

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

DOĞAL SU SİSTEMLERİNDE AĞIR METALLERİN *Lemna minor* L.  
TARAFINDAN BİYOREMEDİASYONU VE BELİRLENEN AĞIR  
METALLER İLE SEÇİLEN NANOPARTİKÜLÜN (ENP) *L.minor*  
ÜZERİNDEKİ TOKSİK ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ANKARA  
2014

Her hakkı saklıdır

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

03.11.2014

Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA

## ÖZET

Doktora Tezi

### DOĞAL SU SİSTEMLERİNDE AĞIR METALLERİN *Lemna minor* L. TARAFINDAN BİYOREMEDİASYONU VE BELİRLenen AĞIR METALLER İLE SEÇİLEN NANOPARTİKÜLÜN (ENP) *L.minor* ÜZERİNDEKİ TOKSİK ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Çalışma, doğal ortam aşaması ve laboratuvar aşamasından oluşmaktadır. Doğal ortam aşamasında Yeniçağa Gölü (Bolu) ve Nilüfer Çayı'ndan (Bursa) su ve sediment örnekleri alınmıştır. Aynı zamanda seçilen bu arazi bölgelerinden, çalışmanın asıl kısmını oluşturan biyoremediasyon deneyi için doğal karışım oranlarına sahip test suları elde edilmiştir. Bu tez çalışmasının asıl amacı, (*L.minor*)'ün; doğal ortamlarda, doğal ve farklı metal karışım oranlarına sahip ve yüksek miktarda metal içeren su sistemlerinden alınan su örneklerinde, metal uzaklaştırma başarısını belirlemektir. Biyoremediasyon çalışması, Yeniçağa Gölü ve Nilüfer Çayı'ndan alınan farklı metal seviyelerine sahip su örneklerinde gerçekleştirilmiş, test sularına dışarıdan metal konsantrasyonları uygulanmamış, alınan su örneklerinde halihazırda bulunan metal miktarları saptanarak bu metallerin giderilmesi sağlanmıştır. Pb, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn, Al ve Fe'nin diğer metallerle göre daha iyi uzaklaştırılma oranlarına sahip olduğu bulunmuştur. Uzaklaştırılan ya da uzaklaştırılmayan ağır metaller arasında korelasyon olup olmadığı incelenmiş ve çok güçlü korelasyonlar tespit edilmiştir. Sediment ve biyoremediasyon verilerine uygulanan korelasyon analizi sonucunda önemli negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Su sonuçlarında özellikle Ba'un çoğu metalle negatif yönlü korelasyonları dikkat çekmektedir. Çalışmanın diğer bir amacı, doğal metal karışım oranlarına sahip su örneklerinin ve CrNP'nün *L.minor* üzerine hem ayrı ayrı hem de birlikte olan toksik etkilerinin belirlenmesidir. Toksikite çalışmasının sonucunda, çalışılan konsantrasyon aralığında Cr nanopartiküllerinin farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Nanopartikül konsantrasyonunun artması bazı gruplarda büyümeyi olumlu etkilerken bazı gruplarda toksik etki oluşturmuştur.

**Kasım 2014, 98 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** biyoremediasyon, fitoremediasyon, ağır metaller, doğal ortam, *L.minor*, ICP-MS

## ABSTRACT

Ph.D. Thesis

BIOREMEDIATION OF HEAVY METALS IN NATURAL WATER SYSTEMS BY  
*Lemna minor* L. AND COMPARISON TOXIC EFFECTS OF SPECIFIED HEAVY  
METALS WITH THE SELECTED NANOPARTICLES (ENP) ON *L.minor*

Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAG

Both natural and laboratory environments are to be tested and a two-stage experimental plan is foreseen. The natural environment stage will include the acquisition of water and sediment samples from Yeniçağa Lake (Bolu) and Nilüfer Stream(Bursa) and the analysis of those samples to evaluate the extent of heavy metal pollution in those freshwater sources. The laboratory stage constitutes the main bulk of the project and aims to determine the bioremediative success of the aquatic macrophyte *Lemna minor*, select heavy metals or consortia composed of metals in equal molarities, in natural freshwater samples containing multiple metals in varying concentrations. Bioremediation studies will be carried out in water samples taken from Yeniçağa Lake, Beyşehir Lake and Nilüfer Stream and containing variable amounts of each heavy metal. No external spiking will be applied for any metal, only the present metal concentrations will be determined and remediated. Removal rates of Pb, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn, Al and Fe have been found to be better compared to other metals. Statistical methods will be applied to evaluate the success of *L.minor* to remediate each heavy metal and whether any significant correlation is present between metals that could or could not be remediated. Significant negative correlations were determined as a result of correlation analysis applied to the data of sediment and bioremediation. In the water results, especially negative correlations are noteworthy between Ba and most metals. Another aims of the study to determine toxic effects of water samples have natural metal mixture ratios and CrNP on *L.minor* both seperately and together. The result of toxicity tests, Cr nanoparticles gave different results in the concentration ranged stodied. The increase of NP consantration enhance the growth in some groups while has toxic effects in some others.

November 2014, 98 pages

**Key Words:** bioremediation, phytoremediation, heavy metals, *L.minor*, natural environment, ICP-MS

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını, mesleki bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Prof.Dr. Ahmet ALTINDAĞ (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı)'a, çalışmam sırasında her türlü desteği sunan Prof.Dr. Sibel ATASAGUN (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı)'a, çalışmalarım sırasında maddi manevi desteklerini esirgemeyen, çalışmalarımına önemli katkılar sağlayan Doç.Dr.Turgay TEKİNAY (Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama Araştırma Merkezi)'a, kendisinden çok şey öğrendiğim, projeler kapsamında birlikte çalıştığım ve doktora süresi boyunca benden desteklerini esirgemeyen eşim Yrd. Doç.Dr. Evren TUNCA (Ordu Üniversitesi Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi)'ya, öğrenim hayatım boyunca pek çok fedakarlıklar göstererek beni her anlamda destekleyen aileme ve arkadaşlarıma en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması 112Y373 nolu 'Farklı Doğal Su Sistemlerindeki Ağır Metallerin Analizi ve *Lemna minor* Kullanılarak Temizlenmesi' adlı TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu projenin çalışılmasını mümkün kılan TÜBİTAK' a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA

Ankara, Kasım 2014

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1 Projenin Arazi Aşaması .....	7
3.2.Projenin Laboratuvar Aşaması.....	9
3.2.1 Kültür şartları.....	9
3.2.2 Kullanılacak cihazlar.....	9
3.2.3 Deney Yöntemi .....	10
3.2.4 Biyoabsorbsiyon deneyi.....	10
3.2.5 Toksikite deneyleri ve nanopartikül çalışması .....	11
3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	12
3.4 İstatistiksel Yöntemler .....	14
4. BULGULAR.....	16
4.1 Arazi Bulguları.....	16
4.2 Laboratuvar Bulguları .....	19
4.3 İstatistiksel Analizler .....	26
4.3.1 Birikim farkları.....	26
4.3.2 Korelasyon.....	56
4.3.3 FT-IR analizi .....	67
4.3.4 DL.....	68
5. TARTIŞMA.....	70
5.1 Çalışılan Bölgelerdeki Suda ve Sedimentte Ağır Metal Birikimleri .....	70
5.2 Biyoremediasyon Çalışması .....	74
5.3 Toksikite çalışması .....	80
5.4 İstatistiksel Analiz Sonuçları .....	81
5.4.1 Birikim farkları.....	81
5.4.2 Korelasyon.....	83
5.4.3 FT-IR .....	86
6. SONUÇ.....	87
KAYNAKLAR.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	95

## SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
As	Arsenik
Ba	Baryum
°C	Santigrat derece
C	Konsantrasyon (derişim)
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
cm <sup>3</sup>	Santimetre küp
Cr	Krom
Cu	Bakır
Cl	Klorür
Cd	Kadmiyum
DLS	Dinamik Işık Saçılım Spektrometresi
EC	Elektriksel iletkenlik
EC <sub>50</sub>	Ortalama Etkili Konsantrasyon
FT-IR	Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
Fe	Demir
F	Flor
g	Gram
ICP-MS	İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi
Kg	Kilogram
K	Potasyum
L	Litre
LC <sub>50</sub>	Ortalama Öldürücü Konsantrasyon
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
µ	Mikron
m	Metre
µg	Mikrogram
mm	Milimetre
mg	Miligram
µm	Mikrometre
NP	Nanopartikül
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
ppb	Milyarda bir kısım
ppm	Milyonda bir kısım
S	Kükürt
Ti	Titanyum
%	Yüzde
XRF	X-Işınları Floresans Spektroskopisi
Zn	Çinko

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Su mercimeği görüntüsü .....	3
Şekil 3.1 Yeniçağa Gölü (Bolu) uydu görüntüsü .....	8
Şekil 3.2 Nilüfer Çayı'nın (Bursa) uydu görüntüsü .....	8
Şekil 4.1 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Yeniçağa 1.istasyon) .....	20
Şekil 4.2 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Yeniçağa 2.istasyon) .....	21
Şekil 4.3 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Yeniçağa 4.istasyon) .....	21
Şekil 4.4 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 1.istasyon) .....	22
Şekil 4.5 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 2.istasyon) .....	22
Şekil 4.6 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 3.istasyon) .....	23
Şekil 4.7 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 4.istasyon) .....	23
Şekil 4.8 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 5.istasyon) .....	24
Şekil 4.9 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 6.istasyon) .....	24
Şekil 4.10 FT-IR spektroskopisi analiz sonuçları .....	68
Şekil 4.11 Cr nanopartiküllerinin DLS sonuçları.....	69

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 <i>L. minor</i> 'un sistematığı.....	2
Çizelge 4.1 Araziden alınan su örneklerinin bazı parametreleri.....	16
Çizelge 4.2 Suda bulunan metal miktarları ve su kalite parametreleri .....	17
Çizelge 4.3 Sedimentte bulunan metal miktarları ve sediment kalite sınıflandırması.....	18
Çizelge 4.4 Biyoremediyasyon deneyi için kullanılan sulardaki metal miktarları .....	19
Çizelge 4.5 <i>L. minor</i> 'un büyüme oranları ve inhibisyon yüzdeleri.....	25
Çizelge 4.6 <i>L. minor</i> 'un BCF faktörleri .....	26
Çizelge 4.7 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-2.ist arasındaki birikim farkı .....	27
Çizelge 4.8 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-3.ist arasındaki birikim farkı .....	28
Çizelge 4.9 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-4.ist arasındaki birikim farkı .....	29
Çizelge 4.10 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-5.ist arasındaki birikim farkı .....	30
Çizelge 4.11 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-6.ist arasındaki birikim farkı .....	31
Çizelge 4.12 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-3.ist arasındaki birikim farkı .....	32
Çizelge 4.13 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-4.ist arasındaki birikim farkı .....	33
Çizelge 4.14 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-5.ist arasındaki birikim farkı .....	34
Çizelge 4.15 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-6.ist arasındaki birikim farkı .....	35
Çizelge 4.16 Nilüfer Çayı'nın 3.ist-4.ist arasındaki birikim farkı .....	36
Çizelge 4.17 Nilüfer Çayı'nın 3.ist-5.ist arasındaki birikim farkı .....	37
Çizelge 4.18 Nilüfer Çayı'nın 3.ist-6.ist arasındaki birikim farkı .....	38
Çizelge 4.19 Nilüfer Çayı'nın 4.ist-5.ist arasındaki birikim farkı .....	39
Çizelge 4.20 Nilüfer Çayı'nın 4.ist-6.ist arasındaki birikim farkı .....	40
Çizelge 4.21 Nilüfer Çayı'nın 5.ist-6.ist arasındaki birikim farkı .....	41
Çizelge 4.22 Yeniçağa Gölü'nün 1.ist-2.ist arasındaki birikim farkı .....	42
Çizelge 4.23 Yeniçağa Gölü'nün 1.ist-3.ist arasındaki birikim farkı .....	43
Çizelge 4.24 Yeniçağa Gölü'nün 2.ist-3.ist arasındaki birikim farkı .....	44
Çizelge 4.25 Nilüfer Çayı'nın kirli bölümü ile temiz bölümü arasındaki birikim farkı .....	45
Çizelge 4.26 Nilüfer Çayı'nın kirli bölümü ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki birikim farkı.....	46
Çizelge 4.27 Nilüfer Çayı'nın temiz bölümü ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki birikim farkı.....	48
Çizelge 4.28 Nilüfer Çayı sediment örneklerinde istasyonlar arası metal birikim farkları.....	49
Çizelge 4.29 Yeniçağa Gölü sediment örneklerinde istasyonlar arası metal birikim farkları.....	52
Çizelge 4.30 Nilüfer Çayı'nın kirli ve temiz kısmı arasındaki metal birikim farkı (sediment) .....	53
Çizelge 4.31 Nilüfer Çayı ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki metal birikim farkı (sediment).....	55

Çizelge 4.32 Nilüfer Çayı su örneklerinde bulunan metal miktarları arasındaki korelasyon analizi .....	58
Çizelge 4.33 Yeniçağa Gölü su örneklerinde bulunan metal miktarları arasındaki korelasyon analizi .....	58
Çizelge 4.34 Nilüfer Çayı sediment örnekleri korelasyon analizi .....	60
Çizelge 4.35 Yeniçağa Gölü sediment örnekleri korelasyon analizi .....	62
Çizelge 4.36 Bitki örnekleri korelasyon analizi .....	64
Çizelge 4.37 Biyoremediasyon verileri korelasyon analizi .....	66
Çizelge 5.1 Göl suyundaki bazı ağır metallerin, diğer bazı göllerdekiler ile kıyaslanması .....	70
Çizelge 5.2 Türkiye'deki bazı göllerin sedimentlerindeki bazı ağır metal miktarları (kuru ağırlık) .....	71

## 1. GİRİŞ

Günümüzde artan antropojenik etkiler; ağır metallerin, dünya çapında en yaygın kirletici olmalarına sebep olmuştur. Özellikle endüstriyel ve evsel atıklar , pestisit ve gübre kullanımları, araç egzozları vs. pek çok sebepten ekosistemlerdeki ağır metal miktarlarında büyük oranda artış görülmektedir. Metallerin parçalanmamaları ve doğada uzun süre varlıklarını sürdürebiliyor olmaları ekosistemler için ciddi problem oluşturmaktadır. Esansiyel ya da nonesansiyel tüm metallerin belli bir eşik değerinin üstünde toksik etki gösterdikleri bilinmektedir. Bu nedenle ağır metal kirliliği büyük önem teşkil etmekte olup, kirliliğin önlenmesi için pek çok çalışma yapılmaktadır. Ağır metaller; fiziksel, kimyasal, biyolojik pek çok yöntemle sudan ayrıştırılabilmekte fakat, yüksek hacimler söz konusu olduğunda bu işlemler çok pahalıya mal olabilmekte ve yetersiz kalabilmektedir (Miretzky vd. 2004). Günümüzde metallerin uzaklaştırılmasında diğer yöntemlere alternatif bir yöntem olan biyoremediasyon çalışmaları yapılmaktadır. Biyoremediasyon yöntemi, biyolojik iyileştirme yöntemi olup, diğer yöntemlere kıyasla çevre dostu, ucuz ve etkili bir yöntem olması sebebiyle büyük önem taşımaktadır (Malik 2004). Son zamanlardaki biyoremediasyon çalışmalarında pek çok araştırmacının; ağır metallerin sudan uzaklaştırılmasında, *Lemna minor* (su mercimeği) ve *Microspora* sp. gibi sucul makrofitlerin kullanımına yöneldikleri görülmektedir. Su mercimekleri ağır metalleri biriktirme yeteneğine sahiptirler (Wahaab vd. 1995, Axtell vd. 2003, Miretzky vd. 2004). Yüksek üreme kapasitesi, laboratuvara uygun olması, kültürünün kolay olması, serbest yüzer bir bitki olması ve hasatının kolay olması da çalışmalarda tercih edilmelerinin önemli sebeplerindendir.

Son zamanlarda, ekonominin tekstil, elektronik, ilaç ve kozmetik gibi değişik alanlarında uygulamalarının hızlı bir şekilde artması sebebiyle nanopartiküller (NP) de önemli bir konu haline gelmiştir. NP'ler, genel olarak 1-100nm boyutlarında, farklı şekillerde olabilen yapılardır. Nanopartikül kullanılarak yapılan ekolojik çalışmalar çok az sayıda olup, yapılan çalışmalarda NP'lerin bazılarının yüksek toksik özellik gösterdikleri belirlenmiştir.

Uygulanacak nanopartiküllerin değişik konsantrasyonlarının *L.minor* üzerine etkisinin de belirleneceği bu tez çalışması, büyük önem taşımakta olup, ülkemizdeki ilklerden birini teşkil etmektedir. Yapılan biyoremediasyon çalışmasını önemli kılan unsur ise; deneyin, değişik metal kirliliği seviyelerine sahip olduğu belirlenen doğal su sistemlerinden alınan su örneklerinde gerçekleştirilmiş olmasıdır. Test sularına dışarıdan metal konsantrasyonları uygulanmadan, alınan su örneklerinde halihazırda bulunan metal miktarları saptanmış ve bu metallerin giderilmesi sağlanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında, seçilerek test gruplarına verilen bir ya da birkaç metalden ziyade, doğal şartlarda bir arada bulunan çok sayıdaki metalin varlığında, su mercimeğinin metalleri uzaklaştırma başarısı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu tez çalışması ülkemizdeki doğal ortam biyoremediasyon çalışmaları içerisinde ilklerden birini teşkil etmekte olup, doğal ortamda gerçekleştirilecek biyoremediasyon çalışmaları için ışık tutacak niteliktedir.

#### ➤ *Lemna minor* (Linneaus1753) ile İlgili Genel Bilgiler

Çizelge 1.1 *L. minor*'un sistematigi

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta Cronquist, Takht. & Zimmerm. ex Reveal
Class	: Liliopsida_ Batsch
Subclass	: Arecidae Takht.
Order	: Arales Dumort.
Family	: Lemnaceae Martynov
Species	: <i>Lemna minor</i> Linneaus

Suya batık ya da su üstünde yüzer durumda bulunan tatlı sularda yaşayan basit yapılı, küçük sucul bitkilerdir. Çok yıllık monokotil bir bitki olup, Arales takımının Lemnaceae familyasındandır. *L. minor*, Dünya'nın her yerindeki tatlı sularda bulunmaktadır. Her yaprağın alt yüzeyinin merkezinden çıkan çok ince köklere sahiptir. Kökleri basit yapıdadır. Ilıman bölgelerde daha yaygın bulunmakla birlikte; indikatör bitkiler olmaları sebebiyle fitoremediasyon çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Yenice 2010).



Şekil 1.1 Su mercimeği görüntüsü

*Lemna* türleri geniş bir yayılış alanına sahiptir. Ülkemizde de çoğu bölgede; göllerde, havuzlarda, bataklıklarda, kanallarda, pirinç tarlalarında bulunmaktadır.

Çevre şartlarına karşı geniş toleransa (pH 3.5-8.5, sıcaklık 1°C-32°C gibi) sahiptir. Aynı zamanda çabuk üremektedirler. Ekimleri çok kolay olup, kısa sürede büyük biyokütleler elde edilebilmektedir (Saygıdeğer 1996).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, tekli metal ya da birkaç ağır metalin eşit konsantrasyonlarında su mercimeklerinin biyoremediasyon kapasitesi bazı metaller için belirlenmiştir ve bu çalışmalar laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilmiştir. Doğal ortamlarda *L. minor* kullanılarak yapılan biyoremediasyon çalışmaları ise çok az sayıdadır. Ülkemizde, nanopartikül konusu ile ilgili makrofit, alg vb. canlılar kullanılarak yapılmış ekolojik ve toksikolojik çalışmalar da yok denecek kadar azdır.

Ülkemizde nanopartiküller ile ilgili yapılmış çalışmalara örnek verilecek olunursa; Üçüncü vd. (2014)'nin yaptıkları çalışmada, Ag nanopartiküllerinin akuatik bir makrofit olan *L.minor* üzerindeki toksisitesi çalışılmış ve nanopartiküllerin *L.minor* tarafından absorpsiyonu modellenmiştir. *L. minor*'un AgNP için başarılı bir biyoremediasyon faktörü olduğunu belirlemişler ve AgNP konsantrasyonu arttıkça yüksek uzaklaştırma oranlarının elde edildiğini tespit etmişlerdir. Yıldız ve Pala (2012); küçük çaplı gümüş nanopartiküllerinin inek sütündeki mikrobiyal yük üzerindeki etkisini konu alan bir çalışma yürütmüşlerdir. Tamer vd. (2010), biyomoleküllerin saptanması ve immobilizasyonu için Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Au nanopartikülü sentezi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Uluslararası literatürde de *L. minor* kullanılarak yapılmış nanopartikül çalışması çok az sayıdadır. Juhel vd. (2011), Al nanopartiküllerinin *L.minor*'un büyümesi, morfolojisi ve fotosentezi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Song vd. (2012), anataz TiO<sub>2</sub> nanopartiküllerinin *L.minor* üzerindeki fizyolojik etkilerini çalışmışlardır. Gubbins vd. (2011), Ag nanopartiküllerinin *L.minor* üzerindeki fitotoksitesini çalışmışlardır. Sekomo vd. (2012), tekstil atıksuları için pH, çözülmüş oksijen gibi değişen koşullar altında arıtım sonrası olarak alg ve su mercimeği havuzlarını kullandıkları bir çalışma yürütmüşlerdir.

*L. minor* kullanılarak yapılmış çalışmalara örnek verilecek olunursa; Khellaf vd. (2010); Cd, Cu, Ni ve Zn metallerinin farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan *L. minor*'un gelişimi üzerine etkilerini saptamaya çalışmışlar ve günlük semptomları (nekrozis, klorozis, yaprak parçalanmaları) incelemişlerdir. Khellaf ve Zerdaoui (2009), ağır

metal kirliliğindeki *L. minor*'ün büyüme tepkilerini çalışmıştır. 24 saat sonra 0.5 mg/L Cu'nun yapraklar üzerinde klorozis (yapraklarda solma) ve yapraklarda parçalanma etkisi gösterdiği gözlemlenmiştir. Appenroth vd. (2010), *Spirodela polyrhiza* ve *L. minor*'ün kloroplastları üzerinde Ni'nin etkisi ve bunların biyomonitör, fitoremediasyon ve biyoremediasyon üzerinde olası kullanımları konulu bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Alvarado vd. (2008), sucul bitkiler *Eichhornia crassipes* ve *L. minor* ile biyoremediasyonla sulardan As'nin uzaklaştırılması üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Hurd ve Sternberg (2008), *L. minor* kullanılarak sulu kurşunun uzaklaştırılmasını gözlemlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, toplam uzaklaştırma oranı % 95 olarak bulunmuştur ve bunun % 85'inin birinci gün içinde gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Drost vd. (2007), *L. minor* üzerinde ağır metal toksisitesi çalışmışlardır. Ağır metale maruz kalma sonrasında iyileşme ve büyüme inhibisyonunun zamana bağlı değişimi çalışılmıştır. Çalışmanın amacı, gözlemlenen toksisite üzerinde maruz kalma süresinin etkisi ve iyileşme için potansiyelin tespit edilmesidir. Hou vd. (2007), ağır metallerce kirlenmiş su kütlesi üzerinde Cu ve Cd'un etkisinin belirlenmesi ve *L. minor* kullanılarak suyun iyileştirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda; Cu ve Cd'un çözünebilir proteinler, fotosentetik pigmentler ve antioksidant enzimler üzerine etkisi belirlenmiştir. Oporta vd. (2006), Cr (VI)'un kirliliğinden *L. minor* kullanılarak uzaklaştırılması üzerine bir örnekleme ve deneysel çalışma yapmışlardır. Blinova (2004), bir alg türü olan *Selenastrum capricornutum*, su mercimeği *L. minor*, bir krustase olan *Thamnocephalus platyurus* ve *Daphnia magna* üzerinde; Cr (III), Pb (II), Cu (II), Cd (II), pyrene'nin etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda, *L. minor*'un, *Selenastrum*'a oranla; *D. magna*'nın ise bitki türlerine göre daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Miretzky vd. (2004), ağır metallerin eş zamanlı temizlenmesinde sucul makrofitlerin potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada, suda yüzer durumda bulunan 3 otokton tür (*Pista stratiotes*, *Spirodela intermedia* ve *L. minor*) kullanılmıştır. Su ve makrofit metal konsantrasyonu arasında yüksek bir ilişki gözlemlenmiştir. Fjallborg (2003), lağım suyundaki Cu'nun *Daphnia magna*, *L. minor* ve *Raphanus sativus*'un tohumları üzerindeki etkisini araştırmıştır. 64 gün süren çalışmanın ilk 8- 16 gününde toksisitenin arttığı, bunun amonyak kaynaklı olduğu ve sonrasında düşmeye başladığı tespit edilmiştir. Axtell vd. (2003), *Microspora* ve *L. minor* kullanarak Pb ve Ni'nin uzaklaştırılmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır.

*Microspora*'nın geniş Pb konsantrasyonlarını tolere edebildiği belirlenmiştir. Wang vd. (2002), *Polygonum amphibium* L., *L. minor* L., *Eichhornia crassipes*, *Oenathe javanica* and *Lepironia articulata* olmak üzere 4 tür üzerinde N, P ve 3 ağır metal (Cd, Hg ve Pb) nin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, (*Polygonum amphibium* L.'nin N ve P için, *L. minor* L., *Eichhornia crassipes*'in Cd için ve *Oenathe javanica*'nin ise Pb için iyi bir akümülatör olduğu tespit edilmiştir. Prasad vd. (2001), yapmış oldukları çalışmada, *Lemna trisulca* L. üzerinde Cu ve Cd'un etkileri araştırılmıştır. Cu'nun Cd'a oranla 1000 kat daha düşük konsantrasyonlarda toksik semptomlar gösterdiği saptanmıştır. Piston vd. (1999), Se'nin *L. minor* üzerindeki büyüme etkilerini araştırmıştır. Se'nin düşük konsantrasyonlarında bitkilerde önemli bir değişiklik kaydedilmemiş ve bitkilerin kümelenerek bir arada yüzdüğü gözlemlenmiştir. Rahmani ve Sternberg (1999), canlı, ölü, önceden Pb ile muamele edilmiş ama canlı su mercimeklerinin (*L. minor*) Pb'i biyolojik temizlemeleri üzerinde çalışmışlardır.

