T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİCLE NEHRİ'NİN BELİRLİ LOKALİTELERİNDE SU, SEDİMENT ve BAZI BİVALVİA TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ

Çiğdem KAYMAK ABAY

DOKTORA TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Ocak 2017

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Çiğdem KAYMAK ABAY tarafından yapılan "Dicle Nehri'nin Belirli Lokalitelerinde Su, Sediment ve Bazı Bivalvia Türlerinde Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi" konulu bu çalışma , jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

	Ünvanı	Adı Soyadı
Başkan:	Prof. Dr.	Erhan ÜNLÜ
Üye :	Prof. Dr.	Rıdvan ŞEŞEN (Danışman)
Üye :	Prof. Dr.	Osman AKBA
Üye :	Doç. Dr.	İhsan EKİN
Üye :	Yrd. Doç. Dr.	Semra KAÇAR

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 26/01/2017

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../201..

Doç.Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Bu çalışma için beni yönlendiren, katkıda bulunan, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesiyle aşmamda yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Rıdvan ŞEŞEN'e,

Hidrobiyoloji laboratuarının tüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan, bilgi ve desteklerini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ'ye,

Kimyasal Analiz laboratuarında bulunan imkanlardan yararlanmamı sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Recep ZİYADANOĞULLARI'na,

Referans numune temininde yardımcı olan, bilgi ve tecrübelerini aktaran Prof. Dr. Hülya KARADEDE AKIN'a,

Çözünürleştirme ve ICP-OES cihazında ağır metal analizlerinin yapılmasında emeği geçen Araş. Gör. Gurbet CANPOLAT'a,

Arazi çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayan sevgili babam Fesih KAYMAK'a ve kardeşim Seda KAYMAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

12-FF-85 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen eşim Nizam ABAY'a sonsuz sevgimi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR..... I

