	2	3714.68	1857.34	32.83	0.000**
Akarsu*Kısım	6	178.10	29.68	0.52	0.788
Akarsu*Zaman	4	67.33	16.83	0.30	0.879
Kısım*Zaman	6	234.36	39.06	0.69	0.658
Akarsu*Kısım*Zaman	12	339.55	28.30	0.50	0.908
Hata	72	4073.28	56.57		
Genel	107	16853.31			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.34’de görüldüğü gibi bitki örneklerinin akarsular arasındaki en büyük magnezyum ortalaması 28.10 ± 2.05 ile Turnasuyu Deresi’nde, en küçük magnezyum ortalaması ise 18.72 ± 2.05 ile Melet Irmağı’nda görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 22.20 ± 1.92 olan Akçaova Deresi ile Melet Irmağı örnekleri aralarında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 5.34. Akarsuların magnezyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	36	22.20±1.92B	11.54	0.80 - 41.79
Melet	36	18.72±2.05B	12.30	2.50 - 41.99
Turnasuyu	36	28.10±2.05A	12.28	1.10 - 46.63

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.35’de görüldüğü gibi bitki örneklerinin kısımları arasında en büyük magnezyum ortalaması 35.26 ± 1.19 ile kök kısmında, en küçük magnezyum ortalaması ise 13.57 ± 2.32 ile gövde kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 20.54 ± 2.05 olan rizom kısmı ile ortalaması 22.65 ± 1.89 olan yaprak kısmı aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmazken, örneklerin rizom ve yaprak kısmı, diğer bitki kısımları ile arasında farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 5.35. Bitki kısımlarının magnezyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Kısım	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Gövde	27	$13.57\pm 2.32C$	12.05	0.80 - 44.49
Kök	27	$35.26\pm 1.19A$	6.18	19.90 - 46.63
Rizom	27	$20.54\pm 2.05B$	10.65	3.90 - 43.22
Yaprak	27	$22.65\pm 1.89B$	9.82	3.30 - 43.56

Aynı bitki kısmında farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 5.36’da görüldüğü gibi bitki örneklerinin zamanlar arasında en büyük magnezyum ortalaması 31.25 ± 1.54 ile Haziran ayında, en küçük magnezyum ortalaması ise 18.08 ± 2.02 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalaması 19.69 ± 2.00 olan Ağustos ayı ile Ekim ayı örnekleri arasında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.36. Zamanların magnezyum miktarına ait tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Zaman	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Haziran	36	31.25±1.54A	9.23	12.22 - 46.63
Ağustos	36	19.69±2.00B	11.98	0.90 - 40.40
Ekim	36	18.08±2.02B	12.11	0.80 - 40.30

Aynı zamanda farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

5.1.12. Sodyum

Sodyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda kısım*zaman interaksyonu ve akarsuların genel ortalamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.37). Buna uygun olarak yapılan Tukey testi sonuçları kısım*zaman için Çizelge 5.38’de, akarsular için Çizelge 5.39’da, harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 5.37. Sodyum miktarı için yapılan varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Akarsu	2	198.68	99.34	8.51	0.000**
Kısım	3	884.06	294.69	25.26	0.000
Zaman	2	140.40	70.20	6.02	0.004
Akarsu*Kısım	6	75.86	12.64	1.08	0.380
Akarsu*Zaman	4	21.80	5.45	0.47	0.760
Kısım*Zaman	6	542.63	90.44	7.75	0.000**
Akarsu*Kısım*Zaman	12	172.29	14.36	1.23	0.280
Hata	72	840.09	11.67		
Genel	107	2875.80			

** , %1 önem düzeyinde istatistiki olarak önemlidir.

Çizelge 5.38'de görüldüğü gibi örneklerin gövde kısmına baktığımızda en büyük sodyum ortalaması 22.96 ± 0.57 ile Ağustos ayında, en küçük sodyum ortalaması 12.03 ± 1.46 ile Ekim ayında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalaması 19.03 ± 2.16 olan Haziran ayı ile diğer tüm zamanlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Bitki örneklerinin kök kısmına baktığımızda en büyük sodyum ortalaması 24.05 ± 0.54 ile Haziran ayında, en küçük sodyum ortalaması 22.40 ± 0.44 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ortalaması 23.20 ± 0.63 olan Ekim ayı ile bitkinin kök kısmında tüm zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Bitki örneklerinin rizom kısmına baktığımızda en büyük sodyum ortalaması 21.42 ± 1.25 ile Haziran ayında, en küçük sodyum ortalaması 18.81 ± 0.89 ile Ekim ayında görülmüştür. Ortalaması 20.77 ± 1.12 olan Ağustos ayı ile bitkinin kök kısmında tüm zamanlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Örneklerin yaprak kısmına baktığımızda en büyük sodyum ortalaması 16.79 ± 1.77 ile Haziran ayında, en küçük sodyum ortalaması 12.96 ± 1.46 ile Ağustos ayında görülmüştür. Ortalaması 16.67 ± 1.12 olan Ekim ayı ile bitkinin kök kısmında tüm zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Haziran ayı örneklerinde en büyük sodyum ortalaması 24.05 ± 0.54 ile bitkinin kök kısmında, en küçük sodyum ortalaması ise 16.79 ± 1.77 ile yaprak kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalaması 21.42 ± 1.25 olan rizom kısmı, kök ve gövde (19.03 ± 2.16) ile aralarında istatistiki olarak bir fark bulunmazken, bitkinin gövde kısmı ise rizom ve yaprak ile aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ağustos ayı örneklerinde en büyük sodyum ortalaması 22.96 ± 0.57 ile bitkinin gövde kısmında, en küçük sodyum ortalaması ise 12.96 ± 1.46 ile yaprak kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak ortalaması 20.77 ± 1.12 olan rizom kısmı ve ortalaması 22.40 ± 0.44 olan kök kısmı, örneklerin gövde kısmı ile kendi aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmamıştır.

Ekim ayı bitki örneklerinde en büyük sodyum ortalaması 23.20 ± 0.63 ile bitkinin kök kısmında en küçük sodyum ortalaması ise 12.03 ± 1.46 ile gövde kısmında görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalaması 18.81 ± 0.89 olan rizom kısmı ile ortalaması 16.67 ± 1.12 olan yaprak kısmı kendi aralarında Tukey testine göre bir farklılık bulunmazken, örneklerin rizom ve yaprak kısmı, örneklerin kök ile gövde kısmı arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 5.38. Sodyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Zaman	Kısım	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Haziran	Gövde	9	19.03 ± 2.16 Bbc	6.48	10.10 - 26.30
	Kök	9	24.05 ± 0.54 Aa	1.638	20.60 - 26.30
	Rizom	9	21.42 ± 1.25 Aab	3.76	16.80 - 29.60
	Yaprak	9	16.79 ± 1.77 Ac	5.30	7.90 - 22.60
Ağustos	Gövde	9	22.96 ± 0.57 Aa	1.728	19.00 - 25.20
	Kök	9	22.40 ± 0.44 Aa	1.337	21.10 - 25.20
	Rizom	9	20.77 ± 1.12 Aa	3.37	16.30 - 27.30
	Yaprak	9	12.96 ± 1.46 Ab	4.38	8.30 - 19.20
Ekim	Gövde	9	12.03 ± 1.46 Cc	4.37	5.60 - 17.70
	Kök	9	23.20 ± 0.63 Aa	1.910	19.50 - 26.10
	Rizom	9	18.81 ± 0.89 Ab	2.696	15.70 - 23.50
	Yaprak	9	16.67 ± 1.12 Ab	3.37	11.10 - 22.30

Aynı bitki kısmında farklı büyük harfi olan zamanlar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$). Aynı zamanda farklı küçük harfi olan bitki kısımları arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 5.39'da görüldüğü gibi örneklerin akarsular arasında en büyük sodyum ortalaması 20.41 ± 0.74 ile Akçaova Deresi'nde, en küçük sodyum ortalaması ise 17.35 ± 0.86 ile Melet Irmağı'nda görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalaması 20.00 ± 0.90 olan Turnasuyu Deresi ile Akçaova Deresi örnekleri arasında istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 5.39. Akarsuların sodyum miktarı için tanıtıcı istatistikler ve Tukey testi sonuçları

Akarsu	n	Ortalama±Standart hata	Standart sapma	En küçük-En büyük
Akçaova	36	20.41±0.74A	4.495	7.10 - 26.30
Melet	36	17.35±0.86B	5.190	5.60 - 24.60
Turnasuyu	36	20.00±0.90A	5.417	7.90 - 29.60

Aynı akarsuda farklı büyük harfi olan istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

5.2. Tartışma

Bakır mikroelementi için yapılan istatistiki varyans analizleri sonucunda bitki kısımları* zaman ikili interaksyonu önemli bulunmuştur ($p < 0.01$) (Çizelge 5.3). Bitkilerin bakır içeriklerini bitki türü, bitkinin olgunluk durumu, mevsim ve toprak özellikleri etkilemektedir. (Kaçar ve İnal 2010). Çizelge 5.4’de görüldüğü gibi en yüksek bakır miktarı Haziran ayı örneklerinin kök kısmında görülmüştür. Ekmekçi (2007) *T. latifolia*’da bitki kısımları arasında ortalama 8.96-36.25 mg/g ve en fazla birikimin bitkinin kök kısmında görüldüğünü belirtmiştir. Çalışmamızda ise bitki kısımları arasında ortalama 0.0-0.2 mg/kg arasında daha düşük miktarlarda bakır birikimi gözlenmiştir (Çizelge 5.1). Toprak çözeltisinde çinko, demir, mangan elementlerinin yüksek miktarda bulunması, bitkilerce bakır alımına antagonistik etkide bulunmaktadır (Karaman 2012).

Azot-fosfor-potasyum içeren gübrelerin yüksek miktarda kullanımı da, bitkilerde bakır yarayışlılığının azalmasına yol açmaktadır. Bitkiler bakırı kökleriyle Cu^{2+} iyonları ve Cu-kileytler şeklinde almaktadır. Bakır alımının metabolik olarak kontrol edildiği (aktif alım) ve bakır alımının çinko alımını, buna karşılık çinko alımının da bakır alımını etkilediği bilinmektedir (Karaman 2012). Çalışmamızda bakır elementinin düşük seviyelerde görülmesinin nedeni yukarıda belirtildiği gibi azot ve fosfor elementlerinin yüksek miktarda birikiminin etkisi olabilir.

Seyithanoğlu (2007), *T. latifolia* bitki kısımları arasında en fazla birikimin kökte olduğunu belirtmiştir. Bozbek (2007), Yadav ve Chandra (2011), Başaran (2010), *T. angustifolia* ile yaptıkları çalışmalarda en fazla bakır birikiminin bitkinin kök kısmında olduğunu belirtmişlerdir.

Çinko mikro elementi için yapılan varyans analizleri sonucunda akarsu*bitki kısımları* zaman üçlü interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$) (Çizelge 5.6). Bu nedenle bu üç faktörü birlikte ele alarak incelediğimizde, en yüksek çinko birikimi Melet Irmağı’nın Ağustos ayı örneklerinin gövde kısmında (4.3 mg/kg) görülmüştür. Çinko miktarları açısından değerlendirildiğinde örnekleme zamanları (Haziran, Ağustos ve Ekim) arasında Ağustos \geq Haziran \geq Ekim şeklinde sıralama yapılabilir. Turnasuyu ve Akçaova Deresi’nde ise örnekleme zamanları arasında bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 5.7). Seyithanoğlu (2007), Evri Gölü kenarından (Kahramanmaraş) topladığı *Typha latifolia* bitkisinde ise çinko

birikiminin çalışmamıza paralel olarak en fazla bitkinin gövde kısmında bulunduğunu belirtmiştir. Yadav ve Chandra (2011) ise yaptığı çalışmada *T. angustifolia* türünün çinko birikiminin çalışmamıza benzer olarak bitkinin gövde kısmında olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada bitki kısımları arasındaki ortalama değer 60-72 mg/kg arasında olup, bu sonuç değerlerimizin çok üstündedir.