Bu tez çalışmasında birçok konu aynı anda birbirlerine bağlı bir şekilde çalışılmıştır. Doğal metal karışım oranlarına sahip su örneklerinin ve CrNP'nün *L.minor* üzerine hem ayrı ayrı hem de birlikte olan toksik etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Cr nanopartikülleri 3 farklı konsantrasyonda denenmiştir. Nanopartiküllerin ve arazi sularında bulunan ağır metallerin lemna üzerindeki toksik etkisi, kontrole göre büyüme oranları ve büyüme oranı inhibisyon yüzdeleri hesaplanarak belirlenmiştir. Doğal ortam biyoremediasyon çalışmalarına ışık tutacak nitelikte bir çalışma olması sebebiyle de önem taşımaktadır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tezin arazi çalışmaları, Bolu ili Yeniçağa ilçesi yakınında yer alan, tatlısu karakterinde sığ bir göl olan Yeniçağa Gölü ve Marmara Bölgesinin önemli akarsularından olan Nilüfer Çayı'nda (Bursa); deneysel kısmı ise, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı Toksikoloji Laboratuvarı ve Bilkent Üniversitesi UNAM Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

#### 3.1 Tezin Arazi Aşaması

Batı Karadeniz bölgesinde, Bolu ili Yeniçağa ilçesi yakınında bulunan Yeniçağa Gölü, göl çevresinin önemli turba yatağı olması ve gölde balıkçılık yapılması nedeniyle oldukça önemli bir sucul ekosistemdir. Gölün yüzey alanı 1800 hektar olup, en derin yeri 5.2 metredir. Yeniçağa Gölü'nün etrafında sentetik azot ve fosfor içeren gübrelerin kullanıldığı tarım arazileri mevcuttur. Gölü besleyen iki dere (Kuzuviran ve Deliler) ile birlikte bu bölgelerde bulunan köy yerleşim birimlerinden evsel atıklar göle taşınmaktadır. Yeniçağa ilçesinin kanalizasyonu, arıtma tesisinden geçirildikten sonra göle boşaltılmaktadır. Gölün yakınından geçen Ankara-İstanbul otoyolu, göl için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Tunca 2011). Yeniçağa Gölü, boğazlar (İstanbul ve Çanakkale) üzerinden gelen kuşların göç yolu üzerinde bulunan ülkemizin önemli sulak alanlarından biridir. Gölde bölge ekonomisine katkıda bulunan tatlısu kefali (*Squalius cephalus*), sazan (*Cyprinus carpio*), kadife balığı (*Tinca tinca*) (Kılıç ve Becer 2013) ve kerevit (*Astacus leptodactylus*) (Tunca vd. 2012) üretimi yapılmakta, gölde bulunan pek çok balık türü tüketilmekte ve iç pazara sunulmaktadır. Dolayısıyla bu gölde ağır metal birikiminin yüksek olması halk sağlığını tehdit etmekle beraber, pek çok canlı için de tehlike arz etmektedir.



Şekil 3.1 Yeniçağa Gölü (Bolu) uydu görüntüsü

203 km uzunluğundaki Nilüfer Çayı, Uludağ'ın güney yamaçlarında 850 metre yükseklikteki iki mağaradan çıkmakta olup, Marmara Bölgesinin önemli akarsularındandır. Başlangıç kısmındaki adı Aras Suyu'dur. Bursa Ovası'nda geniş bir yay çizerek irili ufakları dereleri toplayan çay, Mudanya-Nilüfer sınırını çizdikten sonra Karacabey'e bağlı Hayırlar Köyü yakınlarındaki Uluabat göluyağında Susurluk Çayı ile buluşur ve Marmara'ya dökülür. Nilüfer Çayı'nda yapılan bir çalışmada, 2007 yılında metal ölçümleri yapılmış ve çayın yüksek oranda kirlilik seviyesinde olduğu belirlenmiştir (Ustun 2011).



Şekil 3.2 Nilüfer Çayı'nın (Bursa) uydu görüntüsü

Yeniçağa Gölü ve Nilüfer Çayı'ndan bir kez olmak üzere ve kirlenici kaynakların su sistemlerine karıştığı bölgeler göz önünde bulundurularak örnekleme yapılmıştır. Bazı istasyonlar ise, daha temiz olduğu düşünülen bölgelerde yapılarak, farklı konsantrasyonlarda metal miktarına sahip sular elde edilmeye çalışılmıştır. Ağır metal analizleri ve biyoremediasyon çalışmaları için kullanılmak üzere su ve sediment

örnekleri alınmış olup arazi çalışmaları esnasında suyun bazı parametreleri (sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçülmüştür. Yeniçağa Gölü'nde 3 istasyon, Nilüfer Çayı'nda ise 6 istasyon seçilmiş, her istasyondan 3 su ve 3 sediment örneği alınmıştır. Ağır metal analizi yapılacak su örneklerine derişimi %2 oluncaya kadar nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ile muamele edilmiştir. Biyoremediasyon çalışmalarında kullanılacak olan su örneklerine ise, çalışmalarda *L.minor* kullanılacağından dolayı asitleme yapılmamış olup, deney sonunda ICP okutması için gerekli asitlemeler yapılmıştır. Sediment örnekleri ise, plastik kepçe yardımıyla alınarak plastik kavanozlar içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Araziden getirilen ve nitrik asit uygulanmış su örneklerinin bir kısmı, Whatman kağıdı ile süzöldükten sonra, Bilkent Üniversitesi UNAM Laboratuvarı'nda bulunan ICP-MS İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi kullanılarak su örnekleri içerisinde bulunan ağır metaller, metalloidler ve bazı izotoplar (Pb, Cd, Cr, Ni, As, Mo, Mn, Ba, Al, Fe, Zn) tespit edilmiştir. XRF (X-Işınları Floresans Spektroskopisi) cihazı kullanılarak da sedimentteki ağır metal miktarları tespit edilmiştir.

### **3.2 Tezin Laboratuvar Aşaması**

#### **3.2.1 Kültür şartları**

Ankara Üniversitesi'nde geliştirilmekte olan su mercimeği kültürü kullanılmış olup, kültürün saf su ortamı için Millipore Milli-Q ultra saf (Milli-Di, France) su sistemi kullanılmıştır. Akvaryum sıcaklığı 24°C'de sabit tutulmuştur. Aydınlatma içinse 6.500-10000 lüx floresan kullanılmıştır. Deney için kültür ortamından sağlıklı ve yeşil su mercimekleri aseptik aletler kullanılarak, yeni kültür kaplarına ekilerek deney için hazır hale getirilmiştir.

#### **3.2.2 Kullanılan cihazlar**

Test ortamıyla temas halinde olan tüm ekipmanlar, cam ya da plastik materyallerden seçilmiştir. Test kapları; kontroldeki farklı kolonilerin yapraklarının testin sonunda da üst üste binmeksizin gelişebilmesi için yeterince geniş olacak şekilde; minimum

derinliğin her bir test için 20 mm, minimum hacmin ise 200 ml olmasına dikkat edilmiştir. Deneyde, 500 mL'lik beherler kullanılmış, test kaplarının üstü, buharlaşma ve kontaminasyonları önlemek için kapatılmıştır (Anonymous 2002).

### 3.2.3 Deney yöntemi

Biyoabsorbsiyon deneyine başlamadan önce, belirli üretim koşullarında elde edilmiş organizmaların 2 ya da 3 yapraklı olmasına dikkat edilerek her deney için 30 adet *L. minor* yaprağı seçilmiştir. Deney 200 mL test suyu kullanılarak 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Biyodeneş aşaması iki gruptan oluşacak şekilde gerçekleştirilmiş olup, iki farklı çalışmayı içermektedir. Laboratuvar aşamasında, hem doğal karışım oranlarındaki ağır metallerin biyoabsorbsiyonu, hem de ağır metal ve Cr nanopartiküllerinin (CrNP) *L. minor* üzerindeki toksisitesi ayrı ayrı çalışılmıştır. Deneyler, doğal ortamdan getirilen doğal metal karışım oranlarına sahip sularda gerçekleştirilmiştir. Uygulanacak nanopartikül olarak CrNP seçilmesinin nedeni, araziden alınan örneklerde Cr metal miktarının belli istasyonlarda oldukça yüksek olması ve CrNP'nin *L. minor* üzerindeki toksik etkisinin bilinmiyor olmasıdır.

### 3.2.4 Biyoabsorbsiyon deneyi

Birinci deney grubunda, toksik madde kullanılmamış olup, araziden getirilen su örnekleri içerisindeki metallerin su mercimekleri tarafından biyoremediasyonu çalışılmıştır. Test sularına dışarıdan metal konsantrasyonları uygulanmamış ve alınan su örneklerinde halihazırda bulunan metal miktarları saptanarak bu metallerin giderilmesi sağlanmıştır. Böylece laboratuvar çalışmalarında, seçilerek test gruplarına verilen bir ya da birkaç metalden ziyade, doğal şartlarda bir arada bulunan çok sayıdaki metalin varlığında, su mercimeğinin başarısı anlaşılmaya çalışılmıştır. Deney 5 gün sürdürülmüş ve 24 saatte bir su örneği alınmıştır. Çalışma, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Deney sonunda, alınan su örnekleri ICP cihazında okutularak metal miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, deneyin başında ve sonunda bitki dokularının ağırlıkları ve dokudaki metal miktarı da belirlenmiştir.

Bitki örnekleri deney sonunda sudan dikkatlice alınarak, 105 °C’de 48 h süreyle etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler daha sonra 500 °C’de 2 saat boyunca kül fırınında yakılmıştır. Yakma işleminden sonra oluşan kalıntılar nitrik ve hidroklorik asitten oluşan karışım kullanılarak eritilmiştir (Hurd ve Sternberg 2008). Sindirilen örnekler ICP-MS cihazında okutularak dokulardaki ağır metal miktarı belirlenmiştir. BCF faktörü, çökme miktarı ve biyomas inhibisyon hesaplamaları yapılmıştır.

### 3.2.5 Toksikite deneyleri ve nanopartikül çalışması

Toksikite deneylerinde, doğal su sistemlerinden alınan su örneklerinden metal içeriklerine göre önemli görülen istasyonlar seçilerek kullanılmıştır. Araziden alınan bu test sularına laboratuvar ortamında hazırlanmış olan Cr nanopartikülleri belirli konsantrasyonlarda eklenmiştir. Doğal karışım oranlarındaki ağır metallerin ve bu metallerin varlığındaki nanopartiküllerin, *L.minor*’un büyümesi üzerine etkisi kıyaslanmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda içinde ağır metal bulunmayan sadece nanopartikül konsantrasyonlarının bulunan test gruplarında da toksikite çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Toksikite deneyleri, 100 mL test suyu içerisinde 21 yaprak *L.minor* koyularak gerçekleştirilmiştir. Deney 5 gün sürdürülmüştür. Deneye başlamadan önce kullanılacak olan sular içlerindeki partiküllerin giderilmesi için, 0.45µm’lik milipore filtrelerle süzölmüştür. Deneye başlamadan önce CrNP kullanılarak bir ön deney yapılmıştır. CrNP ün *L.minor*’u öldürmeyecek dozları belirlenmeye çalışılmış ve uygun olduğu düşünülen 3 farklı konsantrasyon seçilerek (100 ppb, 400 ppb, 1600 ppb) deneyler sürdürölmüştür.

Toksikite çalışmaları 3 farklı grupta gerçekleştirilmiştir. 1) araziden getirilen su örnekleri içerisine sadece *L. minor* koyularak, 2) araziden getirilen su örnekleri içerisine *L.minor* ve 3 farklı konsantrasyonda (100ppb, 400ppb ve 1600ppb) Cr nanopartikülü (CrNP) eklenerek, 3) *L. minor*’un yetiştiği kültür suyu içerisine *L. minor* ve 3 farklı konsantrasyonda CrNP eklenerek. Aynı zamanda test gruplarıyla aynı şartlarda bulunan, kültür suyu içinde sadece *L.minor* olan gruplar da kurulmuştur. Bu 3 farklı grubun sebebi; doğal metal karışım oranlarına sahip su örneklerinin ve CrNP’nün *L. minor* üzerine hem ayrı ayrı hem de birlikte olan toksik etkilerinin belirlenmesidir.

### 3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Büyüme oranı ve bitki biyomasi azalma yüzdesinin (Anonymous 2002) belirlenebilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

#### ➤ Kontrolle göre büyüme oranı

$$B.O = \frac{Ts - Ti}{Ks - Ki}$$

B.O: kontrole göre büyüme oranı

Ts: test gruplarında deney sonunda gözlenen yaprak sayısı

Ti: test gruplarında deney başında gözlenen yaprak sayısı

Ks: kontrol gruplarında deney sonunda gözlenen yaprak sayısı

Ki: kontrol gruplarında deney başında gözlenen yaprak sayısı

#### ➤ Büyüme oranı azalma yüzdesi

$$\% Ir = \frac{\mu C - \mu T}{\mu C} \times 100$$

% Ir: ortalama spesifik büyüme oranı azalma yüzdesi

$\mu C$  : kontrol grubu için toplam büyüme oranı

$\mu T$  : test grubu için toplam büyüme oranı

#### ➤ BCF Faktörü

Bitki örneklerinin **BCF faktörleri** aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Khellaf ve Zerdaoui 2009).

$$BCF = \frac{\text{bitki biyomasındaki metal miktarı}(mgkg^{-1})}{\text{çözültideki metal miktarı}(mgL^{-1})}$$

BCF: biyokonsantrasyon faktörü

### ➤ **Metal Çökme Miktarı**

Ağır metallerin çökme miktarları şu formülle hesaplanmıştır (Khellaf ve Zerdaoui 2009).

$$BM_s = \text{suda kalan miktar} + \text{bitkide akümüle edilen miktar} + \text{çöken miktar}$$

$BM_s$  : Sudaki başlangıç metal miktarı

Deney sonuçları farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak yorumlanmıştır. ICP'den elde edilen verilere göre uygun analiz yöntemleri seçilerek uygulanmıştır.

### ➤ **DLS (Dinamik Işık Saçılım Spektrometresi)**

Dinamik ışık saçılımı methodu (DLS) seyreltik çözelti içerisindeki küçük parçacıklardan saçılan ışığın şiddetinin ve değişiminin ölçülmesi temeline dayanır. Saçılan ışığın şiddetindeki değişim, parçacığın hareketine, buna bağlı olarak da parçacığın büyüklüğüne, ortamın vizkozitesine ve sıcaklığına bağlıdır. Partikül büyüklükleri DLS (Şekil 4.11) ile belirlenmiştir.

### ➤ **ICP-MS (İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrofotometresi)**

Araştırmada Thermo Scientific markalı X-Series II modeli ICP-MS cihazı, Thermo Scientific ID 100 otomatik seyreltici ve Cetac Asx-260 otomatik örnekleyici aksesuarları kullanılmıştır. Numunelerle ilgili bütün seyreltmelerde %2'lik nitrik asit matrisli ultra saf su kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrilerinin hazırlanmasında High Purity Standards markalı QCS-27 serisi 27 elementli standart referans madde kullanılmıştır. Bütün elementlere ait kalibrasyon eğrileri numunedeki element konsantrasyonu dikkate alınarak ve korelasyon katsayısı 0.99'un üzerinde olacak şekilde oluşturulmuştur. İnternal (dahili) standart olarak 10 ppb <sup>209</sup>Bi kullanılmıştır. Analiz parametreleri olarak okutma sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Örnek çekme ve yıkama süreleri tüp uzunlukları dikkate alınarak 60'ar sn olarak belirlenmiştir.

### ➤ **XRF (X-Işınları Floresans Spektroskopisi)**

Sediment örnekleri için XRF kullanılmıştır. Alınan örnekler jeokimyasal analiz için hazırlanmıştır. Hidrolik pres altında sıkıştırılarak pres-pastil halinde analize hazır hale getirilecek olan örnekler hidrolik pres altında sıkıştırılırken 15 N basınç uygulanmıştır. Pres-pastil (pellet) halinde hazırlanan örneklerin XRF cihazında ana element oksit ve iz element analizleri yapılmıştır.

### ➤ **FT-IR analizi (Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi)**

FT-IR tercih edilen bir kızılötesi spektroskopi yöntemidir. Infrared radyasyonu örnekten geçirilir ve bu radyasyonun bir kısmı örnek tarafından emilirken bir kısmı doğrudan geçer. IR spektroskopisinde, amaç herhangi bir bileşiğin yapısı hakkında bilgi sahibi olmak veya yapısındaki değişiklikleri incelemektir. Bileşiğin alınan IR spektrumu ile yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri, yapının aromatik veya alifatik olduğuna dair bilgi edinilebilmektedir. Bu çalışmada da FT-IR analizi kullanılarak, su mercimeklerinin biyomas karakterizasyonu hakkında bilgi edinilmiştir. FT-IR spektroskopisi, ağır metal-doku etkileşimleri sürecinde oluşan bağları ve ağır metallerin hangi yapısal moleküllerde daha fazla toplandığını incelemek için kullanılmıştır. Analiz için Bilkent Üniversitesi UNAM Laboratuvarı bünyesindeki Thermo Nicolet 6700 cihazı kullanılmıştır.

## **3.4 İstatistiksel Yöntemler**

### ➤ **Birikim farkları (Ortalamaların karşılaştırılması)**

Arazilerde yapılan istasyonlar arası ağır metal birikim farkı olup olmadığına SPSS 17.0 istatistik programı kullanılarak bakılmıştır. Verilerin tümü, normal dağılıma uygun olup olmadığının anlaşılması için Shapiro-Wilks testine tabi tutularak (veri sayısının yeterli olmaması sebebi ile Kolmogorov-Smirnov Testi tercih edilmemiştir), normallik grafiği incelenmiştir. Testi geçemeyen verilere parametrik olmayan KRUSKAL-WALLIS ve

MANN-WHITNEY U testi uygulanmıştır (Barrento vd. 2008). Testler %'95'lik anlam düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

➤ **Korelasyon**

Değişimleri gözlenen metallerin değişimlerinin ilişkili olup olmadığına, bu ilişkinin gücüne ve ilişkinin yönüne (negatif veya pozitif ilişki) korelasyon analizi ile bakılmıştır. Korelasyon analizi gerçekleştirilmeden verilerin dağılımına Shapiro Willks testi ile bakılmış (veri sayısının yeterli olmaması sebebi ile Kolmogorov-Smirnov Testi tercih edilmemiştir) normal dağılım gösteren verilere Pearson, normal dağılım göstermeyen verilere ise Spearman korelasyon testleri uygulanmıştır (Tunca vd. 2013).

## 4. BULGULAR

### 4.1 Arazi Bulguları

Arazi çalışmaları esnasında Nilüfer çayı ve Yeniçağa Gölü'nün bazı parametreleri ölçülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Araziden alınan su örneklerinin bazı parametreleri

İstasyon	pH	TDS (mg/L)	EC(SPC) (µS/cm)	Tuzluluk (ppt)	NO <sub>3</sub>	ÇO (mg/L)	T (°C)
Nilüfer 1.ist	7.05	481	738	0.36	5.25	4.95	9.1
Nilüfer 2.ist	7.21	1423	2192	1.12	5.89	4.76	9.3
Nilüfer 3.ist	7.20	1449	2227	1.14	5.45	4.60	9.6
Nilüfer 4.ist	7.03	338	521	0.25	2.23	4.74	9.5
Nilüfer 5.ist	7.24	160	246	0.12	1.02	4.71	9.3
Nilüfer 6.ist	7.61	212	327	0.16	1.43	4.57	9.1
Yeniçağa 1.ist	7.59	255	392	0.19	1.87	4.63	4.0
Yeniçağa 2.ist	6.62	1443	2218	1.14	6.26	4.70	4.5
Yeniçağa 3.ist	7.51	611	942	0.46	4.27	4.76	5.0

Sonuçlar incelendiğinde özellikle bulanıklılığın (TDS), nispeten daha kirli olduğu tespit edilen istasyonlarda daha yüksek olduğu görülmektedir. EC, tuzluluk ve nitrat değerleri de beklenen şekilde bu durumla paralellik göstermektedir. Çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri yakın olmakla birlikte en düşük değerleri Nilüfer Çayı'nda görülmektedir. Su örnekleri bazı metaller için analiz edilerek, istasyonların ağır metal birikim düzeyleri tespit edilmiştir. Çizelge 4.2'deki değerler araziden getirildiği gibi yapılan ilk ölçümlerden elde edilen sonuçlardır. Arazi bölgelerinde metal dağılımının farklılık gösterdiği görülmektedir. Su kalite parametrelerine göre (Anonim 2004) bakıldığında seçilen istasyonların bazılarının Cr (Nilüfer Çayı 1,2,3,4.istasyon), Fe (Nilüfer Çayı 3 ve 4.istasyon, Yeniçağa Gölü 2 ve 3.istasyon), Ni (Nilüfer Çayı 2 ve 3.istasyon), Zn (Nilüfer Çayı 3.istasyon) ve As (Yeniçağa Gölü 3.istasyon) açısından kirli olduğu söylenebilmektedir. Araziden getirilen su örneklerinin bir kısmı asitlenmiştir. Biyoremediyasyon çalışmaları için temin edilen su örneklerine, deneyde canlı organizma (*L.minor*) kullanılacağından dolayı asitleme işlemi yapılmamıştır. Asitlemenin yapılmamış olması örnekler içerisindeki metal oranlarını değiştireceğinden (metallerin çökmesi, test kabına yapışması vb.), biyoremediasyon deneyleri kurulana

kadar arazi örnekleri, belli aralıklarla ICP'de okutulmuş, örnekler içerisindeki metal miktarları takip edilmiştir. Değerleri kıta içi su kalite parametrelerine (Çizelge 4.2) göre yüksek görülen bazı metaller ve izotoplar analiz edilerek daha detaylı bir çalışma yapılmıştır.

Çizelge 4.2 Suda bulunan metal miktarları ve su kalite parametreleri

µg/L	Nilüfer Çayı						Yeniçağa Gölü			Su kalite parametreleri			
	1.ist	2.ist	3.ist	4.ist	5.ist	6.ist	1.ist	2.ist	3.ist	I	II	III	IV
<b>Al</b>	13.44 ± 0.05	91.38 ± 0.13	211.50 ± 1.79	208.03 ± 7.46	169.10 ± 2.85	9.05 ± 0.12	3.39 ± 1.31	12.13 ± 0.47	0.92 ± 0.04	0.3	0.3	1	>1
<b>Ti</b>	7.52 ± 0.06	12.45 ± 0.09	16.13 ± 0.09	10.31 ± 0.04	4.62 ± 0.04	2.68 ± 0.12	4.27 ± 1.29	7.05 ± 0.28	6.68 ± 0.05	-	-	-	-
<b>Cr</b>	1334.67 ± 6.13	1825.0 ± 6.48	2086.67 ± 5.25	95.60 ± 0.46	8.93 ± 0.45	4.35 ± 0.22	5.48 ± 0.95	4.37 ± 0.56	6.43 ± 0.42	20	50	200	>200
<b>Mn</b>	149.90 ± 0.73	205.10 ± 0.45	285.03 ± 0.62	172.60 ± 1.20	39.95 ± 0.74	2.23 ± 0.13	3.85 ± 1.31	332.63 ± 5.33	26.33 ± 0.30	100	500	3000	>3000
<b>Fe</b>	417.93 ± 8.17	794.93 ± 4.07	1373.67 ± 2.87	804.03 ± 19.56	594.40 ± 6.22	347.27 ± 4.88	489.40 ± 8.06	1345.33 ± 17.25	1311.00 ± 12.03	300	1000	5000	>5000
<b>Co</b>	3.17 ± 0.00	5.38 ± 0.02	6.07 ± 0.03	1.96 ± 0.02	0.69 ± 0.05	0.21 ± 0.08	2.46 ± 1.45	0.87 ± 0.06	0.57 ± 0.04	10	20	200	>200
<b>Ni</b>	30.09 ± 0.17	60.30 ± 0.15	113.83 ± 0.33	23.94 ± 0.17	8.33 ± 0.15	9.83 ± 9.98	5.78 ± 1.51	5.70 ± 0.09	6.27 ± 0.04	20	50	200	>200
<b>Cu</b>	12.27 ± 0.11	21.17 ± 0.07	26.16 ± 0.08	6.30 ± 0.03	4.11 ± 0.19	1.57 ± 0.07	3.65 ± 1.53	1.49 ± 0.17	1.65 ± 0.12	20	50	200	>200
<b>Zn</b>	44.59 ± 3.46	334.80 ± 3.51	1532.33 ± 9.53	161.93 ± 3.29	25.88 ± 1.60	L.A	L.A	L.A	L.A	200	500	2000	>2000
<b>As</b>	3.26 ± 0.04	4.79 ± 0.10	4.78 ± 0.13	2.61 ± 0.04	1.42 ± 0.03	1.10 ± 0.06	4.33 ± 1.51	9.83 ± 0.19	325.77 ± 1.60	20	50	100	>100
<b>Mo</b>	3.70 ± 0.13	6.58 ± 0.03	6.66 ± 0.01	1.61 ± 0.02	0.47 ± 0.02	0.36 ± 0.07	2.36 ± 1.23	1.27 ± 0.02	1.50 ± 0.01	-	-	-	-
<b>Ag</b>	0.11 ± 0.02	0.01	0.02	L.A	L.A	L.A	1.29 ± 0.97	L.A	L.A	-	-	-	-
<b>Cd</b>	0.07	0.05	0.07	0.05	0.02	0.07	2.26 ± 1.46	0.01	L.A	3	5	10	>10
<b>Pb</b>	0.21 ± 0.05	1.89 ± 0.01	3.08 ± 0.01	1.47 ± 0.00	0.74 ± 0.02	0.09	2.16 ± 1.37	0.25 ± 0.01	0.03	10	20	50	>50

L.A: Limit altı

XRF cihazı kullanılarak sediment örneklerindeki metal miktarları ( $\mu\text{g/g}$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Sedimentte bulunan metal miktarları ve sediment kalite sınıflandırması (Perin vd 1997)

$\mu\text{g/g}$	Nilüfer Çayı						Yeniçağa Gölü			Sediment kalite parametreleri		
	1.ist	2.ist	3.ist	4.ist	5.ist	6.ist	1.ist	2.ist	3.ist	K	K.K	A.K
<b>Fe</b>	124157 ± 39.934	160.33	149993 ± 1.572	145466 ± 2.418	112324 ± 21.562	194303 ± 1.207	106323 ± 3.860	98232 ± 2.781	103596 ± 932	-	-	-
<b>Al</b>	101851 ± 16.868	116.89	118683 ± 1.350	116256 ± 1.085	113040 ± 1.508	145926 ± 1.530	95528 ± 4.781	101273 ± 744	141370 ± 3.442	-	-	-
<b>Mg</b>	35191 ± 4.894	38852	37075 ± 1.368	31300 ± 2.880	21999 ± 5.387	43325 ± 1.309	21757 ± 642	16436 ± 115	9232 ± 315	-	-	-
<b>K</b>	24629 ± 6.521	30262	31396 ± 286	32177 ± 413	38331 ± 3.899	37913 ± 209	34664 ± 1.066	21477 ± 316	28713 ± 430	-	-	-
<b>Ti</b>	13761 ± 4.366	16685	16829 ± 249	16693 ± 155	13907 ± 2.603	24481 ± 822	10808 ± 715	13770 ± 155	16095 ± 167	-	-	-
<b>Zn</b>	5224 ± 1.64	7631	4787 ± 312	3832 ± 1.208	1319 ± 1.507	408 ± 13	204 ± 26	971 ± 93	260 ± 8	<90	90 - 200	>200
<b>Na</b>	6574 ± 1.296	6667	7174 ± 336	7440 ± 173	7830 ± 589	11324 ± 339	18173 ± 538	14500 ± 450	19633 ± 472	-	-	-
<b>Mn</b>	2603 ± 839	3242	3118 ± 112	3069 ± 255	2471 ± 352	3299 ± 901	3645 ± 69	1852 ± 218	2080 ± 169	<300	300 - 500	>500
<b>Ba</b>	2163 ± 823	2433	2549 ± 157	2125 ± 243	2082 ± 392	1204 ± 854	1849 ± 65	1873 ± 404	1268 ± 965	-	-	-
<b>Cr</b>	1913 ± 662	2072	2210 ± 278	1718 ± 310	739 ± 622	936 ± 2	691 ± 156	549 ± 38	311 ± 45	<25	25 - 75	>75
<b>Ni</b>	904 ± 308	1237	974 ± 64	907 ± 32	482 ± 328	663 ± 19	408 ± 19	368 ± 60	237 ± 19	<20	20 - 50	>50
<b>Cu</b>	352 ± 120	366	386 ± 44	470 ± 9	257 ± 173	380 ± 101	173 ± 21	276 ± 25	L.A	<25	25 - 50	>50
<b>As</b>	L.A	173	L.A	L.A	L.A	L.A	L.A	L.A	334 ± 44	<3	3 - 8	>8
<b>Pb</b>	328 ± 155	L.A	L.A	L.A	L.A	L.A	L.A	L.A	L.A	<40	40 - 60	>60

L.A: Limit altı,K:Kirlenmiş,K.K: Kısmen kirlenmiş,A.K:Aşırı kirlenmiş

Sediment sonuçları incelendiğinde ve sediment kalite yönetmeliğindeki değerlerle kıyaslandığında çalışılan bölgelerin sedimentlerinin istasyonlar bazında farklılık olmakla birlikte Cr, Zn, Cu, Mn, Ni ve As gibi metallerce yüksek oranda kirli sınıfa dahil oldukları görülmektedir.