İÇİNDEKİLER..... II

ÖZET..... V

ABSTRACT..... VI

ÇİZELGE LİSTESİ..... VII

ŞEKİL LİSTESİ..... VIII

KISALTMA VE SİMGELER..... IX

1. GİRİŞ..... 1

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... 5

2.1. Mollusca (Yumuşakçalar) Şubesinin Genel Özellikleri..... 5

2.1.1. Bivalvia Sınıfının Genel Özellikleri..... 5

2.1.2. Çalışılan Bivalviaların Genel Özellikleri ve Sistematiği..... 7

2.1.2.1. *Unio mancus* (Lamarck, 1819)..... 7

2.1.2.2. *Unio tigridis* (Bourguignat,1853)..... 8

2.1.2.3. *Anodonta anatina* (Linnaeus,1758)..... 9

2.2. Suyun Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri..... 10

2.2.1. Sıcaklık (ºC)..... 10

2.2.2. Çözünmüş Oksijen (mg/L)..... 10

2.2.3. pH..... 10

2.2.4. İletkenlik (µS/cm)..... 10

2.3. Ağır Metaller..... 11

2.3.1. Ağır Metallerin Genel Özellikleri..... 11

2.3.2. Ağır Metallerin Biyolojik Sistemlerdeki Etkileri..... 12

2.3.3. Çalışılan Ağır Metallerin Özellikleri..... 15

2.3.3.1. Bakır (Cu)..... 15

2.3.3.2. Nikel (Ni)..... 16

2.3.3.3 Kobalt (Co)..... 16

2.3.3.4. Çinko (Zn)..... 17

2.3.3.5. Kadmiyum (Cd)..... 18

2.3.3.6. Kurşun (Pb)..... 18

2.4. Midye Türleri Üzerinde Yapılmış Ağır Metal Çalışmaları..... 19

3. MATERYAL ve METOT..... 27

3.1. Çalışma Kapsamı..... 27

3.2. Dicle Nehri'nin Genel Özellikleri ve Çalışma Alanının Tanımı..... 27

-I. Lokalite (Diyarbakır)..... 29

-II. Lokalite (Bismil)..... 29

-III. Lokalite (Hasankeyf)..... 30

3.3. Arazi Çalışmaları ve Örneklerin Laboratuara Getirilmesi..... 31

3.4. Kullanılan Mikrodalga ve ICP-OES Cihazlarının Özellikleri..... 32

3.5. Su Örneklerinin Analize Hazırlanması 33

3.6. Sediment Örneklerinin Analize Hazırlanması..... 33

3.7. Midye Örneklerinin Analize Hazırlanması..... 35

3.8. İstatistiksel Analizler..... 38

4. ARAŞTIRMA BULGULARI 39

4.1. Dicle Nehri Su Örneklerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri..... 39

4.1.1. Sıcaklık (ºC)..... 40

4.1.2. Çözünmüş Oksijen (mg/L)..... 40

4.1.3. pH..... 40

4.1.4. İletkenlik (µS/cm)..... 40

4.2. Dicle Nehri Su Örneklerinde Ölçülen Ağır Metal Konsantrasyonları..... 41

4.3. Dicle Nehri Sediment Örneklerinde Ölçülen Ağır Metal Konsantrasyonları.... 43

4.4. Lokalitelere Göre Midyelerde Ölçülen Ağır Metal Konsantrasyonları..... 50

4.5. Midye Türlerinin Ağır Metal Konsantrasyonları..... 54

4.5.1. *Unio mancus*..... 54

4.5.2. *Unio tigridis* 55

4.5.3. *Anodonta anatina*..... 56

5. SONUÇ VE TARTIŞMA……..... 59

6. KAYNAKLAR……..... 67

ÖZGEÇMİŞ……..... 86

ÖZET

DİCLE NEHRİ'NİN BELİRLİ LOKALİTELERİNDE SU, SEDİMENT ve BAZI BİVALVİA TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Çiğdem KAYMAK ABAY

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

2017

Bu çalışmada, Dicle Nehri'nin belirlenen üç lokalitesinden belli aralıklarla alınan su, sediment ve *Unio mancus* (Lamarck, 1819), *Unio tigridis* (Bourguignat,1853), *Anodonta anatina* (Linnaeus,1758) türlerinin içorganlar kitlesinde Cu, Ni, Co, Zn, Cd ve Pb gibi ağır metallerin konsantrasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. Örneklerin ağır metal analizi İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazı ile yapılmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş, sonuçlar ulusal ve uluslararası mevzuatlarda yer alan limit değerlerle karşılaştırılmıştır.

Sudaki ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde Cu' ın, Diyarbakır (I. lokalite) ve Bismil (II. lokalite) sularında 2014 yılı yaz döneminde, Hasankeyf (III. lokalite) suyunda sonbahar-2014 döneminde en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Ni metali sadece I. lokalitede ölçülmüş, Zn yaz döneminde I. lokalite (0.066 ppm) > III. lokalite (0.052 ppm) > II. lokalite (0.04 ppm) şeklinde bir sıralamayla ölçülmüştür. Co, Cd ve Pb konsantrasyonları ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir.

Lokaliteler göz önüne alınarak sedimentte ağır metal birikimleri incelendiği zaman ortalama metal konsantrasyonu tüm lokalitelerde sırasıyla Zn> Ni >Cu > Co >Pb olarak belirlenmiştir. Tüm lokalitelerde sedimentte en fazla rastlanılan metalin Zn, en az rastlanılan metalin ise Pb olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada *Unio mancus* türündeki ağır metal birikimi değerlendirilmiştir ve Cu, Co ve Pb konsantrasyonu I. lokalite> II. lokalite> III. lokalite; Ni konsantrasyonu I. lokalite> III. lokalite> II. lokalite; Zn konsantrasyonu II. lokalite> III. lokalite> I. lokalite olarak belirlenmiştir. *Anodonta anatina* türünde yapılan çalışmada lokaliteler arasındaki ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu, Ni ve Co konsantrasyonlarında I. lokalite> II. lokalite> III. lokalite; Zn konsantrasyonu III. lokalite> II. lokalite> I. lokalite; Pb konsantrasyonu II. lokalite> I. lokalite > III. lokalite olarak belirlenmiştir. *Unio tigridis* türünde ise yapılan çalışmada lokaliteler arasındaki ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu, Ni ve Pb konsantrasyonlarında I. lokalite> III. lokalite; Co ve Zn konsantrasyonu III. lokalite> I. lokalite olarak belirlenmiştir. Lokaliteler arasında *Unio mancus* türünde Cu, Ni ve Co; *Anodonta anatina* türünde Cu, Ni, Co, Zn ve Pb; *Unio tigridis* türünde Cu, Zn ve Pb konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Anahtar Kelimeler : *Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina,* Ağır Metal, Su, Sediment, ICP-OES.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN WATER, SEDIMENT AND SOME BIVALVIA AT SPECIFIC LOCALITIES OF TIGRIS RIVER

PhD THESIS

Çiğdem KAYMAK ABAY

DEPARTMENT OF BIOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2017

In this study, it was tried to determine heavy metals such as Cu, Ni, Co, Zn, Cd and Pb concentrations in water, sediment and in the internal organs of *Unio mancus* (Lamarck, 1819), *Unio tigridis* (Bourguignat, 1853), *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) species which was taken from certain times at three localities of Tigris River. Heavy metal analysis of the samples was carried out by Inductively Coupled Plazma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) device. The obtained data was evaluated statistically and the results were compared with the limit values in national and international legislation.

