T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BEYŞEHİR GÖLÜ'NDEKI *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.)TRIN.EX STEND VE *TYPHA ANGUSTIFOLIA* L. BİTKİLERİNİN AĞIR METAL İÇERİKLERİ

Berna BOZBEK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

Konya, 2007

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BEYŞEHİR GÖLÜ'NDEKI *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.)TRIN.EX STEND VE *TYPHA ANGUSTIFOLIA* L. BİTKİLERİNİN AĞIR METAL İÇERİKLERİ

Berna BOZBEK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

Bu tez …../…../2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖÜDÜK	**Prof.Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK**	**Yard.Doç.Dr. Murad Aydın ŞANDA**
(Üye)	**(Üye)**	**(Danışman)**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BEYŞEHİR GÖLÜ'NDEKI *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEND VE *TYPHA ANGUSTIFOLIA* L. BİTKİLERİNİN AĞIR METAL İÇERİKLERİ

Berna BOZBEK

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Murad Aydın ŞANDA

2006, 67 sayfa

Jüri: Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

Prof.Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK

Yard.Doç.Dr. Murad Aydın ŞANDA

Beyşehir Gölü kıyılarından seçilen 15 istasyondan alınan sediment, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Stend ve *Typha angustifolia* L. örneklerinde Pb, Zn, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni ve Cr konsantrasyonları ICP-AES cihazı ile analiz edilmiştir.

Her iki bitkide ağır metallerin genel olarak birikim seviyeleri sırasıyla sediment>kök>gövde>yaprak şeklindedir. Kökte Zn birikimi, sedimentten ve diğer bitki kısımlarından daha fazladır.

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 kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beyşehir Gölü, Ağır Metal, Kirlilik, *Phragmites australis, Typha angustifolia*

ABSTRACT

Master Thesis

THE HEAVY METAL CONTENTS OF *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEND AND *TYPHA ANGUSTIFOLIA* L. PLANTS IN THE BEYŞEHIR LAKE

Berna BOZBEK

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor : Murad Aydın ŞANDA

2006, 76 Page

Jury: Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

Prof.Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK

Assist. Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA

The Pb, Zn, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni and Cr concentration on the sediment, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Stend and *Typha angustifoolia* L. which from 15 station of Beyşehir Lake were determined by ICP-AES equipment.

The heavy metal accumulation on sediment, root, stem and leaves was observed as sediment>root>stem>leaf. The Zn accumulation on root is higher than sediment and those of plant parts.

The accumulation of Pb, Cd, Ni and Cr in the sediment were not higher than permissible level, but the accumulation of Zn and Fe are higher than permissible level.

Phragmites australis and *Typha angustifolia* can be used as a biological indicator while determining environmental changes.

Key Words: Beyşehir Lake, Heavy Metal, Pollution, *Phragmites australis, Typha angustifolia*

ÖNSÖZ

Bu çalışma 2005 – 2006 yılları arasında, Selçuk Üniversitesi Fen - Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr Murad Aydın ŞANDA danışmanlığında yapılmıştır. Çalışmalarım sırasında maddi-manevi yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışman hocama en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Örneklerin mineralizasyonu ve analizinin yapılmasında yardımcı olan Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim üyesi Prof.Dr. Said GEZGİN, Araştırma Görevlisi Fatma GÖKMEN, Ziraat Yüksek Mühendisi Neslihan UYSAL ve Uzman Ali KAHRAMAN'a; çalışmaya maddi destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (BAP) ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımda büyük özveri ile yardımcı olan babam Kemalettin BOZBEK'e ve manevi desteklerinden dolayı annem ve kız kardeşime de özellikle teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında desteklerini gördüğüm Biyoloji Bölümü öğretim elemanlarına ayrıca teşekkürü bir borç bilirim

Aralık, 2006 Berna BOZBEK

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

1. GİRİŞ …….. 1

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ……... 5

3. MATERYAL VE METOT ……. 9

3.1. Beyşehir Gölü'nün Coğrafik, Jeolojik ve İklimsel Özellikleri …… 9

3.2. Beyşehir Gölü'nün Vejetasyonu …….. 11

3.3.1 Su altı populasyonları 11

3.3.2. Su üstü populasyonları 12

3.3. Kullanılacak Bitkiler ve Özellikleri ……. 13

3.3.1. Phragmites australis 13

3.3.2. Typha angustifolia 13

3.4. Bitki ve Sediment Örneklerinin Toplanması ……... 14

3.5. Bitki ve Sediment Örneklerinin Mineralizasyonu ……... 14

3.6. Örneklerin Analizi …… 16

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ……. 17

4.1. Kurşun (Pb) …….. 17

4.2. Çinko (Zn) …… 21

4.3. Kadmiyum (Cd) ……... 24

4.4. Bakır (Cu) …… 27

4.5. Demir (Fe) …… 30

4.6. Mangan (Mn) ……... 33

4.7. Nikel (Ni) ……. 36

4.8. Krom (Cr) …… 39

5. TARTIŞMA …….. 42

6. SONUÇ VE ÖNERİLER ……. 52

7. KAYNAKLAR ……. 53

KISALTMALAR

P. australis: Phragmites australis

T. angustifolia: Typha angustifolia

EPA: Environmental Protection Agency

FDA: Food and Drug Administration

OSHA: Occupational Safety and Health Administration

ppb: milyarda bir (µg/kg,)

ppm: milyonda bir (mg/kg)

WHO: Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Örneklerin alındığı istasyonlar ve koordinatları 16

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Pb konsantrasyonları 19

Çizelge 4.2. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Pb konsantrasyonları 19

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Zn konsantrasyonları 22

Çizelge 4.4. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Zn konsantrasyonları..... 22

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Cd konsantrasyonları..... 25

Çizelge 4.6. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Cd konsantrasyonları 25

Çizelge 4.7. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Cu konsantrasyonları..... 28

Çizelge 4.8. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Cu konsantrasyonları 28

Çizelge 4.9. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Fe konsantrasyonları 31

Çizelge 4.10. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Fe konsantrasyonları 31

Çizelge 4.11 Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Mn konsantrasyonları..... 34

Çizelge 4.12. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Mn konsantrasyonları..... 34

Çizelge 4.13. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Ni konsantrasyonları 37

Çizelge 4.14. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Ni konsantrasyonları 37

Çizelge 4.15. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *P. australis*'in kök, gövde ve yapraklarındaki Cr konsantrasyonları 40

Çizelge 4.16. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve *T. angustifolia*'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Cr konsantrasyonları 40

Çizelge 5.1. Çevrede bulunan ağı metallerin kaynakları …… 42

ŞEKİL LİSTESİ **Sayfa**

Şekil 3.1. Beyşehir Göü Coğrafik Haritası 10

Şekil 3.2. Beyşehir Gölü uydu haritası üzerinde örnek alınan istasyonlar 15

Şekil 4.1. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Pb dağılımı..... 20
Şekil 4.2. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Pb dağılımı. 20
Şekil 4.3. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Zn dağılımı.. 23
Şekil 4.4. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Zn dağılımı 23
Şekil 4.5. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Cd dağılımı.. 26
Şekil 4.6. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Cd dağılımı..... 26
Şekil 4.7. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Fe dağılımı. 29
Şekil 4.8. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Fe dağılımı 29
Şekil 4.9. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Cu dağılımı. 32
Şekil 4.10. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Cu dağılımı..... 32
Şekil 4.11. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Mn dağılımı..... 35
Şekil 4.12. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Mn dağılımı..... 35
Şekil 4.13. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Ni dağılımı. 37
Şekil 4.14. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Ni dağılımı. 37
Şekil 4.15. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Cr dağılımı. 41
Şekil 4.16. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Cr dağılımı 41

1. GİRİŞ

Tüm canlılar içinde bulundukları çevreden ve kirlilikten etkilenmektedirler. Canlıların yaşam alanlarının niteliklerinin bozulması çevre kirliliğini meydana getirmektedir. Kirlilik çok eskiden beri var olmakla birlikte, günümüzde büyük çaplı kirleticiler doğal dengede bozulmalara sebep olmuşlardır. Çevremiz bugün sürekli olarak çeşitli kaynaklardan gelen zararlı maddeler ile fiziksel, kimyasal, biyolojik ve estetik şekilde kirletilmektedir. Endüstriyel atıklar, baca dumanları, araçların egzoz gazları çevreye çok miktarda zararlı kirletici madde bırakmaktadır (Şanda 1993).

Bu kirleticiler içindeki ağır metaller büyük bir tehlike oluşturmaktadırlar. 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 kirlilik kaynağıdır (Seaward ve Richardson 1989).

Yüksek bitkiler, ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarına karşı kendilerini korumak için birçok mekanizma geliştirmişlerdir. Ağır metallerin alınımı; çok yıllık ağaç ve bodur çalılarda, otlara ve otsu türlere oranla daha yavaştır. Çok yıllık türler metalle kirlenmiş topraklarda hayatlarını devam ettirebilirler (Dickinson ve ark. 1991). Direnç mekanizmaları genellikle türe özeldir, sakınma ve tolerans mekanizmaları şeklinde ikiye ayrılır. Sakınma mekanizmaları toksik etkilere karşı harici korunma, tolerans mekanizmaları ise toksik elementleri dışarıya atma ve detoksifikasyon şeklindeki mekanizmalardır (Hall 2002).

Bitkilerdeki ağır metal içerikleri ile ilgili çalışmalar sonucunda hiperakümülatör ve biyomonitör bitkilerin belirlenmesi çalışmaları da ortaya çıkmıştır. Bir bitkinin hiperakümülatör olabilmesi için kadmiyumu 100, bakır ve kurşunu 1000, çinkoyu 10000 mg/kg'dan 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). Bir hiperakümülatörün toprak üstü kısımlarındaki ağır metal konsantrasyonları normal bitkiden 10 – 500 kat daha fazla olması gerekir (Shen ve Liu 1998). Hiperakümülatörler ilk olarak *Brassicaceae* ve *Fabaceae* familyalarında gösterilmiş olup, enaz 45 familya metal biriktiren türler içermekte ve 400'den fazla bitki metal hiperakümülatörü olarak bilinmektedir (Salt ve ark. 1998).

Wittig'e (1993) göre,bir türün biyomonitör olarak kabul edilebilmesi için alanda çok fazla sayıda bulunmalı, geniş bir coğrafik alana sahip olmalı, hava ve toprak kaynaklı ağır metaller arasında farklılık ortaya koymalı, örnekleme kolay olmalı ve ayırt edilebilme problemleri olmamalıdır. 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).

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.

Fitoremediasyon; çevredeki kirleticilerin yok edilmesi, imhası ve kontrol altına alınması için hiperakümülatör bitkilerin kullanıldığı yeni bir yaklaşımdır. Bu yöntem daha az zararlı, daha güvenli ve potansiyel olarak geleneksel remediasyon tekniklerine göre,daha ucuz olup, fitoremediasyon toprak, su ve havadaki organik ve inorganik kirleticilere uygulanabilir (Salt ve ark. 1998; Lasat 2002; Glick 2003). Fitoremediasyon kirlenmiş toprakların ıslahı için yardımcı bir metot olarak kullanılabilir. Bu remediasyon işleminin uygulanmasında, hangi metalleri hangi bitkilerin akümüle ettiğinin bilinmesi önemlidir. Bitki türleri ve varyetelerinin ağır metalleri absorblama, akümüle etme ve tolere etme yetenekleri büyük farlılıklar göstermekle birlikte, toprak pH değeri ağır metal alımında önemli bir role sahiptir (Lehoczky ve ark. 2002). Ağır metallerin, keten ve kenevir bitkilerinin kök sistemleri ile temizlenebileceği düşüncesiyle, endüstriyel olarak kirlenmiş bölgelerin topraklarında, bu bitkilerin yetiştirilmesi uygundur. Bitkiler tarafından ağır

metallerin alınımı bazı toprak ve bitki faktörlerine bağlı olup, bitkisel faktörlerden en etkili olan bitki genotipidir (Angelova ve ark. 2004).

Özellikle biyomonitör ve biyoindikatör kavramları kısaca şöyle özetlenebilir; indikasyon kendiliğinden ve aktif iken, monitoring sürekli ve pasiftir. İndikatör bir şeyi gösterir, monitör bir şeyi yapmak için kullanılır (Duman 2001). Biyoindikatör çevre kalitesiyle ilgili bilgi veren bir organizma, organizma topluluğu veya organizma parçasıdır; biyomonitör ise çevresel kaliteyi ölçen bir organizma, organizma topluluğu veya organizma parçasıdır (Markert 1993). Biyoakümülatör (biyolojik birikim) kavramı, çevrelerindeki canlılardan daha yüksek konsantrasyonda metal biriktiren canlılar için kullanılır. Martin ve Coughtrey (1982), biyomonitör terimini, biyoindikatör teriminden düzenli gözlem gerektirmesi ve belirli bir çevrede var olan kirleticinin miktarını belirtmek için kullanılması açılarından ayırt etmektedir (Demirezen 2002).

Brooks ve ark.'na (1977) göre, hiperakümülatör, kuru ağırlığında en az 1 mgg^{-1} ağır metal içeren türler diye belirtirken Ernst (1982), bu tanıma karşı çıkmış ve gramla verilen konsantrasyonun biyolojik olarak uygun olmadığını belirtmiş ve konsantrasyonun mol olarak verilmesini önermiştir (Duman 2001).

Canlıların hayatını devam ettirebilmeleri bakımından en önemli öğelerden biri olan su ve sucul ekosistemler; artan nüfus yoğunluğu ve endüstrileşmeye paralel olarak evsel ve endüstriyel atıklarla her geçen gün kirlenmektedir. Bu şekilde evsel ve endüstriyel kaynaklarla kirlenen sucul ekosistemler mineral madde ve metaller bakımından zenginleşmektedir. Buna paralel olarak makrofit bitkilerin ve mikrobiyolojik canlıların sayısı artmakta, bunun sonucu olarak da ortam kirliliğinin tespiti için bu canlılar biyolojik indikatör olarak kullanılabilmektedir (Mohan ve Hasetti 1999). Roulet'e (1975) göre, özelikle de su bitkileri belirli mineralleri depo edebilmeleri sebebiyle biyolojik indikatör olarak tercih edilmektedir (Demirezen 2002).

Sucul ekosistemler için en önemli faktörler; iklim, su miktarı ve mikro elementlerin alınabilirliğidir (Sawidis ve ark. 1995; Oliviera ve ark. 1999). Sucul

habitatların birincil üretici olmaları ve madde devrinde (özellikle de ağır metal devrinde) rolleri önemlidir (Pip 1990).

Wang ve Lewis'e (1997) göre, sucul makrofitler metal birikimi için uygun olan bir çok özelliklere sahiptir (Duman 2001). Bunlar;

- Yüksek çoğalma yeteneğine sahip olmaları,
- Yaprak ve diğer bitki kısımlarının partikülleri tutmak, metal iyonlarını absorbe etmek ve biriktirmek için geniş bir alan oluşturmaları,
- Köklü türlerin yapraklarının yanı sıra rizom ve kökleriyle de metalleri absorbe edebilmeleri,
- Hareketsiz olmaları ve metal gibi çeşitli kirleticileri tutmaları.

Bu özelliklerinden dolayı makrofitlerin ağır metal kirliliğinden doğan su kirliliğinin monitörleri olarak kullanılmaları yönünde bir eğilim vardır.

Sucul ekosistemlerdeki kirletici unsurların ve kirlenme derecesinin belirlenmesinde sadece su ve sediment örnekleri yeterli olmayıp, bölgedeki sucul bitkilerden de yararlanılması sonuçların doğruluğu açısından gereklidir (Demirezen 2002). Bu nedenle böyle bir çalışma planlanmıştır. Bu tezin amacı, *Phragmites australis* ve *Typha angustifolia* türlerinin biyolojik indikatör olarak kullanılıp kullanılmayacağına bakılarak Beyşehir Gölü'ndeki ağır metal kirliliği seviyesini tespit etmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Severne (1974), *Hybanthus floribundus* bitkisinde nikel birikimini araştırmıştır.

Ray ve White (1976), ağır metal biriktirme özellikleri bakımından farklı sucul bitkileri karşılaştırmış ve uygun biyolojik izleyiciler belirlemişlerdir.

Agami ve Waise (1976), İsrail nehir kıyılarında yetişen bazı sucul makrofitlerin davranışları üzerine su kirliliğinin değişik bileşenlerinin etkilerini araştırmışlardır.

Welsh ve Denny (1976), İngiliz gölünde su bitkileri ve ağır metallerin geri kazanılmasıyla ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Franzin ve Forlane (1980), sucul ekosistemlerin metal derişimlerinin bir indikatörü olarak *Myriophyllum exalbescens* türünün analizlerini yapmışlardır.

Taylor ve Crowder (1981), *Typha latifolia* bitkisinin ağır metal alma ve biriktirme yeteneği ile ilgili çalışmalar yapmış ve bu bitkinin yüksek miktarda ağır metali dokularında tuttuğunu göstermiştir.

Kovacs ve ark. (1981), kışın yapraklarını döken bazı ağaçların yapraklarının, birçok metal elementinin biyolojik indikatörü olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Whitton ve ark. (1981), nehirlerde ağır metallerin monitörü olarak bir çok bitkinin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Aulio ve Salin (1982), *Potamogeton*'un beş türünde bakır, çinko, manganez ve demir'in zenginleştirilmesiyle ilgili çalışmalar yapılmışlardır.

Heisey ve Damman (1982), Doğu Amerika sucul makrofitlerinin bakır ve kurşun alımı ile ilgili araştırmalar yapmışlardır.

Van der Werff ve Pruyt (1982), sucul makrofitler üzerine ağır metallerin uzun süre etkilerini araştırmışlardır.

Aberhart ve ark. (1984), Kuzey Karolina Fontana Gölü'nde yüzey sedimentlerindeki ağır metalleri araştırmışlardır.

Hickey ve Kittrick (1984), yüksek seviyelerde ağır metalleri içeren sedimentler ve topraklarda kadmiyum, bakır, nikel ve çinkonun kimyasal ayrımı üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Mortimer (1985), Ottawa Nehri'nde ağır metallerin monitorü olarak tatlı su makrofitleri araştırılmıştır.

Dinka (1986), *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L. ve *Phragmites australis* Cav. Trin ex Stend bitkilerinde elementlerin birikimi ve dağılımını incelemişlerdir.

Hellawell (1988), nehir ve çaylardaki toksik maddelerle ilgili çalışmalar yapmıştır.

Lehtonen (1989), Espoo bölgesindeki sucul makrofitlerde metal düzeyleri üzerine asidifikasyonun etkilerini araştırmıştır.

Pip (1990), Shoal gölünde (Manitoba- Ontario) yetişen sucul makrofitlerindeki kurşun, bakır ve kadminyumu araştırmıştır.

Guilizzoni (1991), fizyolojik ekoloji içindeki su içi makrofitlerine ağır metallerin ve toksik materyallerin etkisini incelemiştir.

Manny ve ark. (1991), sucul makrofitler içerisindeki ağır metallerin büyük nehirlerde sürüklenmesini araştırmışlardır.

Mejstrik ve Lepsova (1993), çevresel kirliliğe neden olan ağır metallerin izlenmesinde mantarların kullanılması ile ilgili araştırmalar yapmışlardır.

Lakatos (1993), sığ göllerde yetişen yüksek bitkilerde (*Phragmites australis* Cav.Trin.ex Steudel) ve onun perifitonu ile ilgili önemli çalışmalar yapmıştır.

Henden ve ark. (1994), ağır metal kirlenmesinin bir monitörü olarak *Balota acetobulosa* bitkisini incelemişlerdir.

Ayhan ve ark., (1995), Beyşehir Gölü'nün su kaynaklarının korunması, kimyasal ve bakteriyolojik kirlilik yönünden değerlendirilmesini araştırmışlardır.

Sawidis ve ark. (1995), Makedonya su sistemlerinde sucul bitkiler ve sedimentlerinde ağır metal tayini üzerine çalışmalar yapmıştır.

Romero ve Onaindia (1995), Kuzeybatı Iberian yarımadasında nehir su kalitesinin indikatörü olarak sucul makrofitleri araştırmışlardır.

Yücel ve ark. (1995), Porsuk Çayında ağır metal kirlilik düzeylerini ve halk sağlığıyla ilişkisini araştırmışlardır.

Samecka-Cymerman ve Kempers (1996), Polonya, Wroclaw çevresinde sucul makrofitlerce ağır metallerin biyolojik birikimini araştırmışlardır.

Lewander ve ark. (1996), Katowice bölgesinde Przemsza nehirine akan Cd, Pb ve Zn elementlerinin indikatör olarak kullanılan makrofitlerde biyolojik olarak

kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Wang ve Lewis (1997), sucul makrofitlerin metal biriktirme yetenekleri hakkında çalışmalar yapmışlardır.

Haven ve ark. (1997), Virginya'nın ıslak alanlarında *Phragmites australis* bitkisinin uzun dönem izlenmesiyle ilgili çalışma yapmışlardır.

Louise ve ark. (1997), akuatik çevrelerde atık su kaynaklarının etkilerinin belirlenmesinde makrofit, fitoplankton ve perifitonların biyomonitor olarak kullanılabilme teknikleri hakkında genel bir değerlendirme yapmışlardır.

Soylak ve ark. (1998), Karasu, Sarımsaklı çayı ve Kızılırmak'tan toplanan dip çamuru ve su örneklerinin eser metal iyonu içeriklerini incelemişlerdir.

Aksoy ve ark. (1998), Sultan sazlığı ve çevresinde ağır metal kirlenmesi ve *Nymphaea alba* L. bitkisinin ağır metal kirlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Aksoy ve ark. (1999), *Capsella bursa-pastoris* bitkisinin ağır metallerin biyolojik monitörü gibi kullanılıp kullanılmayacağını araştırmışlardır.

Oliveira ve ark. (1999), suda yetişen kamış (*Phragmites australis* Cav.Trin.ex Steudel) ve sediment içindeki metalleri araştırmışlardır.

Lakatos ve ark. (1999), Macaristan sığ sularında yetişen yaygın kamışlarda (*Phragmites australis* Cav. Trin ex Steudel) ve onun perifitonunda ağır metal içeriği ile ilgili araştırmalar yapmışlardır.

Aksoy ve ark. (2000), Kayseri'de ağır metal kirliliğinin olası biyolojik monitorü olarak *Robinia pseudo-acaica* L. bitkisini incelemişlerdir.

Stankovic ve ark. (2000), Provala Gölü'nde (Yugoslavya), baskın sucul bitkilerde iz metallerin konsantrasyonlarını incelemişlerdir.