## 4.2 Laboratuvar Bulguları

Araziden getirilen ve metal analizleri yapılan farklı kirlilik seviyelerine sahip su örneklerinde biyoremediasyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Biyoremediasyon deneyine başlanılan zamanda yapılan ölçümlerde bulunan ortalama metal değerleri çizelge 4.4’de verilmiştir.

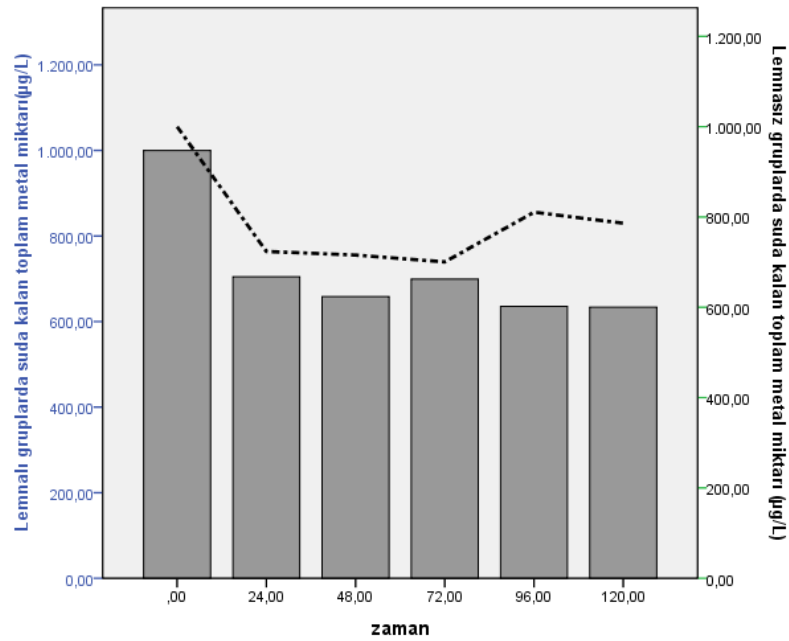
Çizelge 4.4 Biyoremediasyon deneyi için kullanılan sulardaki metal miktarları

ppb	Al	<sup>52</sup> Cr	<sup>53</sup> Cr	Mn	Fe	Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>65</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>68</sup> Zn	As	Mo	Ba	Pb
<b>Y-1.is</b>	2.19		1.15		823.49	3.90	1.65	1.91	56.05	55.12	1.68	5.68	43.68	1.74
<b>t</b>	±	D.Y	±	D.Y	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.39		0.25		15.52	0.34	0.47	0.44	25.13	23.42	0.36	4.08	3.16	0.84
<b>Y-2.is</b>	117.4			177.92	1360.50	7.39		11.07	2805.17	2610	4.86	28.12	114.79	42.50
<b>t</b>	±	L.A	L.A	±	±	±	L.A	±	±	±	±	±	±	±
	116			25	118	5.93		6.50	1.886	1.753	2.4	16.5	13.1	15.6
<b>Y-3.is</b>	14.29				1488.53	6.21		7.52	2038	1900	115.	8.13	93.72	9.28
<b>t</b>	±	L.A	L.A	L.A	±	±	L.A	±	±	±	76±	±	±	±
	6.68				484.06	0.82		2.99	1.726	1601	8.75	6.88	13.66	11.05
<b>N-1.is</b>	11.25	1032	766.50	119.61	660.13	21.97	9.07	9.35	110.48	104.26	1.81	2.27	17.91	3.96
<b>t</b>	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	1.15	6.50	4.25	19.71	6.88	0.13	0.39	0.01	0.85	0.91	0.02	0.00	0.03	0.06
<b>N-2.is</b>	8.44	302.79	229.71	130.85	564.63	38.40	13.46	11.80	125.70	117.80	2.42	4.11	13.88	1.07
<b>t</b>	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.48	62.46	48.04	2.80	94.63	6.48	2.69	2.09	25.50	23.83	0.34	0.47	0.02	0.43
<b>N-3.is</b>	14.21	564.06	422.17	244.53	696.01	70.26	24.78	12.21	278.75	259.99	2.61	4.90	18.05	1.75
<b>t</b>	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	3.09	15.99	11.96	7.93	16.98	1.93	4.55	0.52	26.29	24.71	0.04	0.17	0.59	0.75
<b>N-4.is</b>	55.23	55.08	80.62	87.37	1396.94	17.67	132.09	4.17	2047.56	1905			18.44	3.22
<b>t</b>	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	L.A	L.A	±	±
	16.73	8.24	3.08	7.98	176.60	0.53	52.79	0.75	1.150	1.068			1.11	0.82
<b>N-5.is</b>	51.26		4.05		819.30	5.33	109.32	3.37	2377.17	2205			13.07	14.34
<b>t</b>	±	D.Y	±	L.A	±	±	±	±	±	±	L.A	L.A	±	±
	19.40		3.17		183.99	0.65	48.32	1.15	1.045	963			0.75	8.28
<b>N-6.is</b>	112.6	5.42			1168.78		167.18	4.72	5742.11	5318			12.58	9.04
<b>t</b>	±	±	L.A	L.A	±	D.Y	±	±	±	±	L.A	L.A	±	±
	31.18	0.72			311		74.86	2.52	3.678	3.391			1.48	11.00

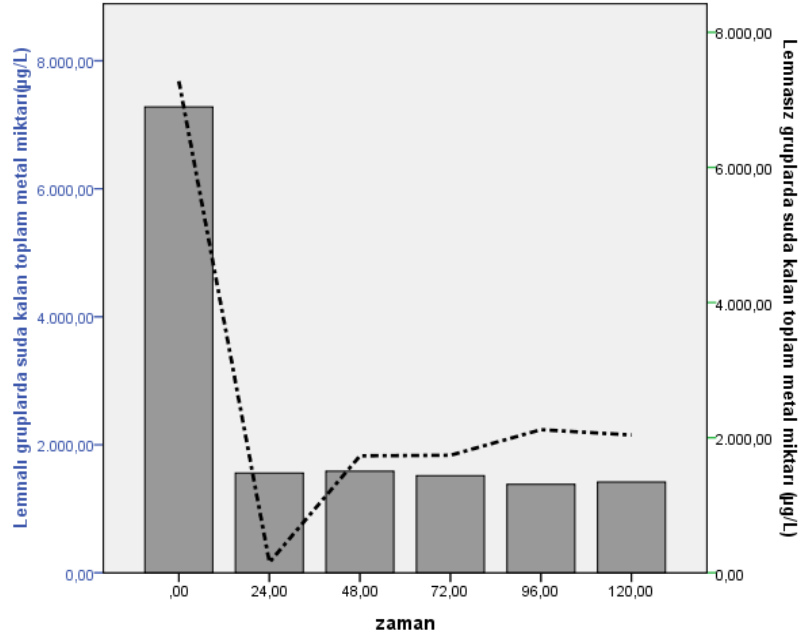
L.A: Limit altı değerler, Y:Yeniçağa Gölü, N: Nilüfer Çayı

D.Y: Değerlendirme yapılmamış değerler (Miktarları 1.0 ppb ve altında olan metaller, ortamda son derece az buldukları için değerlendirmeye alınmamışlardır).

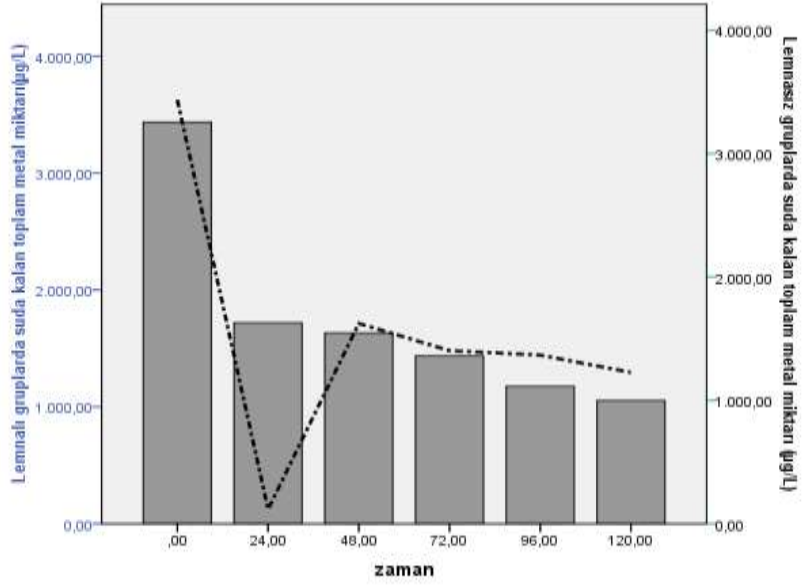
Farklı metal karışım oranlarına sahip test sularında *L. minor*'un başarısı tespit edilmeye çalışılmıştır. Deney 3 tekrarlı yapılmış olup 5 gün sürdürülmüş ve 24 saatte bir su örnekleri alınarak ICP cihazında analiz edilmiştir. Biyoremediasyon deneyi sonucunda *L. minor*'un çalışılan metalleri uzaklaştırma verimlilikleri hesaplanmış; Pb, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn, Al ve Fe'in nispeten daha iyi uzaklaştırıldığı belirlenmiştir. Bazı metallerin sudaki miktarları artış göstermiştir. Biyoremediasyon verileriyle birlikte metallerin çökme miktarları şekiller halinde verilmiştir (Şekil 4.1-4.9).



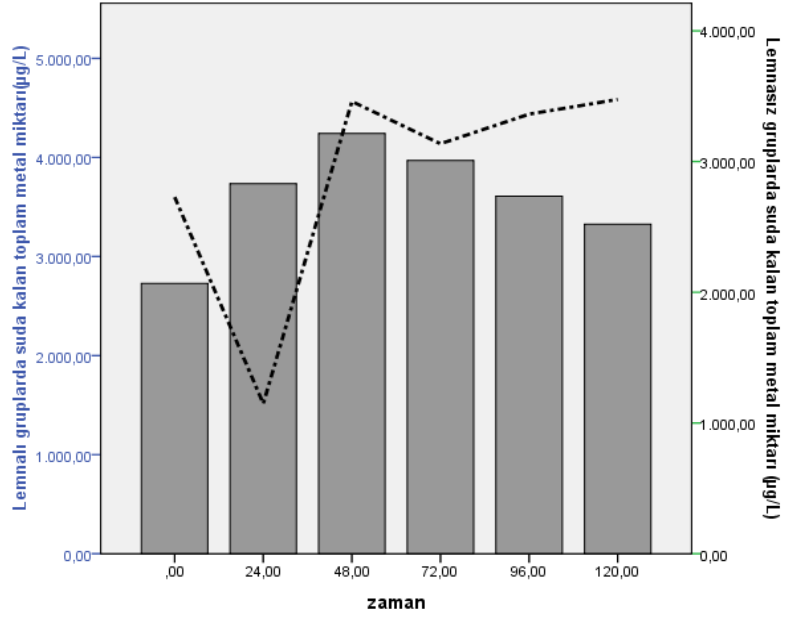
Şekil 4.1 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Yeniçağa 1. istasyon)



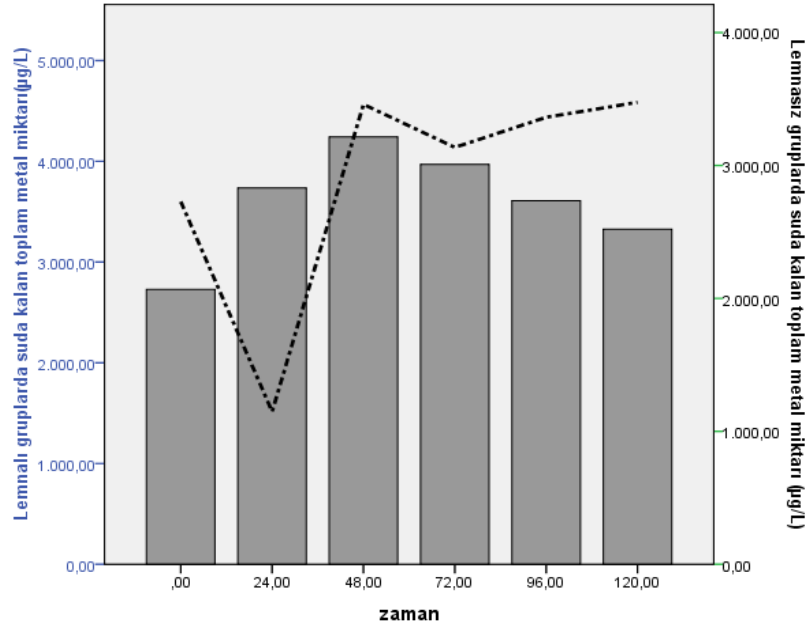
Şekil 4.2 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Yeniçağa 2. istasyon)



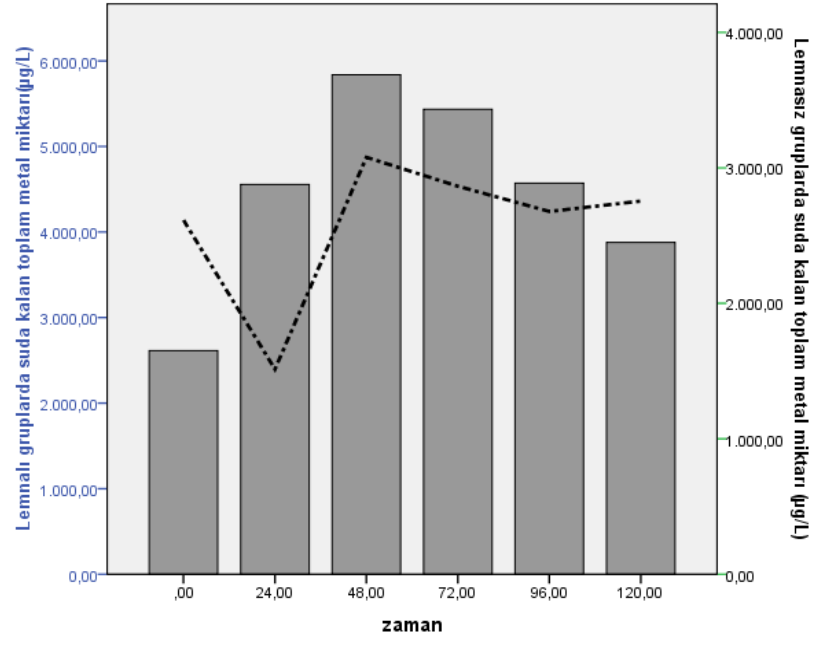
Şekil 4.3 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Yeniçağa 3. istasyon)



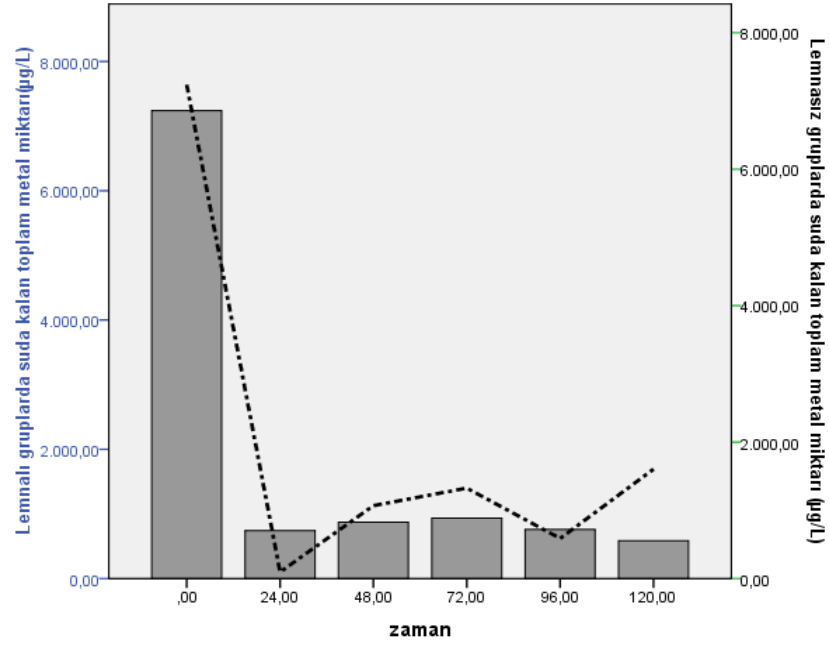
Şekil 4.4 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 1. istasyon)



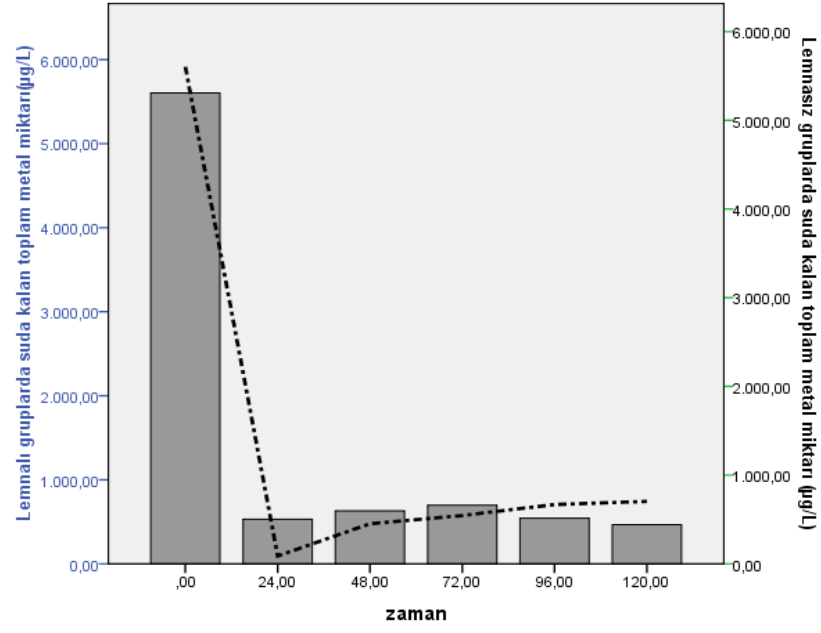
Şekil 4.5 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 2. istasyon)



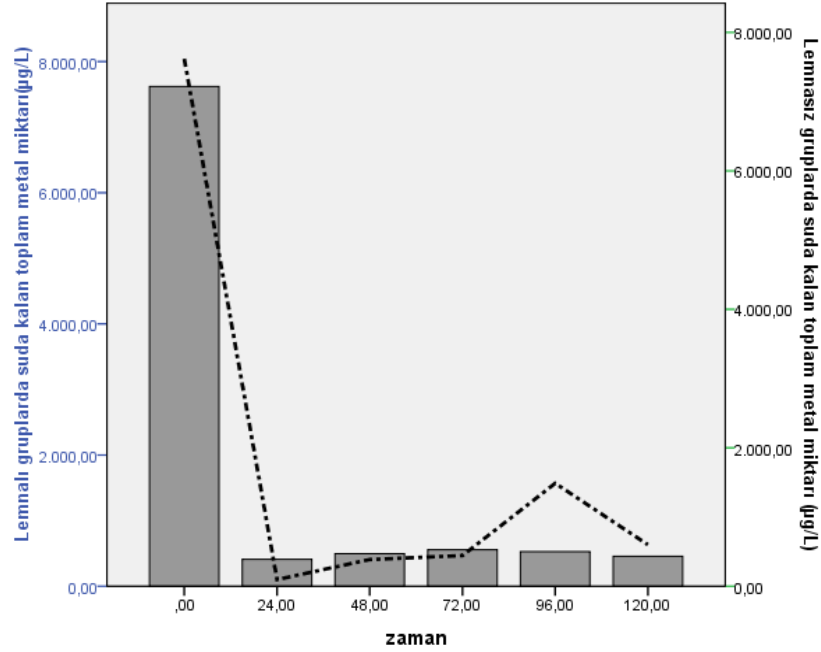
Şekil 4.6 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 3. istasyon)



Şekil 4.7 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 4. istasyon)



Şekil 4.8 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 5. istasyon)



Şekil 4.9 Biyoremediasyon ve çökme miktarları (Nilüfer Çayı 6. istasyon)

Toksisite deneyleri sonunda BCF faktörü, büyüme oranları ve biyomas azalma yüzdesi hesabı yapılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 *L.minor*'un büyüme oranları ve inhibisyon yüzdeleri

<b>İstasyonlar</b>	<b>Kontrol grubuna göre büyüme oranları</b>	<b>Büyüme oranı inhibisyon yüzdeleri(%)</b>
Nilüfer 1.ist	1,03	-3,19
Nilüfer 2.ist	1,04	-4,26
Nilüfer 3.ist	0,47	53,19
Yeniçağa 2.ist	0,96	4,26
Yeniçağa 3.ist	0,85	14,89
Nilüfer 1.ist (100 ppb)	1,08	-8,11
Nilüfer 1.ist (400 ppb)	1,19	-18,92
Nilüfer 1.ist (1600 ppb)	1,46	-45,95
Nilüfer 2.ist (100 ppb)	0,54	45,95
Nilüfer 2.ist (400 ppb)	0,62	37,84
Nilüfer 2.ist (1600 ppb)	0,30	70,27
Nilüfer 3.ist (100 ppb)	0,43	56,76
Nilüfer 3.ist (400 ppb)	0,41	59,46
Nilüfer 3.ist (1600 ppb)	0,62	37,84
Yeniçağa 2.ist (100 ppb)	2,65	-164,86
Yeniçağa 2.ist (400 ppb)	2,08	-108,11
Yeniçağa 2.ist (1600 ppb)	1,95	-94,59
Yeniçağa 3.ist (100 ppb)	1,62	-62,16
Yeniçağa 3.ist (400 ppb)	1,59	-59,46
Yeniçağa 3.ist (1600 ppb)	1,46	-45,95
Kültür100ppb	0,82	18,09
Kültür400ppb	0,73	26,60
Kültür1600ppb	0,50	50,00
Kontrol	1	-

Inhibisyon yüzdelerinin negatif çıkması, bu istasyonlarda kontrol grubuna göre daha fazla büyüme olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.6 *L.minor*'un BCF faktörleri

İstasyon	<sup>52</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>65</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>68</sup> Zn	<sup>208</sup> Pb
Yeniçağa 1.ist	113.28	541.68	10.34	58.64	52.41	18.62	17.86	24.36
Yeniçağa 2.ist	0.00	1.07	2.55	0.00	3.27	0.12	0.12	0.39
Yeniçağa 3.ist	0.00	0.00	2.10	0.00	6.41	0.17	0.18	1.70
Nilüfer 1.ist	0.10	4.13	1.11	11.14	13.00	7.14	7.09	7.98
Nilüfer 2.ist	0.38	2.86	0.66	1.34	3.65	6.06	6.09	35.74
Nilüfer 3.ist	0.22	2.45	0.52	7.22	16.36	3.66	3.71	25.66
Nilüfer 4.ist	1.37	0.97	1.77	0.37	14.68	0.46	0.46	10.09
Nilüfer 5.ist	104.28	0.00	7.68	0.58	22.44	0.42	0.43	2.87
Nilüfer 6.ist	22.65	0.00	86.49	1.29	47.59	0.20	0.21	4.82

### 4.3 İstatistiksel Analizler

#### 4.3.1 Birikim farkları

Arazilerde yapılan istasyonlar arası ağır metal birikim farkı olup olmadığına SPSS 17.0 istatistik programı kullanılarak bakılmıştır. Veriler az olduğundan ANOVA testi yerine Mann Whitney U testi uygulanmıştır. Testler %95'lik anlam düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Her bir arazi bölgesinin istasyonları arasındaki birikim farkları belirlenmiş olup, çizelgeler halinde verilmiştir (Çizelge 4.7- 4.8).

#### ➤ Su sonuçları

Çizelge 4.7 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-2.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>As</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	2.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	4,33	13,00
	2.istasyon	3	2,67	8,00
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	2,000	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,046	,050	,050	,050	,050	,046	,246	,046
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,400 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 2. istasyonları kıyaslandığında; Cd hariç diğer tüm metallere birikim farkı görülmektedir. Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo ve Pb birikimlerinin 2. istasyonda 1. istasyona göre; Ag'nin ise 1.istasyonda istatistiki olarak anlamlı olacak şekilde daha fazla birikim yaptığı görülmektedir.

Çizelge 4.8 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-3.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>As</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	3,17	9,50
	3.istasyon	3	3,83	11,50
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	3,500	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,050	,050	,050	,050	,037	,637	,050
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 3.istasyonları kıyaslandığında; Cd hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark gözlenmektedir. Ag birikiminin 1.istasyonda 3.istasyona göre, diğer metallerin ise, 3.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-4.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00
<b>As</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	4,50	13,50
	4.istasyon	3	2,50	7,50
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	1,500	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,050	,037	,121	,046
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 4.istasyonları kıyaslandığında; Cd hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark gözlenmektedir. Al, Ti, Mn, Fe, Zn ve Pb metallerinin 4.istasyonda 1.istasyona göre; Cr, Co, Ni, Cu, As, Mo ve Ag'nin ise 1.istasyonda 4.istasyona göre daha fazla birikim yaptığı görülmektedir.

Çizelge 4.10 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-5.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	5.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	5.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	5.istasyon	3	5,00	15,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,050	,050	,050	,050	,050	,037	,046	,046
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 5. istasyonları kıyaslandığında; tüm metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Al, Fe ve Pb metallerinin birikimi 5. istasyonda 1.istasyona göre daha fazla iken; diğerlerinde 1. istasyonda 5. istasyona göre daha fazla birikim gözlenmiştir.

Çizelge 4.11 Nilüfer Çayı'nın 1.ist-6.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	4,67	14,00
	6.istasyon	3	2,33	7,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	3,000	3,000	1,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,050	,050	,037	,046	,050	,507	,507	,127
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 6. istasyonları kıyaslandığında; Ag, Cd ve Pb hariç tüm metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. İstatistiki olarak anlamlı birikim farkı görülen tüm metallerin, 1.istasyondaki birikimlerinin 6. istasyona göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-3.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cr</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mn</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Fe</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ni</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cu</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Zn</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>As</b>	2.istasyon	3	3,50	10,50
	3.istasyon	3	3,50	10,50
<b>Mo</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ag</b>	2.istasyon	3	2,50	7,50
	3.istasyon	3	4,50	13,50
<b>Cd</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Pb</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	4,500	,000	1,500	,000	,000
Asymp. Sig.(2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,043	,050	,050	1,000	,050	,114	,043	,046
Exact Sig.[2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 2 ve 3.istasyonları kıyaslandığında; As ve Ag hariç diğer metaller arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Birikim farkı görülen tüm metallerin 3.istasyondaki birikimlerinin 2.istasyona göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-4.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	4.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	2.istasyon	3	3,00	9,00
	4.istasyon	3	4,00	12,00
<b>Co</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	2.istasyon	3	4,00	12,00
	4.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Pb</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	3,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	3,000	,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,513	,046	,046	,050	,050	,050	,050	,034	,317	,043
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 2 ve 4.istasyonları kıyaslandığında; Fe ve Cd hariç diğer metallerin birikimleri arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark gözlenmektedir. Al 4. istasyonda 2. istasyona göre daha fazla birikim yapmışken, diğer metaller 2. istasyonda daha fazla birikim yapmıştır.