Melet Irmağı'ndaki örneklerin kök kısımlarında ise en yüksek birikim Ekim ayında görülmüş olup, örnekleme zamanları arasındaki sıralama Ekim > Ağustos = Haziran şeklinde olmaktadır. Turnasuyu ve Akçaova Deresi'ndeki örneklerde bitkinin kök kısımları ile örnekleme zamanları arasında bir farklılık görülmemiştir. Turnasuyu, Melet ve Akçaova'daki örneklerin rizom ve yaprak kısımları ile örnekleme zamanları arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 5.7). Seyithanoğlu (2007), Malik Gölü'nden (Kahramanmaraş) topladığı *Typha latifolia* örneklerinde ise en fazla birikimin kök kısmında olduğunu belirtmiştir. *Typha angustifolia* bitkisi ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmiştir (Bozbek 2007, Başaran 2010). Brunham ve Bendell (2011) yaptıkları çalışmada *Scirpus acutus* (1-15 µg/g) ve *T. latifolia* (2-15 µg/g) bitkilerinde en fazla kök kısmında birikim olduğunu gözlemlemişlerdir. Ladislas ve ark. (2012) ise bazı *Typha* türlerinde en fazla birikimin bitkinin kök kısmında olduğunu göstermiştir (23.9-106.4 mg/kg).

Taş ve ark., (2013)'nın belirttiği gibi Melet Irmağı havzasında maden işletme tesisleri yer almaktadır. Bu tesislerde çinko, bakır ve kurşun işletmeciliği yapılmaktadır. Çalışmamızda akarsular karşılaştırıldığında Melet Irmağı'ndaki örneklerde çinko birikiminin fazla bulunmasının maden tesislerinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Ayrıca Berryman (1965) organik gübrelerin çinko içerikleri üzerine yaptığı bir çalışmada, kanalizasyon suları ile şehir çöplerinin genellikle ahır gübresine oranla on kat daha fazla çinko içerdiklerini belirtmiştir. Araştırmacı 95 adet kanalizasyon suyu örneğinde 0-6500 mg/L arasında değişen oranlarda ve ortalama 690 mg/L çinko bulunduğunu belirtmiştir. Öte yandan 6 adet şehir çöpü örneğinde ise 250-2200 mg/kg arasında değişen ve ortalama 1450 mg/kg çinko bulunduğunu belirtmiştir (Kaçar ve İnal, 2010).

Yapılan bu çalışmadan da anlaşılacağı gibi şehir çöplüklerine yakın sulak alanların çinko yoğunluğunun fazla olduğu dolayısıyla bu alanlara yakın olan vejetasyonlarda

Çinko miktarının yüksek seviyelerde bulunduğu düşünülmektedir. Melet Irmağı lokalitesinde çinko miktarının yüksek olmasının nedeni Berryman (1965)'in çalışmasında belirttiği gibi, Ordu Şehir plğnn Melet Irmağı ağzında depolanması olabilir. Melet Irmağı'nda yüksek miktarda çinko birikimi görülmesine rağmen literatür ile karşılaştırdığımızda örneklerin çinko birikimi düşük seviyelerdedir.

Demir, Avcıl (2005)'in belirttiği gibi ağır metallerden biridir ve bitkiler için oldukça yararlışlı bir maddedir. Temel olarak demir bitkilerde klorofilin oluşumu için önemlidir (Anonim 1985). Demir elementi bitki bünyesine kökler vasıtasıyla alınmaktadır. Ancak yüksek miktarda köklerde biriken demirin bitkinin üst aksamlarına taşınamadığı gözlemlenmiştir. Bu durum bitkide klorofil oluşumunun engellenmesine dolayısıyla bitkilerin fotosentezde düzensizlikler görülmesine neden olabilmektedir.

Yapılan varyans analizi sonucunda sadece akarsular arasındaki farklılık ($p < 0.05$) ve bitki kısımları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Bitki rneklem zamanları arasında ise istatistiksel bir farklılık görülmemiştir (izelge 5.8).

Çizelge 5.9'da grldğu gibi örneklerin en yüksek demir birikimi Turnasuyu Deresi'nde grlmştir. Akarsuların kendi aralarındaki demir birikimi Turnasuyu \geq Melet \geq Akçaova Şeklinde sıralanmaktadır. Turnasuyu Deresi üzerinde taş ocağı işletme tesisi bulunmaktadır. Hem ağır vasıta araçlarının yoğun trafığı hem de taş ocağı işletme tesisinin dereye bıraktığı atıklar içerisinde bulunan demir elementinin bölgede ağır metal kirliliğinde etkili olabileceğini düşünmekteyiz. Sonularımızdan da grldğu gibi akarsular arasında Turnasuyu Deresi ve Melet Irmağı'nda demir birikim değerleri yüksek bulunmuştur.

Bitki rneklerinin kısımları arasında ise en yüksek demir birikimi bitkinin kök kısmında görülmüş olup, bitki kısımları arasında kök $>$ rizom $>$ gövde = yaprak Şeklinde bir sıralama görülmektedir (izelge 5.10).

Carranza-lvarez ve ark. (2008), yapmış olduğu çalışmada *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında ortalama 100-500 mg/kg demir bulunduğunu ve demir birikiminin en fazla kök kısmında olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda da *T. latifolia*'da en fazla demir birikimin Melet Irmağı (55.96 mg/kg) ve Turnasuyu Deresi'nde (54.35 mg/kg) rneklerinin kök kısmında, en az demir birikiminin ise Turnasuyu Deresi

örneklerinin gövde ve yaprak kısmında (0.39-0.49 mg/kg) olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1). Çalışmamızın sonuçlarına benzer olarak *Typha latifolia* bitkisi ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmiştir (Ekmekçi 2007, Seyithanoğlu 2007, Yıldız 2008). *Typha angustifolia* bitkisi ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmiştir (Bozbek 2007, Chakraborty ve ark. 2011, Yadav ve Chandra 2011).

Taş ve ark. (2013), yapmış olduğu çalışmasında *Typha domingensis* bitki kısımları arasında 18.41-34.9 µg/g (mg/kg) demir bulunduğunu ve en fazla yaprak ile köklerde demir birikiminin olduğunu belirtmişlerdir.

Lingle ve ark. (1963) bitkilerde bulunan demir miktarının bitki çeşidine göre önemli düzeyde değişiklik gösterdiğini ve ortamda bulunan diğer katyonların demir alınımını büyük oranda etkileyebildiğini belirtmişlerdir (Karaman 2012). Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarla sonuçlarımız karşılaştırıldığında örneklerin demir miktarı oldukça değişkenlik göstermektedir.

Kadmiyum bakımından yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*zaman interaksyonu istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Bitki örneklerinin kısımları arasında ise istatistiksel bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 5.12).

Çizelge 3.19'a baktığımızda Akçaova ve Turnasuyu Deresi'nde kadmiyum birikimi için zamanlar arasında bir farklılık görülmemişken, en yüksek kadmiyum birikiminin Melet Irmağı'nda ekim ayında olduğu tespit edilmiştir. Diğer aylarda önemlilik görülmemiştir. Alonso-Castro ve ark. (2009), *T. latifolia* ile yapmış olduğu çalışmada bitki kısımları arasında 276-2339 mg/kg arasında kadmiyum biriktirebildiği göstermiştir. Leura-Vicencio ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada *T. latifolia* bitki kısımları arasında en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında (319 mg/kg), en düşük birikim ise bitkinin toprak üstü kısmında (17 mg/kg) bulunduğunu belirtmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre *T. latifolia* örneklerinin kısımları arasında 0-0.3 mg/kg aralığında düşük miktarlarda kadmiyum birikiminin olduğunu görmekteyiz (Çizelge 5.1).

T. latifolia bitkisi ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmiştir ve sonuçlarımızdan daha yüksek kadmiyum birikimi gözlenmiştir (Seyithanoğlu 2007, Carranza-Álvarez ve ark. 2008, Bozbek

2008, Brunham ve Bendell 2011). *T. angustifolia* bitkisi ile yapılan diğerk bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmiştir (Başaran 2010, Yadav ve Chandra 2011).

Bitki gelişimini olumsuz etkileyen kadmiyum toprağa değişik yollardan karışır. Okyanus altındaki çökeltelerde yer alan kadmiyum ham fosfatlardan ve dolayısıyla fosforlu gübrelerden toprağa ulaşır. Ancak bu yolla toprağa ulaşan kadmiyum miktarı kesin olarak bilinmemektedir. Tarım ilaçlarından fungusitlerde bulunan kadmiyum ilaçlama yoluyla da toprağa karışmaktadır. Araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarına yakın çoğu tarla topraklarının kadmiyum kapsamaları da yüksektir. Bu durum araç lastikleri ile egzoz dumanlarından kaynaklanan bulaşma ile ortaya çıkmaktadır (Kacar ve İnal, 2010). Araştırma sonuçlarımıza bakıldığında, kadmiyum miktarı düşük değerlerde görölse de araştırma alanımızın fosforlu gübrelerden, tarım ilaçlarından, evsel ve endüstriyel atıklardan ve bölgede araç trafiğinin yoğunluğuna bağlı olarak ortaya çıkan metal atıklarından etkilendiğini düşünmekteyiz.

Kurşun bitkiler için mutlak gerekli olmayan, bitki ve hayvanlara zehir etkisi yaptığı bilinen bir ağır metaldir. Kurşun, bitkiler tarafından alınmakta ve bu yolla besin zincirine girebilmektedir. Kurşun, insanlarda kan enzimlerinin değişmesi, anemi, hiperaktivite ve nörolojik bozukluklara yol açmaktadır. Kanda düşük oranda bulunan kurşun, çocuklarda duyma eşiğinin yükselmesi, zekâ geriliği ve davranış bozukluğu gibi belirtilere yol açarken yüksek oranda kurşun hafıza yitimi ve ölümlere neden olabilmektedir. Bitkilerin doğrudan ya da dolaylı şekilde insan ve hayvanların besin maddeleri olmaları nedeniyle bitki ve toprakların kurşun kapsamalarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bitkilerde bulunan kurşun miktarı, bitki tür ve çeşitlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Kimi bitkiler, kurşun biriktirici özellikleri nedeniyle kurşun kirliliği olan alanların iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Kacar ve İnal, 2010).

Kurşunun canlılara etkisi göz önüne alındığında, kurşun kirliliğinin yoğun olduğu topraklarda bitkilerin topraktaki kurşunu bünyelerine almasına karşı tarım faaliyetlerinin yapılmamasını, öncelikle metal kirliliği olan toprakların tavsiye ettiğimiz biyolojik temizleme (fitoremediasyon) ile ışlah edilmesini önermekteyiz.

Çalışmamızda yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*zaman interaksyonu önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Bitki örneklerinin kısımları arasında istatistiksel bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.16'ya baktığımızda kurşun elementi için Akçaova Deresi ve Turnasuyu Irmağı'nda zamanlar arasında en düşük birikimin Haziran ayında, en yüksek birikim her iki akarsu için Ağustos ve Ekim aylarında olduğu görülmektedir. Melet Irmağı'nda ise her üç zaman içerisinde bir farklılık görülmemiştir. Örnekleme zamanları açısından kurşun elementi için bakıldığında Ağustos ayında en yüksek birikim Akçaova Deresi'nde görülmüştür. Haziran ayında ise en yüksek birikim Melet Irmağı ve Akçaova Deresi'nde, en düşük birikim ise Turnasuyu Deresi'nde görülmüştür. Ekim ayında ise akarsular arası bir farklılık görülmemiştir.

Alonso-Castro ve ark. (2009), yapmış oldukları çalışmada *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında 272-4867 mg/kg kurşun biriktirdiğini ve en fazla birikimin kök kısmında, en az birikimin yaprak kısmında olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda ise kurşun birikimi açısından bitki kısımları arasında istatistiki bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 5.17), ayrıca örneklerimizin kısımları arasında kurşun birikimi düşük değerlerde görülmüştür (0-1.1 mg/kg) (Çizelge 5.1).