Zurayk ve ark. (2001), yaygın hidrofitlerin nikel, krom ve kadmiyum kirliliğinde biyolojik indikatörler olarak nasıl kullanıldığı konusunda çalışmalar yapmışlardır. *Lemna minor*'un Cu, Se ve Cd elementlerini; *Eichornia crassipes*'in Zn, Cr, Cd, Pb, As, Sr, V, Sb, P ve B elementlerini yüksek miktarda biriktirdiği belirtilmiştir (Wang 1986; Zurayk 2001).

Duman (2001), Sarımsaklı – Karasu'da yetişen *Phragmites australis* Cav. Trin ex Steudel, *Typha angustifolia* L. bitkileri ve bunları çevreleyen sedimentlerde ağır metal tayini yapmıştır.

Demirezen (2002), Sultan Sazlığı ve çevresindeki sucul ekosistemlerde ağır metal kirliliğini araştırmış; en fazla ağır metal biriktiren bitkinin *Phragmites australis* olduğunu ve bu bitkinin ağır metalleri kökleri aracılığı ile sedimenttten aldığını belirtmiştir.

Mikryakova (2003), akuatik ortamlarda kirletici kaynakların arındırılması için makrofitlerin kullanılabileceğini belirtmiştir.

Demirezen ve Aksoy (2004), Sultan Sazlığı'nda 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 belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada, bitkiler ve bulundukları su ortamının ağır metal içeriği ile su pH'sı arasında istatistik bakımdan bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Demirezen ve Aksoy (2006), yine Sultan Sazlığı'nda yetişen hidrofitlerden *P. australis, Typha angustifolia, Potamogeton pectinatus, Ranunculus sphaeroshermus* ve *Groenlandia densa* bitkileri, bulundukları su ve sedimentteki Mn ve Fe içeriklerini araştırmış; su içi bitkilerinden *P. pectinatus*'un *G. densa*'dan daha fazla ağır metal içerdiğini belirtmiş; *P. australis*'in ise çevredeki ağır metaller için çok iyi bir biyolojik indikatör olacağını ifade etmişlerdir.

Duman ve ark., (2006), Sapanca Gölü'nde *Potamogeton lucens* bitkisinde ağır metal birikimi ve dağılımının mevsimsel değişimini incelemiş; Cu, Mn ve Zn'nun köklerde aktif olarak taşındığını, özellikle de Sonbahar mevsiminde bu metallerin daha fazla biriktiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bitki köklerindeki Cd konsantrasyonu ile sedimentlerdeki Cr, Cu, Ni ve Cd içerikleri arasında istatistik olarak pozitif bir korelasyon bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Demirezen ve ark., (2006), *Lemna gibba* bitkisinin populasyon yoğunluğunun bitkinin gelişimi ve Ni biriktirme kapasitesi üzerine etkilerini laboratuvar şartlarında incelemiş ve bununla ilgili bir model geliştirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Beyşehir Gölü'nün Coğrafik, Jeolojik ve İklimsel Durumu

Göller bölgesi içerisinde bulunan Beyşehir Gölü, denizden 1121.5 m yükseklikte 651 km^2 sahip Türkiye'nin üçüncü büyük gölüdür. Gölün batısında ve güneyinde Anamas Dağları silsilesi uzanmakta, kuzeyi ise Şarkikarağaç ilçesi sınırları ile çevrilmektedir. Doğu kıyısında Beyşehir-Şarkikaraağaç asfaltı bulunur. Gölün ortalama derinliği 7-8 m civarında olup, göl üzerinde irili ufaklı 35 tane ada olup, en önemlileri Hacıakif, Mada, Ortada, İğdeli ve Ayvır Adası'dır (Şekil 3.1).

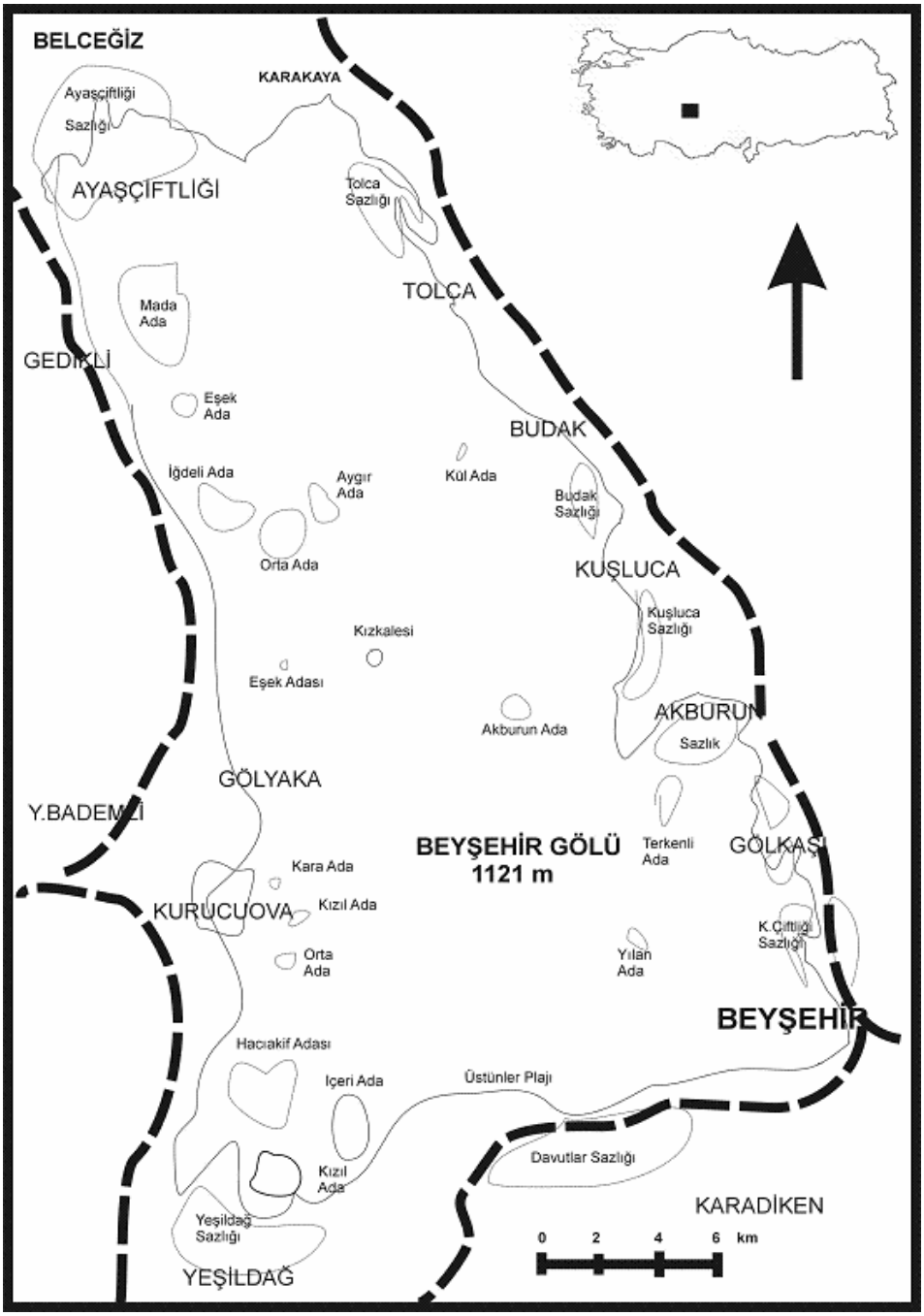
Gölü besleyen başlıca akarsular Üstünler Deresi, Soğuksu Deresi, Bademli Deresi, Deliçay Deresi, Eflatun Deresi ve Sarıöz Deresi'dir. Beyşehir ilçe merkezinden geçen Çarşamba Kanalı ise önemli oranda su taşımakta ve Çumra Ovası'nı sulamaktadır. Gölün doğu, kuzeydoğu ve kuzey kesimlerinde tarıma elverişli topraklar üzerinde sulu tarım yapılmaktadır. Gölün batı kıyılarında Anamas Dağları silsilesi yeralır. Gölün yakın çevresinde Beyşehir, Şarkikaraağaç ve Yenişarbademli ilçeleri ile birlikte 18 adet yerleşim birimi bulunmaktadır ((Ayhan ve ark. 1995).

Göl tabanı yer yer kalınlığı 5 m yi bulan kil ve balçıkla kaplıdır. Gölde yapılan sondajlar, göl tabanının büyük bir kısmında karasal tatlı su fasiyesindeki üst pliyosen göl sedimentlerin mevcut olduğunu göstermektedir. Gölün güney, batı ve kuzey kesimlerindeki adaları oluşturan formasyonlar ise diskordant durumda Eosen kalkerleridir. Kıyı ovasını oluşturan alüviyal formasyonların çoğu flüviyal kökenlidir.

Oluşumu itibariyle tektonik kökenli olan Beyşehir Gölü, sonradan çeşitli formasyonlarla doldurulduğu için nispeten sığ kabul edilir. Göl içinde çıkıntılar şeklinde beliren ve hipsografik eğrilerin kıyıya göre, dışbükey olduğu, hatta gölün sığ olduğu bu yerler aslında kıyı gerisindeki birikinti koni ve yelpazelerinin devamından başka bir şey değildir.

Beyşehir Gölü'nden Çarşamba kanalı vasıtasıyla Konya kapalı havzasına doğru bir akış olduğu gibi karstik yollardan da güneye doğru bir yer altı akışı söz konusudur.

Beyşehir Gölü'nde, Mesozoyik, Tersiyer, Neojen, Kuaterner yaşlı kayaçların yanında, mağmatik ve metamorfik kayaçlar da bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Beyşehir Gölü'nün coğrafik haritası

Bölge iklimsel olarak incelendiğinde; yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Yağışın mevsimsel dağılımına göre, Beyşehir, Şarkikaraağaç Doğu Akdeniz Yağış Rejimi 1. Tipine (KISY) girmektedir. Beyşehir'de 5 ay, Şarkikarağaç'ta 4 ay kurak devre bulunmaktadır. De Martonne-Gottman'ın kuraklık indisi formülüne göre, Beyşehir (I=12.1), Şarkiakarağaç (I=12.0) yarı-kurak az nemli Akdeniz iklimine sahiptir. Emberger'in Akdeniz biyoiklim tiplerini belirleyen yağış-sıcaklık emsaline göre,Beyşehir ve Şarkikaraağaç yarı-kurak üst çok soğuk bir Akdeniz ikliminin etkisindedir.

3.2. Beyşehir Gölü'nün Vejetasyonu

Küçüködük ve Ketenoğlu'na (1996) göre, gölde şu vejetasyon tipleri mevcuttur:

3.2.1. Su altı bitki populasyonları

1. ***Nuphar lutea*** **populasyonu:** Gölün hemen hemen her tarafında rastlanmakla birlikte güney ve batı kesimlerinde daha yoğun topluluklar halindedir. Sonbahar ve kış aylarında tamamen su altında kalırlar. Çiçeklenme Mayıs ayında başlar ve su derinliğinin 150-200 cm olduğu alanlarda *Nymphae alba* ile birlikte yaşarlar.

2. ***Myriophyllum verticillatum*** **populasyonu:** Gölün batı kesimlerinde yayılış gösterirler. Özellikle Belceğiz ve Ayazçiftliği köylerinin bulunduğu kuzeybatıda yoğun topluluklar halindedir. Yeşildağ civarında da çok yoğun olamasa da sıkça, doğuda ise nadiren rastlanır. Bütün organları su altında kalıp sadece yaz aylarında çiçekleri su yüzeyinin üzerine çıkar. Su derinliğinin 100-200 cm olduğu yerlerde optimal gelişir ve bitki boyu su derinliğine bağlı olarak değişir.

3. ***Ceratophyllum demersum*** **populasyonu:** Gölün her tarafında özel bir habitat seçmeden sıkça bulunur. Bitkinin kopan bir parçası vejetatif olarak gelişebildiğinden gölün her tarafına yayılmıştır.

3.2.2. Su üstü populasyonları

Su altı bitkilerinin çürüyüp ayrışmaları ile zemin toprağı ve organik madde miktarı yükselerek, su üstü bitkileri bu alanları işgal ederler. Su üstü bitkileri kuvvetli gelişmiş yüzücü rizomlara sahiptir. Esasında gövdelerinin bir parçası olan rizomlar, su tabanında yatay ilerler ve uygun durumda tomurcuk vererek yeni bir bitki meydana getirir. Hatta bitkiden kopan bir rizom parçası yüzerek yer değiştirir ve uygun ortamda tomurcuk vererek o bölgeyi kısa sürede doldururlar. Su üstü bitkilerinin kolay üreme avantajları ve gölge yapmaları su altı bitkilerini daha içerilere göç etmeye zorlar. Böylece su altı bitkilerinin öncülüğünde, su üstü bitkileri yavaş yavaş ilerleyerek zamanla gölün tamamı kamış-sazlık bitkileriyle kaplanır. Beyşehir Gölü kamış-sazlık bitkilerinin gelişimi yönünden pek uygun değildir. Özellikle büyük bir kısmının derinliği 6 m den fazla ve dalgalarının şiddetli olması bu bitkileri sığ kıyılarda ve körfezlerde yaşamaya zorlar.

1. ***Phragmites australis*** **populasyonu:** Gölün her tarafında geniş yayılış göstermekle birlikte özellikle su derinliğinin fazlalaştığı yerlerde saf topluluklar halindedir. Bazen aralarına güneş ışınlarının girebildiği kesimlerde *Ceratophyllum demersum, Myriophyllum spicatum* ve *Myriophyllum verticillatum* gibi su altı bitkilerinin girmesine engel olamazlar. Sadece geçiş bölgelerinde *Typha latifolia* ve *Schoenoplectus lacustris* ile karışırlar. *Phragmites australis*, 100-300 cm derinliklerde yayılmakta ve su çekilmiş nemli yerlerde dahi varlığını sürdürebilmektedir.

2. ***Typha angustifolia*** **populasyonu:** Gölün özellikle doğu, güneydoğu ve güneybatısında çoğunlukla 100-300 cm derinliklerde yayılır. Yer yer saf topluluklar halindedir. *Typha angustifolia, Phragmites australis*'den kıyıya daha fazla yaklaşır.

3. ***Schoenoplectus lacustris*** **populasyonu:** Gölün güneybatı, güneydoğu ve doğusunda diğer su bitkilerine nazaran kıyıya daha yakın kesimlerinde yayılış gösterir. En iyi 5-20 cm de derinliklerde gelişirler. Derinliğin 100 cm olduğu yerlerde küçük gruplar halinde bulunurlar.

3.3. Araştırma Konusu Bitkiler ve Genel Özellikleri

3.3.1. Phragmıtes australis (Cav.) Trin.ex Stend

P. australis, **Poaceae (Gramineae)** familyasına ait ülkemizde akarsu ve göl kenarında su içinde oldukça yaygındır. Rizomlu ve çok yıllık bir bitkidir (Seçmen ve ark., 1995). Geniş yayılışlı bir Avrupa- Sibirya elementidir (Davis, 1985). *P. australis* ekonomik önemi olan bir türdür. Halk tarafından beyaz kamış, kamış otu ve süpürge kamışı olarak bilinir (Baytop, 1997). Atlar ve sığırlar için iyi bir besin kaynağıdır. Anadolu'da damları örtmek için kullanılır. Rizomları yenebilir, yaprakları sebze olarak kullanılır (Baytop, 1996). Süslemecilikte, sepet ve sandal yapımında değerlendirilir. %50 oranında selüloz içerir ve 0.8-3.0 mm uzunluğunda, 5.0-30.5 um kalınlığında fibrillere sahiptir.

3.3.2. Typha angustifolia L.

T. angustifolia, **Typhaceae** familyasına ait rizomlu, çok yıllık ve otsu bir türdür (Seçmen ve ark., 1995). Göllerde, kanal boylarında ve nemli bölgelerde, 1-1900 m arasındaki yüksekliklerde rastlanır (Davis, 1985). Halk arasında semerci sazı gibi değişik isimlerle adlandırılır (Baytop, 1997).

Örneklerin ağır metal dağılımını tek düzeleştirmek amacıyla örnekler porselen havanda ezilecektir. Bu aşamada ezilen materyalin aşınması nedeniyle ek bir kontaminasyon durumu meydana getirebilir. Bu kontaminasyon çok düşük olduğundan sonuçların değerlendirilmesinde ihmal edilebilir (Sawidis ve ark., 1995; Thompson ve Bankston, 1970).

3.4. Bitki ve Sediment Örneklerinin Toplanması

P. australis, T. angustifolia ve bunları destekleyen sediment örnekleri, 2005 yılının Haziran ayı içerisinde Beyşehir Gölü kıyılarından 15 istasyondan alındı (Şekil 3.2, Çizelge 3.1). İstasyonların koordinatları Magellen Sportrak marka el GPS cihazı

ile belirlendi. Örnekler bitkilerin gelişim evreleri dikkate alınarak polietilen torbalarda laboratuvara getirilerek kök, gövde ve yaprak olarak üç kısma ayrıldı. Örnekler, önce çeşme suyu, sonra saf su ile yıkandı. Materyali mikrobiyal bozulmadan korumak ve kuru ağırlık almak için referans değer sağlaması nedeniyle ayrılan kısımlar kese kağıtlarına alınarak 24 saat 80 ^{o}C'de kurutuldu. Örneklerdeki ağır metallerin homojen dağılımını sağlamak amacıyla örnekler porselen havanda ve bir kısmı da blenderde öğütüldü. Sediment örnekleri, her istasyondan yaklaşık kıyıdan 1,5 metre uzaktan ve 15 cm derinden alındı. Laboratuvara getirilen sediment örnekleri yedi gün boyunca oda sıcaklığında ve aralıklı olarak karıştırılarak kurutuldu ve iki milimetrelik elekle elendi.

3.5. Bitki ve Sediment Örneklerinin Mineralizasyonu

Bitki kısımlarının çözülmesinde HNO_3 kullanılması çok yaygın bir yöntemdir (Aksoy, 1996; Al-Shayeb, 1995; Al-Shayeb ve ark. 1995). Ayrıca diğer asit ve asit karışımları da (H_2SO_4+HNO_3, HNO_3+$HclO_4$) kullanılmaktadır. Kolayca çözülen balık veya hayvan dokuları için bunlar uygun olabilir; ancak bitki dokuları içerdikleri yüksek selüloz nedeniyle örneklerin az bir kısmı çözülmeyebilir. Fakat, bu dezavantaj çözme zamanının uzatılması ve çözeltideki metallerin daha yüksek miktarda alınmasıyla sınırlandırılabilir (Sawidis ve ark. 1995).

Kurutulmuş bitki örneklerinden 0.3 g tartılıp saf HNO_3 (MERCK) ilavesiyle mikrodalga fırınında yakılıp, mavi bant filtre kağıdından süzüldükten sonra saf su ile 25 ml'ye tamamlandı.

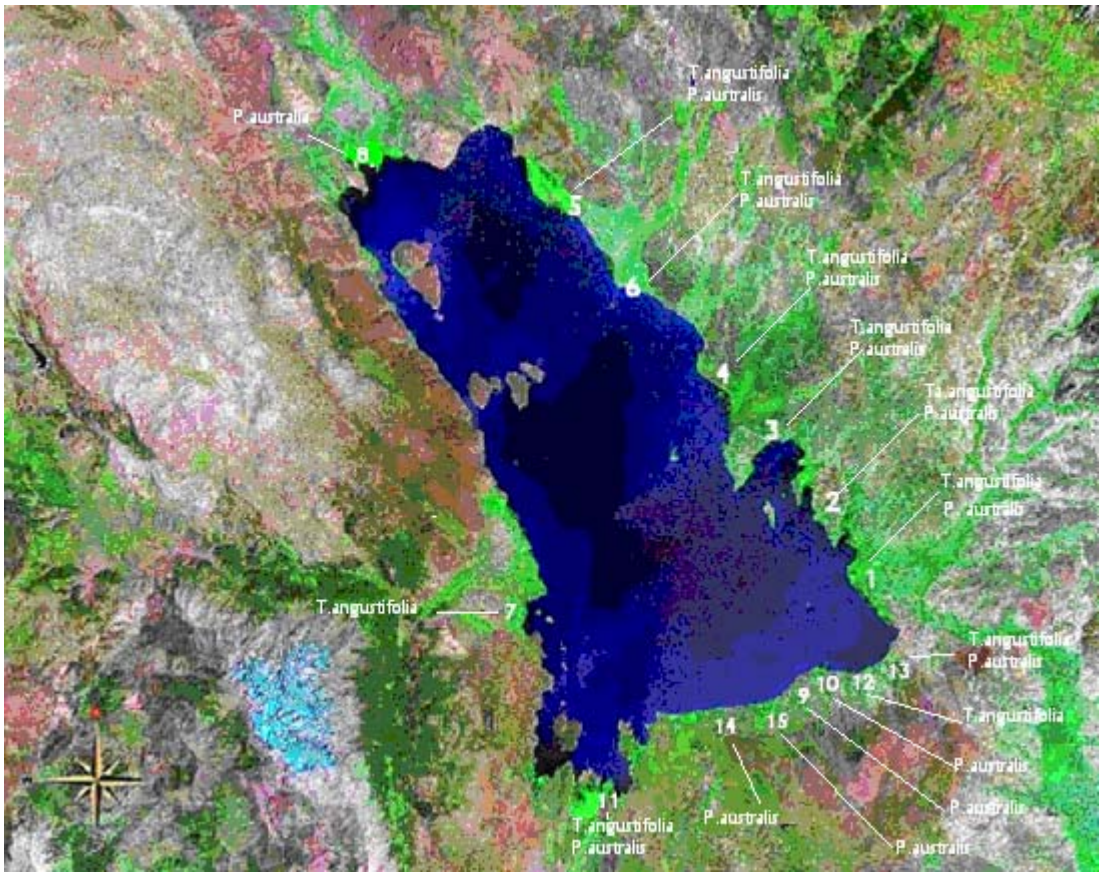
10 g toprak örneği tartılarak erlenmayer içersine konup üzerine 20 ml DTPA (Dietilentriaminpentaasetik asit) çözeltisi ilave edildi. 200 devir / dk'lık çalkalayıcıda 2 saat çalkalandıktan sonra mavi bant flitre kağıdından süzüldü (Soltanpour ve Workman 1981).