Çizelge 4.14 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-5.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	5.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,043	,046	,050	,050	,050	,050	,034	,043	,043
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 2 ve 5.istasyonları kıyaslandığında; tüm metaller için istatistiki olarak anlamlı bir fark mevcuttur. Al 5. istasyonda 2. istasyona göre daha fazla birikim yapmışken, diğer metallerin birikimi 2.istasyonda daha fazladır.

Çizelge 4.15 Nilüfer Çayı'nın 2.ist-6.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	2.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Cd</b>	2.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Pb</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	3,000	3,000	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,043	,046	,050	,037	,046	,050	,500	,500	,046
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: ist

Nilüfer Çayı'nın 2 ve 6.istasyonları kıyaslandığında; Ag ve Cd hariç diğer metaller için istatistiki olarak anlamlı bir fark söz konusudur. Fark görülen tüm metallerin 2.istasyondaki birikimleri 6. istasyona göre daha fazla görülmektedir.

Çizelge 4.16 Nilüfer Çayı'nın 3.ist-4.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	3.istasyon	3	3,33	10,00
	4.istasyon	3	3,67	11,00
<b>Ti</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	4.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	4,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,827	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,050	,050	,050	,050	,025	,034	,046
ExactSig.[2*(1-tailed Sig.)]	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 3 ve 4. istasyonları kıyaslandığında; Al hariç diğer metaller için istatistiki olarak anlamlı bir fark söz konusudur. Fark görülen tüm metallerin 3. istasyondaki birikimlerinin 4. istasyona göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17 Nilüfer Çayı'nın 3.ist-5.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,046	,050	,050	,050	,050	,025	,043	,046
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: ist

Nilüfer Çayı'nın 3 ve 5. istasyonları kıyaslandığında; tüm metaller için istatistiki olarak anlamlı bir fark söz konusudur. Tüm metallerin 3.istasyondaki birikimlerinin 5. istasyona göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.18 Nilüfer Çayı'nın 3.ist-6.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	3.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Cd</b>	3.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Pb</b>	3.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	3,000	3,000	,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,046	,050	,037	,046	,050	,480	,500	,050
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 3 ve 6.istasyonları kıyaslandığında; Ag, Cd hariç diğer metaller için istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Fark görülen metaller 3.istasyonda, 6.istasyona göre daha fazla birikim yapmışlardır.

Çizelge 4.19 Nilüfer Çayı'nın 4.ist-5.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cu</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	4.istasyon	3	3,50	10,50
	5.istasyon	3	3,50	10,50
<b>Cd</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	5.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	4,500	,000	,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,050	,050	,050	,050	,050	1,000	,034	,043
ExactSig.[2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: ist

Nilüfer Çayı'nın 4 ve 5. istasyonları kıyaslandığında; Ag hariç diğer metallerin birikimleri arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Anlamlı fark görülen metaller 4. istasyonda 5. istasyona göre daha fazla birikim yapmıştır.

Çizelge 4.20 Nilüfer Çayı'nın 4.ist-6.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	4.istasyon	3	4,67	14,00
	6.istasyon	3	2,33	7,00
<b>Cu</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ag</b>	4.istasyon	3	3,00	9,00
	6.istasyon	3	4,00	12,00
<b>Cd</b>	4.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Pb</b>	4.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	1,000	,000	,000	,000	,000	3,000	3,000	,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,046	,127	,050	,037	,046	,050	,317	,480	,046
ExactSig.[2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 4 ve 6. istasyonları kıyaslandığında; Ni, Ag, Cd hariç diğer metaller arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark söz konusudur. Fark görülen metaller 4. istasyonda 6. istasyona göre daha fazla birikim yapmışlardır.

Çizelge 4.21 Nilüfer Çayı'nın 5.ist-6.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cr</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mn</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Co</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	5.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Cu</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Zn</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>As</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Mo</b>	5.istasyon	3	4,83	14,50
	6.istasyon	3	2,17	6,50
<b>Ag</b>	5.istasyon	3	3,00	9,00
	6.istasyon	3	4,00	12,00
<b>Cd</b>	5.istasyon	3	4,00	12,00
	6.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Pb</b>	5.istasyon	3	5,00	15,00
	6.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	,000	,000	,000	3,000	,000	,000	,000	,500	3,000	3,000	,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,050	,050	,050	,050	,050	,043	,513	,050	,037	,046	,077	,317	,500	,046
ExactSig.[2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Nilüfer Çayı'nın 5 ve 6. istasyonları kıyaslandığında; Ni, Mo, Ag ve Cd hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Metallerin 5. istasyondaki birikimleri 6. istasyona göre daha fazladır.

Çizelge 4.22 Yeniçağa Gölü'nün 1.ist-2.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	4,33	13,00
	2.istasyon	3	2,67	8,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	2.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	2.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	4,67	14,00
	2.istasyon	3	2,33	7,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	3,50	10,50
	2.istasyon	3	3,50	10,50
<b>As</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	2.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	2.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	2.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	2.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	2.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	2,000	,000	,000	3,000	3,000	1,000	4,500	,000	3,000	,000	,000	,000
Asymp.Sig.(2 tailed)	,050	,050	,275	,050	,050	,513	,513	,127	1,000	,050	,507	,046	,046	,050
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,400 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Yeniçağa Gölü'nün 1 ve 2. istasyonlardaki birikim farklarını kıyaslandığında; Cr, Co, Ni, Cu, Zn ve Mo hariç diğer metallere istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Cd ve Pb birikimleri 1. istasyonda 2. istasyona göre daha fazla iken, diğer metallerin 2. istasyondaki birikimleri daha fazla bulunmuştur.

Çizelge 4.23 Yeniçağa Gölü'nün 1.ist-3.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cr</b>	1.istasyon	3	2,67	8,00
	3.istasyon	3	4,33	13,00
<b>Mn</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Fe</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Co</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	3.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Ni</b>	1.istasyon	3	3,00	9,00
	3.istasyon	3	4,00	12,00
<b>Cu</b>	1.istasyon	3	4,33	13,00
	3.istasyon	3	2,67	8,00
<b>Zn</b>	1.istasyon	3	3,50	10,50
	3.istasyon	3	3,50	10,50
<b>As</b>	1.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mo</b>	1.istasyon	3	4,00	12,00
	3.istasyon	3	3,00	9,00
<b>Ag</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Cd</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Pb</b>	1.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	2,000	,000	,000	3,000	3,000	2,000	4,500	,000	3,000	,000	,000	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,050	,275	,050	,050	,513	,513	,275	1,000	,050	,507	,037	,046	,050
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,400 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,400 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,700 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Yeniçağa Gölü'nün 1 ve 3. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Cr, Co, Ni, Cu, Zn ve Mo hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir.

Al, Ag, Cd ve Pb 1. istasyonda 3. istasyona göre; Ti, Mn, Fe ve As ise, 3.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla birikim yapmıştır.

Çizelge 4.24 Yeniçağa Gölü'nün 2.ist-3.ist arasındaki birikim farkı

	İstasyon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ti</b>	2.istasyon	3	4,67	14,00
	3.istasyon	3	2,33	7,00
<b>Cr</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mn</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Fe</b>	2.istasyon	3	4,67	14,00
	3.istasyon	3	2,33	7,00
<b>Co</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00
<b>Ni</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Cu</b>	2.istasyon	3	2,67	8,00
	3.istasyon	3	4,33	13,00
<b>Zn</b>	2.istasyon	3	3,50	10,50
	3.istasyon	3	3,50	10,50
<b>As</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Mo</b>	2.istasyon	3	2,00	6,00
	3.istasyon	3	5,00	15,00
<b>Ag</b>	2.istasyon	3	4,50	13,50
	3.istasyon	3	2,50	7,50
<b>Cd</b>	2.istasyon	3	3,50	10,50
	3.istasyon	3	3,50	10,50
<b>Pb</b>	2.istasyon	3	5,00	15,00
	3.istasyon	3	2,00	6,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	1,000	,000	,000	1,000	,000	,000	2,000	4,500	,000	,000	1,500	4,500	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,050	,127	,050	,050	,127	,050	,050	,275	1,000	,050	,043	,114	1,000	,050
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,100 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,400 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>	,200 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>	,100 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

Yeniçağa Gölü'nün 2 ve 3. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Ti, Fe, Cu, Zn, Ag ve Cd hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Al, Mn, Co ve Pb birikimleri 2.istasyonda 3. istasyona göre; Cr, Ni, As, Mo birikimi 3. istasyonda 2. istasyona göre daha fazla görülmektedir.

Çizelge 4.25 Nilüfer Çayı'nın kirli bölümü ile temiz bölümü arasındaki birikim farkı

	Su_sistemleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	Nil_kirli	9	9,00	81,00
	Nil_temiz	6	6,50	39,00
<b>Ti</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Cr</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Mn</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Fe</b>	Nil_kirli	9	10,00	90,00
	Nil_temiz	6	5,00	30,00
<b>Co</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Ni</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Cu</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Zn</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>As</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Mo</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Nil_temiz	6	3,50	21,00
<b>Ag</b>	Nil_kirli	9	10,00	90,00
	Nil_temiz	6	5,00	30,00
<b>Cd</b>	Nil_kirli	9	10,00	90,00
	Nil_temiz	6	5,00	30,00
<b>Pb</b>	Nil_kirli	9	9,89	89,00
	Nil_temiz	6	5,17	31,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	18,000	,000	,000	,000	9,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	9,000	9,000	10,000
Asymp.Sig. (2-tailed)	,289	,001	,001	,001	,034	,001	,001	,001	,001	,001	,001	,029	,032	,045
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,328 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,036 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,036 <sup>a</sup>	,036 <sup>a</sup>	,050 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: su sistemleri

Nilüfer Çayı'nın sanayi çıkışından yani en kirli bölümünden alınan su örnekleriyle daha temiz kısmında yapılan örneklerin de birikim farkları incelenmiştir. 4.istasyon arıtma çıkış olduğu için değerlendirilmeye katılmamıştır. Nilüfer Çayı'nın kirli ve nispeten daha temiz kısmı kıyaslandığında, Al hariç diğer tüm metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Fark görülen tüm metallerin Nilüfer Çayı'nın kirli kısmı diye nitelendirdiğimiz istasyonlarda (1-2-3. istasyonlar) nispeten temiz olan istasyonlara (5-6.istasyon) göre daha fazla birikim yaptığı görülmektedir.

Çizelge 4.26 Nilüfer Çayı'nın kirli bölümü ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki birikim farkı

	<b>Su sistemleri</b>	<b>N</b>	<b>Mean Rank</b>	<b>Sum of Ranks</b>
<b>Al</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>Ti</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>Cr</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>Mn</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Yeniçağa	9	8,00	72,00
<b>Fe</b>	Nil_kirli	9	9,00	81,00
	Yeniçağa	9	10,00	90,00
<b>Co</b>	Nil_kirli	9	13,67	123,00
	Yeniçağa	9	5,33	48,00
<b>Ni</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>Cu</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>Zn</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>As</b>	Nil_kirli	9	6,00	54,00
	Yeniçağa	9	13,00	117,00
<b>Mo</b>	Nil_kirli	9	14,00	126,00
	Yeniçağa	9	5,00	45,00
<b>Ag</b>	Nil_kirli	9	11,33	102,00
	Yeniçağa	9	7,67	69,00
<b>Cd</b>	Nil_kirli	9	11,00	99,00
	Yeniçağa	9	8,00	72,00
<b>Pb</b>	Nil_kirli	9	11,33	102,00
	Yeniçağa	9	7,67	69,00

Çizelge 4.26 Nilüfer Çayı'nın kirli bölümü ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki birikim farkı(devam)

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	,000	,000	,000	27,00	36,00	3,00	,000	,000	,000	9,00	,000	24,00	27,00	24,00
Asymp.Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,233	,691	,001	,000	,000	,000	,005	,000	,137	,228	,145
ExactSig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,258 <sup>a</sup>	,730 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,004 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,161 <sup>a</sup>	,258 <sup>a</sup>	,161 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: su sistemleri

Nilüfer Çayı'nın kirli kısmı ve Yeniçağa Gölü'nün istasyonları kıyaslandığında ise; Mn, Fe, Ag, Cd ve Pb hariç diğer tüm metaller için istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. As, Yeniçağa Gölü'nde Nilüfer Çayı'nın kirli olarak nitelendirilen istasyonlarına göre daha fazla birikim yapmıştır.

Nilüfer Çayı'nın daha temiz istasyonlarıyla Yeniçağa Gölü karşılaştırıldığında; Al, Ti, Fe, Zn, As, Mo metallerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark söz konusudur. Al, Zn birikimleri Nilüfer Çayı'nın temiz kısmında Yeniçağa Gölü'ne göre daha fazla iken, Ti, Fe, As ve Mo metallerinin ise Yeniçağa Gölü'nde Nilüfer Çayı'nın temiz kısmına göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.27 Nilüfer Çayı'nın temiz bölümü ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki birikim farkı

	Su_sistemleri	N	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Al</b>	Nil_temiz	6	11,00	66,00
	Yeniçağa	9	6,00	54,00
<b>Ti</b>	Nil_temiz	6	4,50	27,00
	Yeniçağa	9	10,33	93,00
<b>Cr</b>	Nil_temiz	6	8,75	52,50
	Yeniçağa	9	7,50	67,50
<b>Mn</b>	Nil_temiz	6	6,92	41,50
	Yeniçağa	9	8,72	78,50
<b>Fe</b>	Nil_temiz	6	5,00	30,00
	Yeniçağa	9	10,00	90,00
<b>Co</b>	Nil_temiz	6	5,50	33,00
	Yeniçağa	9	9,67	87,00
<b>Ni</b>	Nil_temiz	6	9,50	57,00
	Yeniçağa	9	7,00	63,00
<b>Cu</b>	Nil_temiz	6	8,92	53,50
	Yeniçağa	9	7,39	66,50
<b>Zn</b>	Nil_temiz	6	10,25	61,50
	Yeniçağa	9	6,50	58,50
<b>As</b>	Nil_temiz	6	3,50	21,00
	Yeniçağa	9	11,00	99,00
<b>Mo</b>	Nil_temiz	6	3,50	21,00
	Yeniçağa	9	11,00	99,00
<b>Ag</b>	Nil_temiz	6	6,33	38,00
	Yeniçağa	9	9,11	82,00
<b>Cd</b>	Nil_temiz	6	8,83	53,00
	Yeniçağa	9	7,44	67,00
<b>Pb</b>	Nil_temiz	6	8,00	48,00
	Yeniçağa	9	8,00	72,00

Test Statistics<sup>b</sup>

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
Mann-Whitney U	9,000	6,000	22,50	20,500	9,000	12,000	18,00	21,500	13,500	,000	,000	17,000	22,000	27,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	,034	,013	,596	,443	,034	,077	,289	,516	,023	,001	,001	,183	,542	1,000
ExactSig. [2*(1-tailed Sig.)]	,036 <sup>a</sup>	,012 <sup>a</sup>	,607 <sup>a</sup>	,456 <sup>a</sup>	,036 <sup>a</sup>	,088 <sup>a</sup>	,328 <sup>a</sup>	,529 <sup>a</sup>	,113 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,272 <sup>a</sup>	,607 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: su sistemleri

➤ **Sediment sonuçları**

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 2.istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Mg, Ti, Na, Mn, Ba, Cr ve Cu hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. K, S, Zn, P, F, Cl, Ni ve As birikimleri 2.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla iken, diğer fark görülen metallerin 1.istasyondaki birikimleri daha fazla bulunmuştur. Nilüfer Çayı'nın 1 ve 3. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; sadece Al ve K'da istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Al ve K'nın birikimleri 3.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı'nın 1 ve 4. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; sadece Ca, K ve Cu'da istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, K ve Cu'nun birikimleri 4.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28 Nilüfer Çayı sediment örneklerinde istasyonlar arası metal birikim farkları

Element	İstasyon(p<0.05)
Ca	1>2, 4>1, 5>1, 3>1, 4>2, 5>2, 6>2, 5>3, 3>6, 4>6, 5>6
Fe	1>2, 6>1, 3>1, 3>2, 4>2, 5>2, 6>2, 3>5, 6>3, 4>5, 6>4, 6>5
Al	1>2, 3>1, 6>1, 3>2, 4>2, 5>2, 6>2, 3>5, 6>3, 4>5, 6>4, 6>5
Mg	6>1, 2>4, 2>5, 6>2, 3>4, 3>5, 6>3, 6>4, 6>5
K	2>1, 3>1, 4>1, 5>1, 6>1, 3>2, 4>2, 5>2, 6>2, 5>3, 6>3, 5>4, 6>4
Ti	6>1, 6>2, 6>3, 6>4, 6>5,
S	2>1, 1>6, 2>3, 2>4, 2>5, 2>6, 3>6, 4>6,5>6
Zn	2>1, 1>6, 2>3, 2>4, 2>5, 2>6,3>5, 3>6, 4>6
Na	6>1, 3>2, 4>2, 5>2, 6>2, 6>3, 6>4, 6>5
P	2>1, 1>6, 2>3, 2>6, 3>6, 4>6, 5>6
Mn	2>5, 3>5, 4>5
Ba	2>4, 2>6, 3>6
F	2>1, 2>3, 2>4, 2>5, 2>6
Cr	1>6, 2>5, 2>6, 3>5, 3>6, 4>6
Cl	2>1, 1>5, 1>6, 2>3, 2>5, 2>6, 3>5, 3>6, 4>6, 5>6
Ni	2>1, 2>3, 2>4, 2>5, 2>6, 3>6, 4>6
Cu	4>1, 4>2, 4>3
As	2>1, 2>3, 2>4, 2>5, 2>6

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 5. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; sadece Ca, K ve Cl'de istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca ve K birikimleri 5.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla iken, Cl'un birikimi 1.istasyonda daha fazla bulunmuştur.

Nilüfer Çayı'nın 1 ve 6. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Ca, Mn, Ba, F, Ni, Cu ve As hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Fe, Al, Mg, K,Ti ve Na'nın birikimleri 6.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla iken, S, Zn, P, Cr, Cl'un 1.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 2 ve 3. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Mg, Ti, Mn, Ba, Cr ve Cu hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, Fe, Al, K ve Na birikimleri 3.istasyonda 2.istasyona göre daha fazla iken; fark görülen diğer metaller 2.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı'nın 2 ve 4. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Ti, P, Mn, Cr, Cl hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, Fe, Al, K, Na ve Cu birikimleri 4.istasyonda 2.istasyona göre daha fazla iken; fark görülen diğer metaller 2.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı'nın 2 ve 5. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Ti, P, Ba, Cu hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, Fe, Al, K, Na birikimleri 5.istasyonda 2.istasyona göre daha fazla iken; fark görülen diğer metaller 2.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı'nın 2 ve 6. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Mn ve Cu hariç diğer metallerde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. S, Zn, P, Ba, F, Cr, Cl, Ni ve As birikimleri 2.istasyonda 6.istasyona göre daha fazla iken; fark görülen diğer metaller 6.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 3 ve 4. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; sadece Mg ve Cu birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Mg birikimi 3.istasyonda 4.istasyona göre daha fazla iken; Cu ise 4.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 3 ve 5. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Ti, S, Na, P, Ba, F, Ni, Cu, As hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca ve K birikimleri 5.istasyonda 3.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 3.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 3 ve 6. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Mn, F, Cu ve As hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, S, Zn, P, Ba, Cr, Cl ve Ni birikimleri 3.istasyonda 6.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 6.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 4 ve 5. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; sadece Fe, Al, K ve Mn birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. K birikimi 5.istasyonda 4.istasyona göre daha fazla iken; diğer metaller 4.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 4 ve 6. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Mn, Ba, F, Cu ve As hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, S, Zn, P, Cr, Cl, Ni birikimleri 4.istasyonda 6.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 6.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın 5 ve 6. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; K, Zn, Mn, Ba, F, Cr, Ni, Cu ve As hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, S, P ve Cl birikimleri 5.istasyonda 6.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 6.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Yeniçağa Gölü'nün 1 ve 2. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Fe, Al, Ba, F, Cr, Ni ve As hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, Ti, S, Zn, P, Cl ve Cu birikimleri 2.istasyonda 1.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 1.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29 Yeniçağa Gölü sediment örneklerinde istasyonlar arası metal birikim farkları

Element	İstasyon(p<0.05)	Element	İstasyon(p<0.05)
<b>Ca</b>	2>1, 2>3	<b>P</b>	2>1, 3>1,
<b>Fe</b>	3>2	<b>Mn</b>	1>2, 1>3,
<b>Al</b>	3>1, 3>2	<b>Ba</b>	-
<b>Mg</b>	1>2, 1>3, 2>3	<b>F</b>	-
<b>K</b>	1>2, 1>3, 3>2	<b>Cr</b>	1>3, 2>3
<b>Ti</b>	2>1, 3>1, 3>2	<b>Cl</b>	2>1, 3>1, 2>3
<b>S</b>	2>1, 3>1, 2>3	<b>Ni</b>	1>3, 2>3
<b>Zn</b>	2>1, 3>1, 2>3	<b>Cu</b>	2>1, 1>3, 2>3
<b>Na</b>	1>2, 3>1, 3>2	<b>As</b>	3>1, 3>2

Yeniçağa Gölü'nün 1 ve 3. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; Ca, Fe, Ba ve F hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Mg, K, Mn, Cr, Ni, ve Cu birikimleri 1.istasyonda 3.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 3.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Yeniçağa Gölü'nün 2 ve 3. istasyonlardaki birikim farkları kıyaslandığında; P, Mn, Ba ve F hariç diğer metallerin birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Ca, Mg, S, Zn, Cr, Cl, Ni ve Cu birikimleri 2.istasyonda 3.istasyona göre daha fazla iken; diğer fark görülen metaller 3.istasyonda daha fazla tespit edilmiştir.

Çizelge 4.30 Nilüfer Çayı'nın kirli ve temiz kısmı arasındaki metal birikim farkı (sediment)

İstasyon	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Ca</b> Nilüfer kirli	6,67	60,00
Nilüfer temiz	10,00	60,00
<b>Fe</b> Nilüfer kirli	6,67	60,00
Nilüfer temiz	10,00	60,00
<b>Al</b> Nilüfer kirli	6,33	57,00
Nilüfer temiz	10,50	63,00
<b>Mg</b> Nilüfer kirli	7,89	71,00
Nilüfer temiz	8,17	49,00
<b>K</b> Nilüfer kirli	5,00	45,00
Nilüfer temiz	12,50	75,00
<b>Ti</b> Nilüfer kirli	6,78	61,00
Nilüfer temiz	9,83	59,00
<b>S</b> Nilüfer kirli	10,33	93,00
Nilüfer temiz	4,50	27,00
<b>Zn</b> Nilüfer kirli	10,89	98,00
Nilüfer temiz	3,67	22,00
<b>Na</b> Nilüfer kirli	5,44	49,00
Nilüfer temiz	11,83	71,00
<b>P</b> Nilüfer kirli	9,56	86,00
Nilüfer temiz	5,67	34,00
<b>Mn</b> Nilüfer kirli	8,56	77,00
Nilüfer temiz	7,17	43,00
<b>Ba</b> Nilüfer kirli	9,89	89,00
Nilüfer temiz	5,17	31,00
<b>F</b> Nilüfer kirli	9,33	84,00
Nilüfer temiz	6,00	36,00
<b>Cr</b> Nilüfer kirli	10,89	98,00
Nilüfer temiz	3,67	22,00
<b>Cl</b> Nilüfer kirli	11,00	99,00
Nilüfer temiz	3,50	21,00
<b>Ni</b> Nilüfer kirli	10,44	94,00
Nilüfer temiz	4,33	26,00
<b>Cu</b> Nilüfer kirli	8,67	78,00
Nilüfer temiz	7,00	42,00
<b>As</b> Nilüfer kirli	9,00	81,00
Nilüfer temiz	6,50	39,00

Çizelge 4.30 Nilüfer Çayı'nın kirli ve temiz kısmı arasındaki metal birikim farkı (sediment)(devam)

Test Statistics <sup>b</sup>																		
	Ca	Fe	Al	Mg	K	Ti	S	Zn	Na	P	Mn	Ba	F	Cr	Cl	Ni	Cu	As
MWU	15,00	15,00	12,00	26,00	,00	16,00	6,000	1,00	4,00	13,00	22,00	10,00	15,00	1,00	,00	5,00	21,00	18,00
Sig. (2-tailed)	,156	,156	,076	,906	,001	,193	,013	,002	,007	,098	,554	,044	,068	,002	,001	,009	,477	,127
Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,181 <sup>a</sup>	,181 <sup>a</sup>	,088 <sup>a</sup>	,955 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,224 <sup>a</sup>	,012 <sup>a</sup>	,001 <sup>a</sup>	,005 <sup>a</sup>	,113 <sup>a</sup>	,607 <sup>a</sup>	,050 <sup>a</sup>	,181 <sup>a</sup>	,001 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,008 <sup>a</sup>	,529 <sup>a</sup>	,328 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

MWU: Mann Whitney-U

Nilüfer Çayı'nın nispeten daha kirli ve temiz istasyonları arasındaki birikim farkları karşılaştırıldığında; K, S, Zn, Na, Ba, Cr, Cl, Ni birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. S, Zn, Ba, Cr, Cl ve Ni birikimleri kirli olan istasyonlarda temiz istasyonlara göre daha fazla tespit edilmiştir.

Nilüfer Çayı'nın tüm istasyonları ile Yeniçağa Gölü sediment örnekleri arasındaki birikim farkları karşılaştırıldığında; Mg, Ti, Zn, Na, P, Ba, Cr, Ni ve Cu birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmektedir. Na birikimi Yeniçağa Gölü'nde Nilüfer Çayı istasyonlarına göre daha fazla iken, fark görülen diğer tüm metaller Nilüfer Çayı'nda daha fazla tespit edilmiştir.