Typha latifolia bitkisi ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmiştir (Ekmekçi 2007, Seyithanoğlu 2007, Brunham ve Bendell 2011). *Typha angustifolia* bitkisi ile yapılan diğer bazı çalışmalarda da en yüksek birikimin bitkinin kök kısmında olduğu belirtilmişlerdir (Panich-Pat ve ark. 2004, Bozbek 2007, Başaran 2010, Yadav ve Chandra 2011).

Carranza-Álvarez ve ark. (2008), bitkilerdeki kurşun birikiminin, bitki kısımları arasında gövde ve yapraklara göre en fazla köklerde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bitkideki kurşun birikiminin sadece topraktan veya sudan kökler vasıtasıyla alınmadığını, bitkinin yaprakları aracılığıyla gerçekleşen atmosferik birikiminin göz ardı edilmeyeceğini belirtmektedirler.

Çalışmamızın sonuçlarına göre bitki kısımları arasında kurşun birikimi açısından bir farklılık gözlenmemiştir. Örneklerin kısımları arasında kurşun birikimi birbirine yakın değerlerde görülmüştür (Çizelge 5.17).

Çevredeki kurşun kirliliğinden diğer canlılarla beraber, özellikle yol kenarlarındaki bitkiler de etkilenmekte ve zarar görmektedir. Ana kaynağı motorlu araçlar olan

kurşun kirliliğinin, bitkilerde kurşun birikimine sebep olduğu ve kurşun miktarının yoldan uzaklaştıkça azaldığı değişik araştırmacılar tarafından gösterilmiş ve çalışmaları ile atmosferdeki kurşunun ana kaynağının motorlu taşıtlar olduğunu kesin bir şekilde ortaya koymuşlardır (Şanda 1993).

Sonuçlarımıza baktığımızda genel olarak Akçaova Deresi'nde kurşun birikim miktarı daha fazla görülmektedir. Bunun nedeni, dere yatağı boyunca otoban yolunun geçmesi ve araç egzozlarından çıkan kurşunun bu alanda kirliliğe etki edebileceği olabilir. Melet Irmağı'nda ise, havzada kurşun, bakır ve çinko maden işletme tesislerinin bulunuşu ortama karışan kurşun miktarının fazla olmasının nedeni olabilir (Taş ve ark., 2013).

Mangan bakımından yapılan varyans analizi sonucunda akarsular*bitki kısımları interaksyonu önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Ancak zamanlar arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı görülmüştür (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.19'a baktığımızda Akçaova Deresi'ndeki örneklerde en yüksek mangan birikimi bitkinin kök kısmında görülmüş olup, genel bir sıralama yaparsak kök = yaprak > rizom = gövde şeklinde olmaktadır. Melet Irmağı'ndaki örneklerde ise en yüksek birikim bitkinin yaprak kısmında olup, yaprak > kök = gövde = rizom şeklinde bir sıralama yapılabilir. Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde ise en yüksek birikim bitkinin yaprak kısmında olup, yaprak > kök = rizom = gövde şeklinde olup, Melet Irmağı örnekleri ile benzerlik göstermektedir. Mangan bitkilerin fizyolojik ve metabolik fonksiyonlarında görev almaktadır. Bu nedenle bitkilerin kök ve gövdesine oranla yaprak kısmında daha yüksek miktarda mangan bulunmaktadır (Karaman 2012).

Bitki örneklerinin kök, gövde ve rizom kısmına baktığımızda akarsular arasında bir farklılık görülmezken örneklerin yaprak kısmı için akarsuların kendi içerisinde en yüksek birikim Melet Irmağı'nda görülürken, en düşük birikim Akçaova Deresi'nde görülmüştür.

Ekmekçi (2007), çalışmasında *T. latifolia* bitkisinde 39-217 mg/kg aralığında mangan bulunduğunu ve bitki kısımları arasında en fazla kök kısmında mangan birikiminin olduğunu, ancak bitkinin diğer kısımlarındaki mangan miktarının kökteki birikim miktarına yakın değerlerde bulunduğunu bildirilmiştir. Bozbek (2007), *T. latifolia* bitkisinde manganın 7-874 µg/g (mg/kg) aralığında olduğu en yüksek

mangan birikiminin yaprakta olduğunu, ancak bazı örneklerde ise birikimin kök kısmında fazla olduğunu gözlemlemiştir. Bu durum çalışmamızı destekleyici niteliktedir. Çünkü mangan birikimi genel olarak örneklerin yaprak kısmında görülmesine rağmen, Akçaova Deresi'nde bitkinin kök kısmında da yüksek miktarda mangan görülmüştür (Çizelge 5.19).

Yadav ve Chandra (2011), çalışmasında *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında ortalama 50-450 mg/kg mangan birikiminin olduğunu ve en fazla birikimin örneklerin yaprak kısmında olduğunu belirtmiştir. Yine *Typha latifolia* bitkisi ile yapılan diğer benzer çalışmalarda da bazı araştırmacılar en yüksek birikimin bitkinin yaprak kısmında (Seyithanoğlu 2007), bazı araştırmacılar ise kök kısmında (Carranza-Álvarez ve ark. 2008) olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre örneklerin kısımları arasında mangan miktarı daha düşük düzeyde (0.1-11.8 mg/kg) bulunmuştur. Mayer ve Gorham (1951) belirttiği gibi mangan miktarı bitki türüne, yaşına, toprak pH'sına ve toprağın su durumuna göre değişmekte olup (Kacar ve İnal 2010), bu durum çalışmamızda mangan miktarının diğer çalışmalara göre düşük çıkmasının sebebi olabilir düşüncesindeyiz.

Kacar ve İnal (2010), bitkilerde nispeten hareketsiz olup, daha çok Mn^{+2} iyonları şeklinde taşınan manganın bitkilerdeki gereksinimlerinin düşük olması, manganın bitki dokularının yapı maddesi olmamasına bağlanmıştır. Mangan hem kök hem de yapraklardan alınabilmektedir. Çizelge 3.25'de görüldüğü gibi örneklerimizin bitki kısımları arasında en yüksek mangan miktarı yaprak ve kökte görülmüştür.

Azot elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*bitki kısımları*zaman üçlü interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 5.21). Bu nedenle üç faktörü (akarsu, bitki kısmı ve zaman) birlikte ele alarak incelediğimizde, en yüksek azot miktarı Akçaova Deresi'ndeki Haziran ayı örneklerinin gövde kısmında (3.957 ± 0.865) ve Turnasuyu Deresi'ndeki Haziran ayı bitki örneklerinin yaprak kısmında (2.819 ± 0.460) olduğu belirlenmiştir. En düşük azot miktarı ise Melet Irmağı'ndaki Ağustos ayı örneklerinin kök kısmında bulunmuştur (0.485 ± 0.049) (Çizelge 5.22). Yapılan çalışmalarda sulak alan bitkilerinde ortalama azot konsantrasyonu % 2.37-% 0.93 arasında bulunmuştur (Ayaz ve Akça 2000, Görkem 2006).

Akçaova'daki Haziran ayı örneklerinde sıralama gövde > yaprak = kök = rizom şeklinde, Ağustos ayı örneklerinde ise gövde = yaprak > kök = rizom şeklinde

olmaktadır. Ekim ayında ise en yüksek azot birikimi bitkinin yaprak kısmında görülmüş olup, yaprak \geq gövde \geq rizom = kök şeklinde olmaktadır.

Melet Irmağı'ndaki örneklerde ise Haziran ve Ağustos aylarında en yüksek azot birikimi bitkinin yaprak kısmında görülmüş olup, diğer bitki kısımları ile farklılık göstermektedir. Ekim ayında ise bitki kısımları arasında en yüksek yaprak kısmında görülmesine rağmen sıralama yaprak \geq gövde = rizom \geq kök şeklinde olmaktadır.

Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerde ise Haziran ayında en yüksek birikim bitkinin yaprak kısmında, ardından gövde kısmında, Ağustos ayı içerisinde en yüksek birikim sadece yaprak kısmında görülmektedir. Ekim ayında ise yaprak kısmında en yüksek birikim görülmesine rağmen, yaprak \geq gövde \geq rizom = kök şeklinde bir sıralama söz konusudur (Çizelge 5.22).

Taş ve ark. (2013), *T. domingensis* bitki kısımlarında ortalama % 0.11- 0.17 aralığında azot bulunduğunu yaptıkları çalışmalarda belirtmişlerdir. Görkem (2006), çalışmasında *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında % 2.11-3.12 arasında azot bulunduğunu, Das ve Tanaka (2007), *T. latifolia*'nın bitki dokusundaki azot miktarının ortalama % 0.05-3.5 olduğunu belirtmiştir. Gürsoy (2007), yapmış olduğu çalışmasında *T. latifolia* örneklerinde azot miktarının ortalama % 0.012-0.06 olduğunu, Mustafa ve Scholz (2011) ise *T. latifolia* ile yaptıkları bir çalışmada ortalama % 0.0007-0.0035 arasında bulunduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda ise *T. latifolia* örneklerinin bitki kısımları arasında azot birikimi % 0.39-5.20 arasında bulunmuştur (Çizelge 5.1). Sonuçlarımız diğer çalışmaların sonuçlarına paralellik göstermekte olup, hatta normal değerlerden biraz daha fazla bulunmuştur. Bunun nedeni akarsular boyunca fındık bahçelerinin mevcut olması ve fındık tarımı ile ilgilenen çiftçilerin yoğun miktarda azotlu gübreler kullanması ve sonuçta yağmur suları ile toprağın yıkanması ve azotun akarsu sucul ekosistemine karışması olabilir.

Yıllık yağış miktarının aylara ve mevsimlere göre dağılışı şekline “yağış rejimi” denir. Bitkiler açısından yıllık toplam yağış miktarı ilk bakışta önemli olmasına rağmen, bu yağışın mevsimlere dağılımı da çok önemlidir. Bir yıl için hangi mevsimin veya mevsimlerin yağışlı ya da kurak geçtiğinin bilinmesi gerekir. Doğal bitki örtüsü doğrudan yağışın mevsimlere dağılışıyla başka bir deyişle kurak bir mevsimin bulunup bulunmamasından etkilenmektedir (Akman 2011).

Karaman (2012)'in belirttiği gibi aşırı miktarda azot bitkilerde vejetatif gelişmeyi artırmaktadır. Azot ile yeterli beslenen bitkilerin diğer besin elementlerini alım ve kullanım etkinliklerinin de arttığını bilinmektedir. Çalışmamızda besin element miktarlarının da ihtiyaç duyulandan yüksek çıkmasının nedeni azot elementinin bu etkisi olabilir.

Yaptığımız çalışmada kök ve rizoma oranla bitki materyalinin gövde ve yaprak kısmında azotun daha fazla birikim gösterdiği bulunmuştur. Azot bitki gelişmesinde yaşamsal önemi olan bir bitki besin maddesidir. Bitkilerde azot protein oluşmasında ve klorofil moleküllerinin yapılarında yer almaktadır. Bu nedenle bitkinin yaprak ve gövde kısmında azot birikimi daha fazla olmaktadır (Kaçar 1984). Akarsu*bitki kısımları*zaman üçlü interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olmasının nedeni, bitkilerde azot içeriğinin bitkinin çeşidi, yaşı, organı ve çevre koşulları gibi pek çok faktöre göre değişmesi olabilir (Karaman 2012).

Fosfor elementi için yapılan varyans analizi sonucunda sadece bitki kısımları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Akarsular ve zamanlar arasında fosfor bakımından istatistiksel bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$) (Çizelge 5.23).