Considering heavy metal concentrations in water, Cu was found to be at the highest level in Diyarbakır (I. locality) and Bismil (II. locality) waters during the summer season 2014 and in Hasankeyf (III. locality) water in autumn-2014. Ni metal was measured only in the first locality, Zn was measured in the summer season in order of I. locality (0.066 ppm) > III. locality (0.04 ppm) > II. locality (0.052 ppm). Co, Cd and Pb concentrations were not detected because value was under the analysis limit of ICP-OES device.

When the sediment heavy metal accumulations were examined considering the localities, average metal concentration of all localities were determined respectively Zn> Ni >Cu > Co >Pb. In all localities the most encountered heavy metal in sediment samples was Zn, while the lowest one was Pb.

The study heavy metal accumulation of *Unio mancus* species have been evaluated and Cu, Co and Pb concentrations was determined I. locality> II. locality> III. locality; Ni concentration was determined I. locality> III. locality> II. locality; Zn concentration was determined II. locality> III. locality> I. locality. *Anodonta anatina* species onheavy metal accumulation was evaluated among localities and were found Cu, Ni and Co concentrations I. locality> II. locality> III. locality; Zn concentration III. locality> II. locality> I. locality; Pb concentration II. locality> I. locality> III. locality. In the study of *Unio tigridis* species on heavy metal accumulation was evaluated among localities and were found Cu, Ni and Pb concentrations I. locality> III. locality; Co and Zn concentrations III. locality> I. locality. Among localities, in *Unio mancus* species concentration of Cu, Ni and Co; in *Anodonta anatina* species concentration of Cu, Ni, Co, Zn and Pb; in *Unio tigridis* species concentration of Cu, Zn and Pb were determined a statistically significant difference ($p<0.05$).

Key Words: *Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina,* Heavy Metal, Water, Sediment, ICP-OES.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1.	Lokalitelere ait koordinatlar	27
Çizelge 3.2.	Berghof marka Speedwave MWS-3^{+} mikrodalga cihazının sediment ve midye numunelerini çözünürleştirme koşulları	32
Çizelge 3.3.	ICP- OES cihazının çalışma koşulları	33
Çizelge 3.4.	ICP- OES'te ölçülen her bir element için kullanılan dalga boyu, LOD, LOQ, r^2 ve y=mx+n değerleri	34
Çizelge 3.5.	Çalışmada kullanılan midyelere ait ölçüm değerleri **(**Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir)	36
Çizelge 4.1.	Dicle Nehri'nin belirlenen lokalitelerinde alınan su örneklerindeki sıcaklık, oksijen, pH, iletkenlik değerlerinin mevsimlere göre değişimi ve ulusal/uluslararası standartlarla karşılaştırılması	39
Çizelge 4.2.	ERA-WasteWatR Trace Metals ile ölçülen su değerleri	42
Çizelge 4.3.	Dicle Nehri'nde çalışılan lokalite sularında ölçülen ağır metal değerlerinin mevsimlere göre değişimi (ppm)	43
Çizelge 4.4.	LGC6189 Nehir Sediment referans materyal ile ölçülen değerler	44
Çizelge 4.5.	Lokalite sedimentlerinde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri (mg/kg kuru ağırlık) (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler ise parantez içinde verilmiştir)	45
Çizelge 4.6.	Dicle Nehri sedimentlerinde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerlerinin mevsimlere göre değişimi (mg/kg kuru ağırlık) (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum- Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir)	48
Çizelge 4.7.	DOLT-3 Standart referans materyal ile ölçülen değerler	50
Çizelge 4.8.	Türlerde ölçülen ağır metal konsantrasyon değerlerinin lokalitelere göre değişimi (mg/kg kuru ağırlık) (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir)	52
Çizelge 4.9.	*Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişimi (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)	54
Çizelge 4.10.	*Unio tigridis* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişimi (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)	56
Çizelge 4.11.	*Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişimi (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)	57