Sadece asit uygulaması ile toprakta tam bir çözünme sağlanamadığından toprağın tam analizinin gerektiği durumlarda eritiş metotlarından birisi kullanılır. Örneğin sodyum karbonat ile eritş yapmak için bir gram numune için beş gram sodyum karbonat iyice karıştırılarak kapaklı bir platin krozeye alınır. Eriyinceye kadar

sıcaklık tedricen arttırılarak ısıtılır. Reaksiyonun tamamlanması için 20 – 30 dk kadar daha yüksek ısıda tutulur. Soğutulduktan sonra kroze, içinde su bulunan bir behere konur ve asit ilavesiyle bütün reaksiyon ürünleri çözeltiye geçirilir (Ayça 1970).

3.6. Örneklerin Analizi

Mineralizasyona uğratılan örneklerdeki ağır metal içerikleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde ICP-AES cihazı ile analiz edildi ve her bir örnek için 3 okuma yapılıp ortalamaları alındı ve çözeltideki ağır metal miktarları $\mu g g^{-1}$ K.A. (kuru ağırlık) şeklinde hesaplanarak verildi.



Şekil 3.2. Beyşehir Gölü uydu haritası üzerinde örnek alınan istasyonlar (http://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Bey%C5%9Fehir adresinden alınmış ve uyarlanmıştır).

Çizelge 3.1. Örneklerin alındığı istasyonlar ve koordinatları

İSTASYONLAR	BULUNDUĞU YER	KOORDİNATLAR	BİTKİLER
1. İstasyon	Kavakçiftliği Sazlığı	36 384238 Doğu 41 77317 Kuzey 1125 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
2. İstasyon	Gölkaşı	36 381689 Doğu 41 79839 Kuzey 1125 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
3. İstasyon	Akburun	36 379043 Doğu 41 83612 Kuzey 1124 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
4. İstasyon	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	36 374357 Doğu 41 88279 Kuzey 1125 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
5. İstasyon	Tolca	36 374560 Doğu 41 89285 Kuzey 1125 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
6. İstasyon	Budak	36 374829 Doğu 41 90099 Kuzey 1124 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
7. İstasyon	Kurucuova	36 363476 Doğu 41 65367 Kuzey 1135 m	*Typha angustifolia*
8. İstasyon	Ayaşçiftliği Sazlığı	36 376219 Doğu 41 66632 Kuzey 1134 m	*Phragmites australis*
9. İstasyon	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	36 377671 Doğu 41 66692 Kuzey 1119 m	*Phragmites australis*
10. İstasyon	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	36 381480 Doğu 41 68918 Kuzey 1119 m	*Phragmites australis*
11. İstasyon	Yeşildağ Sazlığı	36 383112 Doğu 41 68781 Kuzey 1124 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
12. İstasyon	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	36 384461Doğu 41 68655 Kuzey 1122 m	*Typha angustifolia*
13. İstasyon	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	36 385869 Doğu 41 69328 Kuzey 1119 m	*Typha angustifolia* *Phragmites australis*
14. İstasyon	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	36 386726 Doğu 41 71704 Kuzey 1124 m	*Phragmites australis*
15. İstasyon	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	36 386518 Doğu 41 703332 Kuzey 1122 m	*Phragmites australis*

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Su kirliliği, su kalitesinin dolayısıyla su ortamının doğal dengesinin bozulması demektir ve ekolojik etkilerini belirtmektedir. 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. (Demirezen 2002).

Sucul bitkiler, alglerin ve makrofitlerin değişik çeşitlerini içeren çeşitli habitatlarda yaşayan bir gruptur. Mohan ve Hosetti'ye (1999) göre, bu bitkiler, oksijen üretimi, besin döngüsü, mineral madde sirkülasyonu, su kalitesinin kontrolü, sudaki hayvansal organizmaların beslenmesi ve yaban hayatı için oldukça önemlidir (Demirezen 2002). Ayrıca suda yaşayan organizmalar enerji çevrimi ile ilişkilidirler.

4.1. Kurşun (Pb)

P. australis ile sediment örneklerindeki Pb konsantrasyonları Çizelge 4.1'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Pb konsantrasyonları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Phragmites australis örneklerinin toplandığı istasyonlar içinde 1, 4, 9, 11, 13 ve 15 numaralı istasyonlarda kurşun tespit edilmiştir. En yüksek Pb konsantrasyonu 9 ve 15 numaralı istasyonların sediment örneklerinde sırasıyla 3.55 μgg^{-1} ve 3.46 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 15 numaralı istasyonun kök örneğinde 2.44 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *P. australis* bitkisinin yetiştiği ortamlarda kurşun birikim oranı için Sediment>Kök>Gövde>Yaprak genellemesi yapılabilir. 11 numaralı istasyonun sediment ve bitki kökünde kurşun tespit edilmiş, gövde ve yaprağında tespit edilememiştir. Ölçülebilen en düşük Pb konsantrasyonu 1 ve 9

numaralı istasyondaki bitkilerin yaprak örneklerinde 0.11 μgg^{-1} ve 0.12 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

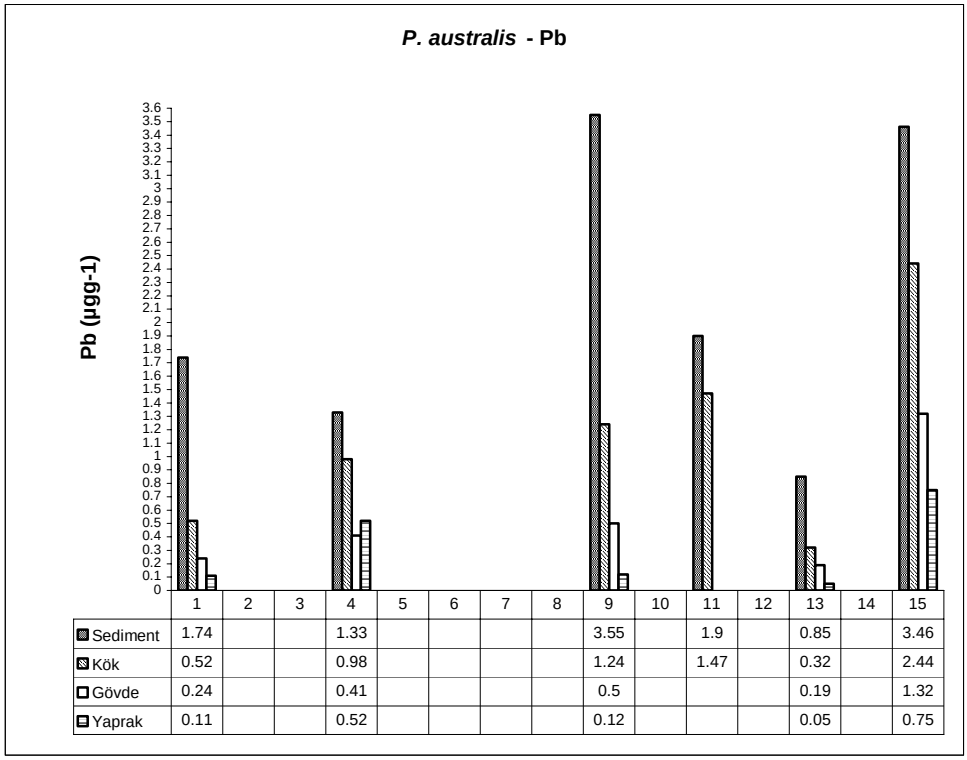
Typha angustifolia örneklerinin toplandığı istasyonlar içinde 1, 4, 5, 6, 7, 11, 12 ve 13 numaralı istasyonlarda kurşun belirlenebilmiştir. En yüksek Pb konsantrasyonu 7 ve 11 numaralı istasyonların sediment örneklerinde sırasıyla 7.44 μgg^{-1} ve 6.99 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 11 ve 7 numaralı istasyonun kök örneklerinde sırasıyla 4.46 μgg^{-1} ve 4.43 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *T. angustifolia* bitkisinin yetiştiği ortamlarda kurşun birikim oranı aynı *P. australis* bitkisinde olduğu gibi Sediment>Kök>Gövde>Yaprak genellemesi yapılabilir. 6 numaralı istasyonun sedimen örneğinde kurşun tespit edilmiş, kök, gövde ve yaprağında tespit edilememiştir. Ölçülebilen en düşük Pb konsantrasyonu 5 numaralı istasyondaki bitkinin yaprak ve gövde örneklerinde 0.08 μgg^{-1} ve 0.44 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Pb konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur. * işaretli örneklerde Pb tespit edilememiştir.

İst. No	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	1.74 ± 0.2	0.52 ± 0.08	0.24 ± 0.01	0.11 ± 0.02
2	Gölkaşı	0.00	*	*	*
3	Akburun	0.00	*	*	*
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	1.33 ± 0.1	0.98 ± 0.03	0.41 ± 0.02	0.52 ± 0.01
5	Tolca	0.00	*	*	*
6	Budak	0.00	*	*	*
7	Kurucuova	x	x	x	x
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	*	*	*	*
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	3.55 ± 0.7	1.24 ± 0.03	0.5 ± 0.01	0.12 ± 0.02
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	0.00	*	*	*
11	Yeşildağ Sazlığı	1.90 ± 0.1	1.47 ± 0.09	*	*
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	x	x	x	x
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	0.85 ± 0.03	0.32 ± 0.01	0.19 ± 0.02	0.05 ± 0.002
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	*	*	*	*
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	3.46 ± 0.6	2.44 ± 0.9	1.32 ± 0.04	0.75 ± 0.01

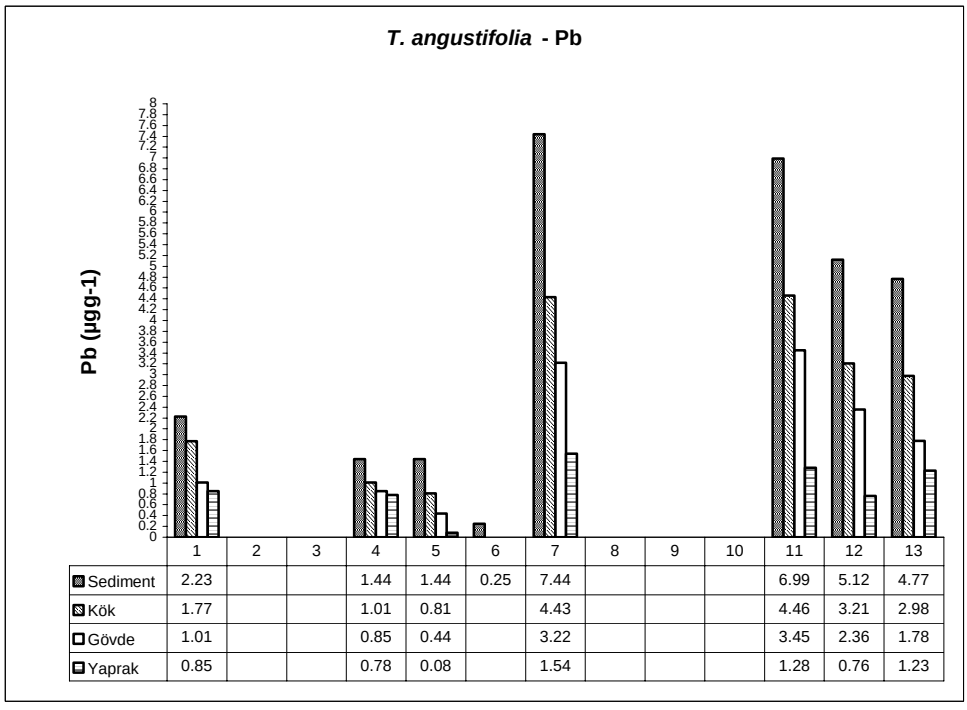
Çizelge 4.2. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Pb konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur. * işaretli örneklerde Pb tespit edilememiştir.

İst. No	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	2.23 ± 0.2	1.77 ± 0.2	1.01 ± 0.03	085 ± 0.02
2	Gölkaşı	*	*	*	*
3	Akburun	*	*	*	*
4	Kuşluca	1.47 ± 0.08	1.01 ± 0.09	0.85 ± 0.03	0.78 ± 0.02
5	Tolca	1.44 ± 0.11	0.81 ± 0.02	0.44 ± 0.01	0.08 ± 0.01
6	Budak	0.25 ± 0.01	*	*	*
7	Kurucuova	7.44 ± 1.2	4.43 ± 0.78	3.22 ± 0.54	1.54 ± 0.08
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	x	x	x	x
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	x	x	x	x
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	x	x	x	x
11	Yeşildağ Sazlığı	6.99 ± 0.92	4.46 ± 0.45	3.45 ± 0.33	1.28 ± 0.06
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	5.12 ± 0.78	3.21 ± 0.55	2.36 ± 0.67	0.76 ± 0.03
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	4.77 ± 0.89	2.98 ± 0.23	1.78 ± 0.08	1.23 ± 0.07



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	1.74			1.33					3.55		1.9		0.85		3.46
Kök	0.52			0.98					1.24		1.47		0.32		2.44
Gövde	0.24			0.41					0.5				0.19		1.32
Yaprak	0.11			0.52					0.12				0.05		0.75

Şekil 4.1. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Pb dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	2.23			1.44	1.44	0.25	7.44				6.99	5.12	4.77
Kök	1.77			1.01	0.81		4.43				4.46	3.21	2.98
Gövde	1.01			0.85	0.44		3.22				3.45	2.36	1.78
Yaprak	0.85			0.78	0.08		1.54				1.28	0.76	1.23

Şekil 4.2. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Pb dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.2. Çinko (Zn)

P. australis ile sediment örneklerindeki Zn konsantrasyonları Çizelge 4.3'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Zn konsantrasyonları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde yüksek Zn konsantrasyonu 11, ve 4 numaralı istasyonlarda sırasıyla 55.65 μgg^{-1} ve 50.21 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 ve 9 numaralı istasyonlarda sırasıyla 19.53 μgg^{-1} ve 20.05 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 9, 11 ve 15 numaralı istasyondaki bitkilerin kök örneklerinde sırasıyla 123.9 μgg^{-1}, 112.1 μgg^{-1} ve 106.8 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre,*P.australis* bitkisi kök örneklerinin sediment örneklerinden daha fazla Zn biriktirdiği gözlenmiştir. Bitki kısımları için Zn birikimi genel olarak çoktan aza kök>gövde>sediment şeklinde sıralanmaktadır. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Zn konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki bitkinin yaprak ve gövde örneklerinde 4.38 μgg^{-1} ve 5.22 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

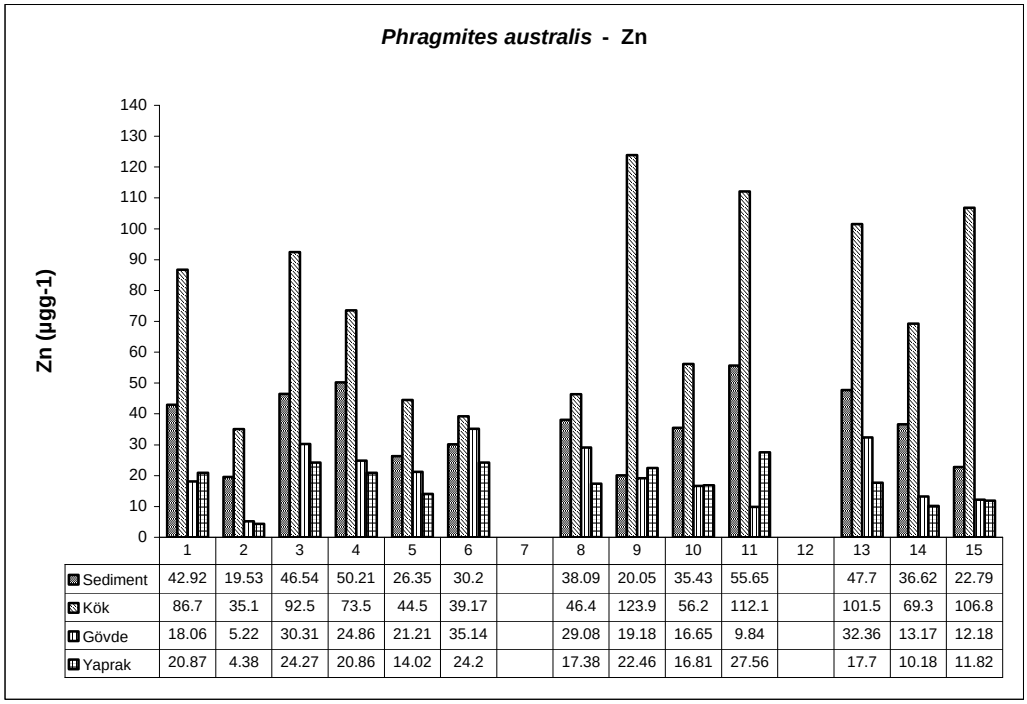
Typha angustifolia sediment örneklerinde en yüksek Zn konsantrasyonu 7 ve 13 numaralı istasyonlarda sırasıyla 47.68 μgg^{-1} ve 46.61 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonda 11.6 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 7, 4 ve 11 numaralı istasyondaki bitkilerin kök örneklerinde sırasıyla 160.7 μgg^{-1}, 134 μgg^{-1} ve 107.1 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre,*T. angustifolia* bitkisinin de kök örneklerinin sediment örneklerinden daha fazla Zn biriktirdiği gözlenmiştir. *T. angustifolia* bitki kısımları için Zn birikimi genel olarak çoktan aza kök>gövde>sediment şeklinde sıralanmaktadır. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Zn konsantrasyonu 3 ve 5 numaralı istasyonlardaki bitkilerin yaprak örneklerinde 5.37 μgg^{-1} ve 6.51 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Zn konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	42.92 ± 5.2	86.7 ± 4.8	18.06 ± 2.4	20.87 ± 3.2
2	Gölkaşı	19.53 ± 2.6	35.1 ± 0.7	5.22 ± 0.8	4.38 ± 0.9
3	Akburun	46.54 ± 4.8	92.5 ± 1.2	30.31 ± 3.3	24.27 ± 2.1
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	50.21 ± 6.4	73.5 ± 5.8	24.86 ± 1.8	20.86 ± 2.3
5	Tolca	26.35 ± 2.2	44.5 ± 2.9	21.21 ± 2.3	14.02 ± 0.6
6	Budak	30.20 ± 2.7	39.17 ± 3.2	35.14 ± 2.9	24.20 ± 1.8
7	Kurucuova	X	X	X	X
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	38.09 ± 2.5	46.4 ± 3.6	29.08 ± 2.4	17.38 ± 1.2
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	20.05 ± 2.1	123.9 ± 7.8	19.18 ± 2.1	22.46 ± 2.1
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	35.43 ± 3.1	56.2 ± 3.8	16.65 ± 0.9	16.81 ± 1.3
11	Yeşildağ Sazlığı	55.65 ± 4.3	112.1 ± 6.7	9.84 ± 0.5	27.56 ± 1.5
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	X	X	X	X
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	47.70 ± 3.7	101.5 ± 7.2	32.36 ± 2.7	17.70 ± 0.9
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	36.62 ± 3.4	69.3 ± 3.8	13.17 ± 1.4	10.18 ± 0.4
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	22.79 ± 1.8	106.8 ± 8.2	12.18 ± 1.1	11.82 ± 0.2

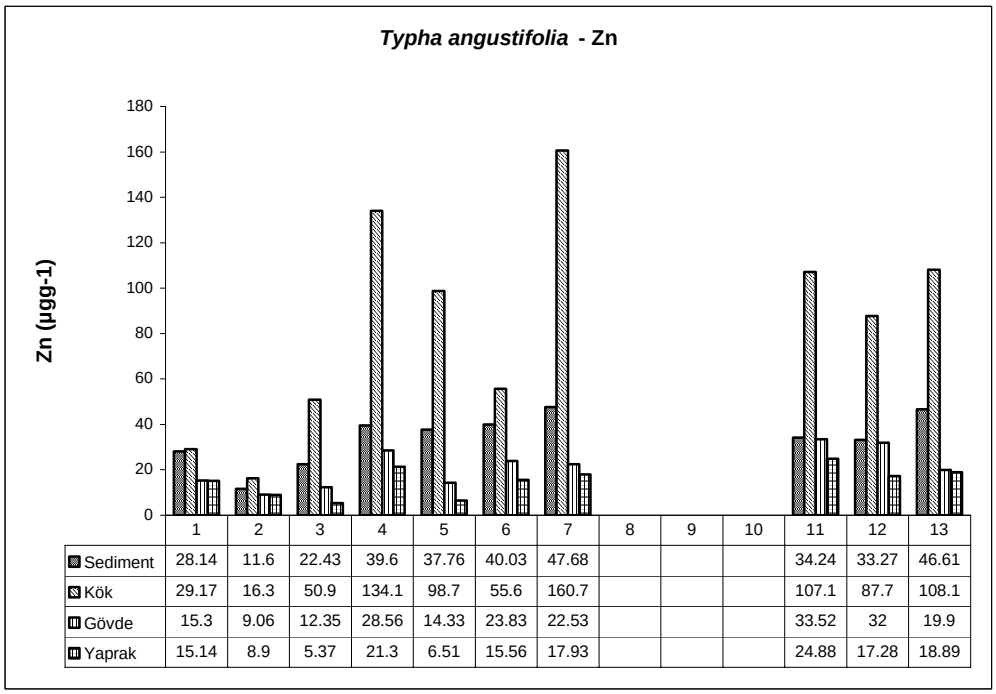
Çizelge 4.4. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Zn konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	28.14 ± 2.1	29.17 ± 1.9	15.30 ± 1.2	15.14 ± 0.9
2	Gölkaşı	11.6 ± 0.6	16.30 ± 1.1	9.06 ± 0.6	8.90 ± 0.5
3	Akburun	22.43 ± 2.1	50.9 ± 3.6	12.35 ± 0.9	5.37 ± 0.03
4	Kuşluca	39.60 ± 3.3	134.1 ± 9.3	28.56 ± 1.6	21.30 ± 1.5
5	Tolca	37.76 ± 3.4	98.7 ± 4.8	14.33 ± 1.2	6.51 ± 0.7
6	Budak	40.03 ± 3.1	55.6 ± 3.7	23.83 ± 1.6	15.56 ± 1.1
7	Kurucuova	47.68 ± 3.1	160.7 ± 9.9	22.53 ± 1.2	17.93 ± 1.1
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	X	X	X	X
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	X	X	X	X
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	X	X	X	X
11	Yeşildağ Sazlığı	34.24 ± 2.6	107.1 ± 8.9	33.52 ± 2.4	24.88 ± 1.7
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	33.27 ± 2.6	87.7 ± 6.2	32.0 ± 2.5	17.28 ± 1.2
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	46.61 ± 3.7	108.1 ± 8.8	19.90 ± 1.3	18.89 ± 1.3