Görkem (2006), çalışmasında *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında % 0.006-0.024 oranında fosfor bulunduğunu ve en yüksek birikimin gövde kısmında olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda ise bitki materyalinde en yüksek fosfor birikimi Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin gövde kısmında (0.9416 mg/kg), en düşük fosfor birikimi ise yine Turnasuyu Deresi'ndeki örneklerin kök kısmında görülmüştür (0.2855 mg/kg) (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.24'de görüldüğü gibi bitki kısımları arasındaki fosfor birikimi açısından yapılan sıralama gövde > rizom \geq yaprak \geq kök şeklinde olmaktadır. Bitkiler ihtiyaç duydukları fosforun önemli bir bölümünü gelişmelerinin ilk dönemlerinde alırlar ve bünyelerinde depo ederler. Bitkilerde oldukça hareketli olan fosfor, gelişmenin ileri dönemlerine doğru ihtiyaç duyulan diğer dokulara taşınır (Karaman 2012). Çalışmamızda en yüksek fosfor bitkinin gövde kısmında görülmüştür. Bitki materyalinin gelişimi için gerekli olan fosforu bitkinin gövde kısmında biriktirdiğini, ihtiyaç duyulduğunda bitkinin diğer kısımlarına taşındığını düşünmekteyiz.

Gürsoy (2007), çalışmasında *T. latifolia* bitki dokusunda ortalama % 0.001- 0.015 oranında fosfor bulunduğunu belirtmiştir. Mustafa ve Scholz (2011), çalışmalarında

T. latifolia bitki dokusunda ortalama % 0.0001-0.001 oranında fosfor bulunduğunu belirtmişlerdir. Taş ve ark. (2013) çalışmalarında *T. domingensis*'in bitki kısımları arasında ortalama % 0.02-0.03 oranında fosfor içerdiklerini belirtmiştir. Çalışmamızda ise bitki kısımları arasında fosfor yüzdesi % 0.28-0.94 gibi yüksek oranlarda bulunmuştur.

Sonuçlarımıza göre akarsular ve örnekleme zamanları arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı görülmüştür (Çizelge 5.23). Balkaya ve Çelikoba (2005)'nin belirttiği gibi 20. yüzyılın ikinci yarısında birçok sucul ekosistem fosfor yönünden kısıtlı olma durumundan azot yönünden kısıtlı olma durumuna dönüşmüştür. Çünkü insan etkisi ile sucul ekosistemlere özellikle evsel atıklar sonucu fosfor karışmıştır (Gürsoy 2007). Araştırma alanlarımızda akarsu boyu kırsal yerleşim alanları bulunmakta, oluşan evsel ve endüstriyel atıkların doğrudan veya dolaylı yoldan akarsulara bırakılmaktadır. Çalışmamızda fosfor miktarının yüksek çıkmasında evsel ve endüstriyel atıkların etkisi olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca azot gibi fosfor elementinin örneklerde yüksek miktarda birikmesinin nedeni gübreleme kaynaklı olabilir.

Aşırı azot ve fosfor konsantrasyonlarının neden olduğu ötrofikasyon, sucul ekosistemlerde önemli bir sorundur. Yüksek besin konsantrasyonu toksik alg çoğalmasına, düşük oksijen seviyelerine, balık ölümlerine, makrofit çeşitliliğinde değişikliklere ve diğer sorunlara neden olabilir (Carpenter ve ark. 1998, Tyler ve ark. 2012).

Çalışmamızın sonuçlarına göre yüksek miktarda fosfor ve azot birikiminin, araştırma alanımız olan akarsularda sucul ekosistemi etkileyip zamanla ekosistemin yapısının bozulabileceğini düşünmekteyiz.

Potasyum, Çizelge 5.27'de görüldüğü gibi potasyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda kısım*zaman interaksyonu önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Ancak akarsular arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.28'de potasyum miktarı için örnekleme zamanlarını incelediğimizde Haziran ayı için kök \geq rizom = yaprak \geq gövde şeklinde bir sıralama olmaktadır. Ağustos ayı örneklerinde en yüksek potasyum birikimi bitkinin rizom kısmında görülmektedir ve bitkinin diğer kısımlarından farklı bulunmuştur (rizom $>$ gövde = yaprak = kök). Ekim ayındaki örneklerde ise en düşük birikim bitkinin gövde

kısımında olup rizom = yaprak = kök > gövde şeklinde bir sıralama görülmektedir. Görkem (2006), çalışmasında *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında potasyum miktarının 25-59 mg/kg arasında olduğunu ve en fazla birikimin gövde kısmında olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, bitki kısımları arasında potasyum miktarı 41.3–240.5 mg/kg arasında olup en fazla birikimin örneklerin rizom ve kök kısmında bulunduğu görülmüştür. Seyithanoğlu (2007) ise yapmış olduğu çalışmada *T. latifolia* bitkisinde en fazla potasyum birikiminin bitkinin gövde kısmında bulunduğunu bildirmiştir.

Bitki kısımları arasındaki bu değişikliğin sebebi Karaman (2012)'ın belirttiği gibi, potasyumun bitkide hareketli bir element olmasından dolayı bitki içerisinde bir organdan diğerine kolayca hareket edebiliyor olmasıdır. Potasyum bitki köklerinde absorbe edilmesini takiben bitki içerisinde K^+ iyonu şeklinde serbest olarak hareket eder. Potasyum bitkinin organik yapısında bulunmazken, büyüme ve gelişmede önemli biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerde düzenleyici olarak görev yapar. Bu durum yapılan çalışmada da *Typha latifolia* bitkisinin kısımları ve örnekleme zamanları arasında farklılık göstermesinin nedeni olabilir.

Kalsiyum elementi için yapılan varyans analizi sonucunda akarsu*bitki kısımları interaksyonu ($p<0.01$) ve akarsu*zaman interaksyonu ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5.30).

Çizelge 5.31'e baktığımızda sadece akarsu*kısım ikili interaksyon olduğu görülmektedir. Bitki kısımları ile akarsular arasında ilişkiye baktığımızda, Akçaova Deresi'ndeki örneklerde en yüksek kalsiyum miktarı yaprak kısmında, en düşük miktar gövde kısmında görülmüştür. Bitki kısımları arasında kalsiyum miktarı için yaprak > kök > rizom > gövde şeklinde bir sıralama görülmektedir. Melet Irmağı'ndaki örneklerimizde yaprak > kök > rizom = gövde şeklinde, sıralama görülmektedir. Turnasuyu Deresi'nde ise örneklerin en yüksek kalsiyum birikimi bitkinin yaprak kısmında mevcuttur ve bitki diğer kısımlarından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre kalsiyum elementinin bitkinin yaprak kısmında daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni kalsiyumun yapraklarda yoğun birikim gösteren mutlak besin elementi olmasıdır.

Çizelge 5.32'ye baktığımızda ise sadece akarsu*zaman ikili interaksyonu olduğu görülmektedir. Zaman ile akarsular arasındaki ilişkiye baktığımızda her üç akarsuda da Haziran ayında kalsiyum birikimi en yüksek seviyede iken Ekim ayında en düşük miktardadır. Akçaova Deresi'nde kalsiyum miktarı açısından örnekleme zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Haziran ayındaki örneklerde kalsiyum miktarının fazla olması bitkilerin gelişim döneminde bu elemente yüksek miktarda ihtiyaç duymasındandır. Çünkü kalsiyum yokluğunda bitkinin büyümesi imkânsızdır.

Seyithanoğlu (2007), çalışmasında *T. latifolia* bitkisinde en fazla birikimin yaprakta olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda ise örneklerin kısımları arasında kalsiyum miktarı 5.3-93.75 mg/kg gibi bir değerle daha düşük olduğu görülmüştür. Besin element ihtiyacı bitkilerin çevre şartlarına ve bitkide bulunan diğer elementlerin etkisine göre değişmektedir. Sonuçta bölgesel farklılık ve ekolojik farklılıktan dolayı bitkilerde kalsiyum birikimi değişiklik gösterebilmektedir.

Magnezyum elementi için sadece bitki kısımları, akarsular ve zamanlar arasında istatistiki farklılık görülmüştür ve bu üç faktörün her birini kendi aralarında değerlendirmekteyiz (Çizelge 5.33).

Çizelge 5.34'e baktığımızda sadece akarsular arasında istatistiksel farklılık görülmüştür. Örneklerin en yüksek magnezyum miktarı Turnasuyu Deresi'nde, en düşük Melet Irmağı'nda görülmüştür ve Melet Irmağı ile Akçaova Deresi arasında istatistiki bir farklılık bulunmamıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre sadece bitki kısımları arasında önemli bir farklılık bulunmuş olup, *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında kısımları arasında kök > yaprak = rizom > gövde şeklinde bir sıralama ortaya çıkmıştır (Çizelge 5.35).

Çizelge 5.36'ya baktığımızda ise sadece zamanlar arasında istatistiksel farklılık görülmekte ve örnekleme zamanı olarak en yüksek magnezyum birikimi Haziran ayında, en düşük birikim ise Ekim ayında görülmektedir. Zamanlar arasında Haziran > Ağustos = Ekim şeklinde bir sıralama olmaktadır. Seyithanoğlu (2007), yapmış olduğu çalışmasında *T. latifolia*'nın bitki kısımları arasında en fazla magnezyumun kök kısmında bulunduğunu belirtmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızla da paralellik göstermiştir.

Taş ve ark. (2013), Melet Irmağı'nda *T. domingensis* bitkisi ile yapmış oldukları çalışmada, bitki kısımları arasında magnezyum miktarının ortalama 74.3-126.4 µg/g (mg/kg) olduğunu ve en fazla kök bölgesinde bulunduğunu belirtmiştir. Sonuçlarımıza göre *T. latifolia* örneklerinin kısımları arasında 0.8-44.99 mg/kg aralığında magnezyum bulunduğu görülmektedir (Çizelge 5.1).

Wilkinson (1987)'in belirttiği gibi bitki dokularında magnezyum konsantrasyonu sadece bitki tür ve çeşidine göre değil, aynı zamanda bitkinin gelişim aşamasına (bitki yaşı) göre de değişir. Bitkinin magnezyum konsantrasyonu diğer mineral besinlerin düzeyi, çevresel faktörler ve iklimsel faktörler tarafından da etkilenmektedir (Karaman 2010). Çalışmamızda ise Wilkinson (1987)'un belirttiği gibi bitkinin gelişim aşamasında magnezyum ihtiyacı fazla olduğu için Haziran ayında (gelişim dönemi) yüksek miktarda magnezyum bulundurduğu gözlenmiştir (Çizelge 5.36). İhtiyaç duyulan magnezyumun en çok bitkinin kök bölgesinde bulunduğu görülmüştür (Çizelge 5.35). Çizelge 5.34'de görüldüğü gibi Melet Irmağı örneklerinin magnezyum değeri düşük çıkmıştır. Melet Irmağı havzası üzerinde taş ocağı işletmesinin bulunması ile çevreye yayılan atıkların ortamın pH'ını değiştirebileceği, bunun da magnezyumun kullanılabilirliğini olumsuz etkilediğini düşünmekteyiz.

Sodyum ile ilgili Tukey testi sonuçlarına baktığımızda sadece akarsu*zaman ikili interaksyonu olduğu görülmektedir (Çizelge 5.38). Bitki kısımları ile örnekleme zamanları arasındaki ilişkiyi değerlendirdiğimizde, Haziran ayındaki bitki örneklerinde sodyum miktarı açısından kök ≥ rizom ≥ gövde ≥ yaprak şeklinde, ağustos ayı örneklerinde kök = gövde = rizom > yaprak şeklinde, Ekim ayı örneklerinde ise kök > rizom = yaprak > gövde şeklinde bir sıralama olmaktadır.