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 2.1.	Bir midyenin genel yapısı	6
Şekil 2.2.	*Unio mancus* (Lamarck, 1819)	7
Şekil 2.3.	*Unio tigridis* (Bourguignat, 1853)	8
Şekil 2.4.	*Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)	9
Şekil 2.5.	Metallerin vücuda giriş, dağılım, metabolizma ve atılım yolları (Selinus ve diğ. 2005)	13
Şekil 3.1.	Dicle Nehri üzerinde örnekleme yapılan lokaliteler	28
Şekil 3.2.	(a) Sonbahar 2013, (b) İlkbahar, (c) Yaz, (d) Sonbahar 2014 görünümü	29
Şekil 3.3.	(a) Sonbahar 2013, (b) İlkbahar, (c) Yaz, (d) Sonbahar 2014 görünümü	30
Şekil 3.4.	(a) Sonbahar 2013, (b) İlkbahar, (c) Yaz, (d) Sonbahar 2014 görünümü	31
Şekil 3.5.	Türlerin ortalama ölçüm değerlerinin lokaliteler arasındaki farklılıkları	37
Şekil 4.1.	Dicle Nehri su örneklerinde ölçülen sıcaklık, oksijen, pH ve iletkenlik değerlerinin lokalitelere göre değişim grafikleri	41
Şekil 4.2.	Sedimentlerde ölçülen ağır metallerin lokalitelere göre değişim grafiği	46
Şekil 4.3.	Dicle Nehri'nde belirlenen lokalitelerin sedimentlerinde mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri	49
Şekil 4.4.	Türlerde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerlerinin lokalitelere göre değişim grafiği	53
Şekil 4.5.	*Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişim grafiği	55
Şekil 4.6.	*Unio tigridis* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişim grafiği	56
Şekil 4.7.	*Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişim grafiği	58

KISALTMA VE SİMGELER

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Be	Berilyum
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
CI	Klor
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
dk	Dakika
EC	Avrupa Topluluğu
EPA USA	Çevre Koruma Ajansı Amerika Birleşik Devleti
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	Demir
g	Gram
H	Hidrojen
H_2O_2	Hidrojen peroksit
HCI	Hidrojen klorür
HF	Hidrojen florür
Hg	Civa
HNO_3	Nitrik asit
ICP-AES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
K	Potasyum
kg	Kilogram
km	Kilometre
L	Litre
LOD	Ayrıntı düzeyi
LOQ	Konsantrasyon ölçüm limiti
Mg	Magnezyum

mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Azot
Na	Sodyum
Ni	Nikel
nm	Nanometre
O	Oksijen
ºC	Santigrad derece
P	Fosfor
Pb	Kurşun
PECs	Olası Etki Konsantrasyonu
ppm	Milyonda bir birim
r	Yarıçap
S	Kükürt
Se	Selenyum
Sn	Kalay
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
V	Vanadyum
W	Watt
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Zn	Çinko
µ	Mikro
µg	Mikro gram
µS	Mikro Siemens

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde su büyük bir kütle olarak düşünülmektedir. Ancak bu suyun çok az bir kısmı yeryüzünde karasal ve sucul canlılar için tatlı su özelliklerine sahiptir (Gleick 1998). İnsanlık olarak dünyadaki toplam su stoklarının sadece % 0.003' lük kısmını kullanabiliyoruz (Kocataş 2006). Bu kaynaklar da hızla kirlenmektedir (Sartor ve ark. 1974, Kabasolak 1998). Artan nüfus yoğunluğu ve teknolojik gelişme sonucu su ekosistemleri hem evsel hem de endüstriyel atıklar ile gittikçe kirlenmektedir.

Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır (Dojlido ve Best 1993). 20. yy' da nüfus artışına bağlı olarak çevre kirliliği de artmaya başlamıştır. Ekosistemin önemli bir parçasını oluşturan sucul sistemler bu kirliliğe bağlı olarak hava ve toprak sistemlerine göre daha fazla kirlenmeye başlamıştır (Sartor ve ark. 1974, Kaya ve ark. 1998). Dolayısıyla tatlı su ekosistemleri ve dolaylı olarak da kirletilmiş suyu kullanan tarım alanları başta olmak üzere diğer ekosistemlerin bozulması sorununu gündeme getirmiştir. Ülkemizde yürütülen çevresel politikalar bu sorunlara kalıcı çözümler şuan için bulamamıştır (Kılıç ve ark. 2009, Yücel ve ark. 2010). Ülkemizde giderek artan problemlerin başında ağır metal iyonlarından kaynaklanan su kirliliği gelmektedir (Karadede ve Ünlü 2000, Çavuşoğlu ve ark. 2007). Ağır metaller, endüstriyel atık sular toprak ve denizdeki kirliliğin önemli sebeplerindendir (Yu 2001). Ağır metaller yüksek bir toksisiteye sahiptir. Biyolojik olarak ortamda kolay bir şekilde bozunmadıklarından bulundukları çevrede büyük sorunlara neden olabilirler. Canlı vücuduna alınabilecek çok az miktarları bile zehirlenmelere hatta ölümlere sebep olabilir (Calabrese ve ark. 1977, Tok 2009, Dragan ve ark. 2010). Aquatik organizmalar çoğu zaman ağır metallere karşı genetik adaptasyon mekaniği ile korunmaya çalışırlar (Klerks ve Weis 1987).