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	42.92	19.53	46.54	50.21	26.35	30.2		38.09	20.05	35.43	55.65		47.7	36.62	22.79
Kök	86.7	35.1	92.5	73.5	44.5	39.17		46.4	123.9	56.2	112.1		101.5	69.3	106.8
Gövde	18.06	5.22	30.31	24.86	21.21	35.14		29.08	19.18	16.65	9.84		32.36	13.17	12.18
Yaprak	20.87	4.38	24.27	20.86	14.02	24.2		17.38	22.46	16.81	27.56		17.7	10.18	11.82

Şekil 4.3. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Zn dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	28.14	11.6	22.43	39.6	37.76	40.03	47.68				34.24	33.27	46.61
Kök	29.17	16.3	50.9	134.1	98.7	55.6	160.7				107.1	87.7	108.1
Gövde	15.3	9.06	12.35	28.56	14.33	23.83	22.53				33.52	32	19.9
Yaprak	15.14	8.9	5.37	21.3	6.51	15.56	17.93				24.88	17.28	18.89

Şekil 4.4. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Zn dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.3 Kadmiyum (Cd)

P. australis ile sediment örneklerindeki Cd konsantrasyonları Çizelge 4.5'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Cd konsantrasyonları Çizelge 4.6'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde en yüksek Cd konsantrasyonu 9, ve 4 numaralı istasyonlarda sırasıyla 0.297 μgg^{-1} ve 0.275 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. 3 ve 8 numaralı istasyonların sediment ve bitki kısımlarında Cd belirlenememiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonlarda sırasıyla 0.074 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 9 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 0.249 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *P.australis* bitkisi ve toplandığı istasyonlarda Cd konsantrasyonu Sediment>Kök>Gövde>Yaprak şeklindedir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Cd konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki bitkinin yaprağında 0.003 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Typha angustifolia sediment örneklerinde en yüksek Cd konsantrasyonu 7 numaralı istasyon 1.060μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. 4 numaralı istasyonun sediment ve bitki kısımlarında Cd belirlenememiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 5 numaralı istasyondadır ve miktarı 0.078 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 7 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 0.554 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *T. angustifolia* bitkisi ve toplandığı istasyonlarda Cd konsantrasyonu sediment, kök, gövde ve yapraktaki dağılımında sediment örneklerindeki konsantrasyonun bitki örneklerinden fazla olduğunu; kökteki miktarının ise diğer bitki kısımlarından fazla olduğunu söyleyebiliriz. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Cd konsantrasyonu 5 numaralı istasyondaki bitkinin gövdesinde 0.018 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

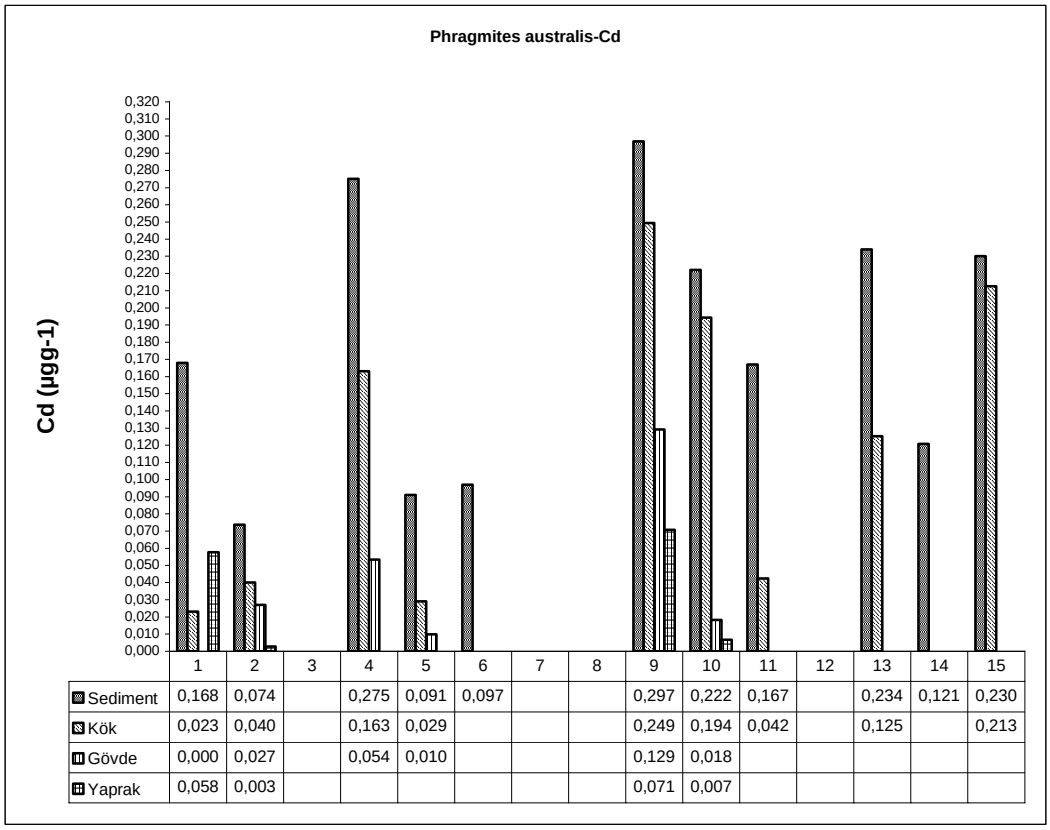
.

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Cd konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur. * işaretli örneklerde Cd tespit edilmemiştir.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	0.168 ± 0.02	0.023 ± 0.001	*	0.058 ± 0.003
2	Gölkaşı	0.074 ± 0.007	0.040 ± 0.001	0.027 ± 0.001	0.003 ± 0.0001
3	Akburun	*	*	*	*
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	0.275 ± 0.03	0.163 ± 0.001	0.054 ± 0.003	*
5	Tolca	0.091 ± 0.003	0.029 ± 0.001	0.001 ± 0.0002	*
6	Budak	0.097 ± 0.003	*	*	*
7	Kurucuova	x	x	x	x
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	*	*	*	*
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	0.297 ± 0.03	0.249 ± 0.01	0.129 ± 0.002	0.071 ± 0.003
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	0.222 ± 0.02	0.194 ± 0.01	0.018 ± 0.001	0.007 ± 0.0001
11	Yeşildağ Sazlığı	0.167 ± 0.009	0.042 ± 0.002		*
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	x	x	x	x
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	0.234 ± 0.01	0.125 ± 0.007	*	*
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	0.120 ± 0.001	*	*	*
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	0.230 ± 0.04	0.213 ± 0.009	*	*

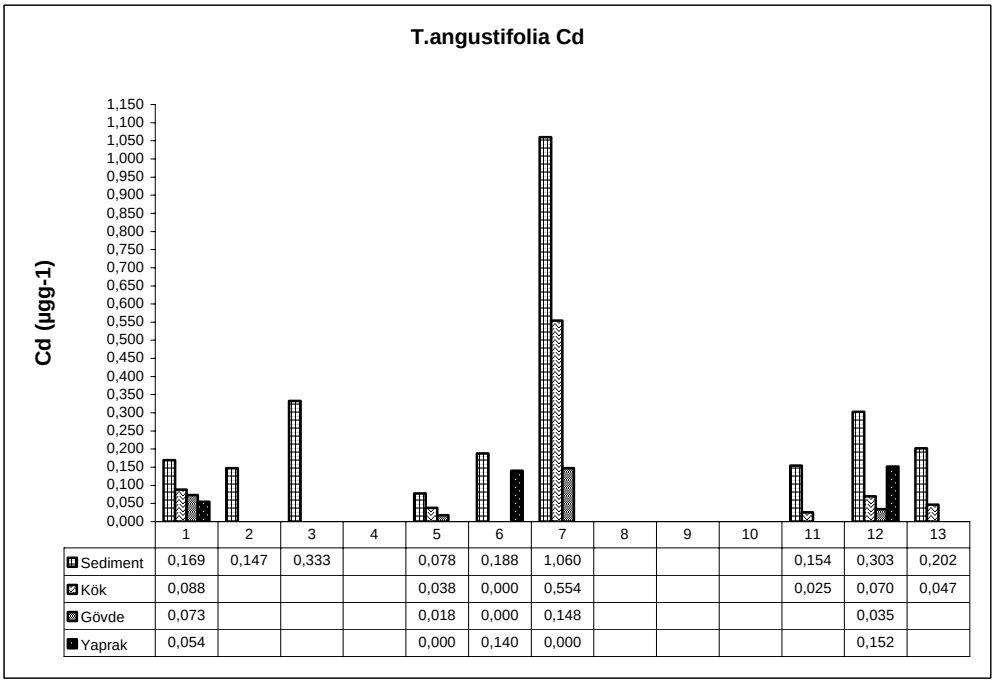
Çizelge 4.6. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Cd konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur. * işaretli örneklerde Cd tespit edilmemiştir.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	0.169 ± 0.04	0.088 ± 0.002	0.073 ± 0.009	0.054 ± 0.001
2	Gölkaşı	0.147 ± 0.02	*	*	*
3	Akburun	0.333 ± 0.04	*	*	*
4	Kuşluca	*	*	*	*
5	Tolca	0.078 ± 0.003	0.038 ± 0.001	0.018 ± 0.001	*
6	Budak	0.188 ± 0.01	*	*	0.140 ± 0.007
7	Kurucuova	1.060 ± 0.07	0.554 ± 0.01	0.148 ± 0.008	*
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	x	x	x	x
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	x	x	x	x
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	x	x	x	x
11	Yeşildağ Sazlığı	0.154 ±	0.025 ± 0.002	*	*
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	0.303 ±	0.070 ± 0.003	0.035 ± 0.001	0.152 ± 0.02
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	0.202 ±	0.047 ± 0.001	*	*



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	0,168	0,074		0,275	0,091	0,097			0,297	0,222	0,167		0,234	0,121	0,230
Kök	0,023	0,040		0,163	0,029				0,249	0,194	0,042		0,125		0,213
Gövde	0,000	0,027		0,054	0,010				0,129	0,018					
Yaprak	0,058	0,003							0,071	0,007					

Şekil 4.5. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Cd dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	0,169	0,147	0,333		0,078	0,188	1,060				0,154	0,303	0,202
Kök	0,088				0,038	0,000	0,554				0,025	0,070	0,047
Gövde	0,073				0,018	0,000	0,148					0,035	
Yaprak	0,054				0,000	0,140	0,000					0,152	

Şekil 4.6. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Cd dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.4. Bakır (Cu)

P. australis ile sediment örneklerindeki Cu konsantrasyonları Çizelge 4.7'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Cu konsantrasyonları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde en yüksek Cu konsantrasyonu 11 ve 15 numaralı istasyonlarda sırasıyla 25.1 μgg^{-1} ve 23.6 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 1 numaralı istasyonda 1.4 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 13 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 34.6 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre,*P.australis* bitkisi ve toplandığı istasyonlarda Cu konsantrasyonu genel olarak Sediment>Kök>Gövde>Yaprak şeklindedir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Cu konsantrasyonu 15 numaralı istasyondaki bitkinin yaprağında 0.6 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

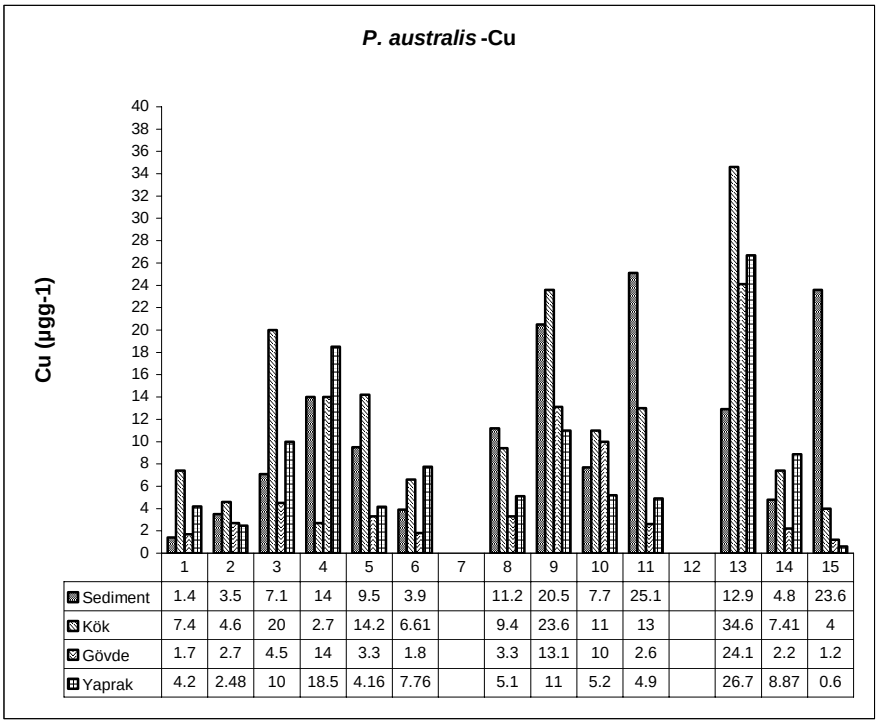
Typha angustifolia sediment örneklerinde en yüksek Cu konsantrasyonu 11 ve 7 numaralı istasyonlarda sırasıyla 30.8 μgg^{-1} ve 28.4 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonda 0.9 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 5 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 23.2 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre,*T. angustifolia* bitkisi ve toplandığı istasyonlarda Cu konsantrasyonu genel olarak Sediment>Kök>Gövde>Yaprak şeklindedir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Cu konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki bitkinin kökünde 0.4 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Cu konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	1.40 ± 0.2	7.40 ± 0.8	1.70 ± 0.3	4.20 ± 0.4
2	Gölkaşı	3.50 ± 0.5	4.60 ± 0.3	2.70 ± 0.2	2.48 ± 0.07
3	Akburun	7.10 ± 0.7	20.0 ± 1.2	4.50 ± 0.2	10.0 ± 0.6
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	14.0 ± 1.1	2.70 ± 0.02	14.0 ± 1.2	18.50 ± 1.2
5	Tolca	9.50 ± 0.8	14.2 ± 1.2	3.3 ± 0.4	4.16 ± 0.5
6	Budak	3.90 ± 0.2	6.61 ± 0.8	1.80 ± 0.02	7.76 ± 0.6
7	Kurucuova	X	X	X	X
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	11.20 ± 1.2	9.40 ± 1.2	3.30 ± 0.2	5.10 ± 0.3
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	20.5 ± 1.5	23.6 ± 2.1	13.1 ± 0.9	11.0 ± 0.9
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	7.70 ± 0.9	11.0 ± 0.6	10.0 ± 0.6	5.20 ± 0.3
11	Yeşildağ Sazlığı	25.10 ± 2.1	13.0 ± 0.8	2.60 ± 0.04	4.90 ± 0.09
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	X	X	X	X
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	12.9 ± 1.1	34.6 ± 2.4	24.1 ± 1.4	26.7 ± 1.9
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	4.8 ± 0.6	7.41 ± 1.1	2.2 ± 0.06	8.87 ± 0.8
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	23.6 ± 1.4	4.0 ± 0.5	1.2 ± 0.03	0.6 ± 0.02

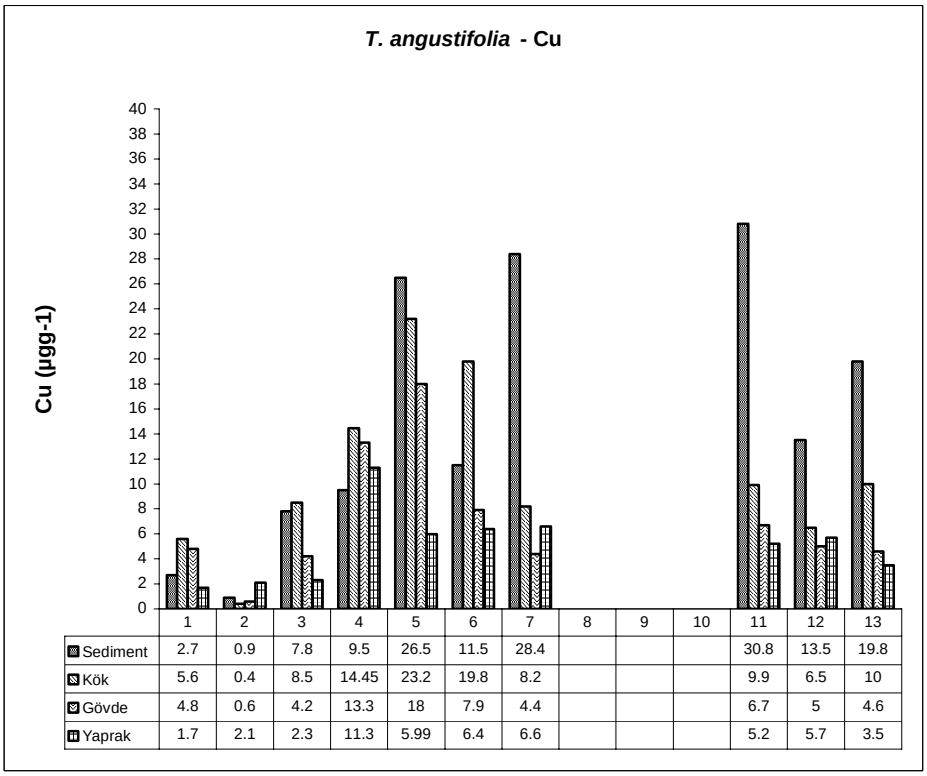
Çizelge 4.8. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Cu konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	2.7 ± 0.2	5.6 ± 0.7	4.8 ± 0.5	1.7 ± 0.04
2	Gölkaşı	0.9 ± 0.03	0.4 ± 0.04	0.6 ± 0.02	2.1 ± 0.01
3	Akburun	7.8 ± 0.5	8.5 ± 1.3	4.2 ± 0.6	2.3 ± 0.01
4	Kuşluca	9.5 ± 0.7	14.5 ± 1.6	13.3 ± 0.7	11.3 ± 1.2
5	Tolca	26.5 ± 2.1	23.2 ± 2.2	18.0 ± 1.3	5.99 ± 0.3
6	Budak	11.5 ± 0.4	19.8 ± 1.3	7.9 ± 1.1	6.4 ± 0.5
7	Kurucuova	28.4 ± 3.4	8.2 ± 0.6	4.4 ± 0.3	6.6 ± 0.5
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	X	X	X	X
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	X	X	X	X
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	X	X	X	X
11	Yeşildağ Sazlığı	30.8 ± 2.5	9.9 ± 0.7	6.7 ± 0.6	5.2 ± 0.3
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	13.5 ± 1.7	6.5 ± 0.08	5.0 ± 0.7	5.7 ± 0.4
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	19.8 ± 1.7	10.0 ± 0.3	4.6 ± 0.2	3.5 ± 0.2



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	1.4	3.5	7.1	14	9.5	3.9		11.2	20.5	7.7	25.1		12.9	4.8	23.6
Kök	7.4	4.6	20	2.7	14.2	6.61		9.4	23.6	11	13		34.6	7.41	4
Gövde	1.7	2.7	4.5	14	3.3	1.8		3.3	13.1	10	2.6		24.1	2.2	1.2
Yaprak	4.2	2.48	10	18.5	4.16	7.76		5.1	11	5.2	4.9		26.7	8.87	0.6

Şekil 4.7. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Cu dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	2.7	0.9	7.8	9.5	26.5	11.5	28.4				30.8	13.5	19.8
Kök	5.6	0.4	8.5	14.45	23.2	19.8	8.2				9.9	6.5	10
Gövde	4.8	0.6	4.2	13.3	18	7.9	4.4				6.7	5	4.6
Yaprak	1.7	2.1	2.3	11.3	5.99	6.4	6.6				5.2	5.7	3.5

Şekil 4.8. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Cu dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.5. Demir (Fe)

P. australis ile sediment örneklerindeki Fe konsantrasyonları Çizelge 4.9'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Fe konsantrasyonları Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde en yüksek Fe konsantrasyonu 11 ve 3 numaralı istasyonlarda sırasıyla 34409 μgg^{-1} ve 33821 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonda 6463 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 11 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 16081 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *P.australis* bitkisi ve toplandığı istasyonlarda Fe konsantrasyonu genel olarak Sediment>Kök>Gövde>Yaprak şeklinde olup, kökteki birikiminin diğer bitki kısımlarına oranla oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Fe konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki bitkinin yaprağında 96 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