Bitkiler sodyumu Na⁺ iyonu şeklinde alırlar. Bitkiler sodyum ihtiyaçları ve sodyuma tepkileri yönünden iki grup altında toplanmaktadır; (1) natrofilik bitkiler, (2) natrofobik bitkiler. Natrofilik bitkilerde, sodyum bitki organları arasında üniform bir şekilde dağılır, natrofobik bitkilerde ise sodyum kökte toplanır (Karaman 2010). Sonuçlarımıza göre Çizelge 5.38'e bakıldığında, Haziran ve Ekim ayında sodyumun örneklerin en fazla kök kısmında bulunduğu ve istatistiki olarak bitki kısımları arasında bir farklılık olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.39'a baktığımızda ise sadece akarsular arasında istatistiksel bir farklılık olduğu görülmektedir. Akarsuları kendi aralarında sodyum miktarı için karşılaştırdığımızda, en yüksek Akçaova Deresi'ndeki örneklerde, en düşük Melet Irmağı'ndaki örneklerde görülmektedir. Sodyum elementi açısından lokaliteler değerlendirildiğinde birikim oranı Akçaova = Turnasuyu > Melet şeklinde olmaktadır.

Seyithanoğlu (2007), çalışmasında *T. latifolia* örneklerinin bitki kısımları arasında en fazla birikimin yaprak kısmında olduğunu belirtmiştir. Taş ve ark. (2013), Melet Irmağı'nda *T. domingensis* bitkisinde yapmış olduğu çalışmasıyla sodyumun en fazla kök bölgesinde bulunduğunu ve örneklerinde sodyum miktarının 24.3-45.1 µg/g (mg/kg) arasında bulunduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda ise örneklerin sodyum miktarı daha düşük değerlerde (5.6-29.6 mg/kg) bulunmuştur.

Boyd (1970)'a göre herhangi bir su arıtma sistemlerinde kullanılan makrofitler çeşitli kriterleri karşılamaları gerekmektedir ki bunlar, hızlı büyüme, kolay yayılma, yüksek kirletici alım kapasitesinin olması ve kolay hasat edilebilmesidir. *Typha latifolia* hızlı gelişen bir makrofit olup bataklıklar göller ve lagünlerde yetişen Typhaceae familyasına ait bir bitkidir. Bu bitkiler farklı iklim koşullarında büyüme avantajına sahip ve kirlenmiş ortamlarda ya da doğal koşullar altında ağır metalleri biriktirebilmektedirler (Alonso-Castro ve ark. 2009).

Bitkilerin metalleri akümüle etme kapasiteleri, zararlı bir özellik olarak kabul edilir. Çünkü bazı bitkiler doğrudan veya dolaylı olarak, insanların beslenme yoluyla almış oldukları zehirli ağır metallerin bir bölümünün sorumluluğuna sahiptirler (Brown ve ark. 1994). "Metal hiperakümülatörler" diye adlandırılan doğal olarak ortaya çıkan bitkiler, ekimi yapılan bitkilere kıyasla 10 ile 500 kez daha yüksek düzeyde element toplayabilmektedirler (Ow 1996, Yıldız 2008).

Yapılan literatür araştırmaları *Typha* bitkisinin yüksek miktarlarda ağır metal biriktirdiğini bildirilmiştir. Yadav ve Chandra (2011), *Typha* bitkisinin yüksek metal birikimi ile ilgili olarak iç metal detoksifikasyon tolerans mekanizmasının bu sulak alan bitkisinde mevcut olabileceğini, bu nedende yüksek miktarda metal biriktirebildiğini belirtmektedir (Lyubenova ve ark. 2013).

Yapılan daha önceki çalışmalarla sonuçlarımız karşılaştırıldığında, genel olarak ağır metallerin bitkilerin kök kısmında daha yoğun birikim gösterdiği görülmektedir.

Ayrıca, mevcut çalışma ile de belirtildiği gibi ağır metal birikim miktarı türden türe ve tür içi morfolojik yapılarının farklılığına göre değişmekte ve çevresel faktörler metal alınımını etkilemektedir. Duman (2005), Sapanca ve Abant gölleri su, sediment ve bazı sucul makrofitlerde ağır metal akümülyasyonunun mevsimsel değişimini incelemiş, Sapanca Gölü su ve sedimentinde ağır metal kirliliğinin trafik, fosseptik atık, tarımsal gübre ve zirai ilaçlar, Abant Gölü su ve sedimentinde ise trafik ve fosseptik atık kaynaklı olduğu belirtmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının bitkiden bitkiye hatta aynı bitkinin farklı morfolojik kısımları arasında farklılıklar gösterdiği ve ağır metallerin bitki kısımları arasında en çok kökte birikme eğilimi gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca kökte ağır metal konsantrasyonunun yüksek çıkmasının bir nedeni de köke bazı sediment parçalarının yapışması olabileceğinin göz ardı edilmemesi gerektiğini bildirmiştir.

Su ekosistemlerinin üzerinde, içinde ve kenarında yaşayan çok çeşitli canlılar vardır. Bu nedenle su ekosistemlerinde herhangi bir kirletici o ortamla ilişkisi bulunan canlıların bünyesine direk veya indirek bir şekilde geçerek birikim yapmaktadır. Demirezen (2002)'e göre su sistemlerinde toksik metallerin çok az miktarları bile ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Sucul ekosistemlerde meydana gelen kirlenme olayları besin zinciri yoluyla bütün canlıları etkilemektedir. Bu ortamlarda yaşayan sucul bitkiler, ağır metalleri bünyesine almakta ve bu bitkilerle beslenen balıkların yenmesi sonucunda da insan sağlığı etkilenmektedir. Geniş yayılış gösteren birçok türün, ortamda bulunuşu veya ortamdan kaybolması su ortamının durumu ve kalitesi hakkında bilgi verir. Ancak, bu konuda dikkate alınması gereken bir husus da ötrofikasyon olayı ve ötrofikasyondan sonra habitatta meydana gelen değişimlerdir (Bozbek 2007).

Taş ve ark., (2013), Aşağı Melet Irmağı akarsu ağızı sulak alanında yerel bitkilerden olan *Typha domingensis* bitkisinin kök, rizom, gövde ve yapraklarında yaptığı araştırmada, bitki dokusundaki Pb, Cu, Zn, Fe, Ni, Na, Mg ve Mn metalleri ile azot-fosfor birikimini incelemişlerdir. Melet Irmağı akarsu ağızı, Ordu kentinin katı atıklarının vahşi depolanma sahası da olduğundan, hem çöp sızıntılarından hem de havzadaki maden işletmelerinden kaynaklı su kirlenmesinin azaltılmasında *Typha domingensis* bitkisinin kullanılmasının mümkün olduğunu ve özellikle yapay sulak alan sistemlerinde makrofitler kullanılarak verimli sonuçlar alındığı belirtmişlerdir.

Candan ve Taş (2014)'in yapmış olduğu çalışmada Melet Irmağı boyunca yüksek rakımlardan deniz seviyesine doğru ağır metal konsantrasyonlarında bir azalma gözlenmiştir. Akarsu kıyı şeridi boyunca bulunan bitkilerin ve akarsu içindeki alglerin ağır metalleri absorbe ettiği, sonuçta deniz seviyesine yaklaştıkça ağır metal miktarının azaldığı görülmüştür.

Yapılan başka bir çalışmada, *Phragmites australis* ve *Typha angustifolia* bitkilerinin çevresel değişimlerin belirlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır (Bozbek 2007). Diğer bazı çalışmalarda da *Thypa* cinsine ait bazı türlerinde hiperakümülatör olabileceğini belirtmişlerdir (Panich-Pat 2003, Ma 2005, Carranza-Álvarez ve ark. 2008, Alonso-Castro ve ark. 2009, Hadad ve ark. 2010, Bah ve ark. 2011, Chakraborty ve ark. 2011, Yadav ve Chandra 2011, Ladislav ve ark. 2012,).

Görkem (2006) tarafından yapılan bir çalışmada da *T. latifolia* bitkisinin yapay sulak alanlarda evsel atıksuların kirlilik gideriminde ve tarımsal sulama suyu kalitesinin arttırılmasında önemli rol oynadığı belirtilmiştir.

Typha latifolia bitkilerinin bulunduğu kontrollü yapay sulak alan sisteminin, Sofulu düzensiz katı atık depolama sahasında evsel nitelikli katı atıklardan oluşan çöp sızıntı sularında bulunan Cr, Cu, Pb Fe, Ni ve Mn gibi ağır metallerin ileri arıtımında yardımcı olabileceği ve ileri arıtım verimini arttıracığı belirlenmiştir (Ekmekçi 2007).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Ordu İlinde bulunan farklı büyüklükteki akarsularda (Melet Irmağı, Turnasuyu Deresi, Akçaova Deresi) yayılış gösteren *Typha latifolia* L. makrofit türüne ait örneklerde farklı gelişme zamanlarında (Haziran, Ağustos, Ekim 2013) ve farklı bitki kısımlarındaki (gövde, kök, yaprak, rizom) ağır metal (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Mn) birikimi ve makro element (N, P, K, Ca, Mg, Na) miktarları belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda bitki kısımlarının ağır metal ve makro element miktarlarının sıralaması gövde için, N>P>K>Na>Ca>Mg>Zn>Fe>Mn>Pb>Cd>Cu şeklinde, kök kısmı için, N>P>K>Ca>Mg>Fe>Na>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde görülürken, yaprak kısmı için, N>P>K>Ca>Mg>Na>Mn>Zn>Fe>Pb>Cd>Cu ve rizom kısmı için ise N>P>K>Ca>Mg>Na>Fe>Zn>Mn>Pb>Cd>Cu şeklindedir.

Typha latifolia bitkisinin ağır metal ve makro element miktarları akarsular yönünden karşılaştırıldığında Turnasuyu Deresi için N>P>K>Mg>Ca>Na>Fe>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde bir sıralama görülürken, Melet Irmağı için N>P>K>Ca>Mg>Na>Fe>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde bir sıralama, Akçaova Deresi için ise N>P>K>Ca>Mg>Na>Fe>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde bir sıralama görülmektedir.

Typha latifolia bitkisinin örnekleme zamanları açısından ağır metal ve makro element birikimini değerlendirildiğinde: Haziran ayı için N>P>K>Ca>Mg>Na>Fe>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde, Ağustos ayı için N>P>K>Ca>Na>Mg>Fe>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde, Ekim ayı için ise, N>P>K>Ca>Mg>Na>Fe>Mn>Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde bir sıralama görülmektedir.

Ordu ilinin en büyük sorunlarının başında çöp sorunu gelmektedir. İl merkezinde evsel atıklar hiçbir ön işleme tabi tutulmadan Melet Irmağı'nın denize döküldüğü kıyı şeridinde bırakılmaktadır. Çöp bırakılan alanın yerleşim alanı içi ve deniz kenarında olmasından dolayı büyük kirlenmelere sebebiyet vermektedir. Ayrıca Melet Irmağı ile bağlantılı bu alanda yüksek düzeyde taban suyu kirliliği ve deniz kirliliği de oluşmaktadır. Ordu ilinde çevre sorunlarına neden olan faktörler; yerleşim yerleri, sanayi tesisleri, tarımsal uygulamalar ve ulaşım hizmetlerinden kaynaklanmaktadır. Evsel atık sular, merkezde arıtılmadan Melet Irmağı'na verilmektedir. İlde oluşan katı atıkların % 75'i organik, % 25'i geri kazanılabilir atıktır. Atıklar, belli noktalarda konteynırlarda biriktirildikten sonra her gün şehir çöp

deponi sahasına dökülmektedir. Evsel atıklar bu yıla kadar hiçbir ön işleme tabi tutulmadan Melet Irmağı'nın denize döküldüğü kıyı şeridinde bırakılmaktadır. Çöp bırakılan alan yerleşim alanı içinde bulunmaktadır.

Sularda ağır metal kirliliği, habitatta bulunan bütün organizmaları tehdit eden evsel ve endüstriyel atıkların gelişigüzel boşaltılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, sucul alanlara boşaltmadan önce atık sularda ağır metal yükünün azaltılması gerektiği düşüncesindeyiz.