Metaller ortamda uzun süre kalabilmeleri ve fiziksel yöntemlerle ayrışamamalarından dolayı çevre için en tehlikeli kirleticiler grubuna girmektedir (Bryan 1976, Kasassi ve ark. 2008). Ağır metallerin doğadaki düzeyi normal şartlar altında oldukça düşüktür. Ancak son yıllarda insan nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak, endüstriyel, kentsel ve tarımsal atıklar sonucu yer küredeki ağır metal yükü artış göstermektedir. Maden ocakları, metal ve kâğıt endüstrisinin atık suları, fosil yakıtlar, pestisitler, gübreler ve çeşitli kimyasallar ağır metallerin başlıca kaynaklarını

oluşturmaktadır (Heath 1995). Bu ağır metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgârın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle vb. gibi yollarla sucul ekosisteme taşınır (Ekici ve Yarsan 2009). Bu suların endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları nedeniyle sucul ortamlardaki birikimleri çok daha fazla olabilir. Ayrıca kimyasal kirleticiler de atmosfer yoluyla sucul ortamlara karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgâr ve yağışlarla suya geçer (Ekici ve Yarsan 2009). Genellikle ağır metal içeren sanayi ve kent atıkları su yardımıyla büyük sucul ortamlara verilmekte ve bu ortamda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Sucul ortamların kirlenmesiyle bu ortamda yaşayan canlı organizmalarda ağır metal birikebilmektedir. Ağır metallerin sucul sistemlerde bulunan canlılar üzerinde meydana getirdiği değişimlere yönelik çalışmalar artış göstermektedir (Berg ve ark. 1997, De Conto Cinier ve ark. 1999, Zyadah 1999, Sağlamtimur ve ark. 2003, Farkas ve ark. 2003, Canlı ve Atlı 2003, Canpolat ve Çalta 2003, Karadede ve ark. 2004, Guevara ve ark. 2004, Kalay ve ark. 2004, Argese ve ark. 2005, Yılmaz 2005, 2006, Demirak ve ark. 2006, Kır ve ark. 2006, Tekin-Özan ve Kır 2006, Velcheva 2006). Dolayısıyla bu ortamlarda yaşayan canlılar metal kirliliğini göstermesi açısından indikatör türler olabilmektedir. Bu nedenle, tatlı sulardaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi öncelik taşımaktadır (Rayms-Keller ve ark. 1998, Rashed 2001, Topçuoğlu ve ark. 2002).

Ağır metal kirliliği sucul ekosistemlerde daha fazla sediment, yüksek yapılı bitkiler ve su canlılarına etki göstermektedir. Sucul sistemlerde sedimentler metallerin depolandığı yer olarak bilinmektedir. Metal konsantrasyon çalışmalarında biyomonitör tür olarak kullanılan midyelerin, sediment ile ilişkide olduğu belirtilmektedir (Puente ve ark. 1996). Midyelerin, derin sedimentlerde süspansiyon halindeki parçaları sindirmesi ve solungaçlara doğru suyun direkt olarak geçişi ile tatlı su sistemindeki metal birikimini sağladıkları belirtilmektedir (Jamil ve ark. 1999). Sedimentte bulunan ağır metaller bentik organizmalara oradan da besin zinciri yoluyla diğer canlılara geçebilmektedir. Yumuşakçaların da ağır metalleri biriktirme özelliğine sahip canlılar oldukları evrensel bir bilgidir (Viarengo ve ark. 1999, Baudrimont ve ark. 2003, Amiard ve ark. 2006, Falfushynska ve ark. 2010). Bentik omurgasızlar su kalitesini belirlemede indikatör organizma gruplarından biridir. Türkiye'de omurgasız gruplar ile onları etkileyen çevresel değişkenlerin beraber kullanıldığı çalışmalar son yıllarda artış

göstermiştir (Kazancı ve Türkmen 2008, 2010, Kazancı ve ark. 2008, Kazancı ve Dügel 2008, 2010, Kalyoncu ve ark. 2008, Kazancı ve ark. 2009, Kazancı ve ark. 2010, Kazancı ve Ertunç 2010, Girgin 2010, Girgin ve ark. 2010).