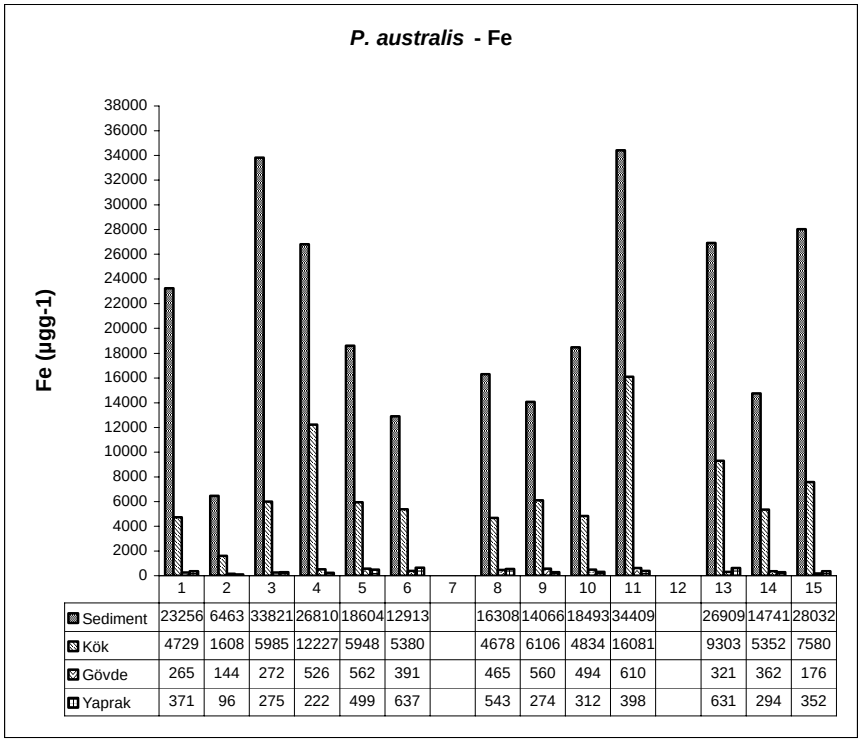
Typha angustifolia sediment örneklerinde en yüksek Fe konsantrasyonu 11 ve 7 numaralı istasyonlarda sırasıyla 37450 μgg^{-1} ve 36493 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonda 4472 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 7 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 15538 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *P.australis* bitkisi ve toplandığı istasyonlarda Fe konsantrasyonu genel olarak Sediment>Kök>Gövde>Yaprak şeklinde olup, *P. australis*'de olduğu gibi kökteki birikiminin diğer bitki kısımlarına oranla oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Fe konsantrasyonu 5 numaralı istasyondaki bitkinin yaprağında 142 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Fe konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	23256 ± 1700	4729 ± 234	265 ± 15	371 ± 21
2	Gölkaşı	6463 ± 450	1608 ± 124	144 ± 11	96 ± 8
3	Akburun	33821 ± 1400	5985 ± 243	272 ±23	275 ± 21
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	26810 ± 1200	12227 ± 435	526 ± 27	222 ± 17
5	Tolca	18604 ± 660	5948 ± 232	562 ± 24	499 ± 25
6	Budak	12913 ± 525	5380 ± 322	391 ± 25	637 ± 32
7	Kurucuova	X	X	x	x
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	16308 ± 645	4678 ± 243	465 ± 32	543 ± 33
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	14066 ± 650	6106 ± 346	560 ± 35	274 ± 23
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	18493 ± 780	4834 ± 321	494 ± 27	312 ± 19
11	Yeşildağ Sazlığı	34409 ± 1450	16081 ± 763	610 ± 54	398 ± 25
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	X	x	x	x
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	26909 ± 1225	9303 ± 890	321 ± 12	631 ± 32
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	14741 ± 898	5352 ± 436	362 ± 21	294 ± 26
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	28032 ± 654	7580 ± 678	176 ± 15	352 ± 24

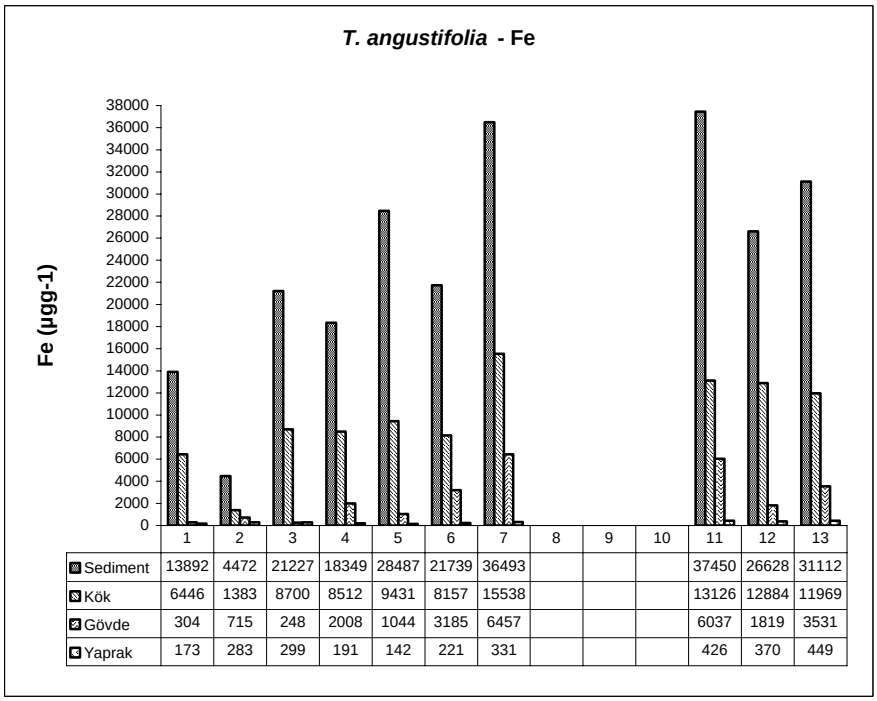
Çizelge 4.10. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Fe konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	13892 ± 880	6446 ± 332	304 ± 21	173 ± 11
2	Gölkaşı	4472 ± 232	715 ± 65	1383 ± 45	283 ± 13
3	Akburun	21227 ± 1243	274 ± 21	248 ± 11	299 ± 12
4	Kuşluca	18349 ± 987	8512 ± 678	2008 ± 124	191 ± 9
5	Tolca	28487 ± 1333	9431 ± 657	1044 ± 76	142 ± 8
6	Budak	21739 ± 1121	8157 ± 659	3185 ± 122	221 ± 7
7	Kurucuova	36493 ± 1567	15538 ± 720	6457 ± 211	331 ± 9
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	x	x	x	x
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	x	x	x	x
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	x	x	x	x
11	Yeşildağ Sazlığı	37450 ± 1645	13126 ± 777	6037 ± 199	426 ± 21
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	26628 ± 1342	12884 ± 621	1819 ± 56	370 ± 17
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	31112 ± 1430	11969 ± 345	3531 ± 67	449 ± 21



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	23256	6463	33821	26810	18604	12913		16308	14066	18493	34409		26909	14741	28032
Kök	4729	1608	5985	12227	5948	5380		4678	6106	4834	16081		9303	5352	7580
Gövde	265	144	272	526	562	391		465	560	494	610		321	362	176
Yaprak	371	96	275	222	499	637		543	274	312	398		631	294	352

Şekil 4.9. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Fe dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	13892	4472	21227	18349	28487	21739	36493				37450	26628	31112
Kök	6446	1383	8700	8512	9431	8157	15538				13126	12884	11969
Gövde	304	715	248	2008	1044	3185	6457				6037	1819	3531
Yaprak	173	283	299	191	142	221	331				426	370	449

Şekil 4.10. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Fe dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.6. Mangan (Mn)

P. australis ile sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları Çizelge 4.11'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde en yüksek Mn konsantrasyonu 1 ve 11 numaralı istasyonlarda sırasıyla 598 μgg^{-1} ve 505 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 14 numaralı istasyonda 130 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 13 numaralı istasyondaki bitkinin yaprak örneğinde 859 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *P.australis* yaprak örneklerinde Mn konsantrasyonu bitkinin diğer kısımlarına oranla daha fazla bulunmuştur. En düşük konsantrasyonlar ise genellikle gövdede tespit edilmiştir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Mn konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki *P. australis* bitkisinin gövdesinde 8 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

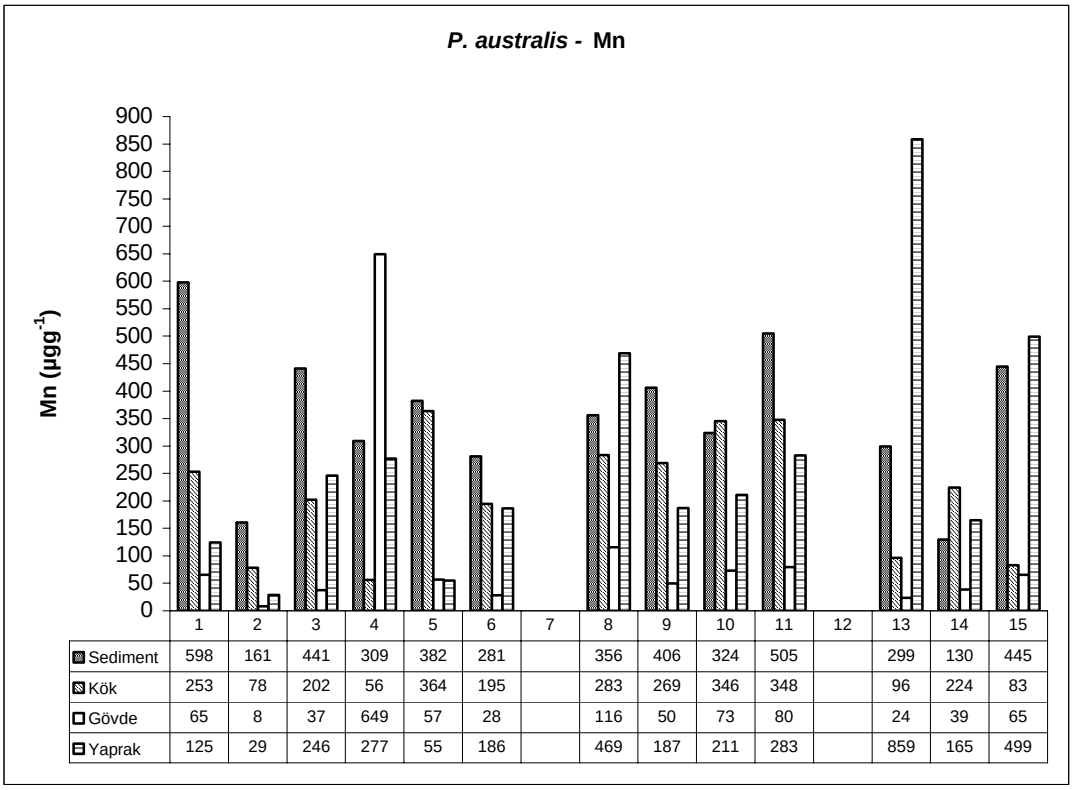
Typha angustifolia sediment örneklerinde en yüksek Mn konsantrasyonu 7 ve 5 numaralı istasyonlarda sırasıyla 569 μgg^{-1} ve 516 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonda 91 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon 11 numaralı istasyondaki bitkinin yaprak örneğinde 874 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre,*T. angustifolia* yaprak örneklerinde *P. australis*'deki bulgulara paralel olarak Mn konsantrasyonu diğer kısımlarına oranla daha fazla bulunmuştur. En düşük konsantrasyonlar ise genellikle gövdede tespit edilmiştir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Mn konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki *T. angustifolia* kökünde 7 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Mn konsantrasyonları (μgg^{-1}). ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	598 ± 23	253 ± 9	65 ± 8	125 ± 11
2	Gölkaşı	161 ± 11	78 ± 6	8 ± 1	29 ± 3
3	Akburun	441 ± 14	202 ± 5	37 ± 3	246 ± 11
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	309 ± 9	56 ± 3	649 ± 12	277 ± 12
5	Tolca	382 ± 12	364 ± 8	57 ± 5	55 ± 4
6	Budak	281 ± 8	195 ± 7	28 ± 3	186 ± 9
7	Kurucuova	x	x	x	x
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	356 ± 11	283 ± 17	116 ± 11	469 ± 32
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	406 ± 11	269 ± 15	50 ± 4	187 ± 14
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	324 ± 9	346 ± 14	73 ± 5	211 ± 11
11	Yeşildağ Sazlığı	505 ± 13	348 ± 13	80 ± 7	283 ± 14
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	x	x	x	x
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	299 ± 7	96 ± 8	24 ± 2	859 ± 39
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	130 ± 5	224 ± 12	39 ± 3	165 ± 9
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	445 ± 15	83 ± 8	65 ± 5	499 ± 22

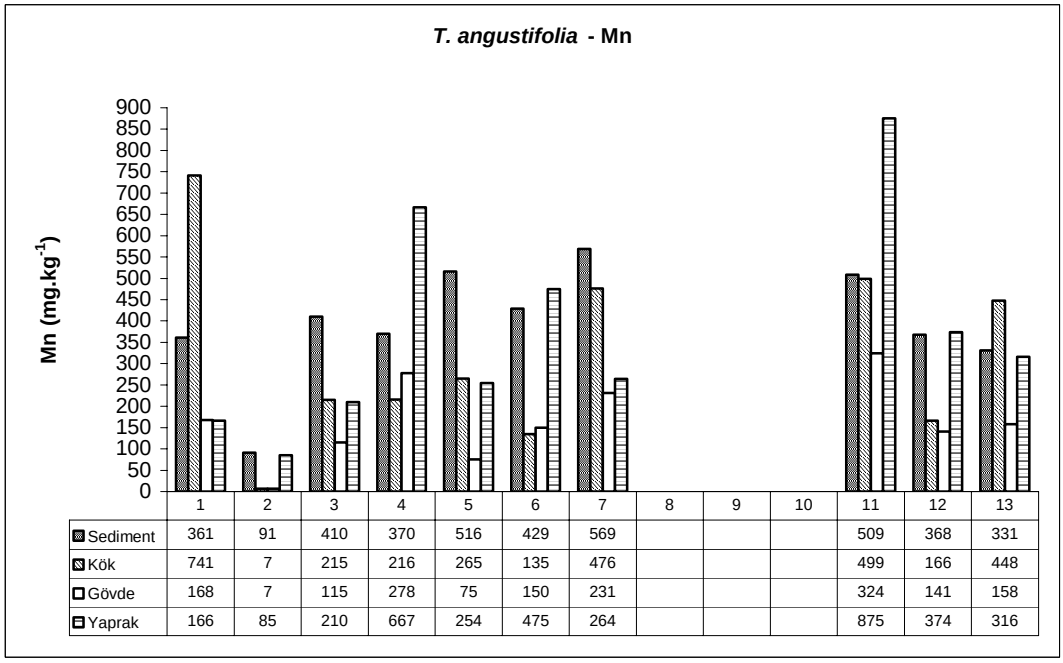
Çizelge 4.12. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Mn konsantrasyonları (μgg^{-1}). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	361 ± 22	741± 67	168 ± 13	166 ± 12
2	Gölkaşı	91 ± 8	7 ± 0.4	7 ± 03	85 ± 6
3	Akburun	410 ± 18	215 ± 13	115 ± 9	210 ± 14
4	Kuşluca	370 ± 14	216 ± 8	278 ± 12	667 ± 23
5	Tolca	516 ± 18	265 ± 11	75 ± 4	254 ± 21
6	Budak	429 ± 11	135 ± 5	150 ± 12	475 ± 22
7	Kurucuova	569 ± 12	476 ± 16	231± 11	264 ± 19
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	x	x	x	x
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	x	x	x	x
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	x	x	x	x
11	Yeşildağ Sazlığı	509 ± 14	499 ± 18	324 ± 21	875 ± 43
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	368 ± 9	166 ± 11	141 ± 14	374 ± 23
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	331 ± 9	448 ± 16	158 ± 12	316 ± 20



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	598	161	441	309	382	281		356	406	324	505		299	130	445
Kök	253	78	202	56	364	195		283	269	346	348		96	224	83
Gövde	65	8	37	649	57	28		116	50	73	80		24	39	65
Yaprak	125	29	246	277	55	186		469	187	211	283		859	165	499

Şekil 4.11. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Mn dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	361	91	410	370	516	429	569				509	368	331
Kök	741	7	215	216	265	135	476				499	166	448
Gövde	168	7	115	278	75	150	231				324	141	158
Yaprak	166	85	210	667	254	475	264				875	374	316

Şekil 4.12. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Mn dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.7. Nikel (Ni)

P. australis ile sediment örneklerindeki Ni konsantrasyonları Çizelge 4.13'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Ni konsantrasyonları Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde en yüksek Ni konsantrasyonu 9 ve 4 numaralı istasyonlarda sırasıyla 153.5 μgg^{-1} ve 105.6 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 6 numaralı istasyonda 16.6 μgg^{-1} 'dır. *P. australis* bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon, 15 numaralı istasyondaki bitkinin kök örneğinde 40.77 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Bitki örneklerinde ölçülebilen en düşük Ni konsantrasyonu 10 numaralı istasyondaki *P. australis* bitkisinin yaprağında 5.34 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Bitki kısımlarında en fazla nikel birikimi köklerde tespit edilmiştir.

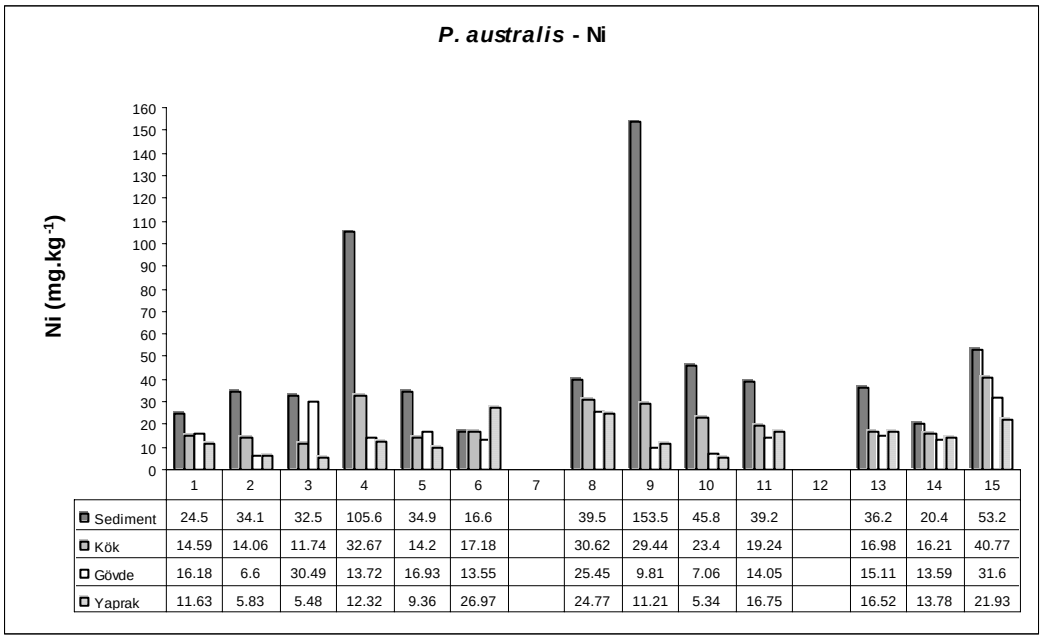
T. angustifolia sediment örneklerinde en fazla Ni içeriği 4 ve 12 numaralı istasyonlarda sırasıyla 116.4 μgg^{-1} ve 81.5 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Bitki kısımlarında 13 ve 4 numaralı *T. angustifolia*'nın kökünde sırasıyla 34.97 μgg^{-1} ve 32.6 μgg^{-1} 'dır. *P. australis* bitkisinde olduğu gibi *T. angustifolia*'da da bitkisinin de kökünde diğer bitki kısımlarına göre, daha fazla Ni birikmektedir.

Çizelge 4.13. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Ni konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	24.5 ± 2.1	14.59 ± 0.8	16.18 ± 0.9	11.63 ± 0.8
2	Gölkaşı	34.1 ± 2.5	14.06 ± 0.8	6.60 ± 0.3	5.83 ± 0.2
3	Akburun	32.5 ± 1.9	11.74 ± 0.5	30.49 ± 2.6	5.48 ± 0.2
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	105.6 ± 8.9	32.67 ± 3.6	13.72 ± 0.9	12.32 ± 0.4
5	Tolca	34.9 ± 2.4	14.20 ± 1.2	16.93 ± 0.8	9.36 ± 0.5
6	Budak	16.6 ± 0.9	17.18 ± 0.9	13.55 ± 0.7	26.97 ± 2.5
7	Kurucuova	x	x	x	x
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	39.5 ± 2.1	30.62 ± 2.6	25.45 ± 1.3	24.77 ± 1.9
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	153.5 ± 11.2	29.44 ± 2.5	9.81 ± 0.3	11.21 ± 0.8
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	45.8 ± 6.3	23.4 ± 3.2	7.06 ± 0.4	5.34 ± 0.2
11	Yeşildağ Sazlığı	39.2 ± 3.4	19.24 ± 1.2	14.05 ± 1.2	16.75 ± 0.8
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	x	x	x	x
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	36.2 ± 2.7	16.98 ± 1.1	15.11 ± 1.3	16.52 ± 0.6
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	20.4 ± 1.8	16.21 ± 0.8	13.59 ± 0.9	13.78 ± 0.6
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	53.2 ± 4.3	40.77 ± 2.8	31.60 ± 2.8	21.93 ± 1.7

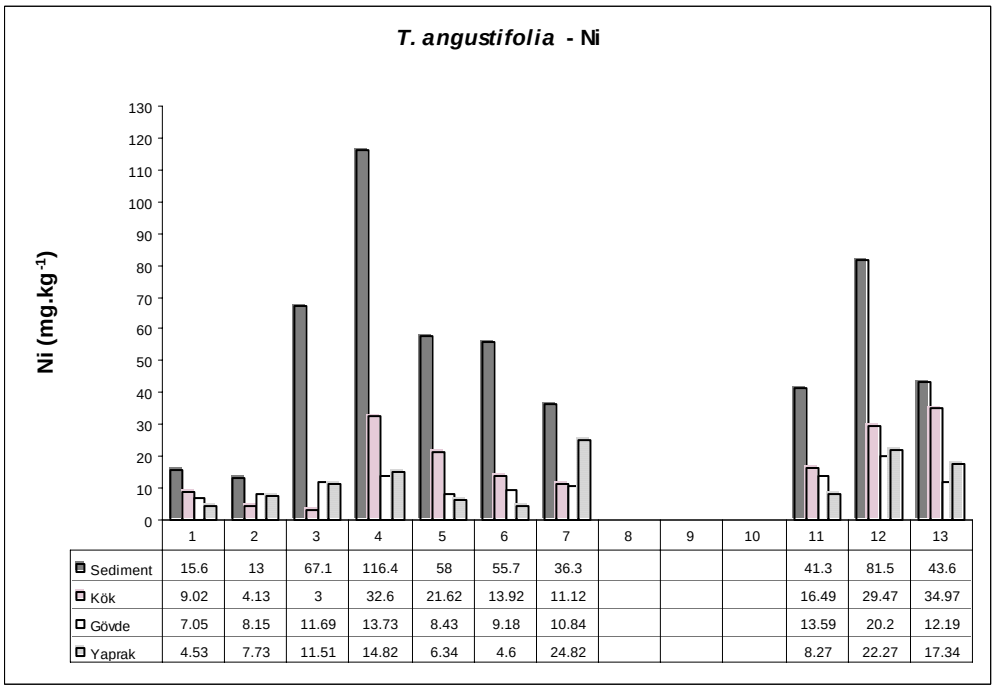
Çizelge 4.14. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia'nın*** kök, gövde ve yapraklarındaki Ni konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	15.6 ± 0.7	9.02 ± 0.7	7.05 ± 0.6	4.53 ± 0.3
2	Gölkaşı	13.0 ± 0.5	4.13 ± 0.03	8.15 ± 0.4	7.73 ± 1.1
3	Akburun	67.1 ± 3.7	3.0 ± 0.02	11.69 ± 0.7	11.51 ± 0.6
4	Kuşluca	116.4 ± 7.3	32.60 ± 3.6	13.73 ± 0.7	14.82 ± 0.8
5	Tolca	58.0 ± 4.6	21.62 ± 1.2	8.43 ± 0.3	6.34 ± 0.3
6	Budak	55.7 ± 4.4	13.92 ± 0.8	9.18 ± 0.6	4.60 ± 0.1
7	Kurucuova	36.3 ± 2.9	11.12 ± 0.5	10.84 ± 0.7	24.82 ± 1.4
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	x	x	x	x
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	x	x	x	x
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	x	x	x	x
11	Yeşildağ Sazlığı	41.3 ± 3.6	16.49 ± 0.7	13.59 ± 0.8	8.27 ± 1.1
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	81.5 ± 5.5	29.47 ± 1.7	20.20 ± 1.5	22.27 ± 1.7
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	43.6 ± 3.3	34.97 ± 2.7	12.19 ± 1.1	17.34 ± 0.9



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	24.5	34.1	32.5	105.6	34.9	16.6		39.5	153.5	45.8	39.2		36.2	20.4	53.2
Kök	14.59	14.06	11.74	32.67	14.2	17.18		30.62	29.44	23.4	19.24		16.98	16.21	40.77
Gövde	16.18	6.6	30.49	13.72	16.93	13.55		25.45	9.81	7.06	14.05		15.11	13.59	31.6
Yaprak	11.63	5.83	5.48	12.32	9.36	26.97		24.77	11.21	5.34	16.75		16.52	13.78	21.93

Şekil 4.13. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Ni dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	15.6	13	67.1	116.4	58	55.7	36.3				41.3	81.5	43.6
Kök	9.02	4.13	3	32.6	21.62	13.92	11.12				16.49	29.47	34.97
Gövde	7.05	8.15	11.69	13.73	8.43	9.18	10.84				13.59	20.2	12.19
Yaprak	4.53	7.73	11.51	14.82	6.34	4.6	24.82				8.27	22.27	17.34

Şekil 4.14. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Ni dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

4.8. Krom (Cr)

P. australis ile sediment örneklerindeki Cr konsantrasyonları Çizelge 4.15'de *T. angustifolia* ile sediment örneklerindeki Cr konsantrasyonları Çizelge 4.16'de verilmiştir.