Su kirliliği, su kalitesinin dolayısıyla su ortamının doğal dengesinin bozulması demektir. Suların kirlenmesi sorunu, şüphesiz çağdaş medeniyetlerin doğal ortamı bozmasının sonuçlarından birisidir. Suların mineral kirliliği tarımda kullanılan nitrat ve fosfat gübreleri ile, metalurji ve diğer faaliyet alanlarından çeşitli atıkların serbest kalması ile olmaktadır. Değişik kaynaklardan ortama bırakılan atık maddeler sonucunda flora ve fauna zarar görmekte, bazı türler ise yok olmaktadır. Çalışmamızda bitki örneklerinde azot ve fosfor miktarlarının yüksek çıkması, tarımsal gübrelerin yoğun kullanımı, evsel ve endüstriyel atıkların doğrudan doğaya bırakılması olabilir.

Her ne kadar *Typha latifolia* bitkisi ile ilgili yapılmış daha önceki çalışmalar bu bitkinin hiperakümatör bir bitki olabileceğini gösterse de, bu çalışmada çalışılan lokalitelerde, gerek örnekleme zamanlarında, gerekse bitki kısımları arasında daha önce literatürlerde belirttiğimiz aralıklarda ağır metal birikimine rastlanmamıştır. Çalışmamızda ağır metal birikim seviyelerinin düşük çıkmasının nedeni, seçtiğimiz istasyonların deniz seviyesine yakın olması olabilir.

Yapılan bu çalışma ile çalışılan sucul ekosistemlerdeki *Typha latifolia* bitkisinde tehlikeli boyutlarda ağır metal birikimine rastlanmamış olmasına rağmen bu lokalitelerde su ve sediment düzeyinde yürütülecek bir araştırma önerilebilir. Bu çalışmanın bu konuda ve bu bitki ile daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacağı kanısındayız.

7. KAYNAKLAR

- Adams, W.J., Kimerle, R.A., Barnett, J.W. 1992. Sediment Quality and Aquatic Life Assesment. Environmental. Science and Technology, 26: 1865-1875.
- Akman, Y. 2011. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Palme Yayıncılık, Yayın No: 597, ISBN: 978-605-4414-46-8, Ankara, S: 103-186.
- Aksoy, A., Hale, W.H.G., Dixon, J.M. 1999. “*Capsella bursa-pastoris* (L.) medic as a biomonitor of heavy metals”, Science of the Total Environment, 226: 177-186.
- Ali, I. 1987. Wastewater criteria for irrigation in arid regions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 113(2):173–183.
- Alonso-Castro, A.J., Carranza-Álvarez, C., Alfaro-De la Torre, M.C., Leonardo Chávez-Guerrero, L., García-De la Cruz R.F. 2009. Removal and Accumulation of Cadmium and Lead by *Typha latifolia* Exposed to Single and Mixed Metal Solutions, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 57:688–696.
- Altınyar, G. 1998. Su Yabancı Otları. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anderson, A. 1977. Heavy Metals in Swedish Soils: On Their Retention, Distribution and Amounts. Swed. J. Agric. Res., 7: 7-20.
- Anonim, 2005. Heavy Metal Toxicity. http://tuberoze.com/Heavy_Metal_Toxicity.html. (Erişim tarihi: 04.02.2014).
- Anonim, 2013a. Ordu Yürüyüş Rotaları ve Turizm Keşif Rehberi. Ordu İl Özel İdaresi, Ocak 2013.
- Anonim, 2013b. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. DSİ 7. Bölge Müdürlüğü, Samsun.
- Anonim, 2013c. T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Ordu İl Raporu Mayıs 2013, Giresun. İnternet Erişim Adresi: <http://www.dokap.gov.tr/>, Erişim Tarihi:04.02.2014.
- Anşin, R. 1979. Trabzon Meryemana Araştırma Ormanı Florası ve Saf Ladin Meşçerelerinde Floristik Araştırmalar. Karadeniz Gazetecilik ve Matbaacılık A.Ş., Trabzon.
- Arlı, S. 2006. Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Aslan, A., Budak, G., Karabulut, A. 2005. The amounts Fe, Ba, Sr, K, Ca and The in some lynchens growing in Erzurum province (Turkey)’ Journal of Quantative Spectroscopy & Radiative Tranfer, 88 (4): 432-31.
- Avcıl, E. 2005. Zonguldak İl Merkezindeki Ağır Metal Birikiminin Biyomonitör Olan Karayosunları Üzerinden Araştırılması. Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak.

- Ayaz, S.C., Akça, L. 2000. "Treatment of Wastewater by Constructed Wetland in Small Settlements". Water Science and Technology, Vol: 41(1), pg. 69-72, Oxford.
- Ayyıldız, M. 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Baskı Ofset Ünitesi. Ankara. 277s.
- Bah, A.M., Dai, H., Zhao, J., Sun, H., Cao, F., Zhang, G., Wu, F. 2011. Effects of Cadmium, Chromium and Lead on Growth, Metal Uptake and Antioxidative Capacity in *Typha angustifolia*. Biological Trace Element Research, 142:77–92.
- Baker, A.J.M., Reeves, R.D., Hajar, A.S.M. 1994. Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. and C. Presl (Brassicaceae). New Phytologist, 127: 61-68.
- Baldantoni, D., Alfani, A., Di Tommasi, P., Bartoli, G., De Santo, A. 2004. Assessment of macro and microelement accumulation capability of two aquatic plants. Environ. Pollut., 130: 149-156.
- Balkaya N., Çelikoba I. 2005. Sulak alanlar ve Kızılırmak deltası. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul 2005.
- Başaran, G. 2010. Kapulukaya Baraj Gölü (Kırıkkale) ve Aşağı Havzası Su, Sediment Ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kırıkkale.
- Beryman, C. 1965. Composition of organic manures and waste products used in agriculture. N.A.A.S. Adois. Pap. No. 2.
- Bingöl, M.Ü. 1992. Ankara cadde ağaçlarından *Aesculus hippocastanum* L.'da kurşun (Pb) birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bingöl, A.M. 2008. Bor İle Kirlenmiş Toprakların Yeşil Islah (Phytoremediation) Yöntemi İle Arıtılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Boerner R.E.J., Koslowsky, S.D. 1989. Microsite variations in soil chemistry and nitrogen mineralization in an beech-maple forest. Soil Biochemistry 21:795-801.
- Boran, M., Karaçam, H., 1996. Değirmendere ve Karadere'de (Trabzon, Türkiye) Kirlenici Akıllarının Mevsimsel Değişimi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Dergisi, 13, 3-4, 396.
- Boran, M., Karaçam, H., Sayın, A. 2004. Değirmendere Havzasında (Trabzon, Türkiye) Bulunan Bazı İşletmelere Ait Atık Suların Özelliklerinin İncelenmesi ve Dere Suyundaki Kirlenicilerin Düzey ve Dağılımlarının Belirlenmesi. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 21, 1-2, 17-21.
- Boyd, C. 1970. Chemical analyses of some vascular aquatic plants. Archiv fuer Hydrobiologie 67:78–85.
- Bozbek, B. 2007. Beyşehir Gölü'ndeki *Phragmites australis* (Cav.)Trin.Ex Stend ve *Typha angustifolia* L. Bitkilerinin Ağır Metal İçerikleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Brooks, R.R., Chambers, M.F., Nicks, L.J., Robinson, B.H. 1998. Phytomining. *Trends in Plant Sciences*, 3(9):359-362.
- Brown, S.L., Chaney, R.L., Angle, J.S., Baker, A.J.M. 1994. Phytoremediation potential of *Thlaspi caerulescens* and bladder campion for zinc - and cadmium - contaminated soil. *Journal of Environmental Quality*. 23: 1151-1157.
- Brunham, W., Bendell, L.I. 2011. The Effect of Temperature on the Accumulation of Cadmium, Copper, Zinc, and Lead by *Scirpus acutus* and *Typha latifolia*: A Comparative Analysis, *Water, Air and Soil Pollution*, 219:417–428.
- Bulut, Y. 2003. Çeşitli Bitkisel Atıklar Üzerinde Ağır Metal Adsorpsiyon Kinetiği ve Dengesinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Diyarbakır.
- Candan, E.D., Taş B. 2014. Melet Irmağı'nda (Ordu) Bulunan *Cladophora* (Chlorophyta) Örneklerindeki Ağır Metal Birikimi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ordu.
- Cardwell, A.J., Hawker, D.W., Greenway, M. 2002. Metal accumulation in aquatic macrophytes from southeast Queensland, Australia. *Chemosphere*, 48, 653-663.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559–568.
- Carranza-Álvarez, C., Alonso-Castro, A.J., Alfaro-De la Torre, M.C., García-De la Cruz R.F. 2008. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an Artificial Lagoon in San Luis Potosí, México, *Water, Air, and Soil Pollution*, 188:297–309.
- Cenci, R.M. 1993. “II. Muschio Fontinalis antipyretica utilizzato quale bioindicatore di inquinamento nelle acque da mercurio e piombo”, *Studi Saresi*, Ann. Fac. Agraria, Univ. di Sassari, 35: 469-478.
- Chakraborty, D., Kumar, S.A., Sen, M., Apte, S.K., Das, S., Acharya, R., Das, T., Reddy, A.V.R., Roychaudhury, S., Rajaram, H., Seal, A. 2011. Manganese and iron both influence the shoot transcriptome of *Typha angustifolia* despite distinct preference towards manganese accumulation, *Plant and Soil*, 342:301–317.
- Chan, E., Bursztinsky, T.A., Hatzche, N.N., Litwin, Y.J. 1981. The use of wetlands for water pollution control., U.S. EPA Grant No. R-806357.
- Cırla, M.P., Solano, M.L., Soriano, P. 2005. Role of Macrophyte *Typha latifolia* in a Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Assessment of Its Potential as a Biomass Fuel. *Biosystems Engineering*, 92(4) pp 535–544.
- Cooke, M., Dennis, A.J. 1985. “Polynuclear aromatic hydrocarbons: mechanism, method and metabolism”, Ohio Battelle Press, Columbus, USA.
- Das S.C., Tanaka, N. 2007. Estimating nitrogen budgets of *Typha angustifolia* by considering the regrowth shoot productivity and nitrogen content after harvesting aerial organs in different growing seasons. *Landscape and Ecological Engineering*, Volume 3, Issue 2, pp 99-108.

- Demir, R. 1998. Dicle Nehri yöresinde yetiştirilen karpuzlarda [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai cv. Dicle] ağır element tayinleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 26: 18-20.
- Demirayak, A., Kutbay, H.G., Kılıç, D., Bilgin, A., Huseyinova, R. 2011. Heavy Metal Accumulation in Some Natural and Exotic Plants in Samsun City. *Ekoloji* 20 (79): 1-11.
- Demirezen, D. 2002. Sultan Sazlığı ve Çevresindeki Sucul Ekosistemlerde Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demirezen, D., Aksoy, A. 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, 56 (7), 685-696.
- Denny, H., Wilkins, D. 1987. Zinc tolerance in *Betula* spp. II. microanalytical studies of zinc uptake into root tissues. *New Phytologist* 106: 525-534.
- Doğan, M. 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları İle Sulanan Soğanda (*Allium cepa* L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. *Ekoloji Çevre Dergisi*, Cilt: 12, Sayı: 48, 1-3.
- Doğan, N. 2005. Ağır Metal Gideriminde Tarımsal Atık Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Malatya.
- Duman, F. 2005. Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Dunbabin, J.S., Bowmer, K.H. 1992. Potential use of constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters containing metals. *Science of the Total Environment*, 111:151-168.
- Durak, Z. 2005. Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Alanında Oluşan Çöp Sızıntı Sularının Bitki Yetiştirilmesinde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Duru, N., Türkmen, Z., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., Yapar, K. 2011. *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2): s.89-96.
- Ekmekçi, F. 2007. Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Sahasından Alınan Çöp Sızıntı Sularının Laboratuvar Ölçekli Ortamda Bitkisel Yolla Azot- Fosfor ve Ağır Metal Gideriminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Elmacı, Ö.M. 1995. Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicon Esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, İzmir.