Çizelge 4.31 Nilüfer Çayı ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki metal birikim farkı (sediment)

İstasyon	Mean Rank	Sum of Ranks
<b>Ca</b> Nilüfer	12,94	233,00
Yeniçağa	16,11	145,00
<b>Fe</b> Nilüfer	15,67	282,00
Yeniçağa	10,67	96,00
<b>Al</b> Nilüfer	14,61	263,00
Yeniçağa	12,78	115,00
<b>Mg</b> Nilüfer	18,17	327,00
Yeniçağa	5,67	51,00
<b>K</b> Nilüfer	15,94	287,00
Yeniçağa	10,11	91,00
<b>Ti</b> Nilüfer	17,33	312,00
Yeniçağa	7,33	66,00
<b>S</b> Nilüfer	15,39	277,00
Yeniçağa	11,22	101,00
<b>Zn</b> Nilüfer	17,39	313,00
Yeniçağa	7,22	65,00
<b>Na</b> Nilüfer	9,50	171,00
Yeniçağa	23,00	207,00
<b>P</b> Nilüfer	16,50	297,00
Yeniçağa	9,00	81,00
<b>Mn</b> Nilüfer	15,11	272,00
Yeniçağa	11,78	106,00
<b>Ba</b> Nilüfer	16,14	290,50
Yeniçağa	9,72	87,50
<b>F</b> Nilüfer	15,00	270,00
Yeniçağa	12,00	108,00
<b>Cr</b> Nilüfer	17,67	318,00
Yeniçağa	6,67	60,00
<b>Cl</b> Nilüfer	13,28	239,00
Yeniçağa	15,44	139,00
<b>Ni</b> Nilüfer	17,78	320,00
Yeniçağa	6,44	58,00
<b>Cu</b> Nilüfer	17,56	316,00
Yeniçağa	6,89	62,00
<b>As</b> Nilüfer	13,00	234,00
Yeniçağa	16,00	144,00

Çizelge 4.31 Nilüfer Çayı ile Yeniçağa Gölü istasyonları arasındaki metal birikim farkı (sediment)(devam)

Test Statistics <sup>b</sup>																		
	Ca	Fe	Al	Mg	K	Ti	S	Zn	Na	P	Mn	Ba	F	Cr	Cl	Ni	Cu	As
MWU	62,00	51,00	70,00	6,00	46,00	21,00	56,00	20,00	,00	36,00	61,00	42,50	63,00	15,00	68,00	13,00	17,00	63,00
Sig. (2-tailed)	,328	,123	,571	,000	,072	,002	,198	,002	,000	,021	,303	,048	,134	,001	,502	,000	,001	,203
Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,348 <sup>a</sup>	,131 <sup>a</sup>	,596 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,076 <sup>a</sup>	,001 <sup>a</sup>	,212 <sup>a</sup>	,001 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,020 <sup>a</sup>	,322 <sup>a</sup>	,046 <sup>a</sup>	,375 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,527 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,375 <sup>a</sup>

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: istasyon

MWU: Mann Whitney-U

### 4.3.2 Korelasyon

Korelasyon analizi, iki bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi gözlemlemek için kullanılan etkili bir istatistiksel yöntemdir. Arazi bölgelerinden (Nilüfer Çayı ve Yeniçağa Gölü) alınan su ve sediment örneklerindeki metal miktarları ile su mercimeklerinde absorblanan metal miktarı arasında korelasyon olup olmadığı incelenmiştir.

Bu analiz için öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Veri sayısı az olduğundan Shapiro Wilk's testi kullanılmıştır. Anlamlılık ölçütü olarak  $P < 0.05$  ve  $P < 0.01$  kullanılmıştır. (P değeri 0.05'ten küçük olanların dağılımı normal değildir yani nonparametrik). Normallik grafiği incelendikten sonra, parametrik veri setleri Pearson testi, parametrik olmayan veri setleri ise Spearman Testi ile değerlendirilmiştir.

#### ➤ Su sonuçları

**Mn:** Al ve Cd ile pozitif yönde orta; As ile pozitif yönde yüksek; Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Fe:** Ni ve As ile pozitif yönde orta; Al, Ti, Cr, Co, Cu, Zn, Mo ile pozitif yönde yüksek; Mn ve P bile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Co:** Cd ile pozitif yönde orta; Fe ve P bile pozitif yönde yüksek; Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ni:** Cd ile pozitif yönde orta; Ti, Zn, As, Pb ile pozitif yönde yüksek; Cr, Mn, Co, Cu ve Mo ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cu:** Cd ile pozitif yönde orta; Fe ve P bile pozitif yönde yüksek; Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As ve Mo ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Zn:** Al ile pozitif yönde orta; Fe, Ni, As ile pozitif yönde yüksek; Ti, Cr, Mn, Co, Cu, Mo, Pb ile çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**As:** Fe ve Cd ile pozitif yönde orta; Ti, Mn, Ni, Zn, Pb ile pozitif yönde yüksek; Cr, Co, Cu, Mo ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mo:** Cd ile pozitif yönde orta; Fe ve P bile pozitif yönde yüksek; Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ag:** Cr, Co, Cu, As ve Mo ile pozitif yönde zayıf; Cd ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cd:** Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, As, Mo ile pozitif yönde orta; Ag ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Pb:** Al, Cr, Co, Ni, Cu, As ve Mo ile pozitif yönde yüksek; Ti, Mn, Fe, Zn ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

Çizelge 4.32 Nilüfer Çayı su örneklerinde bulunan metal miktarları arasındaki korelasyon analizi

	Al	Ti	Cr	Mn	F	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Ag	Cd	Pb
<b>Al</b>	1													
<b>Ti</b>	,657 <sup>a</sup>	1												
<b>Cr</b>	,449	,930 <sup>a</sup>	1											
<b>Mn</b>	,657 <sup>a</sup>	,990 <sup>a</sup>	,938 <sup>a</sup>	1										
<b>Fe</b>	,878 <sup>a</sup>	,897 <sup>a</sup>	,750 <sup>a</sup>	,901 <sup>a</sup>	1									
<b>Co</b>	,441	,928 <sup>a</sup>	,980 <sup>a</sup>	,926 <sup>a</sup>	,728 <sup>a</sup>	1								
<b>Ni</b>	,371	,892 <sup>a</sup>	,949 <sup>a</sup>	,902 <sup>a</sup>	,699 <sup>a</sup>	,938 <sup>a</sup>	1							
<b>Cu</b>	,432	,924 <sup>a</sup>	,983 <sup>a</sup>	,930 <sup>a</sup>	,732 <sup>a</sup>	,993 <sup>a</sup>	,948 <sup>a</sup>	1						
<b>Zn</b>	,636 <sup>a</sup>	,983 <sup>a</sup>	,940 <sup>a</sup>	,990 <sup>a</sup>	,888 <sup>a</sup>	,927 <sup>a</sup>	,893 <sup>a</sup>	,932 <sup>a</sup>	1					
<b>As</b>	,371	,895 <sup>a</sup>	,933 <sup>a</sup>	,881 <sup>a</sup>	,684 <sup>a</sup>	,967 <sup>a</sup>	,897 <sup>a</sup>	,958 <sup>a</sup>	,880 <sup>a</sup>	1				
<b>Mo</b>	,427	,921 <sup>a</sup>	,977 <sup>a</sup>	,919 <sup>a</sup>	,732 <sup>a</sup>	,977 <sup>a</sup>	,940 <sup>a</sup>	,977 <sup>a</sup>	,924 <sup>a</sup>	,959 <sup>a</sup>	1			
<b>Ag</b>	-,280	,268	,485 <sup>b</sup>	,260	-,041	,498 <sup>b</sup>	,458	,491 <sup>b</sup>	,231	,478 <sup>b</sup>	,495 <sup>b</sup>	1		
<b>Cd</b>	,134	,511 <sup>b</sup>	,592 <sup>a</sup>	,506 <sup>b</sup>	,315	,604 <sup>a</sup>	,535 <sup>b</sup>	,599 <sup>a</sup>	,473 <sup>b</sup>	,580 <sup>b</sup>	,630 <sup>a</sup>	,818 <sup>a</sup>	1	
<b>Pb</b>	,757 <sup>a</sup>	,917 <sup>a</sup>	,796 <sup>a</sup>	,915 <sup>a</sup>	,942 <sup>a</sup>	,797 <sup>a</sup>	,734 <sup>a</sup>	,791 <sup>a</sup>	,911 <sup>a</sup>	,779 <sup>a</sup>	,806 <sup>a</sup>	,034	,379	1

a %99 anlam düzeyi (\*\*)

b %95 anlam düzeyi (\*)

Çizelge 4.33 Yeniçağa Gölü su örneklerinde bulunan metal miktarları arasındaki korelasyon analizi

	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Mo	Ag	Cd	Pb
<b>Al</b>	1												
<b>Ti</b>	,400	1											
<b>Cr</b>	-,567	-,033	1										
<b>Mn</b>	,517	,883 <sup>a</sup>	-,267	1									
<b>Fe</b>	,383	,883 <sup>a</sup>	-,150	,950 <sup>a</sup>	1								
<b>Co</b>	,633	,067	,050	,183	,133	1							
<b>Ni</b>	-,483	-,033	,692 <sup>b</sup>	-,150	-,017	,233	1						
<b>Cu</b>	-,100	-,533	,500	-,433	-,400	,533	,517	1					
<b>As</b>	-,367	,517	,450	,533	,583	-,250	,433	-,067	1				
<b>Mo</b>	-,269	-,261	,765 <sup>b</sup>	-,269	-,235	,538	,840 <sup>a</sup>	,790 <sup>b</sup>	,185	1			
<b>Ag</b>	,280	-,586	-,262	-,533	-,586	,463	-,140	,280	-,901 <sup>a</sup>	,176	1		
<b>Cd</b>	,035	-,673 <sup>b</sup>	,052	-,673 <sup>b</sup>	-,778 <sup>b</sup>	,324	,087	,402	-,726 <sup>b</sup>	,379	,872 <sup>a</sup>	1	
<b>Pb</b>	,550	-,450	-,217	-,383	-,467	,633	-,183	,500	-,817 <sup>a</sup>	,185	,831 <sup>a</sup>	,743 <sup>b</sup>	1

a %99 anlam düzeyi (\*\*)

b %95 anlam düzeyi (\*)

**Ti:** Cd ile negatif yönde orta; Mn ve Fe ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cr:** Ni ile pozitif yönde orta; Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mn:** Cd ile negatif yönde orta; Mn ve Fe ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Fe:** Cd ile negatif yönde yüksek; Ti ile pozitif yönde yüksek; Mn ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ni:** Cr ile pozitif yönde orta; Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cu:** Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**As:** Cd ve Pb ile negatif yönde yüksek; Ag ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mo:** Cr ve Cu ile pozitif yönde orta; Ni ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ag:** Cd ve Pb ile pozitif yönde yüksek; As ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cd:** Ti ve Mn ile negatif yönde orta; Fe ve As ile negatif yönde yüksek; Pb ile pozitif yönde orta; Ag ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Pb:** Cd ve Ag ile pozitif yönde yüksek; As ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

➤ **Sediment sonuçları**

Çizelge 4.34 Nilüfer Çayı sediment örnekleri korelasyon analizi

	Ca	Fe	Al	Mg	K	Ti	S	Zn	Na	P	Mn	Ba	F	Cr	Cl	Ni	Cu	As
<b>Ca</b>	1																	
<b>Fe</b>	-,28	1																
<b>Al</b>	-,12	,87 <sup>a</sup>	1															
<b>Mg</b>	-,64 <sup>a</sup>	,8 <sup>a</sup>	,63 <sup>a</sup>	1														
<b>K</b>	,37	,14	,35	-,12	1													
<b>Ti</b>	-,24	,68 <sup>a</sup>	,73 <sup>a</sup>	,72 <sup>a</sup>	,27	1												
<b>S</b>	,18	-,43	-,50 <sup>b</sup>	-,11	-,49	-,14	1											
<b>Zn</b>	-,19	-,02	-,20	,28	-,81 <sup>a</sup>	,01	,78 <sup>a</sup>	1										
<b>Na</b>	,13	,41	,43	,22	,69 <sup>a</sup>	,26	-,61 <sup>b</sup>	-,64 <sup>a</sup>	1									
<b>P</b>	,49	-,46	-,34	-,28	-,23	-,06	,86 <sup>a</sup>	,44	-,49	1								
<b>Mn</b>	-,09	,48	,39	,52 <sup>b</sup>	-,16	,47	,08	,17	,09	,10	1							
<b>Ba</b>	,10	,01	-,20	,06	-,45	-,15	,41	,65 <sup>a</sup>	-,24	,33	,19	1						
<b>F</b>	-,38	-,15	-,31	,28	-,41	,11	,46	,58 <sup>b</sup>	-,49	,25	,28	,36	1					
<b>Cr</b>	-,10	,13	-,07	,49	-,79 <sup>a</sup>	-,04	,64 <sup>a</sup>	,89 <sup>a</sup>	-,52 <sup>b</sup>	,36	,34	,73 <sup>a</sup>	,32	1				
<b>Cl</b>	-,07	-,35	-,50 <sup>b</sup>	,02	-,76 <sup>a</sup>	-,40	,81 <sup>a</sup>	,76 <sup>a</sup>	-,66 <sup>a</sup>	,54 <sup>b</sup>	,01	,48	,50	,59 <sup>b</sup>	1			
<b>Ni</b>	-,22	,09	-,11	,59 <sup>b</sup>	-,69 <sup>a</sup>	,13	,701 <sup>a</sup>	,85 <sup>a</sup>	-,47	,46	,45	,70 <sup>a</sup>	,575 <sup>b</sup>	,93 <sup>a</sup>	,63 <sup>a</sup>	1		
<b>Cu</b>	,07	,21	,18	,49	-,11	,43	,48	,44	-,02	,537 <sup>b</sup>	,44	,01	,01	,60 <sup>b</sup>	,28	,73 <sup>a</sup>	1	
<b>As</b>	-,42	-,42	-,42	,14	-,25	-,03	,42	,42	-,31	,25	,14	,14	,73 <sup>a</sup>	,14	,37	,42	-,08	1

a %99 anlam düzeyi (\*\*)

b %95 anlam düzeyi (\*)

**Ca:** Mg ile negatif yönde orta derecede korelasyon görülmektedir.

**Fe:**Ti ile pozitif yönde orta, Al ve Mg ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Al:** S ile negatif yönde, Mg ile pozitif yönde orta derecede; Fe ve Ti ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mg:** Ca ile negatif yönde orta, Al, Mn, Ni ile pozitif yönde orta,Ti ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**K:** Ni ile negatif yönde orta, Na ile pozitif yönde orta; Zn, Cr, Cl ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ti:** Fe ile pozitif yönde orta; Al ve Mg ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**S:** Al ve Na ile negatif yönde orta; Cr ile pozitif yönde orta; Zn, P, Cl, Ni ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Zn:** Na ile negatif yönde orta; Ba ve F ile pozitif yönde orta; S, Cr, Cl, Ni ile pozitif yönde, K ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Na:** S, Zn, Cr, Cl ile negatif yönde orta; K ile pozitif yönde orta derecede korelasyon görülmektedir.

**P:** Cl ve Cu ile pozitif yönde orta; S ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ba:** Zn ile pozitif yönde orta; Cr ve Ni ile yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**F:** Zn ve Ni ile pozitif yönde orta; As ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cr:** Na ile negatif yönde orta; S, Cl, Cu ile pozitif yönde orta; Zn ile pozitif yönde yüksek; K ile negatif yönde yüksek; Ni ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cl:** Na ile negatif yönde orta; P, Cr, Ni ile pozitif yönde orta; K ile negatif yönde yüksek; S, Zn ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ni:** Mg, F, Cl ile pozitif yönde orta; K ile negatif yönde orta; S, Zn, Ba ve Cu ile pozitif yönde yüksek; Cr ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cu:** P ve Cr ile pozitif yönde; Ni ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

Çizelge 4.35 Yeniçağa Gölü sediment örnekleri korelasyon analizi

	Ca	Fe	Al	Mg	K	Ti	S	Zn	Na	P	Mn	Ba	Cr	Cl	Ni	Cu	As
<b>Ca</b>	1.00																
<b>Fe</b>	-,83 <sup>a</sup>	1.00															
<b>Al</b>	,03	,27	1.00														
<b>Mg</b>	-,38	,20	-,70 <sup>b</sup>	1.00													
<b>K</b>	-,92 <sup>a</sup>	,77 <sup>b</sup>	-,13	,38	1.00												
<b>Ti</b>	,30	-,29	,88 <sup>a</sup>	-,95 <sup>a</sup>	-,48	1.00											
<b>S</b>	,87 <sup>a</sup>	-,76 <sup>b</sup>	,27	-,34	-,98 <sup>a</sup>	,47	1.00										
<b>Zn</b>	,85 <sup>a</sup>	-,61	,36	-,43	-,85 <sup>a</sup>	,51	,93 <sup>a</sup>	1.00									
<b>Na</b>	-,50	,65	,53	-,34	,71 <sup>b</sup>	,21	-,74 <sup>b</sup>	-,46	1.00								
<b>P</b>	,78 <sup>b</sup>	-,57	,43	-,58	-,89 <sup>a</sup>	,68 <sup>b</sup>	,87 <sup>a</sup>	,90 <sup>a</sup>	-,48	1.00							
<b>Mn</b>	-,77 <sup>b</sup>	,48	-,32	,58	,88 <sup>a</sup>	-,65	-,68 <sup>b</sup>	-,74 <sup>b</sup>	,00	-,68 <sup>b</sup>	1.00						
<b>Ba</b>	-,35	,22	,02	,20	,22	-,08	,02	,08	-,25	-,13	,30	1.00					
<b>Cr</b>	-,22	,22	-,62	,88 <sup>a</sup>	,32	-,72 <sup>b</sup>	-,23	-,18	-,30	-,46	,35	,40	1.00				
<b>Cl</b>	,93 <sup>a</sup>	-,77 <sup>b</sup>	,23	-,24	-,98 <sup>a</sup>	,38	,99 <sup>a</sup>	,94 <sup>a</sup>	-,81 <sup>a</sup>	,87 <sup>a</sup>	-,75 <sup>b</sup>	-,09	-,18	1.00			
<b>Ni</b>	-,07	,05	-,70 <sup>b</sup>	,87 <sup>a</sup>	,16	-,76 <sup>b</sup>	-,07	-,09	-,47	-,45	,20	,38	,87 <sup>a</sup>	-,03	1.00		
<b>Cu</b>	,49	-,40	-,46	,68 <sup>b</sup>	-,40	-,53	,44	,51	-,91 <sup>a</sup>	,18	-,05	,25	,64	,54	,71 <sup>b</sup>	1.00	
<b>As</b>	-,15	,25	,82 <sup>a</sup>	-,82 <sup>a</sup>	,04	,82 <sup>a</sup>	,02	,00	,78 <sup>b</sup>	,03	-,23	-,13	-,82 <sup>a</sup>	-,04	-,78 <sup>b</sup>	-,82 <sup>a</sup>	1.00

a %99 anlam düzeyi (\*\*)

b %95 anlam düzeyi (\*)

**Ca:** Mn ve Fe ile negatif yönde yüksek; S, Zn ve P ile pozitif yönde yüksek; K ile negatif, Cl ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Fe:** Ca, S, Cl ile negatif; K ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Al:** Mg ve Ni ile negatif yönde yüksek; Ti ve As ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mg:** Al ve As ile negatif yönde yüksek; Cr ve Ni ile pozitif yönde yüksek; Ti ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**K:** Fe, Na, Mn ile pozitif yönde yüksek; Zn ile negatif yönde yüksek; Ca, S, Cl ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ti:** Cr ve Ni ile negatif yönde yüksek; Mg ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**S:** Fe, Na, Mn ile negatif yönde yüksek; Ca ve P ile pozitif yönde yüksek; K ile negatif yönde çok yüksek; Zn ve Cl ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Zn:** Ca ve P ile pozitif yönde yüksek; K ve Mn ile negatif yönde yüksek; S ve Cl ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Na:** K ve As ile pozitif yönde yüksek; S ve Cl ile negatif yönde yüksek; Cu ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**P:** Ca, S, Zn, Cl ile pozitif yönde yüksek; K ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mn:** S ve P ile negatif yönde orta; Ca, Zn, Cl ile negatif yönde yüksek; K ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cr:** Ti ve As ile negatif yönde yüksek; Mg ve Ni ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cl:** Fe, Na, Mn ile negatif yönde yüksek; P ile pozitif yönde yüksek; K ile negatif Ca ile pozitif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ni:** Al, Ti, As ile negatif yönde yüksek; Mg, Cr, Cu ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cu:** Ni ile pozitif, As ile negatif yönde yüksek; Na ile negatif yönde çok yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**As:** Al, Ti, Na ile pozitif yönde yüksek; Mg, Cr, Ni, Cu ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

➤ **Bitki sonuçları**

Çizelge 4.36 Bitki örnekleri korelasyon analizi

	<sup>52</sup> Cr	<sup>53</sup> Cr	Mn	Fe	Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>65</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>68</sup> Zn	Mo	Cd	Ba	Pb
<sup>52</sup> Cr	1												
<sup>53</sup> Cr	,795 <sup>a</sup>	1											
Mn	,485 <sup>b</sup>	,130	1										
Fe	,314	,454 <sup>b</sup>	,177	1									
Ni	,573 <sup>a</sup>	,633 <sup>a</sup>	,189	,568 <sup>a</sup>	1								
<sup>63</sup> Cu	,322	,334	,356	,258	,259	1							
<sup>65</sup> Cu	,450 <sup>b</sup>	,527 <sup>a</sup>	,072	,214	,309	,718 <sup>a</sup>	1						
<sup>66</sup> Zn	,604 <sup>a</sup>	,816 <sup>a</sup>	,100	,435 <sup>b</sup>	,641 <sup>a</sup>	,435 <sup>b</sup>	,629 <sup>a</sup>	1					
<sup>68</sup> Zn	,595 <sup>a</sup>	,814 <sup>a</sup>	,101	,433 <sup>b</sup>	,629 <sup>a</sup>	,437 <sup>b</sup>	,634 <sup>a</sup>	,999 <sup>a</sup>	1				
Mo	-,437 <sup>b</sup>	-,730 <sup>a</sup>	,058	-,149	-,345	-,100	-,117	-,713 <sup>a</sup>	-,719 <sup>a</sup>	1			
Cd	,114	-,132	,166	,068	-,070	,185	,096	-,067	-,072	,843 <sup>a</sup>	1		
Ba	-,095	,058	-,065	,247	,082	,192	,245	,313	,328	-,028	,098	1	
Pb	,531 <sup>a</sup>	,742 <sup>a</sup>	,297	,215	,548 <sup>a</sup>	,213	,471 <sup>b</sup>	,824 <sup>a</sup>	,827 <sup>a</sup>	-,003	,087	,306	1

a %99 anlam düzeyi (\*\*)

b %95 anlam düzeyi (\*)

**<sup>52</sup>Cr:** Cr<sup>53</sup> ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**<sup>53</sup>Cr:** Cr<sup>52</sup>, Zn<sup>66</sup>, Zn<sup>68</sup> ve Pb ile pozitif yönde yüksek derecede, Mo ile ise negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Fe:** Ni ile orta derecede pozitif yönde korelasyon görülmektedir.

**Ni:** <sup>52</sup>Cr, <sup>53</sup>Cr, Fe, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn ve Pb ile pozitif yönde orta derecede korelasyon görülmektedir.

**<sup>63</sup>Cu** ile **<sup>65</sup>Cu** ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**<sup>66</sup>Zn:** **<sup>68</sup>Zn** ile pozitif yönde çok yüksek derecede, **<sup>53</sup>Cr** ve **Pb** ile pozitif yönde yüksek derecede, **Mo** ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**<sup>68</sup>Zn:** **<sup>66</sup>Zn** ile pozitif yönde çok yüksek derecede, **<sup>53</sup>Cr** ve **Pb** ile pozitif yönde yüksek derecede, **Mo** ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mo:** **Cd** ile pozitif yönde yüksek derecede, **<sup>53</sup>Cr**, **<sup>66</sup>Zn**, **<sup>68</sup>Zn** ile negatif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Cd:** Sadece **Mo** ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Pb:** **<sup>53</sup>Cr**, **<sup>66</sup>Zn**, **<sup>68</sup>Zn** ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

➤ **Biyoremediasyon verileri korelasyon analizi**

Biyoremediasyon deneyi sonucunda elde ettiğimiz test gruplarındaki ağır metallerin biyoabsorpsiyonu, miktarları arasında bir korelasyon olup olmadığı incelenmiştir. Bunun için öncelikle tüm 5 günlük verilerin normalliği Shapiro Wilk's testiyle belirlenmiştir. Bütün verilerin parametrik olmayan dağılım göstermesi sebebiyle Spearman korelasyon analizi uygun görülerek uygulanmıştır. Korelasyon analizi sonuçları çizelge 4.37'teki gibidir.

Çizelge 4.37 Biyoremediasyon verileri korelasyon analizi

	<sup>27</sup> Al	<sup>52</sup> Cr	<sup>53</sup> Cr	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>63</sup> Cu	<sup>65</sup> Cu	<sup>66</sup> Zn	<sup>68</sup> Zn	<sup>75</sup> As	<sup>95</sup> Mo	<sup>111</sup> Cd	<sup>137</sup> Ba	<sup>208</sup> Pb
<sup>27</sup> Al	1,00														
<sup>52</sup> Cr	0,79 <sup>a</sup>	1,00													
<sup>53</sup> Cr	0,65 <sup>a</sup>	0,86 <sup>a</sup>	1,00												
<sup>55</sup> Mn	0,74 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>	1,00											
<sup>57</sup> Fe	-0,57 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	-0,12	-0,26 <sup>a</sup>	1,00										
<sup>60</sup> Ni	0,73 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	-0,16	1,00									
<sup>63</sup> Cu	0,77 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	-0,21 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>	1,00								
<sup>65</sup> Cu	0,89 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	-0,43 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,78 <sup>a</sup>	1,00							
<sup>66</sup> Zn	0,82 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	-0,40 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>	1,00						
<sup>68</sup> Zn	0,74 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	-0,24 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>	1,00					
<sup>75</sup> As	-0,23 <sup>a</sup>	-0,08	0,32 <sup>a</sup>	0,16	0,66 <sup>a</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,00	-0,09	-0,09	0,10	1,00				
<sup>95</sup> Mo	0,6 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	-0,11	0,74 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	1,00			
<sup>111</sup> Cd	0,15	-0,02	-0,09	0,16	-0,06	-0,01	0,05	0,17 <sup>b</sup>	-0,04	-0,05	0,05	0,36 <sup>a</sup>	1,00		
<sup>137</sup> Ba	-0,48 <sup>a</sup>	-0,28 <sup>a</sup>	0,04	-0,07	0,86 <sup>a</sup>	-0,04	-0,13	-0,32 <sup>a</sup>	-0,31 <sup>a</sup>	-0,12	0,74 <sup>a</sup>	0,04	0,06	1,00	
<sup>208</sup> Pb	0,26 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,13	0,19 <sup>b</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,16	1,00

a %99 anlam düzeyi (\*\*)

b %95 anlam düzeyi (\*)

**<sup>27</sup>Al:** <sup>52</sup>Cr, Mn, Ni, <sup>63</sup>Cu, <sup>65</sup>Cu, <sup>66</sup>Zn ve <sup>68</sup>Zn ile pozitif yönde yüksek, Fe ile negatif yönde orta derecede korelasyon görülmektedir.