Phragmites australis sediment örneklerinde en yüksek Cr konsantrasyonu 1 ve 3 numaralı istasyonlarda sırasıyla 53.3 μgg^{-1} ve 49.0 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 6 numaralı istasyonda 15.7 μgg^{-1} 'dır. *P. australis* bitki kısımlarında ise en yüksek konsantrasyon, 6 numaralı istasyondaki bitkinin yaprak örneğinde 71.94 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. *P. australis* bitki kısımlarında ölçülebilen en düşük Cr konsantrasyonu 2 numaralı istasyondaki yaprakta 11.29 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. *P. australis* bitki kısımlarında Cr birikiminin dağılımı hakkında kesin bir yargıya varılamamıştır.

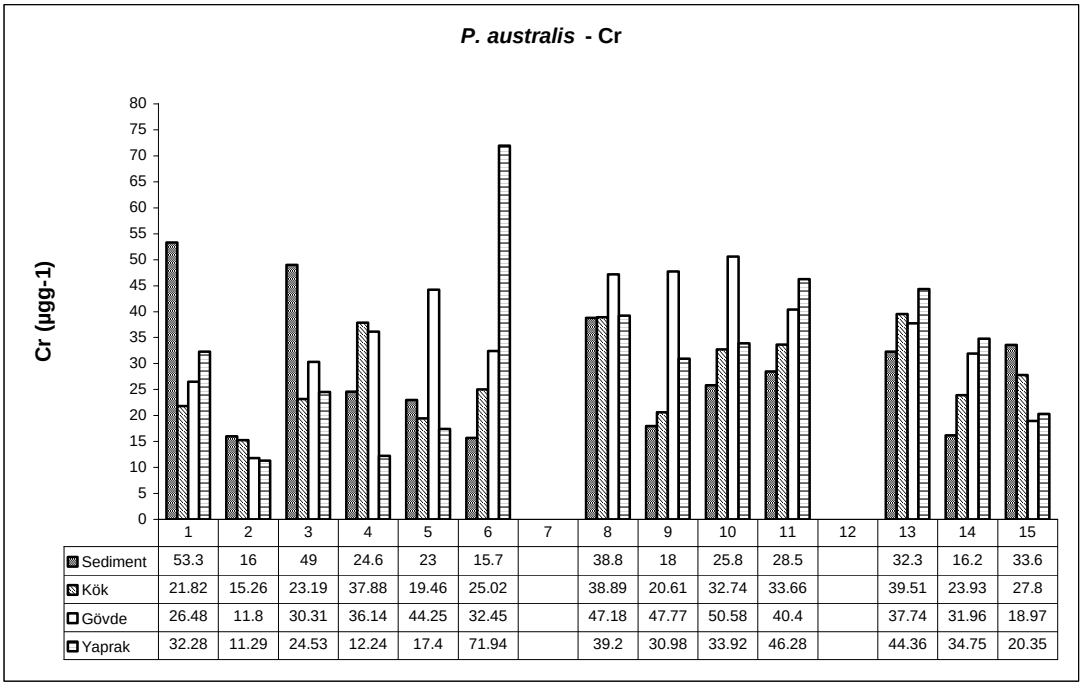
T. angustifolia sediment örneklerinde en fazla Cr içeriği 7 ve 13 numaralı istasyonlarda sırasıyla 75.7 μgg^{-1} ve 50.6 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. Sediment örneklerinde en düşük konsantrasyon 2 numaralı istasyonda 7.7 μgg^{-1} 'dır. Bitki kısımlarında 11 ve 13 numaralı istasyondaki *T. angustifolia*'nın gövdesinde sırasıyla 32.43 μgg^{-1} ve 28.28 μgg^{-1} 'dır. *T. angustifolia* bitki kısımlarında ölçülebilen en düşük Cr konsantrasyonu 1 numaralı istasyondaki yaprak örneğinde 2.76 μgg^{-1} olarak belirlenmiştir. *T. angustifolia* bitki kısımlarında da Cr birikiminin dağılımı hakkında kesin bir yargıya varılamamıştır.

Çizelge 4.15. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***P. australis***'in kök, gövde ve yapraklarındaki Cr konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	53.3 ± 3.8	21.82 ± 1.4	26.48 ± 2.5	32.28 ± 2.1
2	Gölkaşı	16.0 ± 0.9	15.26 ± 1.1	11.80 ± 0.6	11.29 ± 0.8
3	Akburun	49.0 ± 5.3	23.19 ± 2.1	30.31 ± 3.2	24.53 ± 1.7
4	Kuşluca (Tekstil Fabrikası Yakını)	24.6 ± 1.7	37.88 ± 2.4	36.14 ± 3.4	12.24 ± 0.5
5	Tolca	23.0 ± 2.1	19.46 ± 1.1	44.25 ± 3.6	17.40 ± 0.7
6	Budak	15.7 ± 1.1	25.02 ± 1.5	32.45 ± 2.6	71.94 ± 3.7
7	Kurucuova	X	X	X	X
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	38.8 ± 4.2	38.89 ± 3.4	47.18 ± 3.7	39.20 ± 2.6
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	18.0 ± 1.4	20.61 ± 1.7	47.77 ± 3.1	30.98 ± 3.2
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	25.8 ± 1.8	32.74 ± 1.9	50.58 ± 4.1	33.92 ± 3.3
11	Yeşildağ Sazlığı	28.5 ± 1.5	33.66 ± 2.3	40.40 ± 2.8	46.28 ± 3.5
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	X	X	X	X
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	32.3 ± 2.2	39.51 ± 2.7	37.74 ± 2.9	44.36 ± 3.5
14	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 20. km Spor ve İzcilik Okulu Tesisleri	16.2 ± 0.9	23.93 ± 0.9	31.96 ± 1.9	34.75 ± 3.1
15	Şehir Merkezi Burun Davutlar Sazlığı	33.6 ± 2.6	27.8 ± 2.3	18.97 ± 1.1	20.35 ± 1.6

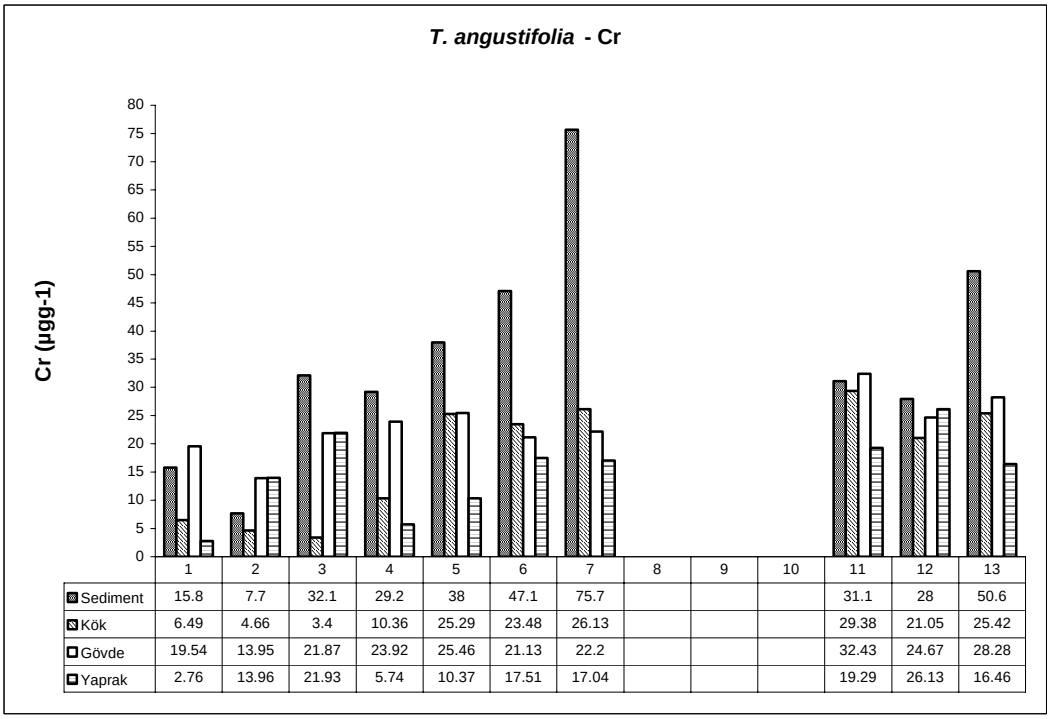
Çizelge 4.16. Çalışma alanındaki örnek alınan istasyonlardaki sediment ve ***T. angustifolia***'nın kök, gövde ve yapraklarındaki Cr konsantrasyonları ($\mu g g^{-1}$). 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

İst.	İstasyon Adı	Sediment	Kök	Gövde	Yaprak
1	Kavakçiftliği Sazlığı	15.8 ± 1.6	6.49 ± 0.5	19.54 ± 1.1	2.76 ± 0.2
2	Gölkaşı	7.7 ± 0.5	4.66 ± 0.4	13.95 ± 0.7	13.96 ± 0.9
3	Akburun	32.1 ± 2.1	3.40 ±0.1	21.87 ± 1.6	21.93 ± 1.4
4	Kuşluca	29.2 ± 2.2	10.36 ± 0.4	23.92 ± 1.4	5.74 ± 0.3
5	Tolca	38.0 ± 3.2	25.29 ± 2.3	25.46 ± 2.1	10.37 ± 0.6
6	Budak	47.1 ± 3.5	23.48 ± 2.1	21.13 ± 1.6	17.51 ± 0.8
7	Kurucuova	75.7 ± 4.2	26.13 ± 2.1	22.20 ± 1.7	17.04 ± 1.1
8	Ayaşçiftliği Sazlığı	X	X	X	X
9	Beyşehir-Yeşildağ Otoyolu 11. km Kanalizasyon Boşaltma Kanalı	X	X	X	X
10	Karadiken Taşkın Koruma Tesisi Çevresi	X	X	X	X
11	Yeşildağ Sazlığı	31.1 ± 2.2	29.38 ± 3.1	32.43 ± 3.3	19.29 ± 1.4
12	Beyşehir Türk Telekom Tesisleri Çevresi	28.0 ± 1.9	21.05 ± 1.6	24.67 ± 3.2	26.13 ± 2.2
13	Beyşehir Göker Balık Tesisleri Çevresi	50.6 ± 4.1	25.42 ± 1.9	28.28 ± 2.5	16.46 ± 0.9



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sediment	53.3	16	49	24.6	23	15.7		38.8	18	25.8	28.5		32.3	16.2	33.6
Kök	21.82	15.26	23.19	37.88	19.46	25.02		38.89	20.61	32.74	33.66		39.51	23.93	27.8
Gövde	26.48	11.8	30.31	36.14	44.25	32.45		47.18	47.77	50.58	40.4		37.74	31.96	18.97
Yaprak	32.28	11.29	24.53	12.24	17.4	71.94		39.2	30.98	33.92	46.28		44.36	34.75	20.35

Şekil 4.15. *P. australis* sediment ve bitki kısımlarında Cr dağılımı. 7 ve 12 numaralı istasyonlarda *P. australis* yoktur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sediment	15.8	7.7	32.1	29.2	38	47.1	75.7				31.1	28	50.6
Kök	6.49	4.66	3.4	10.36	25.29	23.48	26.13				29.38	21.05	25.42
Gövde	19.54	13.95	21.87	23.92	25.46	21.13	22.2				32.43	24.67	28.28
Yaprak	2.76	13.96	21.93	5.74	10.37	17.51	17.04				19.29	26.13	16.46

Şekil 4.16. *T. angustifolia* sediment ve bitki kısımlarında Cr dağılımı. 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda *T. angustifolia* yoktur.

5. TARTIŞMA

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 bir çok 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 değişmelerdir (Demirezen 2002).

Markert'a (1993) göre, çevrede bulunan zehirli metallerin kaynakları Çizelge 5.1'de verilmiştir (Duman 2001).

Çizelge 5.1. Çevrede bulunan ağır metallerin kaynakları (Duman 2001'den alınmıştır).

A-METAL İŞLETMECİLİĞİ VE ERİTMEDEN GELENLER
Maden işlemlerinden çevreye rüzgarla yayılan (**Cd**, Hg, **Pb**, As)
Metallerin eritilmesinden (As, **Cd**, Hg, **Pb**, Sb, Se)
Demir ve çelik endüstrisinden (**Zn, Cu, Ni, Cr, Cd**)
Metal işlemciliğinden (**Zn, Cu, Ni, Cr, Cd**)
B-ENDÜSTRİ
Plastikler (Co, **Cr, Cd**, Hg)
Tekstil (**Zn**, Al, Ti, Sn)
Ev aletleri yapımından (**Cu, Ni, Cd, Zn**, Sb)
Ağaç işlemciliğinden (**Cu, Cr**, As)
Rafineri (**Pb, Ni, Cr**)
C-HAVADAKİ PARTİKÜL VE DUMANLAR
Şehir, fabrika vs. (**Pb, Cu, Cd**, Sn, Hg, V)
Metal işlemciliğinden (**Zn, Cu, Ni, Cr, Cd**, As, **Mn**, Sb, Ti, **Pb**)
D-TARIM
Gübreler (**Cd**, As, **Mn**, U, V, **Zn**)
Hayvansal Gübreler (**Cu**, As, **Mn, Zn**)
Kireçler (As, **Pb**)
Pestisitler (**Cu, Mn, Zn**)
Sulama (**Cd, Pb, Zn**)
Metal aşınması (**Fe, Pb, Zn**)
E-ATIKLAR
Lağım (**Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Mn**, Hg, V, **Pb**, Mo)
Kazma ve delmeler (As, **Cd, Fe, Pb**)
Küller (**Cu, Pb**)

Bitki örneklerindeki ağır metal tayininde bir takım problemlerle karşılaşılmaktadır. Bunların başında, bitki kökü ile toprak arasındaki temastan ileri gelen kontaminasyonun tamamen engellenemiyor olmasıdır. Bu konudaki diğer bir problem ise, referans olarak kullanılacak kirlilikten etkilenmemiş bitki örneği bulma güçlüğüdür (Demirezen 2002).

Kirlenmiş ve kirlenmemiş ortamlarda yetişen *Phragmites australis* ve *Typha angustifolia* ile ilgili yapılan çalışmalarda bu bitkinin metal kirliliğine toleranslı olduğu tespit edilmiş; farklılık sadece iklimsel ve diğer ekolojik faktörlerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Mckee ve Richards 1996; McNaughton ve ark. 1974; Ye ve ark. 1997).

P. australis, tarihi süreç içerisinde ilk olarak bataklık alanlarda gözlenmiştir. Yangınlar tarafından tahrip edilmiş olan alanlarda, habitatın heterojenliği bozulmakta bunun yanı sıra *P. australis*'in oluşturduğu koloniler değişmektedir. Bir çok bataklık alanın geri kazanılması veya yeniden düzenlenmesinde *P. australis*'den faydalanılmakta ve böylelikle diğer canlılar özellikle de kuşlar açısından barınma ve üreme alanları oluşturulmuş olmaktadır. Kentsel alanlardaki bataklıkların endüstriyel ve taşımacılık sistemlerinden kaynaklanan ağır metal kirlenmesine maruz kaldığı bilinmektedir. Ağır metal içeriği yüksek olan bir bataklık sedimentinden bitkinin kökleri ile alacağı ve diğer kısımlarına ileteceği metal miktarı da artış gösterecektir. Metallerin absorbsiyonu ve dağılımı bitki türlerine göre, değişiklik göstermektedir (Demirezen 2002). *Phragmites australis*'in ağır metalleri kök ve rizomlarında biriktirdiği tespit edilmiştir (Kraus 1987; Peverly ve ark. 1995; Ye ve ark. 1997). Beyşehir Gölü'nden topladığımız *Phragmites australis* bitkisinde de bir çok ağır metalin bitkinin kökünde biriktiğini söyleyebiliriz.

Bazı bitkilerin bitki kısımlarında ağır metal içeriklerinin farklı olduğu görülmektedir. Genel olarak çoktan aza doğru sırasıyla kök, gövde, yapraklar, meyve ve tohum şeklinde bir birikim olduğu söylenebilir (Demirezen 2002).

Kurşun, insan ve hayvanlarda zehirlenme kaynağı oluşturan metallerin başında yer alır. Genellikle kolay çözünen kurşun bileşiklerinin toksisitesi daha yüksektir. Buna göre, Pb bileşikleri toksisitesine göre,kurşun nitrat, kurşun klorür, kurşun asetat, kurşun oksit, kurşun sülfür ve kurşun fosfat şeklinde çoktan aza doğru sıralanabilir (Özçelik ve ark. 2000). İçme suyu kurşun limiti 0.01 ppm'dir (Türk Gıda

Kodeksi 1997).

Kurşun bitki için esansiyel olmayan bir elementtir. Bitki bünyesine pasif taşınmayla alınır ve köklerden bitkinin diğer kısımlarına taşınma hızı yavaştır. Pb alınımı, oksijensiz şartlarda, düşük pH'da, düşük organik ve fosfat konsantrasyonunda teşvik edilmektedir. Topraktaki yüksek konsantrasyonu, mikrobiyal aktivitelerin azalmasına, dolayısıyla da ayrışma oranının düşmesine neden olur.

Roos'a (1994) göre, bitkilerde 30-3000 μgg^{-1} aralığındaki Pb toksik etki yapabilmektedir (Demirezen 2002). Fakat köklerde kurşunun fazla tutulabilmesi ve yavaş hareket etmesi sebebiyle diğer organlardaki birikimi azaltılmış olmaktadır.

Sebzelerde bulunmasına izin verilen en yüksek kurşun limiti 0.2 mg/kg'dır (Türk Gıda Kodeksi 1997). Vücut ağırlığının kilogramı başına haftalık tolere edilebilir maksimum Pb miktarı 0.025 mg (60 kg'lık yetişkin bir insanın tolere edebileceği günlük maksimum Pb miktarı 0.214 mg), Avrupa ülkeleri için sadece yapraksı sebzelerden kişi başına alınan günlük tahmini Pb miktarı 0.015 mg, yapraksı sebzelerde bulunmasına izin verilen maksimum Pb limiti ise 0.3 mg/kg'dır (WHO 2000).

Allen'e (1989) göre, sucul ortam sedimentlerinde kurşun konsantrasyonunun normal değerleri 2 – 20 μgg^{-1} , bitkilerde ise 0.05-3 μgg^{-1} 'dır (Demirezen 2002). Araştırma sonuçlarımıza göre, *P. australis* bitkisi sediment örneklerindeki kurşun konsantrasyonun en yüksek değeri 3.55 μgg^{-1}, bitki örneklerimizin en yüksek Pb değeri 2.44 μgg^{-1}, *T. angustifolia* bitkisi sediment örneklerinde en yüksek değer 7.44 μgg^{-1} olup, Beyşehir Gölü sedimentleri için kurşun kirliliğinin olmadığını söyleyebiliriz. *T. angustifolia* bitki örneklerinde en yüksek konsantrasyon 4.46 μgg^{-1}'dır. Bitkilerde bulunması gereken maksimum değer olan 3 μgg^{-1}'dan daha fazla birikim gözlenen *P. australis* bitkisi için Pb kirliliği tehlikesi mevcuttur. Ayrıca bitki kök örneklerinin diğer bitki kısımlarına göre,daha fazla kurşun içermesi kurşunun bitkide hareketinin yavaş olduğunu ve kökler tarafından daha fazla tutulduğunu göstermektedir. Kurşun konsantrasyonun sediment>kök>gövde>yaprak şeklinde sıralanması ve her iki bitkinin de kurşun kirliliğinin biyomonitörü olarak kullanılabilmesi ile ilgili bulgularımız, benzer çalışmalarda da ortaya konmuştur (Duman 2001; Demirezen 2002; Windham ve ark. 2003; Demirezen ve Aksoy 2004).

Çinko, bitkiler için gerekli bir elementtir. Zn^{2+} formunda kolayca alınır. Toprak solüsyonunda çözünür durumdadır ve asidik topraklarda hareketlidir. Düşük toprak pH'sında alımı artarken, yüksek pH, kil ve fosfat varlığında ve yüksek katyon değişim kapasitesinde alımı düşer. Bitkinin farklı kısımlarına taşınması kolaydır.