- Emberger, L. 1952. Sur le Quotient pluviothermique, *C.R. Acad. Sci.*, 234, 2508-2510.
- Ermosele, C.O., Ermosele, I.C., Muktar. S.A., Birdling, S.A., 1995. Metals in Fish from the Upper Benue River and Lakes Geryo and Njuwa in Northeastern Nigeria. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54: 8-14.
- Foner, H.A. 1987. Traffic lead pollution of some edible crops in Israel. *The Science of the Total Environment* 59: 309 – 315.
- Forster, C.F., Wase, D.A.J. 1997. *Biosorbents for Metal Ions*, London, UK: CRC Press: 1-9.
- Gardea-Torresdey, J.L., Peralta - Videa, J.R., Montes, M., de la Rosa, G., Corral-Diaz, B. 2004. Bioaccumulation of cadmium, chromium and copper by *Convolvulus arvensis* L.: impact on plant growth and uptake of nutritional elements. *Bioresource Technology*, 92: 229-235.
- Gersberg, R.M., Elkins, B.V., Lyon, S.R., Goldman, C.R. 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. *Water research*, 20(3): 363-368.
- Görkem, F.Y.İ. 2006. Tokat İlinde Yapay Sulakalanlar İle Bu Sistemde Kullanılan *Typha latifolia* L. Bitkisinin Eysel Atıksu Arıtmada Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Tokat.
- Grace, J.B., Wetzel, R.G. 1998. Long-Term Dynamics of *Typha* Populations. *Aquatic Botany*, 61 (2):137-146.
- Grımanıs, A.P., Zafıropoulos, D., Vassılakı, R., Grımanıs, M. 1978. Trace Elements in the Flesh and Liver of Two Fish Species from Polluted and Unpolluted Areas in the Aegean Sea. *Environ. Sci. Technol.*, 12: 723-726.
- Groudeva, V.I., Groudev, S.N., Doycheva, A.S. 2001. Bioremediation of waters contaminated with crude oil and toxic heavy metals. *International Journal of Mineral Processing*, Vol. 62, pp.293-299.
- Gupta, M., Chandra, P. 1996. Bioaccumulation and physiological changes in *Hydrilla verticillata* royle in response to mercury. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56, 319-326.
- Güçlü, Z., Ertan, Ö.O. 2011. Atık Sulardan Ağır Metal İyonlarının Kaldırımında Alglerin Kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4 (1): 19-23.
- Gündoğan, Y. 2005. Kızılırmak nehri'ndeki (Kırıkkale) *Cladophora*' da ağır metal birikimi üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri, Ankara.
- Gündüz, T. 1994. Çevre Sorunları, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Ankara.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D. 2004. Metal iyonlarının (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2}) *Clivia* sp. bitkisi polenlerin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16 (2): 177-182.

- Gürsoy, S. 2007. Bafra Uzun Göl ve Cernek Göl'ündeki Bazı Makrofit Bitkilerde Azot ve Fosfor Rezorbsiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Samsun.
- Hadad, H.R., Mufarrege, M.M., Pincirolu, M., Di Luca, G.A., Maine M.A. 2010. Morphological Response of *Typha domingensis* to an Industrial Effluent Containing Heavy Metals in a Constructed Wetland, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 58:666–675.
- Haritonidis, S., Malea, P. 1999. Bioaccumulation of Metals by the Green Alga *Ulva rigida* from Themaikos Gulf, Greece. *Environmental Pollution*, 104: 365-372.
- Harmer, P.M., Benne, E.J. 1941. Effects of applying common salt to a muck soil on the yield, composition and quality of certain vegetable crops and on the composition of the soil producing them. *Jour, Amer, Soc, Agron.* 33: 955.
- Harrison, R.M., Laxen, D.P.H. 1981. Lead Pollution Causes and Control. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge.
- Henry, 2000. An Overview of The Phytoremediation of Lead and Mercury". U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office. Report May-Aug., 51 p.
- Hodson, P.V. 1988. The Effect of Metal Metabolism on Uptake, Disposal and Toxicity in Fish. *Aquatic Toxicology*, 11: 3-18.
- Huseyinova, R., Kutbay, H.G., Bilgin, A., Kılıç, D., Horuz, A., Kırmanoğlu, C. 2009. Sulphur and Some Heavy Metal Contents in Foliage of *Corylus avellana* and Some Roadside Native Plants in Ordu Province, Turkey. *Ekoloji*, 18 (70): 10-16.
- İçel, Y. 2005. İstanbul İlinde Atmosferik Ağır Metal Kirliliğinin Biyomonitör Likenlerle İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Jackson, L.J. 1998. Paradigms of metal accumulation in rooted aquatic vascular plants. *Science of the Total Environment*, 219: 223-231.
- Jhonson, C.M., Ulrich, A. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experiment Station, Bulletin 766.
- Jiries, A. 2003. "Vehicular contamination of dust in Amman, Jordon", *The Environmentalist*, 23: 205-210.
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara. 317s. (117–304).
- Kaçar, B., Katkat, A.V. 2007. Bitki Besleme (2.Baskı). Nobel Yayınevi, Ankara.
- Kacar, B., İnal, A. 2010. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım 2. Baskı, Bölüm:9-31, ISBN: 978-605-395-036-3, Yayın No:1241, Ankara, S: 171-697.
- Kalkan, H., Orman, Ş., Kaplan M. 2011. Kirlenmiş Arazilerin Islah Edilmesinde Fitoremidasyon Tekniği. Selçuk Üniversitesi, Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25 (4): 103-108.
- Karademir, M., Toker, M.C. 1998. Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim bitkilerinde egsoz gazlarından gelen kurşun birikimi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 7(26): 9-12.

- Karaman, M.R. 2012. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri: Bitki Besleme “Sağlıklı Bitki, Sağlıklı Üretim”, Editörler: Turan, M. ve Horuz, A., Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi:2, Bölüm:3, ISBN: 978-605-87103-2-0, Ankara, S: 123-346.
- Kavaklı, Ş. Topraklardaki ağır metal birikiminin, insan, hayvan, çevre sağlığı ve kanser oluşumu üzerine etkileri. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 22-25 Kasım 2011, S:1159-1163, Ankara.
- Kılıç, D., Kutbay, H.G., Özbucak, T.B., Hüseyinova, R. 2010. Foliar resorption in *Quercus petraea* subsp. *iberica* and *Arbutus andrache* along an elevationsl gradient Ann. For. Sci, 67 S:213.
- Kim, I.S., Kang, K.H., Johnson-Green, P., Lee, E.J. 2003. Investigation of heavy metal accumulation in *Polygonum thunbergii* for phytoextraction. Environmental Pollution, 126: 235-243.
- Kovacs, M., Opanszky, I., Klincsek, P., Podani, J. 1982. The leaves of city trees as accumulation indicators. Tasks for Vegetation Science, 7: 149-153.
- Köseoğlu, C. 2007. Atık Çamurun İyileştirilebilmesi İçin Bitkisel Arıtım'ın (Fitoremediyasyon) Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Kurca, A.S. 2005. Konya İli Çevre Yollarında Yetişen Bazı Doğal Bitkilerde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya.
- Kutbay, H.G., Kılınç, M. 1991. Heavy metal pollution in plants growing along motor roads. Urban Ecology. Öztürk M., Erdem U., Gork G. (ed), pp 62 – 65. Ege Üniversitesi Press, İzmir.
- Ladislav S., El-Mufleh, A., Gérente, C., Chazarenc, F., Andrès, Y., Béchet, B. 2012. Potential of Aquatic Macrophytes as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Urban Stormwater Runoff, Water, Air and Soil Pollution, 223:877–888.
- Lagerwerf, J.V. 1971. Uptake of cadmiyum, lead and zinc by radish from soil and air. Soil Science, 111:129 – 133.
- Landis, W.G., Ho Yu, M. 1999. “Environmental Toxicology”, Impacts of Chemicals Upon Ecological Systems, Second Edition, Chapter-8 “Heavy Metals”, Lewis Publishers, CRC Pres LLC.
- Lehoczky, É., Németh, T., Kiss, Z., Szalai, T. 2002. Heavy metal uptake by ryegrass, lettuce and white mustard plants on different soils. Paper no: 1953. 17th WCSS, Thailand, August 14 – 21.
- Leura-Vicencio, A., Alonso-Castro, A. J., Carranza-Álvarez, C., Loredó-Portales, R., Alfaro-De la Torre, M. C., García-De la Cruz R. F. 2013. Removal and Accumulation of As, Cd and Cr by *Typha latifolia*, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 90:650–653.
- Lewis, M.A. 1995. Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: a review. Environmental Pollution 87: 319–336.
- Lingle, J.C., Brown, J.C., Tiffin, L.O. 1963. Iron-uptake transport of soybean as influenced by other cation. Plant Physiol. 38:71-76.

- Lovett-Doust, J., Schmidt, M., Lovett-Doust, L. 1994. Biological assessment of aquatic pollution: A review with emphasis on plants as biomonitors. *Biol. Rev.*, 69: 147-186.
- Lyubenova, L., Kuhn, A.J., Höltkemeier, A., Schröder, P. 2013. Root exudation pattern of *Typha latifolia* L. plants after copper exposure. *Plant and Soil*, September 2013, Volume 370, Issue 1-2, pp 187-195.
- Ma, Y. 2005. Monitoring of heavy metals in the Bottelary River using *Typha capensis* and *Phragmites australis*. Master's Thesis, University of the Western Cape, Department of Biodiversity and Conservation Biology, South Africa.
- Madany, I.M., Mahmood, G.A., Akhter, S. 1990. Assesment of lead in roadside vegetation in Bahrain. *Environment International*, 16: 123-126.
- Markert, B. 1993. Plant as biomonitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment, B.Markert (ed), VCH Weinheim, New York/Basel/Cambridge.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. London, UK: Academic press.
- Martin, M.H., Coughtrey, P.J. 1982. Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution, Applied Science Publishers, London.
- Masshour, A.M., Seaward, M.R.D. 1991. Heavy metal burden of Yanbu industrial city, Saudi Arabia. *Urban Ecology*. Öztürk, M. A., Erdem, U., Gork, G. (ed), pp: 88 – 97. Ege University Press, İzmir.
- Mayer, A.M., Gorham, E. 1951. The iron and manganese content of plants peresent in the natural vegetation of the English Lake District. *Ann. Botany*. 15:248-263.
- Mays, P.A., Edwards, G.S. 2001. Comparison of heavy metal accumulation in a natural wetland and constructed wetlands receiving acid mine drainage. *Ecological Engineering*, 16:487-500.
- Moiseenko, T.I., Kudryavtseva, L.P. 2001. Trace Metal Accumulation and Fish Pathologies in Areas Affected by Mining and Metallurgical Enterprises in the Nriagu, Jo., 1988. Production and Uses of Chromium. In *Natural and Human Environment*. New York, USA: John Wiley and Sons., 81-105.
- Mungur, A.S., Shutes, R.B.E., Revitt D.M., House, M.A. 1997. An assessment of metal removal by a laboratory scale wetland. *Water Science and Technology*, 35(5):125-133.
- Mustafa A., Scholz M. 2011. Nutrient Accumulation in *Typha latifolia* L. and Sediment of a Representative Integrated Constructed Wetland. *Water, Air, & Soil Pollution*, 219(1-4): 329-341.
- Nedelkoska, T.V., Doran, P.M. 2000. Characteristics of heavy metal uptake by Plant species with potential for phytoremediation and phytomining. *Minerals Engineering* 13 (5), 549-561.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of the air, water and soils with trace metals. *Nature (London)*, 333: 134-139.