**<sup>52</sup>Cr:** Al, <sup>52</sup>Cr, <sup>53</sup>Cr, Ni, Mn, <sup>63</sup>Cu, <sup>65</sup>Cu, <sup>66</sup>Zn ve <sup>68</sup>Zn ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**<sup>53</sup>Cr:** Ni ile pozitif yönde çok yüksek derecede, <sup>52</sup>Cr, Mn, <sup>63</sup>Cu, <sup>65</sup>Cu, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn ve Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Mn:** Al, <sup>52</sup>Cr, <sup>53</sup>Cr, Ni, <sup>65</sup>Cu, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn ve Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Fe:** Ba ile pozitif yönde yüksek derecede, As ile pozitif yönde orta derecede, Al ile negatif yönde orta derecede korelasyon görülmektedir

**Ni:**  $^{53}\text{Cr}$  ve  $^{68}\text{Zn}$  ile pozitif yönde çok yüksek derecede; Al,  $^{52}\text{Cr}$ , Mn,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{66}\text{Zn}$  ve Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**$^{63}\text{Cu}$ :** Al,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ , Ni,  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{66}\text{Zn}$ ,  $^{68}\text{Zn}$  ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**$^{65}\text{Cu}$ :** Al,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ , Mn, Ni,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{66}\text{Zn}$ ,  $^{68}\text{Zn}$  ve Mo ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**$^{66}\text{Zn}$ :**  $^{68}\text{Zn}$  ile pozitif yönde çok yüksek derecede; Al,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ , Mn, Ni,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{65}\text{Cu}$  ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**$^{68}\text{Zn}$ :** Ni ve  $^{66}\text{Zn}$  ile pozitif yönde çok yüksek derecede; Al,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ , Mn,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{65}\text{Cu}$  ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

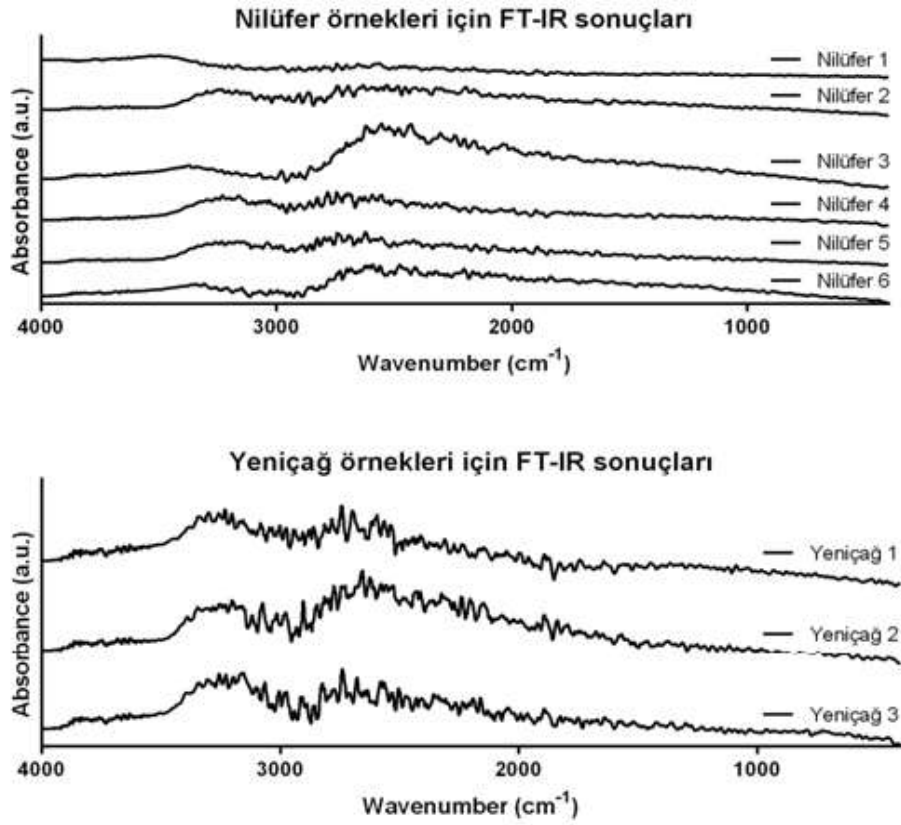
**Mo:**  $^{53}\text{Cr}$ , Mn Ni ve  $^{65}\text{Cu}$  ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

**Ba:** Fe ile pozitif yönde yüksek derecede korelasyon görülmektedir.

### 4.3.3 FT-IR analizi

FT-IR, tercih edilen bir kızılötesi spektroskopi yöntemidir. Infrared radyasyonu örnekten geçirilir ve bu radyasyonun bir kısmı örnek tarafından emilirken bir kısmı doğrudan geçer. IR spektroskopisinde, amaç herhangi bir bileşiğin yapısı hakkında bilgi sahibi olmak veya yapısındaki değişiklikleri incelemektir. Bileşiğin alınan IR spektrumu ile yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri, yapının aromatik veya alifatik olduğuna dair bilgi edinilebilmektedir.

Bu çalışmada da FT-IR analizi kullanılarak, su mercimeklerinin biyomas karakterizasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. FT-IR spektroskopisi, ağır metal - doku etkileşimleri sürecinde oluşan bağları ve ağır metallerin hangi yapısal moleküllerde daha fazla toplandığını incelemek için kullanılmıştır (Şekil 4.10).



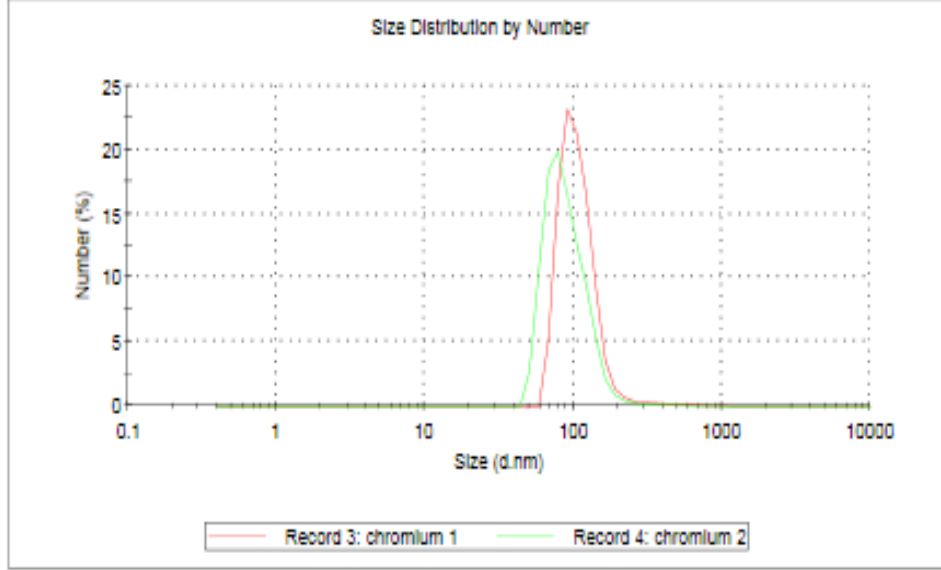
Şekil 4.10 FT-IR spektroskopisi analiz sonuçları

#### 4.3.4 DLS

Yapılan DLS analizi sonucunda çalışmada kullanılan nanopartiküllerin boyutlarının yaklaşık 100nm civarında olduğu tespit edilmiştir.

	Diam. (nm)	% Number	Width (nm)
Z-Average (d.nm): 302,0	Peak 1: 93,85	100,0	52,50
Pdl: 0,461	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,908	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

Result quality **Good**



Şekil 4.11 Cr nanopartiküllerinin DLS sonuçları

## 5. TARTIŞMA

### 5.1 Çalışılan Bölgelerdeki Suda ve Sedimentte Ağır Metal Birikimleri

Su ve sedimentte bulunan metal değerleri, su (Çizelge 4.2) ve sediment kalite parametrelerine (Çizelge 4.3) göre değerlendirilmiştir. Sudaki değerleri yüksek bulunan metallerin sediment örneklerinde de yoğun bulunduğu tespit edilmiştir. Elde edilen su ve sediment verileri ülkemizdeki diğer bazı göl ve akarsularla kıyaslanmıştır (Çizelge 5.1- 5.2).

Çizelge 5.1 Bazı su sistemlerindeki ağır metal miktarları

	Cr	Cu	Zn	<sup>55</sup> Mn	<sup>57</sup> Fe	<sup>60</sup> Ni	<sup>75</sup> As	<sup>111</sup> Cd	<sup>208</sup> Pb
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
Uluabat Gölü (Barlas vd. 2005)	A.Y	A.Y	A.Y.	80-250	70-3780	20-40	A.Y.	T.E.	T.E-40
Atatürk Barajı (Alhas vd. 2008)	A.Y	A.Y	A.Y.	1	5	T.E	A.Y.	T.E	T.E
Dipsiz Deresi (Demirak vd. 2006)	A.Y	A.Y	A.Y.	A.Y	A.Y	A.Y.	A.Y.	171	405
Nilüfer Çayı (Üstün 2011)	15-511	25-69	32-1079	35-285	A.Y	14-114	17-201	6-14	76-130
Beyşehir Gölü (Altındağ ve Yiğit 2005)	A.Y	A.Y	A.Y.	A.Y	A.Y	A.Y.	A.Y.	101-117	65-96
Gediz Nehri (Bakaç ve Kumru 2001)	A.Y	A.Y	A.Y.	A.Y	A.Y	A.Y.	A.Y.	2	10
Yeniçağa Gölü (Saygı ve Yiğit 2012)	0.4-7.9	0-0.6	4.8-110.6	0.7-246.5	0-140.9	0-9.7	2.7-26.9	0-2.6	0-30.1
Yeniçağa Gölü (Tunca vd. 2013)	A.Y	14-79	47-506	A.Y	A.Y	189-255	25-26	A.Y	A.Y
Yeniçağa Gölü (bu araştırma)	4,37-6,43	1,49- 1,65	0	3,85- 332,63	489,40- 1345,33	5,70- 6,27	4,33- 325,77	0,01- 2,26	0,03- 2,16
Nilüfer Çayı (bu araştırma)	4,35- 2086,67	1,57- 26,16	0- 1532,33	2,23- 285,03	347,27- 1373,67	8,33- 113,83	1,10- 4,79	0,02- 0,07	0,09- 3,08

A.Y. Araştırma yapılmamış

T.E. Tespit edilememiş

Çizelge 5.1 incelendiğinde, Cd ve Pb için en yüksek değerler Beyşehir Gölü'nde ve Nilüfer Çayı'nda gözlenmiştir (Altındağ ve Yiğit 2005, Üstün 2011). Yapılan bu tez

çalışmasında ise bu iki metal için önceki çalışmalarda tespit edilmiş değerlerde yüksek oranlarda düşüş olduğu gözlenmektedir. Bu durumun, yapılan istasyonların farklılığından kaynaklı olabileceği gibi geçen süreçte kurulan arıtma tesisi vb. tesisler sayesinde sudaki değerlerin değişmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Nilüfer sonuçları incelendiğinde Cr ve Zn değerlerinin önceki çalışma sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer değerler yakın olmakla beraber bazı metallerde değerler daha düşük bulunmuştur. Nilüfer Çayı'nda özellikle Cr değerinin sudaki miktarının önemli derecede yükseldiği görülmektedir.

Arazi bölgelerinin tümünden elde edilen sediment sonuçları sediment kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde; As açısından Nilüfer 2.istasyon ve Yeniçağa 3.istasyonun; Cu açısından Yeniçağa 3.istasyon hariç tüm istasyonların; Ni, Zn ve Cr açısından çalışılan tüm istasyonların yüksek oranda kirli olduğu görülmektedir. Pb açısından sadece Nilüfer'in 1.istasyonu aşırı kirli bulunmuşken, Mn açısından çalışılan tüm bölgeler aşırı kirlenmiş sınıfta bulunmuştur. Genel olarak çalışılan bölgelerin sedimentlerinin; Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn açısından yüksek oranda kirli olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2 Türkiye'deki bazı göllerin sedimentlerindeki bazı ağır metal miktarları (kuru ağırlık)

	<b>Cd</b> (µg/g)	<b>Cr</b> (µg/g)	<b>Mn</b> (µg/g)	<b>As</b> (µg/g)	<b>Zn</b> (µg/g)	<b>Ni</b> (µg/g)	<b>Cu</b> (µg/g)	<b>Pb</b> (µg/g)
<b>Uluabat Gölü</b> (Barlas vd. 2005)	0.02	0.90	6.42	Ö.Y	0.76	1.97	0.25	0.42
<b>Beyşehir Gölü</b> (Altındag ve Yigit 2005)	13.05	10.63	Ö.Y.	Ö.Y.	Ö.Y.	Ö.Y.	Ö.Y.	32.65
<b>Atatürk Barajı</b> (Bağpınar) (Alhas vd. 2008)	T.E.	122.38	734.26	Ö.Y	28.86	148.46	19.71	2.40
<b>Yeniçağa Gölü</b> (Tunca vd. 2013)	Ö.Y	Ö.Y	Ö.Y	8.8- 32.3	49- 77.3	61.5- 95.3	21.6- 33.9	16
<b>Yeniçağa Gölü</b> (Saygı ve Yiğit 2012)	0-0.62	48-89	383- 961	4.4-49	1.2- 713	50-103	18-34	10.52- 51.18

T.E.: Tespit edilememiş.

Ö.Y.: Ölçüm yapılmamış.

Çizelge 5.2’de Türkiye’deki bazı göllerdeki sedimentte bulunan bazı ağır metal miktarları verilmektedir. Sedimentteki değerlere bakılacak olunursa Cd ve Pb için yine en yüksek değerler Beyşehir Gölü’nde, Cr ve Mn en yüksek Atatürk Baraj Gölü’nde; As, Zn, Ni ve Cu Yeniçağa Gölü’nde yüksek değerlerdedir. Bu çalışmada ise; tüm arazi bölgelerinde sedimentteki en yüksek değerler Fe ve Al için bulunmuştur. As değeri en yüksek Yeniçağa Gölü’nde bulunmuşken diğer metallerin çoğu Nilüfer Çayı’nda daha yüksek tespit edilmiştir. Cd ve Pb’a genel olarak hiç rastlanmamıştır (Çizelge 4.3).

Yapılan araştırmada, arazi bölgeleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Nilüfer Çayı’ndaki en fazla metal birikiminin 3.istasyonda, en az birikimin de 6.istasyonda olduğu görülmektedir. En fazla birikim 3.istasyondan sonra 2.istasyon ve 1.istasyonda görülmektedir. 2 ve 3.istasyonlar sanayi çıkışından ve sanayi çıkışı ile şehirden gelen atıksuların birleşim yerinden alınmıştır ve bu bölgede otomotiv, gıda, plastik vb. sanayi tesisleri mevcuttur. Bu sebeple, bu istasyonlardan alınan sularda metal miktarlarının fazla olması beklenen bir durumdur. Kıta içi su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde, Cr için Nilüfer çayı’nın 1,2 ve 3.istasyonları 4.sınıf, 4.istasyonu ya 2 ya da 3.sınıf olduğu görülmektedir. Fe’e bakıldığında 3.istasyon 2 ya da 3.sınıf iken, diğer istasyonlarda 1 ya da 2.kalite sınıfındadır. Ni açısından; ilk 4 istasyon 2 ya da 3.sınıf kalitededir. Zn açısından 3.istasyon, 2 ya da 3.sınıftır. Nilüfer Çayı’nın sediment sonuçları değerlendirilecek olunursa; tüm istasyonlarda genel olarak metallerin dağılımları istasyon bazında dengeli görülmektedir. Değeri en yüksek bulunan metaller Fe ve Al’dur. 6.istasyonda Fe ve Al değerleri diğer istasyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. 6.istasyon çayın şehirden gelen kısmında yapılmıştır. Suyu karışan evsel atıklardan dolayı Al ve Fe miktarı daha fazla bulunmuş olabileceği düşünülmektedir. Yapılan istasyonlarda As,Cd ve Pb’a değerler çok düşük olmakla birlikte 1.istasyon (Pb) ve 2.istasyon (As) hariç hiç rastlanmamıştır. Yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında Cr değerleri Ulubat Gölü değerlerine yakın olmakla birlikte daha düşüktür (Çizelge 5.2). Mn ve Pb değerleri de diğer göllerde yapılan çalışmalardan farklı bulunmuştur. Sediment sonuçlarından elde edilen Cr değerleri su sonuçlarıyla büyük benzerlik göstermektedir.

Yeniçağa Gölü için; çalışılan metallerin birikim düzeyleri değerlendirildiğinde, suda en fazla biriken metalin Fe olduğu görülmektedir. Bu durum 3.istasyonda ise farklı olup, Fe'e ek olarak As birikiminin de fazla olduğu belirlenmiştir. Yeniçağa Gölü'nün 2 ve 3.istasyonları Fe için 2 ya da 3.kalite sınıfında; 1.istasyon ise 1 ya da 2.kalite sınıfındadır. Dikkat çeken bir husus da As miktarının Yeniçağa'nın 3.istasyonunda, çalışılan tüm su sistemlerindeki istasyonlara göre oldukça yüksek olmasıdır. Kıta içi su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde; As açısından 3.istasyon, 4.sınıf kalitede görülmektedir. Bu önemli bir sonuçtur. Arseniğin bazı formları; pestisitlerde, deri, kağıt, boya, seramik, lastik ve cam sanayisinde kullanılan bir metaldir. Göl çevresinde bulunan tesisler As miktarının artmasına sebep olabileceği gibi, 3. istasyon yakınlarda bir kaynak çıkışı olabileceği de düşünülmektedir. Mineral yataklardan geçen sular buradaki metallerin çözünmesine ve göle karışmasına sebep olmuş olabilir. Sebebinin net olarak anlaşılabilmesi için bölgede amaca yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Yeniçağa Gölü'nde metallerin yoğunluk gösterdiği istasyonlar farklılık göstermektedir. Yeniçağa Gölü çevresinde sentetik azot ve fosfor içeren gübrelerin kullanıldığı tarım arazileri mevcuttur. Aynı zamanda gölü besleyen derelerle (Kuzuviran ve Deliler) birlikte çevredeki köy yerleşimlerinin evsel atıkları göle taşınmakta; Yeniçağa İlçesi'nin kanalizasyonu da arıtma tesisinden geçirildikten sonra göle boşaltılmaktadır. Gölün çevresinde oto tamirhaneleri ,benzin istasyonları mezbaha, gibi pek çok işletme bulunmakta, Ankara-İstanbul otoyolunun çok yakınında olması sebebiyle de göl, ağır metal içeren egzoz gazlarının da etkisi altında kalmaktadır (Tunca 2011). Bu nedenle metallerin istasyonlar arasına farklılık göstermesi beklenen bir durumdur. Yeniçağa Gölü'nün sediment sonuçları değerlendirildiğinde, metallerin istasyonlar bazında çok dengeli dağıldıkları söylenemez. En yüksek miktarda bulunan metaller Nilüfer Çayı'ndakine benzer şekilde Fe ve Al'dur. 3.istasyonda Ba, Pb ve Cu'a rastlanmamıştır. Zn değeri 2.istasyonda diğer iki istasyona göre daha fazla bulunmuştur. As, su sonuçlarına benzer şekilde 1 ve 2.istasyonda bulunmazken 3.istasyonda tespit edilmiştir. Yeniçağa Gölü sediment örneklerindeki Cr birikimi, hem Nilüfer'e göre hem de literatürde daha önceden yapılan çalışmalara göre düşük miktarlarda bulunmuştur (Çizelge 4.3). Pb' a hiç rastlanmamıştır.

## 5.2 Biyoremediasyon Çalışması

Araziden temin edilen su örneklerinin bir kısmı, su sistemlerindeki metal miktarlarının anlaşılabilmesi için araziden getirildiği gibi ICP cihazında okutulmuştur. Bir kısmı ise biyoremediasyon çalışmaları için ayrılmış ve canlı organizma kullanılacağından dolayı asitleme işlemi yapılmamıştır. Asitleme işleminin yapılamamasından kaynaklı olarak (çökme,yapışma vb.) metal miktarlarında dengesizlik olacağı düşünülmüştür. 15 gün arayla 2 farklı ölçüm yapılmış ve ölçümlerin birbiriyle yakın olduğu gözlemlendikten sonra biyoremediasyon deneyleri kurulmuştur. Çalışmada arazi bölgesinden getirilen su örneklerine *L.minor* ekilmiş ve günlük olarak su örnekleri alınarak örneklerdeki ağır metal miktarındaki değişim tespit edilmiştir. Arazilerden alınan su örneklerinin ICP sonuçlarına göre; su kalite sınıfları baz alınarak, bazı istasyonların Al, Cr, Zn, Fe, kısmen de Ni, Cu, As, Pb açısından kirli olduğu tespit edilmiştir. Biyoremediasyon verimlilikleri incelendiğinde Pb, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn, Al ve Fe'nin diğer metallere göre daha iyi uzaklaştırılma oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Tüm istasyonların 48 saatlik ve 5 günlük biyoremediasyon başarıları incelenmiştir. Bazı metaller için biyoremediasyon ilk 48 h içinde büyük oranda tamamlanırken, bazı metallerin 5 gün sonunda 48 saat sonundaki değerlere göre 2 kat daha fazla uzaklaştırıldığı tespit edilmiştir. Bu durum istasyonlara göre de değişiklik göstermektedir. *L.minor*'un uzaklaştırma verimliliği, sudaki metal miktarları, zaman ve metallere göre değişebilmektedir.

Fizikokimyasal özellikleri göl suyundan farklı olan akarsudan yani Nilüfer Çayı'ndan alınmış su örneklerinde de *L.minor*'un biyoremediasyon kapasitesi incelenmiştir. Nilüfer örneklerinin bir kısmında sudaki metal miktarlarında artışlar gözlenmiştir ve verimlilik oranı açısından bazı metaller için oldukça yüksek değerlerde uzaklaştırma oranları tespit edilmiştir. Yeniçağa Gölü'nde tüm metaller için %1,62-99.98(48h), %4.28-99.81(5d) aralığında uzaklaştırma oranları bulunmuştur. Doğal karışım oranlarına sahip su örneklerinde gerçekleştirilen bu çalışma, *L.minor*'un doğal ortamlardaki ağır metal biyoremediasyon çalışmalarında da kullanılabileceğini göstermektedir ancak, konuyla ilgili amaca yönelik yeni çalışmalar yapılarak sonuç

desteklenmelidir. Göl sularıyla kurulan test gruplarının bazılarında Nilüfer örneklerinde olduğu gibi metal miktarlarında artış gözlenmiştir. *L.minor*, çalışılan tüm su sistemlerinde metal uzaklaştırma açısından belli metaller için oldukça yüksek başarı göstermiştir. Nilüfer Çayı örneklerinde de bu başarıyı göstermiş olması sebebiyle, *L.minor*'un akarsular üzerinde diğer canlılarla yapılan (Jackson vd. 2009) biyoremediasyon çalışmalarına bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde *L.minor*'un en başarılı şekilde uzaklaştırdığı metallere biri Pb olarak görülmektedir. Pb'nin 48h'lik uzaklaştırılma değeri % 25.28-98.72, deney sonunda ise %53.44-100 arasında tespit edilmiştir. Pb nonesansiyel bir metal olmakla birlikte, iz miktarlarda bile toksik etki gösterebilmekte, bitki yapısına zarar verebilmektedir (Dirilgen 2011,Ucuncu vd. 2013). Axtell vd. (2003) yapmış oldukları çalışmada Pb'nin (24h) uzaklaştırılma oranını %76, Elmacı vd ise %94.16 ; Miretzky vd. (2004) ise 15 günlük uzaklaştırma sonucunu % 98.55 olarak tespit etmişlerdir. Tekstil atıksularıyla yapılan bir çalışmada ise; su mercimekleri ile Pb'nun %36, algler ile %33 oranında giderildiği tespit edilmiştir (Sekomo vd. 2012) . Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak doğal ortamdan alınan ve içerisine dışarıdan metal eklenmeden yani alınan sudaki doğal oranlardaki metallere giderilmesi sağlanmıştır. Laboratuvar ortamında belli konsantrasyonlarda verilen metallere yürütülen çalışmalardakine benzer şekilde Pb giderimi yüksek oranlarda sağlanmıştır. Çalışılan arazi bölgelerindeki suda bulunan Pb miktarlarının az olması, *L.minor*'un kurşun absorpsiyonundaki başarısını olumlu yönde etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Cr bitkiler için nonesansiyel olmakla birlikte, bitki büyümesi ve gelişmesine olumsuz etki yapan bir metaldir (Mishra ve Tripathi 2008, Üçüncü vd. 2013). Daha önceden yapılan Cr çalışmalarında *L.minor*'un Cr uzaklaştırma başarısı (Wahaab vd. 1995)'in çalışmasında 75 %-100, (Miretzky vd. 2004)'un 15 günlük çalışmasında %96.94, (Sekomo vd. 2012)'nin su mercimeği ve alg göletleri kullanarak yaptıkları 7d lik çalışmasında %94 olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada <sup>52</sup>Cr ve <sup>53</sup>Cr ayrı çalışılmış olup, literatürden farklı sonuçlar elde edilmiştir. ICP sonuçları incelendiğinde, Nilüfer Çayı'nın sanayi bölgesinden alınan örneklerinde Cr miktarları oldukça yüksek

bulunmuştur. Nilüfer Çayı'nın sanayi bölgesinden alınan örneklerinde (1-2 ve 3.istasyon) test gruplarındaki  $^{52}\text{Cr}$  ve  $^{53}\text{Cr}$  miktarının 5 gün boyunca devam eden biyoremediasyon deneyinde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum önemli bir sonuçtur. Nilüfer'in ilk 3 istasyonu sanayi bölgesi yani atıkların çok yüksek olduğu bir bölgedir. Yürütülen biyoremediasyon çalışmasında ilk 4 gün boyunca *L.minor* içeren gruplardaki Cr miktarı kontrol gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur, ancak; 5.gün kontrol grupları ile *L.minor* bulunan grupların sonuçlarının birbirlerine yaklaştığı görülmüştür. Nispeten daha temiz olan 4 ve 6.istasyonda  $^{52}\text{Cr}$ - $^{53}\text{Cr}$ 'un 48h sonucunda (% 25.19-50.60) ve 5d sonunda (% 60.91-72.78) yüksek oranlarda uzaklaştırıldığı görülmektedir.Yapılan bu çalışmada tüm arazi bölgeleri için,  $^{52}\text{Cr}$  ve  $^{53}\text{Cr}$ 'ün düşük konsantrasyonda olduğu gruplarda konsantrasyonun yüksek olduğu gruplara göre daha başarılı sonuç elde edilmiştir. Bunun sebebi, çalışmanın doğal sulara gerçekleştirilmiş olmasından kaynaklı olarak su içerisinde çok sayıda ağır metalin bir arada bulunması ve bu metallerin Cr'dan daha öncelikli olarak absorblanmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, yürütülen bu çalışma ile literatürde daha önceden yapılan çalışmalar arasında ortamdaki Cr miktarı açısından farklılıklar görülmektedir. Ortamdaki Cr miktarının değişmesi sonuçlar üzerinde etki yaratmış olabilir.  $^{52}\text{Cr}$  ve  $^{53}\text{Cr}$  Cr kıyaslandığında ise; iki izotop için de suya salınım söz konusuysen,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ 'e nazaran çok fark olmamakla birlikte biyoremediasyonda daha iyi sonuçlar vermiştir.