Çinko çelik, ipek ipliği ve fiber optik kablo üretimi, katot arıtımı uygulayan resirkülasyon soğutma sistemleri ile metal kaplama ve metal işlemlerinin atık sularından, araç lastiklerinin aşınmasından çevreye yayılır. Tablo 5.1 deki verilere göre kirliliğe sebep olabilecek Zn kaynakları; demir-çelik endüstrisi, metal işletmeleri, tekstil, doğal ve yapay gübreler, pestisitler, metal aşınmaları ve kanalizasyon atıklarıdır.

Allen'e göre (1989), bitkilerde Zn için normal konsantrasyon 10-100 $\mu g g^{-1}$, sedimentte ise 1–40 $\mu g g^{-1}$ aralığındadır (Duman 2001, Demirezen 2002). İçme suyu Zn limiti 5 ppm'dir (Türk Gıda Kodeksi 1997).

Bulgularımıza göre; *P. australis* sedimentlerinde 11, 4, 13, 3 ve 1 numaralı istasyonlar sırasıyla en fazla Zn içeriğine sahiptirler ve buradaki değerler 40 $\mu g g^{-1}$ sınır değerinden fazladır. Kirlenmenin fazla olduğu bu beş istasyon da Zn kirliliğine sebep olabilecek özellikler taşımaktadır. Bunlardan 11 numaralı Yeşildağ Sazlığı; Yeşildağ ilçesinin kanalizasyon atıkları, yakın çevresinde Huğlu ve Üzümlü tüfek yapım işletmelerinin bulunması ve bunların atıklarının bir şekilde Üstünler Deresi ile göle ulaşabileceği tahmin edilmekte, bu sebeple de bu istasyonlarda çinko kirliliğinin meydana geldiği düşünülmektedir. Bunun yanında Ayhan ve ark.'na (1995) göre, bölgede çok az da olsa çinko fosfürlü pestisitlerin kullanılması ve bunların kalıntılarının akarsularla göle ulaşabileceği de çinko birikimine sebep olabilir. Merter ve ark. (1986), Beyşehir Gölü'nde küçük miktarlarda bakır, çinko, demir, kobalt, krom, kadmiyum, mangan, molibden, nikel ve kalay gibi metal bileşenlerinin olduğunu belirtmişlerdir. Diğer dört istasyon (4, 13, 3 ve 1) da benzer şekilde göle su getiren akarsu kaynaklarının yakınında bulunmaktadır. Ayrıca 4 numaralı istasyonun özel bir tekstil fabrikasının yakınında bulunması çinko kirlenmesine sebep olabilir. *P. australis* bitki örneklerinde ise 9, 11 ve 15 numaralı istasyonlardaki kök örnekleri sınır değer olan 100 $\mu g g^{-1}$'dan fazladır.

T. angustifolia sedimentlerinde 7 ve 13 numaralı istasyonlardaki sedimentler sınır değerinden fazla Zn içermektedir. 7 numaralı istasyon Kurucuova kasabasına,

13 numaralı istasyon da Beyşehir şehir merkezine yakındır. Kurucuova istasyonunu kasaba kanalizasyon atıklarından etkilenmesinin bir sonucu olarak çinko bakımından yüksek değerler içerebilir. Göker Balık İşletmesi'ne yakın 13 numaralı istasyon hem Beyşehir şehir merkezi atıklarından hem de balıkçı teknelerinin akaryakıt kirlenmesinin bir sonucu olarak çinko kirliliğine maruz kalabilir. Bitki örneklerinden ise 7, 4, 13 ve 11 numaralı istasyonlardaki *T. angustifolia* kök örnekleri 100 $\mu g g^{-1}$'dan fazla Zn içermektedir.

Zn için dikkat çekici bir durum kök örneklerinin sediment örneklerinden daha fazla Zn içermiş olmalarıdır. Ayrıca her ne kadar kök örnekleri diğer bitki kısımlarına oranla fazla Zn içermiş olsa da, bitki kısımları arasında çok büyük farklılıklar yoktur. Bu da çinkonun bitkiler için temel bir element olmasının yanında bitkide hareketli olmasının ve diğer bitki kısımlarına kolaylıkla taşınmasının bir sonucu olabilir. Benzer sonuçlar diğer araştırıcılar tarafından da tespit edilmiştir (Duman 2001; Demirezen 2002; Windham ve ark. 2003; Demirezen 2004).

Cd, yer kabuğunda bulunan doğal bir elementtir. Genellikle oksijen, klor ve sülfür gibi diğer elementlerle mineral kombinasyonları halinde bulunur. Örmeğin Cd oksit, Cd sülfat, Cd klorit, Cd sülfit olarak bulunur. Ayırt edici bir tad ve kokusu yoktur. Kömür içeren bütün toprak ve kayalar, mineral gübreler bazı Cd bileşiklerine sahiptir. Cd endüstride Zn, Pb ve Cu metallerinin üretimi sırasında çıkar.

Cd kolaylıkla korozyona uğramaz ve bu yüzden bir çok kullanım alanı vadır. Batarya (Ni-Cd Pil), pigmentler, metal kaplama ve plastik gibi alanlarda kullanılır. Kolaylıkla eriyebilir ve Al'la karışabilir. Toz halinde dişcilikte amalgam (1Cd / 4Hg) olarak kullanılır.

Cd partikülleri toprak ve suya karışmazlar, havada uzun süre kalabilirler, havadan toprak yüzeyine inerler. Toprak partiküllerine zor bağlanırlar, bazı Cd partikülleri suda çözülebilir. Çevrede bozulmaz fakat değişik formlara dönüşebilir. Balık bitki ve hayvanlara çevreden geçer.

Cd uzun süre boyunca vücutta kalabilir ve düşük seviyelerde yıllarca vücutta birikebilir. EPA'nın öngördüğü içme suyu Cd limiti 5 ppb'dir. (milyarda bir) FDA ise bu sınırı 15 ppm olarak belirlemiştir. OSHA'göre, işyerlerindeki havada gaz formunda $100 \mu g/m^3$ den, toz halinde ise $200 \mu g/m^3$ den fazla olmamalıdır.

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 tükrük salgısını arttırır, midede yanmaya, kusma, karın ağrısı ve ishale sebep olur. Cd'un deri ile temasında insan ve hayvanlarda herhangi bir zararlı etkiye sebep olduğu bilinmemektedir. 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 kırılgan olması (osteomalasi) ve ölümdür (WHO 1996, http://tuberose).

Sebzelerde bulunmasına izin verilen maksimum kadmiyum limiti 0.1 mg/kg'dır (Türk Gıda Kodeksi 1997).

Allen'e (1989) göre, herhangi bir kirletici etkenle bulaşmamış bitkilerdeki normalde bulunabilecek Cd konsantrasyonu 0.01-0.3 μgg^{-1}; sedimentlerde bulunmasına müsaade edilen Cd konsantrasyonu ise 0.03-0.3 μgg^{-1}'dir. (Duman 2001; Demirezen 2002). Türk Standartları Enstitüsü'ne (TSE 1984) göre, sularda bulunması gereken maksimum Cd konsantrasyonu 0.5 μgg^{-1}'dir.

Beyşehir Gölü *P. australis*'in yetiştiği sediment ve bitki örneklerinin Cd kirliliğine maruz kalmadığını söyleyebiliriz. Fakat 9 ve 4 numaralı istasyonlardaki sedimentler izin verilebilen maksimum sınır değerine yakın Cd içermektedirler (sırasıyla 0.297 μgg^{-1} ve 0.275 μgg^{-1}). Dokuz numaralı istasyonun kanalizasyon boşaltma kanalının yakınında, 4 numaralı istasyonun da tekstil fabrikasına yakın bulunması burada kadmiyumun yüksek çıkmasının bir sebebi olabileceği düşünülmektedir. Bitki kısımlarından 9 numaralı istasyondaki *P. australis* kök örneği 0.249 μgg^{-1} Cd içermekte ve maksimum değer olan 0.3 μgg^{-1}'a yaklaşmaktadır.

T. angustifolia için, 7 numaralı sediment örneğinde en yüksek değer 1.060 μgg^{-1}'dir. 7, 3 ve 12 numaralı sedimentler sırasıyla 1.060 μgg^{-1}, 0.333 μgg^{-1} ve 0.303 μgg^{-1}'lık Cd içerikleriyle sınır değerini aşmışladır. Bu istasyonlardan 3 numaralı Akburun istasyonu Kuşuca tekstil fabrikasına yakın bulunmaktadır. 7 ve 12 numaralı istasyonlar ise şehir merkezlerine yakın olmalarının bir sonucu olarak Cd kirliliğine maruz kalabilmektedirler. Bitki kısımlarından 7 numaralı *T. angustifolia* kök örneği 0.554 μgg^{-1}'lık Cd içeriğiyle sınır değerini aşmıştır.

Her iki bitkinin köklerinin diğer bitki kısımlarına göre daha fazla Cd içerdiği

gözlenmiş, benzer bulgular farklı araştırıcılar tarafından da rapor edilmiştir (Duman 2001; Demirezen 2002; Kraus 1987; Peverly ve ark. 1997; Ye ve ark. 1997; Ye ve ark. 2003). Ayrıca Beyşehir Gölü'nün Cd kirliliği açısından birkaç istasyon dışında izin verilen değerleri içerdiğini, fakat yine de bu konuda önlemler alınması gerektiğini söyleyebiliriz.

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 kağıt fabrikalarından ve gübrelerden çevreye yayılmaktadır. Toprakta doğal olarak bulunan bakır konsantrasyonu değişiklik gösterse de, mineral ayrışmanın fazla oluşu ve bakırın toprak partiküllerine sıkıca bağlanarak aşağı kısımlara fazla inmemesi sebebiyle yüzeye yakın kısımlarda bakır konsantrasyonu daha yüksektir. İçme suyu bakır limiti 1.5 ppm'dir (Türk Gıda Kodeksi 1997).

Allen'e (1989) göre, sediment ve bitki örneklerinde bulunması gereken Cu konsantrasyonu 2.5 – 25 μgg^{-1}'dır (Demirezen 2002). Jones ve Belling (1967), 5-20 μgg^{-1} aralığının bitkiler için normal, 20 μgg^{-1}'dan yukarı konsantrasyonların ise zehirleyici olduğunu belirtmişlerdir (Duman 2001).

P. australis için, 11 numaralı istasyondaki sediment örneklerindeki Cu konsantrasyonunun 25.1 μgg^{-1} olduğu ve izin verilebilen maksimum Cu konsantrasyonu değerini 0.1 μgg^{-1} aştığı gözlenmiştir. 9 ve 15 numaralı sediment örnekleri ise sınıra yakın değerler içermektedir. Bu üç istasyon da bir şekilde Üzümlü ve Huğlu tüfek imalathane atıkları ile şehirsel atıkların göle karışabileceği yerlerde bulunmaktadır. Çünkü gerek yağmurla yıkanma gerekse de Üstünler Deresi'nin göle ulaşmasının neticesi olarak tarımsal gübreleme ve evsel atıkların göle ulaşabileceği düşünülmektedir. *P. australis* bitki örneklerinden 13 numaralı istasyonun kökteki Cu konsantrasyonu 34.6 μgg^{-1} dır ve izin verilen değerden 9.6 μgg^{-1} daha fazladır. Ayrıca 9 ve 3 numaralı istasyondaki bitkilerin kök örnekleri de tehlike sınırına yakın değerler içermektedir.

T. angustifolia için, *P. australis* sediment örneğinde olduğu gibi 11 numaralı istasyonda 30.8 μgg^{-1}'lık değerle en yüksek Cu konsantrasyonu gözlenmiş, bununla birlikte 7 ve 5 numaralı istasyonlar da sınır değerini geçmişlerdir. *T. angustifolia* bitki kısımlarında Cu konsantrasyonu sınır değerini aşmamakla birlikte, 5 numaralı

istasyon kök örneğinde 23.2 μgg^{-1}'lık değeri ile tehlike sınırına yaklaşmıştır. Bu da bakırın hareketli bir element olmamasının ve diğer bitki kısımlarına yavaş hareket etmesinin bir sonucu olabilir.

Demirezen (2002), Sultan Sazlığı'nda *P.australis* için en yüksek Cu konsantrasyonunu 19.8 μgg^{-1}, *T. angustifolia* için ise 25 μgg^{-1} olarak tespit etmiştir. Her ne kadar en yüksek konsantrasyonları bazı gövde örneklerinde bulunmuş olsa da Cu birikiminin en fazla kökte bulunduğunu da belirtmiştir. Ye ve ark. (2003), *P. australis* örnek aldıkları istasyonlardan birinde sediment, kök, rizom, gövde ve yaprak Cu konsantrasyonunu sırasıyla, 44 μgg^{-1}, 28 μgg^{-1}, 9.1 μgg^{-1}, 3.4 μgg^{-1} ve 3.9 μgg^{-1} olarak bulmuşlardır. Bizim bulgularımız da her iki araştırıcının sonuçlarıyla uygunluk göstermektedir. Fakat Duman (2001), bizim ve diğer araştırıcıların bulgularından farklı olarak kökteki Cu konsantrasyonun sediment ve diğer bitki kısımlarından daha yüksek olduğunu rapor etmiştir.

Demir, bitkiler için esansiyel bir elementtir. Alımı metabolik kontrol altında gerçekleşir. Fe aerobik ortamlarda Fe^{3+} (ferri), anaerobik ortamlarda Fe^{2+} (ferro) oksidasyon basamağındadır. Fe^{3+} toprakta kolayca oksit ve hidroksit haline geçebilmekte ve topraktaki organik madde miktarı fazla olduğunda da metal tutucu formunda bulunabilmektedir (Demirezen 2002).

Topraktan genellikle ferri halde alınır ve sonra hemen ferroya indirgenir. Fe klorofil molekülünün yapısına girmediği halde ancak Fe2+ halinde olduğu zaman klorofil sentezinde önemli rol oynar. Fe, solunumda rol oynayan çeşitli enzim ve taşıyıcıların bileşimine de girdiğinden hücre metabolizması bakımından ayrıca önem taşır (Bozcuk 1997).

Allen'e (1989) göre, sedimentlerde bulunması gereken Fe konsantrasyonu 50-1000 μgg^{-1}, kirlenmemiş ortamlardaki bitkiler için ise 40-500 μgg^{-1}'dır (Demirezen 2002).

P. australis için, bütün istasyonlardaki sedimentlerin Fe kirliliğine maruz kaldığını söyleyebiliriz. Hatta 11 ve 3 numaralı sedimentler sırasıyla 34409 μgg^{-1} ve 33821 μgg^{-1} gibi çok yüksek oranda Fe içermektedirler. Bitki kısımlarından ise kök örneklerinin tamamı sınır değerin çok üstünde Fe içermektedir. Ayrıca *T. angustifolia* gövdesinin, *P. australis* gövdesine göre, daha fazla Fe biriktirdiğini söyleyebiliriz. .

T. angustifolia için de bütün sediment örnekleri sınır değerin çok üstünde Fe içermektedirler. Bitki kısımlarından ise kök ve gövde örneklerinin sınır değerin üstünde olduğunu söyleyebiliriz. *T. angustifolia* bitki kısımlarının *P. australis*'e göre, daha fazla Fe biriktirdiğini belirtebiliriz. Benzer bulgular diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Demirezen 2002; Demirezen ve Aksoy 2004; Ye ve ark. 2003).

Ayhan ve ark.'na (1995) göre, Beyşehir Gölü çevresinde ofiyolitlere bağlı krom ve manganez cevherleri bulunmaktadır. Düşük tenörlü, küçük rezervli olan bu cevherler, yüksek oranda **demir** kapsarlar. Ayrıca gölün doğusunda yer alan Fele Köyü yakınlarındaki Fele Tepe'de iki ayrı seviye halinde demirli boksit ve boksitli demir şeklinde iki seviye bulunmaktadır. Bunlardan boksitli demirler, küçük bir zuhurdur. %30-63 arasında değişen Fe_2O_3 tenörüne sahip olup zaman zaman işletilmektedir. Diğer seviye olan demirli boksitler yanal devamlılığı büyük fakat tenörün az olması nedeniyle günümüz teknolojisiyle işletilemeyecek özelliktedir.

Yukarıdaki bilgilere göre Beyşehir Gölü'nde doğal bir Fe birikiminin olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca Fe konsantrasyonun çok yüksek çıkmasının nedeni oksijensiz solunumun fazla olduğu bataklık ve balçık ortamlarda Fe^{2+} 'in fazla artmasından kaynaklanabilir.

Mangan, bitkiler için esansiyel bir elementtir, topraktan alınır ve bitkinin diğer kısımlarına kolaylıkla taşınır. Solunum ve azot metabolizmasını düzenleyen enzimlerin aktivasyonu için şarttır. Manganın yaptığı enzim aktivasyonunu Mg, Co, Zn ve Fe gibi iki değerlikli katyonlar da yapabilir. Fakat bazı metabolik reaksiyonlar için Mn varlığı gereklidir. Örneğin, Krebs çemberinde malik dehidrogenaz enziminin aktivasyonu için mutlaka Mn gereklidir (Bozcuk 1997). Manganın sadece indirgenmiş formu olan Mn^{2+} rahatlıkla alınırken, diğer okside yapıları toprakta çözünmeyen oksitler olarak depo edilir (Demirezen 2002).

Allen'e (1989) göre,bitkilerde bulunması gereken Mn konsantrasyonu 50 – 500 $\mu g g^{-1}$; sedimentlerde ise 5 – 500 $\mu g g^{-1}$'dır (Demirezen 2002). İçme suyu Mn limiti 0.05 ppm (μgl)'dir (Türk Gıda Kodeksi 1997).

Bulgularımıza göre, *P. australis*'in yetiştiği 1 e 11 numaralı sediment örneklerinin Mn içerikleri sınır değerlerin üzerindedir. 15, 3 ve 9 numaralı istasyonlar ise sınır değere yakın Mn içermektedirler. Bitki örneklerinde ise 13

numaralı istasyondaki bitkinin yaprak örneği 859 $\mu g g^{-1}$ Mn içeriğiyle sınır değerin çok üzerindedir.

T. angustifolia'nın yetiştiği 7, 5 ve 11 numaralı sediment örneklerinin sınır değerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bitki kısımlarından ise 11 numaralı bitkinin yaprağı ve 1 numaralı bitkinin kökü çok fazla miktarda Mn içermektedirler.

Her iki bitki için de birkaç istisna dışında kökteki Mn birikiminin bitkilerin diğer kısımlarında fazla olduğunu söyleyebiliriz. Benzer bulgular diğer araştırmacılar tarafında da rapor edilmiştir (Zurayk ve ark. 2001; Demirezen 2002; Demirezen ve Aksoy 2004; Ye ve ark. 2003). Mangan için ilginç bir gözlem de yaprak örneklerinde de çok yüksek seviyelerde bulunmasıdır. Bu da manganın bitkiler için temel bir element olmasının yanında bitkinin diğer kısımlarına kolaylıkla taşınabilmesinin bir sonucu olabilir.

Mangan her iki bitki için de 11 numaralı Yeşildağ istasyonun sediment örneklerinde maksimum değerin üzerindedir. Ayhan ve ark.'na (1995) göre, Beyşehir Gölü çevresinde krom ve manganez zuhurları vardır. Her iki tür cevherleşmeler, gölün kuzeyinde Şarkikaraağaç ilçesi sınırlarında başlayan, güneye doğru gölün altından devam eden daha sonra gölün güneyinde Yeşildağ Kasabası civarında tekrar mostra vererek kesintili olarak Derebucak ilçesi ve Huğlu Kasabası'na uzanan bir zon ile ilgilidir. Ofiyolitlere bağlı krom ve manganez cevherleri, çoğunlukla söz konusu kuşağın güney bölümünde Yeşildağ, Gencek, Huğlu ve Manastır civarında gözlenir. Bu bölgeler, araştırmamızda maksimum mangan içeren sedimentlerin bulunduğu istasyonlara yakın bölgelerdir. Bunun yanında Tablo 5.1 incelendiğinde Mn kirliliğine sebep olan faaliyetler, metal işletmeciliği, gübreleme, pestisitler ve kanalizasyon atıklarıdır. Özellikle Yeşildağ istasyonu Üzümlü ve Huğlu tüfek imalathane atıklarının yağış ve Üstünler deresinin yanında yakın yerleşim merkezlerinin atıklarıyla da kirlenmektedir.

Nikel, çok bol bulunan bir elementtir. Çevrede oksijen (oksitler) ve sülfür (sülfitler) ile beraber bulunur. Bütün topraklarda vardır ve volkanlardan da yayılır. Saf nikel sert, gümüş - beyazımsıdır, diğer metallerle (Fe, Cu, Cr ve Zn) alaşım yapabilir. Bu alaşımlar madeni para ve mücevherat yapımı ile metal endüstrisinde kullanılır. Ni bileşikleri aynı zamanda, Ni kaplama, renkli seramik, batarya (Ni-Cd pil) imalatı ve bazı kimyasal reaksiyonların hızını arttıran katalizörler olarak

kullanılır. Ni bileşiklerinin karakteristik tad ve kokusu yoktur. Havadaki küçük Ni partikülleri toprağa yerleşir veya yağmur suları ile toprağa bulaşır. Çevredeki nikelin çoğu, toprak ve sedimentlerde sık bulunan Ni, Fe ve Mn içeren partiküllere bağlı olarak bulunur. Nikele maruz kalmanın ana kaynakları; sigara, oto egzozları, gübreler, gıda işlenmesi, margarinler, endüstriyel atıklar, kabartma tozu, fuel oil yanması ve dişçilikte kullanılan malzemelerdir. Tablo 5.1'de Nikel kirletici kaynakların, metal işletmeciliği, demir-çelik endüstrisi ve kanalizasyon atıkları olduğu belirtilmiştir. Balık ve hayvansal gıdalarda nikelin biriktiği gözlenmemiştir. EPA çocukların 1 – 10 günlük içme suyunda 0.04 mg/l Ni limiti belirlemiştir.

Toprakta çözünmüş olan Nikelin %20-80'ni bitkiler tarafından alınabilir. Nikel hiperakümülatörü olan bitkilerde bu oran daha da fazladır (Robinson ve ark., 1999). Örneğin *Lychnis alpina* yapraklarında topraktakinin iki katı kadar Ni konsantrasyonu, Hybanthus floribundus'un ise topraktan 163 kat daha fazla Ni akümüle ettiği rapor edilmiştir (Brooks ve Crooks, 1980; Severne, 1974).

Allen'e (1989) göre, bitkilerde bulunması gereken Ni konsantrasyonu 0.5 – 5 μgg^{-1}, sediment örneklerinde ise 5 – 500 μgg^{-1} 'dır (Demirezen 2002).