- Odabaşı, Ş., Büyükkateş, Y. 2009. Klorofil- a, Çevresel Parametreler ve Besin Elementlerinin Günlük Değişimleri: Sarıçay Akarsuyu Örneği (Çanakkale, Türkiye), *Ekoloji*, 19, 73, 76-85.
- Ow, D.W. 1996. Heavy Metal Tolerance Genes: Prospective Tools for Bioremediation. *Resources, Conservation Recycling* 18, 135–149.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M, Kaptan, H. 1995. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: 16, Ankara.
- Özer, Z., Önen, H., Tursun, N., Uygur, F.N. 1999. Türkiye'nin bazı önemli yabancı otları (Tanımları ve Kimyasal Savaşmaları). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:38, Kitap Serisi No:16, Tokat
- Öztürk, M.A., Türkan, İ. 1982. Kurşun kirlenmesi ve bitkiler. *Tabiat ve insan Dergisi*, 16(3): 32-35.
- Panich-Pat, T., Pokethitryook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., Srinives, P., Lanza, G.R. 2004. Removal of Lead From Contaminated Soils By *Typha angustifolia*. *Water, Air and Soil Pollution*, 155: 159-171.
- Pip, E., Stepaniuk, J. 1992. Cadmium, copper and lead in sediments and aquatic macrophytes in the Lower Nelson River System., Manitoba, Canada. I. Interspecific differences and macrophyte – sediment relations. *Arch. Hydrobiol.*, 124: 337-355.
- Rainbow, P.S. 1995. Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31: 183-192.
- Rappaport, B.D., Matrens, D.C., Reneau, J.P.B., Simpson, T. W. 1987. Metal accumulation in corn and barley grown on a sludge amended typic ochragualf. *Journal of Environmental Quality* 16: 29-33.
- Ravera, O. 1966. “L'utilita dele piante acquatiche nello studio delle contaminazioni radiottive dei bacini lacustri”, *Giorn. Fisica San. Radioprot.*, 10: 162-165.
- Ray, S., White, W. 1976. Selected aquatic plants as indicator species for heavy metal pollution. *J. of Environ. Sci. Health. Forsch*, 14, 79-82.
- Sadowsky, 1999. “Phytoremediation: Past Promises and Future Practises” *Microbial Biosystems: New Frontiers, Proceedings of the 8th International Symposium on Microbial Ecology*, Bell CR, Brylinsky M, Johnson-Green P (ed), Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada.
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Saxena, D.C. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. *Biologia Plantarum*, 41(3): 387-394.
- Sawidis, T., Chettri, M. K., Zachariadis, G. A. ve Stratis, J. A. 1995. Heavy metals in aquatic plant and sediments from water systems in Macedonia, Greece. *Ecotoxicol. and Environ. Safety*, 32, 73-80.
- Seaward, M. R.D., Richardson, D. H. S. 1989. Atmospheric sources of metal pollution and effects on vegetation. Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary aspects. Shaw, A.J. (ed), pp: 75 – 91, C.R.C Press, Florida USA.
- Seyithanoğlu, M. 2007. Şeytan Mumu (*Typha latifolia* L.)'nun Bazı Biyolojik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş

Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

- Shutes, R.B.E. 2001. Artificial wetlands and water quality improvement, *Environment International*, Vol 26/ 5-6, pp 441-447.
- Silva, A.M.M., Novelli, E.L.B., Fascinelli, M.L., Almeida, J.A. 1999. Impact of an Environmentally Realistic Intake of Water Contaminants and Superoxide Formation on Tissues of Rats. *Environmental Pollution*, 105: 243-249.
- Sinicrope, T.L., Langis, R., Gersberg, R.M., Busnardo, M.J. ve Zedler, J.B. 1992. Metal removal by wetland mesocosms subjected to different hydroperiods. *Ecological Engineering*, 1: 309-322.161.
- Smith, C.S., Adams, M.S., Gustafson, T.D., 2003. The Importance of Belowground Mineral Element Stores in Cattails (*Typha Latifolia* L.). *Aquatic Botany*, 30(4):343-352.
- Soylak, M., Doğan, M. 2000. Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Sresty, T.V.S. ve Madhava Rao, K.V. 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea. *Environmental and Experimental Botany*, 41: 3-13.
- Srivastav, R.K., Gupta, S.K., Nigam, K.D.P., Vasudevan, P. 1994. Treatment of Chromium and Nickel in Wastewater by Using Aquatic Plants. *Water Res.*, 28. 7, 1631-1638.
- Stoltz, E., Greger, M. 2002. Accumulation properties of As, Cd, Cu, Pb and Zn by four wetland plant species growing on submerged mine tailings. *Environmental and Experimental Botany*, 47, 271-280.
- Şahin, Y. 2007. Kurşun İle Kirlenmiş Toprakların Bitkisel Ekstraksiyon İle İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Şanda, M.A. 1993. Konya ili merkezi ve çevre yollarındaki bitkilerde ağır metal birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya.
- Tao, S., Liang, T., Cao, J., Dawson, R.W., Liu, C. 1999. Synergistic Effects of Copper and Lead Uptake by Fish. *Ecotoxicology and Environmental Saf.*, 44: 190-195.
- Taş, B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji*, 15, 61, 6-15.
- Taş, B., Özoktay, S., Yılmaz, Ö., 2013. Investigation of Nitrogen, Phosphorus and Metal Accumulation in a Hydrophyte Found in Wetland of Melet River (Ordu, Turkey), *International Conferans on Environmental Science and Technology-Cappadocia*, June 18-21, Ürgüp, Nevşehir.
- Taylan, Z.S., Özkoç, H.B. 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2): 17-33.
- Teisseire, H., Vernet, G. 2001. Effects of the Fungicide Folpet on the Activities of Antioxidative Enzymes in Duckweed (*Lemna minor*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 69: 112-117.

- Tok, H.H. 1997. Çevre Kirliliği, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, No:13, İstanbul.
- Toker, M.C., Temizer, A., Yalçın, İ. 1990. Ankara'da bazı yol ortası rölüjlerinde yetiştirilen çamlarda ağır metal (Pb, Ni, Cd) birikimi. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi, 13: 25-40.
- Tüfekçioğlu, A. 1995. Ordu-Melet Irmağı Havzasındaki Orman Ekosistemlerinde Yükselti ve Bakı Etmenlerine Göre Bitki Örtüsü ve Bazı Toprak Özelliklerinin Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Türkan, İ. 1982. İzmir ili şehir merkezi ve çevre karayolları kenarında yetişen bitkilerde kurşun kirlenmesinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Türkan, İ., Gemici, Y., Seçmen, Ö., Öztürk, M. 1984. İzmir'in bazı kirlenmiş alanlarındaki vejetasyon üzerinde araştırmalar. Sayfa no: 290 Tübitak Ulusal Çevre Sempozyumu, Adana, 12 – 15 Kasım.
- Türkan, İ. 1986. İzmir il merkezi ve çevre yolları kenarında yetişen bitkilerde kurşun, çinko ve kadmiyum kirlenmesinin araştırılması. Doğa Türk Tarih ve Biyoloji Dergisi, 10 (1): 116-120.
- Türkan, İ., Öztürk, M. A. 1989. Lead contamination in the plants growing near motor roads. Journal of Faculty of Science Ege University, 11: 1-5.
- Türkoğlu, B. 2006. Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Tyler, H.L., Moore, M.T., Locke, M.A. 2012. Potential for Phosphate Mitigation from Agricultural Runoff by Three Aquatic Macrophytes, Water, Air and Soil Pollution, 223:4557–4564.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2000. Introduction to Phytoremediation. EPA 600/R-99/107. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH.
- Vance, C.P., Uhde-Stone, C., Allan, D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. New Phytol., 157: 423-447.
- Vanlı, Ö., Yazgan, M., 2013. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm> - (Erişim Tarihi: 04.02.2014).
- Vesk, P.A., Nockold, C.E., Allaway, W.G. 1999. Metal localization in water hyacinth roots from an urban wetland. Plant, Cell and Environment, 22, 149–159.
- Whitton, B.A., Say, P.J., Wehr, J.D. 1981. Use of plants to monitor heavy metals in rivers. In: Say PJ & Whitton BA (Eds) Heavy metals in northern England: environmental and biological aspects. University of Durham, England, pp 135–145.

- Wittig, R. 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants: In Merkert, B., Ed., Plants as biomonitors/indicators for heavy metals in the terrestrial environment, Weinheim: VCH Publisher, 3-28.
- Wong, M.K., Chuah, G.K., Ang, K.P., Koh, L.L. 1986. Interactive effects of lead, cadmium and copper combinations in the uptake of metals and growth of *Brassica chinensis*. Environmental and Experimental Botany 26: 331-339.
- World Health Organization, WHO 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health. Printed in Belgium, Geneva: World Health Organization.
- Yadav, S., Chandra, R. 2011. Heavy metals accumulation and ecophysiological effect on *Typha angustifolia* L. and *Cyperus esculentus* L. growing in distillery and tannery effluent polluted natural wetland site, Unnao, India. Environmental Earth Sciences, March 2011, Volume 62, Issue 6, pp 1235-1243.
- Ye, Z.H., Whiting, S.N., Lin, Z.Q., Lytle, C.M., Qian, J.H., Terry, N., 2001. Removal and distribution of iron, manganese, cobalt and nickel within a Pennsylvania constructed wetland treating coal combustion by-product leachate. Journal of Environmental Quality 30, 1464–1473.
- Yıldız, K., Sipahioğlu, Ş., Yılmaz, M. 2000. Çevre Bilimi, Ankara, Türkiye, 11-34-75.
- Yıldız, S. 2008. Nişasta Sanayi Atıksularının Bitkisel İyileştirilme (Fitoremediasyon) Kapasitesine Mikorizal Simbiyozun Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Yılmaz, H. 2009. Ünye Asarkaya Ormanındaki Baskın Ağaç ve Çalı Türlerinde Azot ve Fosfor Geri Alınımı. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Samsun.
- Zayed, A., Growthaman, S., Terry, N. 1998. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. Journal of Environmental Quality, 27, 715–721.
- Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö. 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+3} , Zn^{+2}) Etkileri. Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (1): 164-172.
- Zenk, M.H. 1996. Heavy metal detoxification in higher plants: a review. Gene 179: 21–30.
- Wilkinson, S.R., Stuedemann, J.A., Grunes, D.L., Devine, O.J. 1987. Magnesium, 6:74.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatih KARAHASAN
Doğum Yeri : Ordu
Doğum Tarihi : 04.02.1988
Yabancı Dili : İngilizce
E-mail : fatih_krhn@hotmail.com
İletişim Bilgileri : Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Biyoloji Öğretmenliği	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2011
Y. Lisans	Biyoloji	Ordu Üniversitesi	2014

Yayınlar :

1. Şahin E., Özbucak T.B., Türkş S., **Karahasan F.** (2012) Ulugöl Tabiat Parkı (Ordu/Gölköy) Bitki Çeşitliliği, S. 816, 21. Ulusal Biyoloji Kongresi , İzmir.
2. Özbucak T.B., Taş B., **Karahasan F.** (2013). Akçaova Deresi Yatağının (Ordu) Makrofit Florası. Ekoloji Sempozyumu, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi (2-4 Mayıs 2013), Tekirdağ.
3. Özbucak T.B., **Karahasan F.**, Türkş S., Ellibeş B. (2013). Ordu İlinde Bulunan Bazı Park, Bahçe ve Süs Bitkileri, S. 91.V. Süs Bitkileri Kongresi (06-09 Mayıs 2013), Yalova.

4. Özbucak T.B., **Karahasan F.**, Çakmak A. (2013). Ordu İli'nde Yayılış Gösteren Bazı Odunsu Taksonlarda Yaprak Azot(N) ve Fosfor (P) İçeriği, XI. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi (1-4 Ekim 2013), Samsun.
5. Özbucak T. B., Türkiş S., **Karahasan F.**, Ellibeş B. (2013). Heavy Metal Accumulation of Some Aquatic Macrophytes Representing Primary Succession. VII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems. 18-21 December 2013, Antalya, Turkey.