Zn esansiyel bir metal olup, *L.minor* üzerinde 6.5mg/L konsantrasyonda toksik etki göstermektedir (Megatelli vd. 2009). Bu çalışmada deneye başlanılan zamandaki suda bulunan Zn miktarları bu değerin altında değerlerdir. 2011'de *L. minor* ve *Lemna gibba* kullanılarak yapılmış bir çalışmada; Zn'nin uzaklaştırılma başarısının %60'ın üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Yılmaz ve Akbulut 2011). Sekomo vd. (2012), çalıştıkları metaller arasında Cr ve Zn'nin uzaklaştırma oranlarının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Khellaf ve Zerdaoui (2012), *L.gibba* kullanarak yapmış oldukları 7 günlük çalışmada Zn'nin uzaklaştırılma oranını % 60-70 olarak bulmuşlardır. Miretzky vd. (2004), Zn'nin uzaklaştırılma oranı *Pistia stratiotes* için % 84.3-91.1; *Spirodela intermedia* için % 95.73; *L. minor* için %97.56 olarak tespit edilmiştir. Farklı şartlar kullanılarak yapılan bu çalışmada, benzer şekilde Zn, 48h'te (% 13.84-99.98) ve 5d

sonunda (% 28,35-99.84) yüksek oranlarda sudan uzaklaştırılmıştır. Tüm istasyonlar değerlendirildiğinde Zn uzaklaştırmasında başarılı bir çizelge görülmektedir. Aynı zamanda dikkat çeken diğer bir husus Zn miktarlarının yüksek olduğu gruplarda uzaklaştırma oranları da oldukça yüksek bulunmuştur. Bu durumda sudaki çözünmüş Zn miktarının artışıyla uzaklaştırmanın da artması olası bir sonuçtur. İzotop bazında değerlendirildiğinde, <sup>66</sup>Zn ve <sup>68</sup>Zn'nun ikisi de yüksek derecelerde sudan uzaklaştırılmış olup, <sup>66</sup>Zn'nun uzaklaştırma oranları çok fark olmamakla birlikte daha yüksektir. Miretzky vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada su mercimeklerinin Cr, Pb ve Zn için yüksek oranda bağlanma kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada bu bulguyu destekler şekilde Pb ve Zn için yüksek oranlarda uzaklaştırma oranları bulunmuş olup, Cr için farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Al sonuçları değerlendirilecek olunursa; Goulet vd. (2005) yaptıkları çalışmada, farklı makrofitler kullanılarak Al uzaklaştırılması incelenmiştir. Çalıştıkları diğer makrofitlere oranla *L.minor*'un alüminyumu daha başarılı bir şekilde absorbladığı sonucuna varmışlardır. Farklı makrofitler kullanılarak alüminyumun uzaklaştırılmasına yönelik yapılan çalışmalarında, ortamdaki çözünmüş Al konsantrasyonun artmasıyla beraber Al uzaklaştırılmasının da artmasının bekleneceğini belirtmişlerdir (Parker ve Pedler 1997, Goulet vd. 2005). Bu çalışmada da *L.minor*'un belli istasyonlar için Al'u uzaklaştırma oranı oldukça yüksek bulunmuştur (% 8.02-99.46). ICP sonuçları incelendiğinde, Nilüfer Çayı'nın Al uzaklaştırılmasının en yüksek olduğu 4-5 ve 6.istasyonlarında sudaki Al miktarının da fazla olduğu görülmektedir. Tüm arazi bölgeleri incelendiğinde bu sonucu destekler şekilde, sudaki miktarının fazla olduğu yerlerde Al'un daha başarılı uzaklaştırıldığı görülmektedir.

Cu bitkiler için esansiyel bir metal olmasına rağmen; 0.05 µmol/L konsantrasyonda bile *L.minor* için olumsuz etki oluşturabilmektedir (Li ve Xiong 2004). Çalışılan örneklerde bu miktarın çok üstünde değerler bulunmuştur. <sup>63</sup>Cu ve <sup>65</sup>Cu değerlendirilecek olunursa bazı istasyonlarda sudaki miktarlarında artış gözlenmekle birlikte genel anlamda iyi oranlarda (% 8.55-97.9) uzaklaştırılabilmektedir. Yapılan bir çalışmada Cu'nun su mercimeği tarafından uzaklaştırma oranı % 27, algler tarafından uzaklaştırılma oranı %29 olarak tespit edilmiştir (Sekomo vd. 2012) . Başka bir çalışmada; Miretzky vd.

(2004) *L. minor* tarafından Cu'nun uzaklaştırılma oranını % 90.41 , Elmacı vd. (2009) çalışmasında ise % 69.12 olarak tespit edilmiştir. Literatürde Cu ile ilgili çok farklı sonuçlar bulunmakla birlikte yapılan bu çalışmada da istasyonlar arasında yani farklı metal içeriğine sahip sulara Cu uzaklaştırma oranlarında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bazı gruplarda test sularındaki miktarlarda artış gözlenmiştir. Aynı zamanda <sup>63</sup>Cu ve <sup>65</sup>Cu'in de oranları farklı bulunmuştur. 2012'de su mercimeği ve alg kullanılarak tekstil atık sularındaki metallerin giderimine yönelik yapılmış çalışmada, Pb (su mercimeği için % 36, alg için % 33), Cd (su mercimeği için %33, alg için %21) ve Cu su mercimeği için % 27, alg için % 29)'nun uzaklaştırılma oranlarının birbirine yakın olduğunu tespit etmişlerdir (Sekomo vd. 2012). Yürütülen bu çalışmada, Pb ve Cu için uzaklaştırma oranları daha yüksek tespit edilmiştir. Ayrıca; Pb ve Cu'nun uzaklaştırılma oranları da bahsedilen çalışmadaki kadar birbirine yakın değildir.

Arazi örneklerindeki Cd miktarları limit altı olduğundan uzaklaştırılma oranları değerlendirilmemiştir. Üçüncü vd.(2013); *L.minor*'un Pb, Cr, Cu absorblanmasında bu metallerin artış ve azalış profiliyle ilgili bir çalışma yürütmüşler ve bu çalışmada Cu'nun diğer iki metale göre daha düşük oranlarda uzaklaştırıldığını tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise; sudaki Pb değerleri artış göstermemiş ve yüksek oranlarda uzaklaştırılmış; Cr ve Cu miktarı dalgalanma göstererek uzaklaştırılmış olup Cr'un uzaklaştırılma oranları, bahsedilen çalışmadan farklı olarak daha düşük bulunmuştur. Esansiyel bir element olan Mn miktarları arazi örneklerinin bazılarında hiç yokken, bazılarında düşük oranlarda tespit edilmiştir. Mn bitkiler için oldukça önemli bir metaldir. 2011'de *L.gibba* ve *L.minor* kullanılarak yapılan bir çalışmada *L.gibba*'nın Mn uzaklaştırma oranı % 49-62, *L.minor*'un ise % 42-76 oranında bulunmuştur (Yılmaz ve Akbulut 2011). Ayrıca bahsedilen çalışmada Pb, Mn ve Cu'nun uzaklaştırma modellerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Miretzky vd. (2004), Mn uzaklaştırma oranı *Pistia stratiotes* için % 86.81-98.45; *Spirodela intermedia* için %96.91, *L.minor* için % 95.20 olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada ise, Mn uzaklaştırma oranları %0.48-98.71 oranlarında, geniş bir aralık olarak tespit edilmiştir. Sonuçların farklılık göstermesinin sebebi, arazi örneklerindeki sulara Mn'nin düşük miktarlarda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada bazı istasyonlarda esansiyel bir metal olan Fe'in miktarı oldukça yüksek bulunmuştur. Miretzky v.d (2004), Fe uzaklaştırılma oranını *Pistia stratiotes* için % 78.3-85.0; *S.intermedia* için % 80.23; *L.minor* için %78.47 olarak bulmuşlardır. Yapılan bu çalışmada ise, % 8.9-67.93 olarak tespit edilmiştir. Çalışma şartlarının birbirinden oldukça farklı olması sonuçların farklı çıkmasına neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Genel anlamda sudaki Fe miktarları azalmış olup, yüksek denilebilecek oranda uzaklaştırılmıştır. Nilüfer Çayı istasyonlarındaki Fe artışına paralel olarak Fe uzaklaştırma oranlarında da artış gözlenmiştir. Fakat bu durum; Yeniçağa Gölü'nde görülmemektedir.

Ni, üreaz ve hidrogenaz metabolizmasında önemli bir rol oynamaktadır (Harish vd. 2008), fakat dokuda fazla miktarlarda olması toksik etki yaratmaktadır (Khellaf ve Zerdao 2010). Aynı zamanda Ni, bitkilerde gereğinden fazla bulunduğunda klorofil sentezini ve çimlenmeyi inhibe edebilmektedir (Zhou vd. 2009). Deney sularında Ni miktarları düşük değerlerde bulunmuştur. Uzaklaştırılma oranları ise, % 0.1-51.69 arasında değişiklik göstermektedir. Khellaf vd. (2010), Ni'in *L.gibba* tarafından uzaklaştırılma oranını % 10-15 arasında tespit etmişlerdir. Sonuçlarımızla kıyaslandığında daha düşük sonuçlar elde edilmiş olup, bu durumun kullanılan türün farklı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

As değeri, Yeniçağa Gölü'nün 4.istasyonunda yüksek oranda tespit edilmiştir. Diğer bölgelerde çok düşük oranlarda olduğu görülmüştür. As suda bulunan en toksik elementlerden biri olmakla birlikte; yaygın bir çevresel kirletici ve insan sağlığı için tehlike oluşturan bir metaldir (Zhang vd. 2011, Kubiak vd. 2012) . Alvarado vd. (2008), su mercimeği için As uzaklaştırma oranını %5, su sümbülü için %18 bulmuşlardır. Mishra vd. (2008), As in uzaklaştırılma oranını *L.minor* için % 60, *S. polyrrhiza* için % 40 ve *E. crassipes* için %80 olarak tespit etmişlerdir (Mishra vd. 2008). Favas vd.(2012), *L.minor*'un As akümülyasyonunda yüksek başarı gösterdiğini belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise, As uzaklaştırma oranı % 3.86-65.18 olarak tespit edilmiştir. Literatürdeki sonuçlar incelendiğinde As akümülyasyonu ile ilgili farklı sonuçların olduğu görülmektedir.

### ➤ BCF Faktörü

Biyokonsantrasyon faktörü (BCF), bir maddenin bitki biyomasındaki miktarının ortamdaki miktara oranı olarak tanımlanabilmektedir. Bitki biyomasındaki metal akümülyasyonunun belirlenmesinde BCF büyük önem taşımakta olup, BCF değeri 100'ün üzerinde olduğunda akümülyasyonun olduğu, BCF değeri 1000'in üzerinde olan bitkilerin ise iyi bir akümülatör olduğu düşünülmektedir (Zayed vd. 1998; Khellaf ve Zerdaoui 2010). Bu çalışmada BCF faktörü çalışılmış diğer çalışmalardan farklı olarak laboratuvar ortamında belli derişim oranlarında metal miktarları verilmemiş olup, günlük doku örneği alınmadan sadece 5 gün sonucundaki değerler tespit edilmiştir. BCF faktörü sonuçları incelendiğinde çoğu metal için düşük değerler (<10) tespit edilmiştir. Cr<sup>52</sup>, Mn, Cu<sup>63</sup> metalllerinde akümülyasyon gözlenmektedir.

### 5.3 Toksikite Çalışması

*L.minor*'un yetiştiği suda, arazilerden alınan su örneklerinde ve bu su örneklerine 3 farklı dozda Cr nanopartikülü (100, 400, 1600 ppb) ilave edilerek gerçekleştirilen çalışmada hem su örnekleri içerisinde bulunan metallerin hem de nanopartiküllerin *L.minor* üzerine olan toksik etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Deney 5 gün sürdürülmüş, inhibisyon oranları ve kontrol grubuna göre test gruplarındaki büyüme belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Araziden getirilen ve nanopartikül eklenmemiş test grupları incelendiğinde, kontrole göre büyüme oranları, çok fark olmamakla birlikte Nilüfer Çayı örneklerinde (1ve 2.ist) Yeniçağa örneklerine göre daha fazladır. Büyümenin en fazla inhibe olduğu grup ise Nilüfer Çayı 3.istasyonudur (%53.19).

Arazi örneklerine 3 farklı konsantrasyonda nanopartikül eklenmesiyle oluşturulan test gruplarında, sadece Nilüfer Çayı'nın 2 ve 3.istasyon örneklerinde büyümenin inhibe olduğu görülmektedir. Nilüfer 2.istasyon test gruplarında inhibisyon oranı çok düşükken, nanopartikül eklenmesiyle birlikte inhibisyon oranının arttığı tespit edilmiştir. Diğer önemli bir bulgu ise, Yeniçağa örneklerinde nanopartikül ilavesiyle birlikte büyüme oranlarında 2 kat civarı bir artışın görülmesidir. *L.minor*'un yetiştiği su

örneklerinde ise, eklenen NP'ler büyüme üzerinde olumsuz etki oluşturmuştur. Yeniçağa 2.istasyon test grupları incelendiğinde, NP eklenmiş grupların kontrol grubuna göre büyüme oranının NP eklenmemiş gruplara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 100 ppb eklenen gruplarda büyüme oranında artış gözlenirken, konsantrasyon artışıyla birlikte büyüme oranında azalma görülmüştür. Yeniçağa 3.istasyonun nanopartikül eklenmemiş test grubunda kontrol grubuna göre düşük büyüme oranı tespit edilmiştir. Bu duruma 3.istasyonda yüksek As değerinin sebep olduğu düşünülmektedir. CrNP eklenmesiyle (100 ve 400ppb) 3.istasyon test gruplarında büyüme oranının artmış olduğu görülmektedir. 1600 ppb nanopartikül içeren gruplarda ise büyüme 100 ppb ve 400 ppb'lik test gruplarına göre azalma göstermiştir. Nilüfer Çayı 1.istasyonu verileri incelendiğinde, nanopartikül eklenmeyen grubun kontrol grubuyla yakın büyüme oranları gösterdiği fakat CrNP'nün yüksek konsantrasyonlarının (400 ve 1600 ppb) *L.minor*'un büyüme oranını arttırdığı görülmektedir. Nilüfer Çayı'nın 2.istasyonda, CrNP eklenmesiyle birlikte büyüme oranının düştüğü gözlenmiştir. Nilüfer Çayı'nın 3.istasyon test gruplarının kontrole göre büyüme oranları düşük bulunmuş fakat 100 ppb'lik CrNP'nün olduğu gruplarda büyüme oranının arttığı gözlenmiştir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, çalışılan konsantrasyon aralığında Cr nanopartikülleri farklı sonuçlar vermiştir. Nanopartikül konsantrasyonunun artması bazı gruplarda büyümeyi olumlu etkilerken bazı gruplarda toksik etki oluşturmuştur.

## **5.4 İstatistiki Analiz Sonuçları**

### **5.4.1 Birikim farkları**

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde arazi bölgelerinde sulara bulunan metal miktarlarıyla paralel olacak şekilde birikim farkları tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı'nın 1-2, 1-3, 1-4.istasyonları kıyaslandığında Cd hariç tüm metaller açısından birikim farkı görülmektedir. Genel anlamda tüm istasyonlarda Cd değerleri oldukça düşük çıkmıştır. Ag'nin 2, 3 ve 4. istasyonlara göre 1. istasyonda daha fazla birikim yaptığı tespit

edilmiştir. Diğer metallerin birikimleri 2 ve 3 .istasyonda 1.istasyona göre daha fazla bulunmuştur. Bu sonuç belirlenen metal miktarlarıyla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.2). 2 ve 3.istasyonun sanayi çıkışı olmasından kaynaklı daha fazla birikim görülmesi ve diğer istasyonlarla fark oluşması beklenen bir sonuçtur. Şehirden gelen fakat sanayi bölgesine yakın olan kısmında yapılan 5. istasyonda Al, Fe ve Pb değerleri 1. istasyona göre daha yüksek bulunmuştur. Bu üç metalin bu istasyonda daha fazla birikim yapmış olmasının sebebi, bu bölgeye evsel atıkların karışıyor olması olabilir. Nilüfer Çayı'nın en kirli olarak nitelendirebileceğimiz 2 ve 3 .istasyonları kıyaslandığında; As ve Ag açısından istatistiki olarak bir fark bulunamamıştır. Fakat diğer metallerin birikimi 3. istasyonda daha fazla tespit edilmiştir. Bunun sebebi 3.istasyonun sanayi bölgesine 2. istasyona oranla daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Arıtım tesisine yakın yerden alınan 4. istasyon örnekleri 2 ve 3.istasyonlarla kıyaslandığında 4. istasyondaki birikimin daha az olduğu görülmektedir ki bu beklenen bir sonuçtur. Sadece Al birikimi 2. istasyona göre 4. istasyonda daha fazladır.

Nilüfer Çayı'nın sanayi çıkışından yani en kirli bölümünden alınan su örnekleriyle daha temiz kısmında yapılan örneklerin de birikim farkları incelenmiştir. Nilüfer Çayı'nın daha kirli kısımları (1, 2, 3. istasyonlar) ile nispeten temiz kısımları arasında çoğu metal için istatistiki olarak anlamlı birikim farkları tespit edilmiş olup, fark görülen tüm metallerin Nilüfer'in kirli kısmı diye nitelendirdiğimiz istasyonlarda nispeten temiz olan istasyonlara göre daha fazla birikim yaptığı belirlenmiştir. 4. istasyon arıtma çıkışı olduğundan bu iki gruptan herhangi birine dahil edilmemiştir.

Yeniçağa Gölü genel olarak değerlendirildiğinde; Cd ve Pb birikimleri 2 ve 3.istasyona göre 1. istasyonda daha fazla bulunmuştur. Bunun sebebi 1. istasyonun akarsu çıkışı olması ve çevre köylerin akarsularla göle taşınan evsel atıklarından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. As ise 3. istasyonda 2 ve 1. istasyona göre daha fazladır. Kaynak çıkışı, bölgede olası pestisit kullanımı ya da sanayi tesislerinin bu duruma sebep olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Nilüfer Çayı'nın kirli kısmı ve Yeniçağa Gölü'nün istasyonları kıyaslandığında, Nilüfer Çayı'nda metallerin Yeniçağa Gölü'ne göre daha fazla birikim yaptığı görülmektedir. Fark görülen metallere sadece As Yeniçağa Gölü'nde daha fazla birikim yapmıştır. Bu önemli bir bulgudur. Nilüfer Çayı'nın daha temiz istasyonlarıyla Yeniçağa Gölü karşılaştırıldığında; Al, Ti, Fe, Zn, As, Mo metallerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark söz konusudur. Al, Zn birikimleri Nilüfer'in temiz kısmında Yeniçağa'ya göre daha fazla iken, Ti, Fe, As ve Mo metallerinin ise Yeniçağa Gölü'nde Nilüfer Çayı'nın temiz kısmına göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Sediment sonuçları incelendiğinde; su sonuçlarıyla paralel sonuçların olduğu görülmektedir. Çoğu metal için arazi bölgeleri arasında birikim farkları tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı'nın nispeten daha kirli ve temiz istasyonları arasındaki birikim farkları kıyaslandığında; K, S, Zn, Na, Ba, Cr, Cl, Ni birikiminde istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmekte olup, sadece K ve Na birikimi temiz istasyonlarda daha fazla tespit edilmiştir. Nilüfer Çayı ile Yeniçağa Gölü sediment örnekleri arasındaki birikim farkları kıyaslandığında, çoğu metal birikimleri arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir. Sudaki metal birikim farkı sonuçlarıyla benzer şekilde sediment sonuçlarında da çoğu metalin birikimi Nilüfer Çayı istasyonlarında Yeniçağa Gölü istasyonlarına göre daha fazla tespit edilmiştir.

#### **5.4.2 Korelasyon**

Korelasyon sonuçları 0.50- 0.70 arası orta, 0.70-0.90 yüksek, 0.91 çok yüksek şeklinde sınıflandırılmıştır. Su örneklerinin korelasyon analizinde Yeniçağa Gölü örnekleri hariç negatif yönde korelasyona rastlanmamıştır. Sediment ve biyoremediasyon deneyi sonrasında yapılan analizde negatif yönlü korelasyonlar tespit edilmiştir.

### ➤ Su

Nilüfer Çayı su örneklerindeki metallerin korelasyonu incelendiğinde negatif herhangi bir korelasyon görülmemekle birlikte çok güçlü korelasyonlara rastlanmıştır. Nilüfer Çayı örneklerinde görülen en güçlü korelasyonlar: (Ti-Mn):0.990, (Ti-Zn):0.983, (Cr-Co):0.980, (Cr-Cu):0.983, (Cr-Mo):0.977, (Mn-Zn):0.990, (Co-Cu):0.993, (Co-As):0.967, (Co-Mo):0.977, (Cu-As):0.958, (Cu-Mo):0.977 olarak belirlenmiştir.

Yeniçağa örneklerinde Nilüfer Çayı örneklerinden farklı olarak negatif korelasyonlar da tespit edilmiştir. Korelasyon değerleri daha düşük olmakla birlikte belirlenen en güçlü pozitif korelasyonlar: (Mn-Fe): 0.950, (Ti-Mn): 0.883, en güçlü negatif korelasyonlar: (Pb-As): 0.817, (Ag-As): 0.901'dir.

### ➤ Sediment

Arazi bölgeleri ayrı ayrı değerlendirilerek istasyonlar arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Nilüfer Çayı sediment örneklerinin korelasyon sonuçları incelendiğinde; Al-Fe, Zn-Cr, Ni-Cr, Cu-Ni gibi pek çok metal arasında yüksek derecede pozitif yönlü korelasyonlar görülmektedir. Nilüfer Çayı sediment örnekleri arasındaki en güçlü korelasyonlar: (Cr-Ni): 0.929, (Cr-Zn): 0.885, (Fe-Al): 0.871, (Zn-Ni): 0.854' tür. Yüksek derecede negatif yönlü korelasyonlar da tespit edilmiştir. En güçlü negatif korelasyonlar: (K-Zn): 0.806, (Cr-K): 0.794, (Cl-K):0.761 olarak bulunmuştur. Yeniçağa örnekleri değerlendirildiğinde; pek çok metal birbirleriyle yüksek korelasyonlar göstermektedir. belirlenen en yüksek pozitif korelasyonlar: (S-Zn): 0.929, (Zn-Cl): 0.941; en yüksek negatif korelasyonlar ise: (Mg-Ti): 0.952, (K-S): 0.984 olarak belirlenmiştir.

Nilüfer Çayı nda 2011'de yapılan çalışmada sediment korelasyonuna bakılmış ve Cu ve Zn arasında pozitif yönde yüksek derecede korelasyon olduğunu belirlemişlerdir (Üstün 2011). Bu çalışmada da farklı olarak Zn ve Cu arasında önemli bir korelasyon tespit edilememiştir.

### ➤ **Biyoremediasyon deneyi sonrasında korelasyon analizi uygulanan verilerin sonuçları**

Yapılan araştırmada, biyoremediasyon deneyi sonrasında su mercimekleri tarafından sudan uzaklaştırılan ve uzaklaştırılmayan metaller arasında korelasyon olup olmadığı da incelenmiştir (Çizelge 4.37). Parametrik olmayan dağılım gösteren tüm veriler Spearman korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Biyoremediasyon verilerine uygulanan korelasyon analizi sonuçları değerlendirilecek olunursa; en güçlü korelasyonlar: ( $^{66}\text{Zn}$ - $^{68}\text{Zn}$ ): 0.971 ( $^{53}\text{Cr}$ -Ni): 0.930 ve (Ni- $^{68}\text{Zn}$ ): 0.911 olarak bulunmuştur. Ayrıca; (Al- $^{65}\text{Cu}$ ): 0.890, ( $^{52}\text{Cr}$ - $^{65}\text{Cu}$ ): 0.890, ( $^{53}\text{Cr}$ - $^{68}\text{Zn}$ ): 0.890, ( $^{52}\text{Cr}$ - $^{53}\text{Cr}$ ): 0.856, ( $^{52}\text{Cr}$ -Ni): 0.866, ( $^{52}\text{Cr}$ - $^{66}\text{Zn}$ ): 0.880, (Fe-Ba): 0.855, (Ni- $^{65}\text{Cu}$ ): 0.875, (Ni- $^{66}\text{Zn}$ ): 0.868 de önemli görülen yüksek korelasyonlardır. (Al-Fe), ( $^{52}\text{Cr}$ -Ba), (Fe-Mn), ( $^{65}\text{Cu}$ -Fe), ( $^{66}\text{Zn}$ -Fe), ( $^{68}\text{Zn}$ -Fe)'un zayıf fakat negatif yönlü korelasyonları da dikkat çekmektedir. *Pistia stratiotes* L. kullanılarak yapılan bir çalışmada Al akümülayonuyla Fe akümülayon arasında yüksek bir korelasyon (0.89) olduğunu tespit etmişlerdir (Vesely vd. 2012). Bu çalışmada Al ve Fe sonuçları oldukça farklı bulunmuştur. Orta derecede(-0,572) korelasyon görüldüğü gibi korelasyon negatif yönlü tespit edilmiştir. Fe'in çoğu metalle (Mn,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{66}\text{Zn}$ ,  $^{68}\text{Zn}$ ) negatif yönde zayıf derecede, Al ile ise orta derecede negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum *L.minor*'un biyoremediasyon sırasında metal seçiciliği olduğunu desteklemektedir. Zn izotopları arasında, Ni ile Zn izotopları arasında ve Ni ile  $^{53}\text{Cr}$  arasında görülen çok yüksek dereceli pozitif korelasyonlar da önemli bir bulgudur. Bu durum, biyoremediasyon sürecinde *L.minor*'un bu metallerle ilişkisinin benzer olduğunu göstermektedir.

### ➤ **Bitki**

Su sistemlerinden elde edilen test suları kullanılarak biyoremediasyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Deney için farklı konsantrasyonda metal oranlarına sahip sular içerisine *L. minor* ekilmiştir. Deney sonunda test gruplarındaki bitkiler alınarak doku içindeki metal miktarlarının belirlenebilmesi için ICP cihazında okutulmuştur. Elde edilen veriler korelasyon analizine tabi tutularak, bitkideki metaller arasında bir

korelasyon olup olmadığı incelenmiştir (Çizelge 4.36). Çok sayıda metal arasında pozitif yönde orta ve yüksek derecede korelasyonlar belirlenmiştir. Sonuçlar, biyoremediasyon deneyi sonundaki su değerlerine uygulanan korelasyon sonuçlarıyla genel anlamda benzerlik göstermektedir. Çalışılan tüm sistemlerin bitkideki metal miktarları arasında en güçlü korelasyonlar: ( $^{66}\text{Zn}$ - $^{68}\text{Zn}$ ): 0.999 ( $^{66}\text{Zn}$ - $\text{Pb}$ ): 0.824, ( $^{66}\text{Zn}$ - $^{53}\text{Cr}$ ):0.816, ( $^{63}\text{Cu}$ - $^{65}\text{Cu}$ ): 0.718, ( $^{68}\text{Zn}$ - $\text{Pb}$ ): 0.827, ( $^{52}\text{Cr}$ - $^{53}\text{Cr}$ ): 0.795, ( $\text{Pb}$ - $^{53}\text{Cr}$ ): 0.742 olarak tespit edilmiştir. Mo ile  $^{53}\text{Cr}$  ve Zn izotopları arasında görülen negatif yönde yüksek derecedeki korelasyonlar dikkat çekici bir sonuçtur.

### 5.4.3 FT-IR

Nilüfer Çayı ve Yeniçağa Gölü istasyonlarından alınan örneklerin FT-IR sonuçları çizelgedeki gibidir (Şekil 4.10). Protein bantları belirgin olarak görünmemekte olup, spektrumlarında en belirgin özellik 3300 civarında görülen ve C-H gerilmesi olayını gösteren banttır. Aynı zamanda da, 1700  $\text{cm}^{-1}$  civarında görülen karbonil (C=O) bantları da belirgindir. Görülen bu bantlar, yapraktaki karbonhidrat (ve karbonil grupları için özellikle monosakkarit) miktarı ile ilgilidir.

## 6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, birçok konu aynı anda, birbirlerine bağlı şekilde araştırılmıştır. Çalışma hem doğal ortam aşaması, hem de laboratuvar aşamasından oluşmaktadır. Doğal ortam aşamasında belirlenen su sistemlerinin kirlilik düzeyleri tespit edilmiş ve biyoremediasyon çalışmaları için su örneği temin edilmiştir. Arazilerden alınan su örneklerinin ICP sonuçlarına göre; su kalite sınıfları baz alınarak, bazı istasyonların Al ve Fe (tüm istasyonlar), Cr (Nilüfer Çayı 1,2,3 ve 4.istasyon), Zn (Nilüfer 2 ve 3.istasyon), Ni (Nilüfer Çayı 1,2,3 ve 4.istasyon), Cu (Nilüfer Çayı 3.istasyon), As (Yeniçağa Gölü 3.istasyon) açısından kirli olduğu tespit edilmiştir. Yeniçağa Gölü'nün 3.istasyonunun As açısından 4.kalite sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Sediment sonuçları incelendiğinde, çalışılan tüm istasyonların Ni, Zn ve Cr açısından yüksek oranda kirli olduğu, Mn açısından çalışılan tüm bölgelerin aşırı kirlenmiş sınıfta olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak çalışılan bölgelerin sedimentlerinin; Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn açısından yüksek oranda kirli olduğu görülmüştür.