Araştırma sonuçlarımıza göre, Beyşehir Gölü'nde her iki bitkinin yetiştiği sediment örneklerinde Ni kirliliği izin verilen sınırlar içerisindedir. Bitki örneklerinin tamamı ise her iki bitkide de izin verilen maksimum değerin üzerindedir. Ayrıca her iki bitkide de kökler en fazla Ni biriktiren bitki kısımlarıdır. Bitki kısımlarında maksimum Ni konsantrasyonu *P. australis*'de 40.77 μgg^{-1}, *T. angustifolia*'da 34.97 μgg^{-1} olarak kökte gözlenmiştir. Demirezen (2002), en yüksek Ni konsantrasyonunu *P. australis*'te 52.97 μgg^{-1}, *T. angustifolia*'da 48.8 μgg^{-1} olarak kökte rapor etmiştir. Her iki bitki için de Ni birikim oranı Sediment>Kök>Gövde>Yaprak şeklinde sıralanmaktadır. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Demirezen 2002; Ye ve ark. 2003; Demirezen ve Aksoy 2004). Bulgularımıza göre sedimentlerde Ni kirliliği olmamakla birlikte, bitkilerde izin verilen değerlerden fazla bulunması çevredeki Nikelin bitkilerin kökleri tarafından alındığını ve bitkilerde hareketli bir metal olmadığından da diğer kısımlara fazla taşınmadığını söyleyebiliriz. Bu bitkilerin sucul ortam sedimentlerindeki Nikelin uzaklaştırmak için kullanılabileceğini ve bunun ispatlanabilmesi için de laboratuar şartlarında kontrollü deneyler yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Krom, doğal olarak kaya, toprak, bitki ve hayvanlarla, volkanik toz ve gazlarda bulunur. Cr(0), Cr(III), ve Cr(VI) olak üzere üç temel forma sahiptir. Cr(III) bileşikleri stabildir ve çevrede doğal olarak meydana gelir. Cr(VI) nadiren doğal olarak meydana geldiği halde, Cr(0) doğal olarak meydana gelmez. Cr bileşikleri tatsız ve kokusuzdur. Cr(III) beslenmede temel bir elementtir. Fakat çok az miktarda ihtiyaç duyulur. Kromun diğer formları vücudumuz için gerekli değildir. Cr, krom-çelik, krom - nikel - çelik alaşımlarının imalatında kullanılır. Bu tip işletmelerle Cr içeren ürün ve kimyasalların çevreye dağılımı ve fosil yakıtların havaya, toprağa ve suya verilmesiyle birikim yapar. Cr genellikle gıda endüstrisinde ve paslanmaz çeliklerde kullanılır. Cr partikülleri 10 günden daha az bir süre havada asılı kalırlar. Toprak partiküllerine sıkıca bağlanırlar, sudaki partiküller ise çökelirler ve sadece çok küçük bir kısmı erir. Çok az bir miktarı da topraktan yer altı sularına geçer. Balıklar vücutlarına Cr almazlar ve depolamazlar. EPA içme suyundaki Cr(III) ve Cr(VI)'nın maksimum değerini 100 µg/l, Türk Gıda Kodeksi (1997) ise 50 µg/l olarak belirlemişlerdir. OSHA günlük 8, haftalık 40 saat çalışılan bir ortamda Cr bileşiklerinin havadaki maksimum miktarlarını Cr(III) ve Cr(II) için 500 $\mu g/m^3$, Cr(0) [metalik Cr] ve suda erimeyen formları için 1000 $\mu g/m^3$, kromik asit ve Cr(VI) bileşikleri için 100 $\mu g/m^3$ olarak belirlemiştir. Cr(0) ve Cr(III) canlılarda depolanmaz, fakat Cr(VI) depolanır ve kanserojen özelliği vardır. Bütün Cr(VI) bileşikleri potansiyel kanserojendir.

Krom, bitkiler için esansiyel değildir. CrO_4^{2-} formunda alınıp, hızlı bir şekilde Cr^{3+} şekline dönüşmekte ve bu da bitkilerde toksik etkiye sebep olmaktadır (Mazur ve Koc, 1976). Kökler tarafından alınan krom bitkinin diğer kısımlarına yavaş hareket eder ve buralarda da birikim yapabilir (Wild 1974, Demirezen 2002). Fakat yine de bu ağır metallerin bitkinin diğer kısımlarına taşınmasını engelleyen mekanizmalar, bitkinin fotosentez ve diğer yaşamsal olaylarında hasar meydana getirmesini bir şekilde önlemektedir (Steven ve ark. 1998).

Allen'e (1989) göre, bitkilerde bulunmasına izin verilebilen Cr konsantrasyonu 0.05 – 0.5 $\mu g g^{-1}$, sedimentlerde ise sınır değerler 10 – 200 $\mu g g^{-1}$'dır.

Bulgularımızda sediment örneklerinin hiç biri maksimum sınır değeri olan 200 $\mu g g^{-1}$ yakın Cr içermemektedir. Sedimentlerdeki en yüksek Cr değerinin *P. australis* için 53.3 $\mu g g^{-1}$, *T. angustifolia* için 75.7 $\mu g g^{-1}$ olduğundan Beyşehir Gölü

sedimentlerinde Cr kirliliği olmadığı söylenebilir. Bitki örneklerinin ise tamamının sınır değerlerin üzerinde Cr içerdiği gözlenmiştir. Demirezen (2002), *P. australis* için 24 $\mu g g^{-1}$olarak rapor etmiştir. Aynı araştırıcı her iki bitkide kökün diğer bitki kısımlarına oranla daha fazla Cr biriktirdiğini rapor etmiştir. Fakat bizim bulgularımızda bitki kısımlarında Cr konsantrasyonun dağılımı hakkında kesin bir sonuç elde edilememiştir. Her ne kadar doğal ortam şartlarında bu tip çalışmalar ortam kirliliği ve bitkilerdeki kirletici unsurların dağılımı hakkında ön fikir verse de, kesin bir yargıya varabilmek için laboratuar şartlarında kontrollü deneyler yapmak gerekmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Beyşehir Gölü sediment ve bitki örneklerindeki ağır metal birikiminin diğer su içindeki bitkilerde de araştırılmasına ihtiyaç vardır.

2. Sediment ve bitki örneklerinin yanında su örneklerinin de alınması ve suyun pH sının da tespit edilmesi gerekmektedir.

3. Sadece makrofitler değil sucul alanların önemli canlılarından olan fitoplankton, zooplankton, omurgasız ve omurgalı canlılarda da ağır metal çalışmalarının mevsimsel değişimin araştırılması daha anlamlı olacaktır. Bütün bu veriler toplandıktan sonra besin piramidi ve besin piramidinde ağır metal birikimi için bir model geliştirilmelidir.

3. Beyşehir Gölü su kaynaklarının kaybının engellenmesi ve gölün ileride su seviyesinin düşmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir.

4. Beyşehir Gölü'nü kirleten ve kirletme riski olan kamu ve özel sektör tesisleri için arıtma sistemlerinin kurulması ve sıkı bir şekilde denetlenmesi gerekmektedir.

5. Tarımsal faaliyetlerde gübre ve pestisit kullanımının kontrol altına alınarak daha az kirletici etkene sahip çözüm yolları aranmalıdır.

6. Yöre halkı için bir geçim kaynağı olan saz kesimi konusunda gereken düzenlemeler yapılmaldır.

6. KAYNAKLAR

Aberhart, A. R., Larson, G. L. and Mathews, J. R. 1984. Heavy metals in surficial sedimentts of Fontana Lake, Nort Caroline, Water, Air and Soil Pollut., 18, 351-354.

Agami, M., and Waise Y., 1976. The effects of varios components of water pollution on the behavior of some aquatic macrophytes of the Coastal Rivers of Israel, Aquat. Bot., 2, 203-213.

Akman, Y., Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L., Düzenli, L. 2000. Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi), Palme Yayıncılık, Ankara.

Aksoy, A., Şahin, U., Demirezen, D. 1998. Sultan Sazlığı ve çevresinde ağır metal kirlenmesi ve *Nymphaea alba L*. (nilüfer*)* bitkisinin ağır metal kirlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılması, Kayseri I.Atık Su Sempozyumu, Kayseri.

Aksoy, A., Şahin, U., Duman, F. 2000. *Robinia pseudo-acaica* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri, Turk J Bot., 24, 279-284.

Aksoy, A., Hale, W.H., Dixon, J.M. 1999. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. as a biomonitor of heavy metals, Sci. Total Environ., 226, 177-186.

Allen, S. E. 1989. Analysis of Ecological Materials, 2nd. ed., Blackwell Scentific Publications, Oxford.

Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V., Ivanov, K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). Industrial Crops and Products 19: 197 – 205.

Aulio, K, Salin, M. 1982. Enrichment of copper, zinc, manganase and iron in five species of podweeds (*Potamogeton spp*.), Bull. Environ. Contam. Toxicol., 29, 320-325.

Ayça, E. 1970. Analitik Kimya. Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul.

Ayhan, A., Güzel, A., Küçüködük, M., Durak, Y., Obalı, O., Tütüncü, T. 1995. Beyşehir Gölü'nün Su Kaynaklarının Korunması, Kimyasal ve Bakteriyolojik Kirliliğinin Araştırılması. Tübitak, Debag-31/DPT, 136 sayfa, Ankara.

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.

Baytop, T., 1997. Türkçe Bitki Adları Sözlüğü, Türk Dil Kurumu Yayınları, No: 578, Ankara.

Bozcuk, S. 1997. Bitki Fizyolojisi, 223 sayfa, Hatiboğlu Yayınları, Ankara.

Brooks, R. R., Wither, E. D., Zepernick, B., 1977. Cobalt and Nickel in Rinorea Speies, Plant soil, 47, 707-712.

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. Jounal of Environmental Quality 23: 1151 – 1157.

Davis, P. H., 1985. The Flora of Turkey and the East Eagean Islands, Vol: 9, Edinburg Univ. Pres., Edinburg.

Demirezen, D. 2002. Sultan Sazlığı ve Çevresindeki Sucul Ekosistemlerde Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

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, 685-696.

Demirezen, D., Aksoy, A. 2005. Common hydrophytes as bioindicators of iron and manganase pollutions. Ecological Indicators, 6, 388-393.

Demirezen, D., Aksoy, A., Uruç, K. 2006. Effect of population density on growth, biomass and nickel accumulation capacity of *Lemna gibba* (Lemnaceae). Chemosphere (baskıda)

Dickinson, N.M, Turner, A.P., Lepp, N.W. 1991. How do tree and other long - lived plants survive in polluted environments. Functional Ecology 5: 5 – 11.

Dinka, M. 1986. Accumulation and disribution of elements in cattail species (*Typha latifolia* L., *T. angustifolia* L.) and reed (*Phragmites australis* Cav. Trin. Ex Stend.) living in Balaton, Proceedings EWRS/ AAB 7 Symposium on Aquatic Weeds, 81-86.

Duman, F. 2001. Sarımsaklı - Karasu'da yetişen *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex.steud ve *Typha angustifolia* L. Bitkileri ve Bunları Çevreleyen Sedimentlerde Ağır Metal Tayini, Y. Lisans Tezi, E. Ü. Fen Bil. Enst., Kayseri.

Duman, F., Obalı, O., Demirezen, D. 2006. Seasonal changes of metal accumulation and distribution in shining pondweed (*Potamogeton lucens*). Chemosphere, (baskıda).

Ernst, W. H. O., 1982. Schwermetallphlanzen, Pflanzenökologie und Mineral Stoff-wechsel, 472-506, Ed: E. Ulmer, Kinzel, Stutgart.

Franzin, G. W., Forlane, F.A. 1980. An analysis of the aquatic macrophytes myriophyllum exalbescens as an ındicator of metal contamination of aquatic ecosystems near abase metal smelter, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 24, 597-605.

Glick, B.R. 2003. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. Biotechnology Advances 21: 383 – 393.

Gulizzoni, P. 1991. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submerged macrophytes, Aquat. Bot., 41, 87-109.

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany 53: 1 – 11.

Haven, K. J., Priest, W. I., Berquist, H. 1997. Investigation and long-term monitoring of *phragmites australis* within Virginia's Constructed Wetland Sites, Enviromental Management, 21, 599-605.

Heisey, R. M., Damman, A. W. H. 1982. Copper and lead uptake by aquatic macrophytes in Eastern Connecticut, U.S.A., Aquatic Bot., 14, 213-229.

Hellawell, J. M. 1988. Toxic substances in rivers and streams, Environ. Pollut., 50, 61-85.

Henden, E., Türkan, İ., Çelik, Ü., Kıvılcım, Ş. 1994. Ağır metal kirlenmesinin bir monitorü olarak *Balota acetobulosa* (L.) Bentham, E. Ü. Fen Fak. Dergisi, Seri B, 16/1.

Hickey, M. G., Kittrick, A. J. 1984. Chemical partitioning of cadmium, copper nickel and zinc in soils and sedimentts containing high levels of heavy metals, J. Environ. Qual., 13, 372-376.

http://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Bey%C5%9Fehir

http://tuberose.com

Kovacs, M., Podani, J., Klincs, P., Dinka, M., Torok, K. 1981. Element composition of the leaves of some deciduous trees and the biological indication of heavy metals in an urban-ındustrial element, Acta Bot. Acad. Scientitarum Hungariacae, 27, 43-52.

Kraus, M. L., 1987. Wetlands: toxicant sinks of reserviors, In wetland hydrology, Proceedings of the National Wetland Symposium, September 1987, Chicago II, 192-196.

Küçüködük, M., Ketenoğlu, O. 1996. Beyşehir Gölü'nün makrofitik vejetasyonu, DOĞA Türk Bot. Der., 20, 2, 189 – 198.

Lakatos, G., Kiss, M., Meszaros, I. 1999. Heavy metal content of common reed [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Stend] and its periphyton in Hungarian shallow standing waters, Hydrobiologia, 415, 47-53.

Lakatos, G. 1993. Studies on heavy metals of periphyton and ıts host plant [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel] in Shallow Lakes, Stud. Environ. Sci., 55, 365-372.

Lasat, M.M. 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Mechanisms. Journal of Environmental Quality 31: 109 – 120.

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.

Lehtonen, J. 1989. Effects of acidification on the metal levels in aquatic macrophytes in Espoo, S. Finland. Ann. Bot. Fenn., 26, 39-50.

Lewander, M., Greger, M., Kautsky, I., Szarek, E. 1996. Macrophytes as ındicators of bioavailable cd, pb and zn flow in the River Przemsza, Katowice Region, Appl. Geochem., 11, 169-173.

Manny, B. A., Nichols, S. J., Scholoesser, D. V. 1991. Heavy metals in aquatic macrophytes drifting in a large river, Hydrobiologia, 219, 333-344.

Markert, B., 1993. Plant as Biomonitors: Indıcators for Heavy Metals in the Terrestial Environment,(Ed: B. Markert). 644 sayfa, Weinheim: VCH. DM 298.

Martin, M. H., Coughtrey, P. J., 1982. Biological monitoring of heavy metal pollution, land and air, Apllied Science Publishers, London.

McKee, J., Richards, a. J., 1996. Variation in seed production and germinability in common reed (*Phragmites australis*) in Britain and France with respect to climate, New Phytologist, 155, 233-243.

McNaughton, S. J., Folsom, T. C., Lee, T., Park, F., Price, C., Roeder, D., Schmitz, J., Stockwell, C., 1974. Heavy metal tolerance in *Typha latifolia* without the evolution of tolerant races, Ecology, 55, 1163-1165.

Merter, Ü., Genç, Ş., Tunalı, Ş.., Göksu, Z. L., 1986. Isparta Ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi, Fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler, TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu, ÇAĞ-45/G, Ankara.

Mikryakova, T. F. 2002. Accumulation of heavy metal by macrophytes at diffrent levels of pollution of aquatic medium, Water Resources, 29, 230-232.

Mohan, B. S., Hosetti, B. B., 1999. Aquatic plants for toxcity assesment, Environment Research, 81, 259-274.

Mortimer, D. C., 1985. Freshwater aquatic macrophytes as heavy metal monitors the Ottawa river experience. Environ. Monitoring Assessment, 5, 311-323.

Oliveira, S., Femandes, J. A., Alves, C., Morais, J, Urbano, P. 1999. Metals in sedimentand water of reed (*Phragmites australis* Cav. Trin. ex Stend) stands, Hidrobiologia, 415, 41-45.

Özçelik, D., Toplan, S., Darıyerli. N., Gülyaşar, T., Dursun, Ş. 2000. The effect of lead concentration on blood viscosity and erythrocyte osmotic resistance. Cerrahpaşa J. Med. 31 (3): 129 – 133.

Peverly, J. H., 1990. Growth and trace metal absorption by *Phragmites australis* in wetlands constructed for landfill leachete treatment, Ecological Engineering, 5, 21-35.

Pip, E. 1990. Cadmium, copper and lead in aquatic macrophytes in Shoal Lake (Manitoba-Ontario), Hydrobiologia, 208, 253-260.

Ray, S., White, W. 1976. Selected aquatic plants an ındicator species for heavy metal pollution, J. of Environ. Sci. Health. Forsch, 14, 79-82.

Romero, M. I., Onaindia, M. 1995. fullgrown aquatic macrophytes as indicator of river water quality in the a Northwest Iberian Peninsula, Ann. Bot. Fenn., 32, 91-99.

Roos, M. S. 1994. Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil-Plant Systems, John Wiley, Chichester.

Roulet, M. G., 1975. Wasserlinsen (*Lemna minor* L.) als testpflanzen zur pruefung von Krschlamm, Schweiz Landwitsch. Forsch., 14, 79-82.

Salt, D.E., Smith R.D., Raskin I. 1998. Phytoremediation. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology 49: 643 – 668.

Samecka-Cymerman, A., Kempers, A. J. 1996. Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macrophytes around Wroclaw, Poland. Ecotoxicol. Environ. Safety, 35, 242-247.

Sawidis, T., Chettri, M. K., Zachariadis, G. A., Stratis, J. A. 1995. Heavy metals in aquatic plant and sediments from water system in Macedonia , Greece , Ecotoxicol. 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: 5 – 91, C.R.C Press, Florida USA.

Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L., Leblebici, E., 1995. Tohumlu Bitkiler Sistematiği, Ege Üniv., Fen Fak., Kitaplar Serisi, 116, İzmir.

Severne, B.C. 1974. Nickel accumulation by *Hybanthus floribundus* , Nature Lond., 248, 807-808.

Shen, Z.G. ve Liu, Y.L. 1998. Progress in the study on the plants that hyperaccumulate heavy metal. Plant Physiol. Commun. 34: 133 – 139.

Soylak, M., Narin, İ., Elçi, L., Doğan, M. 1998. Karasu, sarımsaklı çayı ve kızılırmak'tan toplanan dip çamuru ve su örneklerinin eser metal iyonu içerikleri, Kayseri Atıksu Sempozyumu Bildirileri, 22-24 Haziran 1998, 371-374.

Stankovic, Z., Pajevic, S., Vulkovic, M., Stojanovic, S. 2000. Concentrations of trace metals in dominant aquatic plants of the Lake Provala (Vojvodina, Yugoslavia), Biologia Plantarum, 43, 4, 583-585.

Soltanpour, P.N., ve Workman, S.M. 1981. Use of Inductiveli - Coupled Plasma Spectroskopy for the Simultaneous Determination of Macro and Micro Nutrients in NH_4HCO_3- DTPA Extracts of Soils. Developments in Atomic Plasma Analysis. Barnes, R.M. (ed), pp: 673 – 680. USA.

St-Cyr, L., Cattaneo, A., Chassé, R., Fraikin, G. J. C. 1997. Technical Evaluation of Monitoring Methods Using Macrophytes, Phytoplankton and Periphyton to Asses the Impacts of Mine Effluents on the Aquatic Environment, 218 sayfa, Canada Centre for Mineral and energy Technology, Ottowa, Ontario.

Şanda, M.A. 1993. Konya İli Merkezi Ve Çevre Yollarındaki Bitkilerde Ağır Metal Birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Ünv., Fen Bil. Enst., Konya.

Taylor, G.J., Crowder, A. A. 1981. Uptake and accumulation of heavy metal by *typha latifolia* l. in wetlands of the Sudbury, Ontario Regions, Can. J. Bot., 61, 63-67.

Türk Gıda Kodeksi, 1997. Resmi Gazete, sayı: 23172, Ek – 15 Metal ve Metaloidler, 125 – 128.

Van der Werff, M., Pruyt, M. J. 1982. Long term effects of heavy metals on aquatic plants, Chemosphere, 11, 8, 727-739.

Wang, W., Lewis, M. 1997. Metal accumulation by aquatic macrophytes plants for environmental studies, Eds.W. Wang, J. W. Gorsuch and J. S. Hughes, Lewis Publishers, 367-416, Boca Raton.

Welsh, P., Denny, P. 1976. Waterplants and the recycling of heavy metals in an english lake, in: trace substances in enviromental health X,D.D. Hemphill (Ed.), University of Missouri, Columbia, 217-223.

Windham, L., Weis, J. S., Weis, P. 2003. Uptake and distribution of metals in two dominant salt macrophytes, *Spartania alternifolia* (cordgrass) and *Phragmites australis* (common reed). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56, 63-72.

Whitton, B. A., Say, P. J., Wehr, J. D. 1981. Use of plants to monitor heavy metals in rivers, ın: heavy metals in northern england: Enviromental and Biolojical Aspects, P. J. Say and B. A.Whitton (Eds.), Univ. of Durham Dept of Botany, 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.

World Health Organization, WHO 2000. International Programme on Chemical Safety (IPCS INCHEM). Joint FAO/ WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Food Additives Series No: 44, Technical Report Series No: 896 (Geneva: World Health Organization).

Yücel, E., Duman, F., Öztürk, Ö. 1995. porsuk çayında ağır metal kirlilik düzeyleri ve halk sağıığı ilişkisi, Çevre Ekoloji Dergisi, 17, 29-32.

Ye, Z. H., Baker, A. J. M., Wong, M. H., Willis, A. J., 1997. Zinc, lead and cadmium tolerance, uptake and accumulation by *Typha latifolia*, New Physiologist, 136.

Ye, Z. H., Baker, A. J. M., Wong, M. H., Willis, A. J. 2003. Copper tolerance, uptake and accumulation by *Pragmites australis*, Chemosphere, 50, 795-800.

Zurayk, R., Sukkariah, B., Baalbaki, R. 2001. Common hydrophytes as bioindicators of nickel, chromium and cadmium pollution, Water, Air and Soil Pollut., 127, 373-388.