Ağır metaller arasındaki korelasyon, Pearson ve Spearman Korelasyon analizleri ile; Mann Whitney U Analizi kullanılarak ise birikim miktarları arasındaki anlamlı farklar araştırılmıştır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde arazi bölgelerinde su ve sedimentte bulunan metal miktarlarıyla paralel olacak şekilde birikim farkları tespit edilmiştir. Arazi bölgeleri kıyaslandığında metal birikiminin, Nilüfer Çayı'nda Yeniçağa Gölü'ne göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Metallerin *L.minor* tarafından uzaklaştırılma verimlilikleri incelendiğinde Pb, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn, Al ve Fe'nin diğer metallere göre daha iyi uzaklaştırılma oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Nilüfer Çayı'nın tüm istasyonları incelendiğinde; Al'un Nilüfer Çayı'nın kirli kısmından alınan örneklerde (1-2-3.istasyon) daha az oranda uzaklaştırılabildiği hatta 2.istasyonda test gruplarındaki Al miktarının çok düşük miktarlarda arttığı; nispeten daha temiz olan (sanayi çıkışından alınmamış) örneklerde ise, %90.88-93.21 arasında olduğu görülmektedir. Bu durum ortamdaki ağır metal miktarları değiştiği zaman Al'un ortamdan uzaklaştırılmasını etkilediği düşünülmektedir. Test

gruplarındaki Cr miktarları azalmak yerine belli oranda artış göstermiştir. 4 ve 6.istasyonlarda Cr<sup>52</sup> ve <sup>53</sup>Cr miktarları yüksek denilebilecek oranlarda azalmıştır. Fe, <sup>66</sup>Zn, <sup>68</sup>Zn için; *L.minor*'un ilk 3 istasyona göre 4-5-6.istasyonlarda daha yüksek bulunmuştur. Zn izotopları 4-5-6.istasyonlarda yüksek oranda (%98.79-99.86) uzaklaştırılmıştır. Su örnekleri içerisindeki Ni miktarları çok düşük değerlerde tespit edilmekle birlikte; metallerin Fe ve Zn da olduğu gibi 1-2-3 istasyonlarda daha az uzaklaştırıldığı görülmektedir. <sup>63</sup>Cu ve <sup>65</sup>Cu için ise, diğer metallerde olduğu gibi ilk 3 istasyondaki başarı, 4-5-6.istasyonlardan oldukça düşüktür. Aynı zamanda 2 ve 3.istasyonda <sup>63</sup>Cu ve <sup>65</sup>Cu miktarlarında suda artış gözlenmiştir. <sup>63</sup>Cu'daki artış <sup>65</sup>Cu'e göre daha fazladır. As, Nilüfer Çayı'nın sadece ilk 3 istasyonunda tespit edilmiştir. Bu gruplarda da çok düşük oranlarda uzaklaştırılma görülmüştür.

Nilüfer Çayı biyoremediasyon sonuçları göl sularındaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bu sebeple *L.minor*'un akarsular üzerinde diğer canlılarla yapılan (bakteri, köklü makrofit vb.) biyoremediasyon çalışmalarına bir alternatif olabileceği düşünülmektedir, ancak, konuyla ilgili amaca yönelik yeni çalışmalar yapılarak sonuç desteklenmelidir.

Yeniçağa Gölü'nde tüm istasyonlarda Al'un büyük oranda uzaklaştırıldığı gözlenmiştir. 1.istasyondaki uzaklaştırma değerinin düşük olmasının nedeninin sudaki başlangıç miktarının az olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Fe ve Ni metalleri için; çok yüksek değerler olmamakla birlikte tüm istasyonlarda uzaklaştırma görülmüştür. <sup>66</sup>Zn -<sup>68</sup>Zn tüm istasyonlarda yüksek oranlarda uzaklaştırılmıştır. As miktarı 3.istasyonda diğer iki istasyona oranla oldukça yüksek tespit edilmiştir. Uzaklaştırma oranlarına bakıldığında As'nin uzaklaştırılmasının başarısız olduğu görülmektedir. Mo ve Pb, 2 ve 3. istasyonlarda 1. istasyona oranla daha yüksek oranda uzaklaştırılmıştır.

Biyoremediasyon deneyi sonrasında su mercimekleri tarafından sudan uzaklaştırılan ve uzaklaştırılmayan metaller arasında korelasyon olup olmadığının belirlenebilmesi için yapılan korelasyon analizinde Al ve Fe arasında orta derecede negatif yönlü korelasyon tespit edilmiş olması önemli bir sonuçtur. En güçlü korelasyonlar ise, ( $^{66}\text{Zn}$ - $^{68}\text{Zn}$ ): 0.971 ( $^{53}\text{Cr}$ -Ni): 0.930 ve (Ni- $^{68}\text{Zn}$ ): 0.911 olarak bulunmuştur. Bitki dokusundaki metallerin korelasyon sonuçları incelendiğinde;  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{66}\text{Zn}$ ,  $^{68}\text{Zn}$  ve Mo arasında görülen negatif yönlü ve yüksek dereceli korelasyonlar önemli bir bulgudur. Biyoremediasyon çalışmasının doğadaki değişik metal kirliliği seviyelerine sahip su sistemlerinden alınan su örneklerinde gerçekleştirilmiş olması sebebiyle bu çalışma, ülkemizdeki ilklerden birini teşkil etmektedir. Ayrıca, sudan uzaklaştırılan ve uzaklaştırılmayan metaller arasında yüksek derecede görülen negatif ve pozitif korelasyonların tespit edilmiş olması da biyoremediasyon çalışmaları için önemli bir sonuçtur.

Yapılan çalışma sonucunda, Nilüfer Çayı'nın sanayi bölgesinde yoğun bir kirliliğe maruz kaldığı su ve sedimentteki birikimlerden görülmektedir. Mevcut tesisler geliştirilerek ve gerekli önlemler artırılarak daha fazla kirlenmenin önüne geçilmesi gerekmektedir. Yeniçağa Gölü 4.istasyonundaki As miktarındaki önemli artışın sebebi araştırılarak gölün As açısından daha fazla kirlenmesi önlenmelidir.

Toksisite çalışmasının sonucunda, çalışılan konsantrasyon aralığında Cr nanopartiküllerinin farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Nanopartikül konsantrasyonunun artması bazı gruplarda büyümeyi olumlu etkilerken (Yeniçağa Gölü istasyonları, Nilüfer Çayı 1.istasyon) bazı gruplarda (Nilüfer Çayı 2 ve 3.istasyon ve kültür grupları) toksik etki oluşturmuştur.

Biyoremediasyon sürecinde canlıların metal seçililikleri olup olmadığı ve hangi metallerin hangi canlılar tarafından daha verimli bir şekilde absorblandığı konusunda yapılacak yeni çalışmalarla bulunan sonuçlar desteklenmelidir. İlk kez bu tez çalışmasında belirlenmiş olan *L.minor* tarafından metallerin biyoremediasyonu sırasında absorblanan metaller arasında görülen negatif ve pozitif korelasyonların sebebi araştırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Alhas, E., Oymak, S.A. and Karadede, A.H. 2008. Heavy metal concentrations in two barb, *Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus* from Atatürk Dam Lake, Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*, 148(1-4),11-18.
- Altindag, A. and Yigit, S. 2005. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. *Chemosphere*, 60(4),552-556.
- Alvarado, S., Guédez, M., Guédez, M., Lué-Meru, M.P., Nelson, G., Alvaro, A., Jesús, A.C. and Gyula, Z. 2008. Arsenic Removal from Waters by Bioremediation with the Aquatic Plants Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and Lesser Duckweed (*Lemna minor*). *Bioresource Technology*, 99, 8436–8440.
- Anonim. 2004. Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31 Aralık 2004. 25687.
- Anonymous. 2014. Web Sitesi: [http://en.wikipedia.org/wiki/Lemna\\_minor](http://en.wikipedia.org/wiki/Lemna_minor), Erişim Tarihi: 05.08.2014.
- Anonymous. SPSS Statistics Data Editor 17.0 License Authorization Wizard (<http://cs.its.uiowa.edu/software/documents/SPSS17.0MacintoshSiteLicenseInstallationInstructions.pdf>).
- Appenroth, K.J., Krech, K., Keresztes, Á., Fischer, W. and Koloczek, H. 2010. Effects of Nickel on the Chloroplasts of the Duckweeds *Spirodela polyrhiza* and *Lemna minor* and Their Possible Use in Biomonitoring and Phytoremediation. *Chemosphere*, 78, 216–223.
- Axtell, N.R., Sternberg, S.P.K. and Claussen, K. 2003. Lead and nickel removal using *Microspora* and *Lemna minor*. *Bioresource Technology*, 89(1), 41-48.
- Bakac, M. and Kumru, M.N. 2001. Factor analysis in the geochemical studies along the Gediz river, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 249(3),617-624.
- Barlas, N., Akbulut, N. and Aydoğan, M. 2005. Assessment of Heavy Metal Residues in the Sediment and Water Samples of Uluabat Lake, Turkey. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 74(2),286-293.
- Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Vaz-Pires, P., Carvalho, M.L. and Nunes, M.L. 2008. Essential elements and contaminants in edible tissues of European and American lobsters. *Food Chemistry*, 111(4),862-867.
- Blinova, I. 2004. Use of Freshwater Algae and Duckweeds for Phytotoxicity Testing. *Environmental Toxicology*, 19(4), 425–428.
- Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L. and Ozdemir, N. 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, 63(9),1451-1458.

- Dirilgen, N. 2011. Mercury and lead: Assessing the toxic effects on growth and metal accumulation by *Lemna minor*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(1), 48-54.
- Drost, W., Matzke, M. and Backhaus, T. 2007. Heavy metal toxicity to *Lemna minor*: studies on the time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure. *Chemosphere*, 67(1), 36-43.
- Elmacı, A., Özençin, N. and Yonar, T. 2009. Removal of Chromium (III), Copper (II), Lead (II) and Zinc (II) Using *Lemna minor* L. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(5), 538-542.
- Favas, P.J.C., Pratas, J. and Prasad, M.N.V. 2012. Accumulation of arsenic by aquatic plants in large-scale field conditions: Opportunities for phytoremediation and bioindication. *Science of the Total Environment*, 433, 390-397.
- Fjällborg, B. and Dave, G. 2003. Toxicity of Copper in Sewage Sludge. *Environment International*, 28(8), 761-769.
- Goulet, R. R., Lalonde, J. D., Munger, C., Dupuis, S., Dumont-Frenette, G., Premont, S. and Campbell, P.G.C. 2005. Phytoremediation of effluents from aluminum smelters: A study of Al retention in mesocosms containing aquatic plants. *Water Research*, 39(11), 2291-2300.
- Gubbins, E.J., Batty, L.C. and Lead, J.R. 2011. Phytotoxicity of Silver Nanoparticles to *Lemna minor* L. *Environmental Pollution*, 159(6), 1551-1559.
- Harish, Sundaramoorthy, S., Kumar, D. and Vaijapurkar, S.G. 2008. A new chlorophycean nickel hyperaccumulator. *Bioresource Technology*, 99(9), 3930-3934.
- Hou, W., Chen, X., Song, G., Wang, Q. and Chang, C.C. 2007. Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (*Lemna minor*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 62-69.
- Hurd, N.A. and Sternberg, S.P.K. 2008. Bioremoval Of Aqueous Lead Using *Lemna minor*. *International Journal of Phytoremediation*, 10(4), 278-288.
- Jackson, V.A., Paulse, A.N., Bester, A.A., Neethling, J.H., Khan, S. and Khan, W. 2009. Bioremediation of Metal Contamination in the Plankenburg River, Western Cape, South Africa. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 559-568.
- Juhel, G., Batisse, E., Hugues, Q., Daly, D., van Pelt, Frank, N.A.M., O'Halloran, J. and Jansen, M. A. K. 2011. Alumina nanoparticles enhance growth of *Lemna minor*. *Aquatic Toxicology*, 105( 3-4), 328-336.
- Khellaf, N. and Zerdaoui, M. 2009. Growth Response of the Duckweed *Lemna minor* to Heavy Metal Pollution. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 6(3), 161-166.

- Khellaf, N., Zerdaoui, M., Faure, O. and Leclerc, J.C., 2010. Tolerance to Heavy Metals in the Duckweed, *Lemna minor*. *Ecotoxicology*, 19,1363–1368.
- Khellaf, N. and Zerdaoui, M. 2012. Development of a kinetic model for the removal of zinc using the aquatic macrophyte, *Lemna gibba* L. *Water Science and Technology*, 66(5),953-957.
- Kılıç, S. and Becer, A.Z. 2013. Some Growth Characters of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) in Lake Yeniçağa, Bolu, Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 7(3),99-104.
- Kubiak, J.J., Khankhane, P.J., Kleingeld, P. J. and Lima, A.T. 2012. An attempt to electrically enhance phytoremediation of arsenic contaminated water. *Chemosphere*, 87(3), 259-264.
- Li, T.Y. and Xiong, Z.T. 2004. A novel response of wild type duckweed (*Lemna paucicostata* Hegelm.) to heavy metals. *Environmental Toxicology*,19(2),95–102.
- Malik, A. 2004. Metal bioremediation through growing cells. *Environment International*, 30(2), 261-78.
- Megatelli, S., Semsari, S. and Michel, C. 2009. Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(6), 1774-1780.
- Miretzky, P., Saralegui, A. and Cirelli, A.F. 2004. Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina). *Chemosphere*, 57(8), 997-1005.
- Mishra, V.K. and Tripathi, B.D. 2008. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. *Bioresource Technology*, 99(15), 7091-7097.
- OECD, 2002. Guidelines for the testing of chemicals. *Lemna* sp. Growth Inhibition Test, Draft guideline 221.
- Oporta, C., Arce, O., Broeck, E.V.D., Bruggen, B.V.D. and Vandecasteele, C. 2006. Experimental Study and Modelling of Cr (VI) Removal from Wastewater Using *Lemna minor*. *Water research*, 40,1458–1464.
- Parker, D.R. and Pedler, J.F. 1997. Reevaluating the free-ion activity model of trace metal availability to higher plants. *Plant Soil*, 196, 223–228.
- Perin, G., Bonardi, M., Fabris, R., Simoncini, B., Manente, S., Tosi, L. and Scotto, S. 1997. Heavy metal pollution in central Venice Lagoon bottom sediments: evaluation of the metal bioavailability by geochemical speciation procedure. *Environmental Technology*, 18, 593-604.
- Piston, G., Allinson, G., Stagnitti, F. and Colville, S. 1999. Effect of Selenium on the Growth of *Lemna minor*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 71(3&4), 271 – 277.

- Prasad, M.N.V., Malec, P., Waloszek, A., Bojko, M. and Strzałka, K. 2001. Physiological Responses of *Lemna trisulca* L. (duckweed) to Cadmium and Copper Bioaccumulation. *Plan Science*, 161(5), 881-889.
- Rahmani, G.N.H. and Sternberg, S.P.K., Bioremoval of Lead from Water Using *Lemna minor*. *Bioresource Technology*, 70(3), 225-230.
- Saygi, Y. and Yigit, S.A. 2012b. Heavy metals in Yenicaga Lake and its potential sources: soil, water, sediment, and plankton. *Environmental Monitoring Assessment* 184(3),1379-1389.
- Saygıdeğer, S. 1996. *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L. (Lemnaceae)' nin Morfolojik, Anatomik, Ekolojik ve Fizyolojik Özellikleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 18, 8-11.
- Sekomo, C.B., Rousseau, D.P.L., Saleh, S.A and Lens, P.N.L. 2012. Heavy metal removal in duckweed and algae ponds as a polishing step for textile wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 44, 102-110.
- Song, G., Gao, Y., Wu, H., Hou, W., Zhang, C. and Ma, H. 2012. Physiological effect of anatase TiO<sub>2</sub> nanoparticles on *Lemna minor*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(9), 2147-2152.
- Tamer, U., Gundogdu, Y., Boyaci, I.H. and Pekmez, K. 2010. Synthesis of magnetic core-shell Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Au nanoparticle for biomolecule immobilization and detection. *Journal of Nanoparticle Research*, 12(4), 1187-1196.
- Tunca, E. 2011. Yeniçağa (Bolu) Gölü Su, Sediment ve Tatlısu Istakozunda (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) Bazı Ağır Metal Birikimlerinin Mevsimsel Değişimi,(Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi.
- Tunca, E., Atasagun, S. and Saygi, Y. 2012.Yeniçağa Gölü'nde (Bolu-TÜRKİYE) Su, Sediment ve Kerevitteki (*Astacus leptodactylus*) Bazı Ağır Metallerin Birikimi Üzerine Bir Ön Çalışma. *Ekoloji*, 21(83), 68-76.
- Tunca, E., Ucuncu, E., Ozkan, A.D., Ülger, Z.E. and Tekinay, T. 2013. Tissue Distribution and Correlation Profiles of Heavy-Metal Accumulation in the Freshwater Crayfish *Astacus leptodactylus*. *Archieve of Environmentl Contamination&Toxicology* 64(4),676-91.
- Ucuncu, E., Tunca, E., Fikirdesici, S. and Altındag, A. 2013. Decrease and increase profile of Cu, Cr and Pb during stable phase of removal by duckweed (*Lemna minor* L.). *International Journal of Phytoremediation*,15,376–384.
- Üçüncü, E., Özkan, A.D., Kurşungöz, C., Ülger, Z.E., Tekinay, T., Ortaç, B. and Tunca, E. 2014. Interaction Modeling of Laser Ablated Silver Nanoparticle Phytoremediation by *Lemna minor*. *Chemosphere*, (DOI:10.1016/j.chemosphere.2014.01.049.).
- Ustun, G.E. 2011. The Assessment of Heavy Metal Contamination in the Waters of the Nilufer Stream in Bursa. *Ekoloji*, 20(81), 61-66.

- Yenice, Z. 2010. Geçici Daldırma Sistem Biyoreaktörlerle Su Mercimeği (*Lemna minor* L.) Bitkisinin İn Vitro Çoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, 47, Ankara.
- Yildiz, N. and Pala, A. 2012. Effects of Small-Diameter Silver Nanoparticles on Microbial Load in Cow Milk. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1119-1127 .
- Yılmaz, D.D. and Akbulut, H. 2011. Effect of Circulation on Wastewater Treatment by *Lemna gibba* and *Lemna minor* (Floating Aquatic Macrophytes). *International Journal of Phytoremediation*, 13(10), 970-984.
- Vesely, T., Trakal, L., Neuberg, M., Szakova, J., Drabek, O., Tejnecky, V., Balikova, M. and Tlustos, P. 2012. Removal of Al, Fe and Mn by *Pistia stratiotes* L. and its stress response. *Central European Journal of Biology*, 7(6), 1037-1045.
- Wahaab, R.A., Lubberding, H.J. and Alaerts, G.J. 1995. Copper and Chromium (III) Uptake by Duckweed. *Water Science and Technology*, 32(11), 105-110.
- Wang, Q., Cui, Y. and Dong, Y. 2002. Phytoremediation of Polluted Waters Potentials and Prospects of Wetland Plants. *Acta Biotechnologica*, 22(1-2), 199-208.
- Zayed, A., Gowthaman, S. and Terry, N. 1998. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants I. Duckweed. *Journal of Environmental Quality*, 27, 715–721.
- Zhang, X., Hu, Y., Liu, Y.X. and Chen, B.D. 2011. Arsenic uptake, accumulation and phytofiltration by duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.). *Journal of Environmental Sciences-China*, 23(4), 601-606.
- Zhou, X., Li, Q., Arita, A., Sun, H. and Costa, M. 2009. Effects of nickel, chromate, and arsenite on histone 3 lysine methylation. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 236(1), 78-84

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA

Doğum Yeri : Trabzon

Doğum Tarihi : 02.11.1986

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Tülay Başaran Anadolu Lİsesi (2004)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2009)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı  
(2011)

### Yayımlar (SCI)

- **Üçüncü E.,** Özkan A.D., Kurşungöz C., Ulger Z. E., Tekinay T., Ortaç B., Tunca E.(2014) “Interaction Modeling of Laser Ablated Silver Nanoparticle Phytoremediation by *Lemna minor*” Chemosphere, 108,251-257.
- **Üçüncü E.,** Tunca E., Fikirdeşici Ş. and Altındağ A. (2013) “ Decrease and increase profile of Cu, Cr and Pb during stable phase of removal by duckweed (*Lemna minor* L.)”. International Journal of Phytoremediation, 15(4), 376-384.
- **Üçüncü E.,** Tunca E., Fikirdeşici Ş., Altındağ A. (2013) ‘Phytoremediation of Cu, Cr and Pb Mixtures by *Lemna minor*’ Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 91, 600-604.
- Tunca E., **Üçüncü E.,** Ozkan A.D., Ulger Z. E., Tekinay T. (2013)“Tissue Distribution and Correlation Profiles of Heavy Metal Accumulation in the Freshwater Crayfish.” Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 64(4) , 676-691.

- Tunca E., **Üçüncü E.**, Ozkan A.D., Ulger Z. E., Tekinay T. (2013) ‘‘Differences in the Accumulation and Distribution Profile of Heavy Metals and Metalloid between Male and Female crayfish (*Astacus leptodactylus*).’’ Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 90(5), 570-577.
- Tunca E., **Ucuncu E.**, Kurtuluş B., Ozkan A.D., Atasagun S. (2013) ‘‘Accumulation Effects and Trends of Some Heavy Metal (Al, Cu, Fe, Ni, Zn) and Metalloid (As) in the Freshwater Crayfish’’ Chemistry and Ecology, 29(8), 754-769.

### **Hakemli Dergiler**

- **Üçüncü E.** ve Altındağ A. (2012) ‘‘Balık Geçitleri ve Tasarımı Üzerine Genel Bir Bakış’’. Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Natural Sciences, 15(4)-50-58.

### **Uluslararası Kongreler**

- Fikirdeşici Ş., **Üçüncü E.**, Tunca E., Kaya M. ‘‘A Study on the Success of Fe Metal Bioremediation by *Daphnia magna* and *Lemna minor* Individually and Together’’ (June 18-21, 2013, International Conference On Environmental Science and Technology-Cappadocia, Ürgüp, Nevşehir, Turkey).
- Fikirdeşici Ergen Ş., **Üçüncü Tunca E.**, Tunca E., Acaröz E., Altındağ A., Tekinay T. ‘‘Interrelation of Heavy Metal Accumulation in Tissues Of *Astacus leptodactylus* (Dikilitaş Lake, Ankara)’’ (September 25 - 27, 2014, FABA 2014: International Symposium on Fisheries and Aquatic Science- Trabzon,Turkey- Accepted.)
- **Üçüncü E.**, Fikirdeşici Ş., Tunca E., Kaya M. ‘‘Acute Toxic Effect of Aluminum, Barium and Iron in Two Different Culture Media Containing *Daphnia magna* Alone or In Presence of *L. minor* on *D.magna*.’’ (June 18-21, 2013, International Conference On Environmental Science and Technology-Cappadocia, Ürgüp, Nevşehir, Turkey).

- Tunca E., **Üçüncü E.**, Ozkan A.D., Ülger Z.Ü., Kurşungöz C., Ortaç B., Tekinay T. “Effect of Silver Nanoparticles in Different Concentrations on the Growth of *Lemna minor* in an Alkaline Environment” (June 18-21, 2013, International Conference On Environmental Science and Technology-Cappadocia, Ürgüp, Nevsehir, Turkey).
- Tunca E., **Üçüncü E.**, Ozkan A.D., Ülger Z.Ü., Tekinay T. “Prediction of Body Weight from Length Measurements in the Crayfish *Astacus leptodactylus*” (June 18-21, 2013, International Conference On Environmental Science and Technology-Cappadocia, Ürgüp, Nevsehir, Turkey).

### **Ulusal Kongreler**

- **Üçüncü E.**, Tunca E., Atasagun S. “Kerevit (*Astacus leptodactylus* E.,1823) Yumurtalarındaki Bazı Elementler ve Bu Elementlerin Kerevitin Diğer Dokularıyla Olan Birikim Farkları” 07-09 2011 Eylül Samsun. Fisheries And Aquatic Sciences-Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu.
- Tunca E., **Üçüncü E.**, Atasagun S. “Kerevit (*Astacus leptodactylus* E.,1823) Dokularında Bazı Toksik Metaller ve Nutrientler Arasındaki Birikim İlişkisi” 07-09 Eylül 2011 Samsun. Fisheries and Aquatic Sciences-Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu.
- Altunöz E.M., Buyurgan Ö., Tunca E., Fikirdeşici Ş. ve **Üçüncü E.** “Cr, Pb ve Cu Ağır Metal Konsantrasyonlarında *Lemna minor* Biyoabsorpsiyonu Sonrasında Gelişen Alg Türleri” 04-07 Ekim 2011 Çanakkale. X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi.
- **Üçüncü E.**, Buyurgan Ö., Fikirdeşici Ş., Tunca E. ve Altındağ A." *Lemna minor*’ un Ağır Metal Temizlenmesindeki Yeri: Cr, Pb, Cu Karışımları Örneği" (04-07 Ekim 2011 Çanakkale. X. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi)

- Fikirdeşici ř., Üçüncü E., Tunca E., Buyurgan Ö. ve Altındağ A. “Ağır Metal Karışımlarının *Lemna minor* Biyokütle İnhibisyonu" (04-07 Ekim 2011 Çanakkale. X. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi)
- Buyurgan Ö., Tunca E., Üçüncü E., Fikirdeşici ř. ve Altındağ A. “Pb, Cu ve Cr'a Maruz Bırakılan *Lemna minor*'un  $EC_{50}$  Değerleri” (04-07 Ekim 2011 Çanakkale. X. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi)
- Tunca E., Fikirdeşici ř., Buyurgan Ö., Üçüncü E. Ahmet Altındağ A. "Su Mercimeği (*Lemna minor*) Kullanarak Farklı Konsantrasyonlardaki Cu, Cr ve Pb' Nin Biyolojik Temizlenmesi" (04-07 Ekim 2011 Çanakkale. X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi)

#### **Diğer Yayınlar**

- Üçüncü E., Özkan A.D., Ölmez T.T., Tunca E., 2014. Heavy Metal Remediation: Transport and Accumulation in Plants, Book Chapter, 978-1-63321-593-1.

#### **Yer aldığı projeler**

- TÜBİTAK 110Y202 - Su mercimeği (*Lemna minor* L.) kullanılarak farklı konsantrasyonlardaki ağır metal (Cu, Cr, Pb) karışımlarının laboratuvar ortamında biyoremediasyonu (2010-2011).
- TÜBİTAK 111Y154 - Karataş Gölü'nün zooplankton faunası ve ağır metal birikiminin mevsimsel olarak belirlenmesi ve gölden kültüre alınan *Daphnia magna*'nın biyoremediasyon kapasitesinin *Lemna minor* ile kıyaslanması (2011-2012).
- TÜBİTAK 112Y373 - Farklı Doğal Su Sistemlerindeki Ağır Metallerin Analizi ve *Lemna minor* Kullanılarak Temizlenmesi(2013-2014).