Bentik organizma olan midyeler sularda bol miktarda bulunmaları, metalleri yüksek yoğunluklarda biriktirip bunları uzun bir süre bünyelerinde tutmalarından dolayı, sularda kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelir (Ramelov 1978, Phillips 1980, Farrington 1983, Tuncer 1985, Widdows 1985, Farrington ve ark. 1987, Atayeter 1991, Elder ve Collins 1991, Cummings ve Mayer 1992, Uzun 1993, Şentürk 1993, Naimo 1995, Uzunören 1997, Lau ve ark. 1998, Liang ve ark. 2004, Öktener 2004, Özmen 2004, Taylan ve Özkoç 2007, Grabarkiewicz ve Davis 2008, Hongyi ve ark. 2009, Li ve ark. 2009, Mendil ve ark. 2010).

Midyelerin su ortamındaki kirleticileri filtre ederek süzmeleri, su kalitesinin yükselmesine büyük katkıda bulunmaktadır (Shultz ve Marbain 1998). Kabuklarında ve dokularında biriken toksik kimyasal madde varlığı ile hem su havzalarının ortam kalitesini yansıtmada büyük rolleri bulunmakta, hem de ekolojik açıdan büyük önem taşımaktadırlar (Adams ve ark. 1990). Buna karşın, tatlı su midyelerinin varlığı çeşitli bölgelerde değişik sebeplerden dolayı tehdit altında olduğu bazı çalışmalarla ortaya konarak, göl veya nehirlerde midyelerin yok olmasının diğer sucul türler için büyük risk olduğu bildirilmektedir (McMahon ve Bogan 1991). Midyelerin bilimsel çalışmalarda kullanılmasının başlıca nedenleri ise şu şekilde sıralanabilir;

* Yerleşik organizma olmaları,
* Uzun ömürlü olmaları,
* Kolay tanımlana bilmeleri ve örneklenebilmeleri,
* Bol miktarda ve kolay ulaşılabilmeleri,
* Doğal çevre içerisindeki bulaşıcı hastalıklara ve kirliliğe toleranslı olmalarıdır (Başçınar 2009).

Tatlı su midyeleri hem ekolojik sistemin çok önemli bir parçası olmaları hem de doğal stoklardan ticari olarak yararlanabilme olanakları göz önüne alındığında, her iki bakımdan da araştırmaya değer canlılardır (McMahon ve Bogan 1991, Yalçın 2006). Ayrıca midyeler sucul kuşların, balıkların, sucul memelilerin besin kaynağını

oluşturmaktadır. Bu durum midyelerde biriken ağır metallerin besin zinciri yoluyla diğer canlılara bulaşmasında önemli etkenlerdendir.

Çalışmamızda, doğal ve antropojenik çevresel faktörlerin etkisi altında kalan Dicle Nehri'nin belirlenen üç lokalitesinden belli aralıklarla alınan su, sediment ve *Unio mancus* (Lamarck, 1819), *Unio tigridis* (Bourguignat 1852), *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) türlerinde bakır (Cu), nikel (Ni), kobalt (Co), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallerin birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Lokaliteler arasında elde ettiğimiz değerler istatistiksel olarak karşılaştırılıp hangi bölgenin daha fazla kirlenmeye maruz kaldığı belirlenmiş ve ağır metallerin midyeler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Dicle Nehri'nden toplanan midyeler üzerinde yapılan çalışmalar daha çok midyelerin sistematiği, fizyolojisi ve biyokimyası ile ilgilidir (Ekin ve Başhan 2009,2010, Ekin ve ark. 2011,2012, Ekin 2012). Midyeler üzerinde ağır metal birikimi ile ilgili çalışmaların Dicle Nehri için yeterli boyutlarda olmadığı görülmüştür. Bu yüzden ileride yapılacak çalışmalara da referans olması açısından su kirliliğinin ulaştığı boyutlar hakkında bilgi sahibi olmak amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Mollusca (Yumuşakçalar) Şubesinin Genel Özellikleri

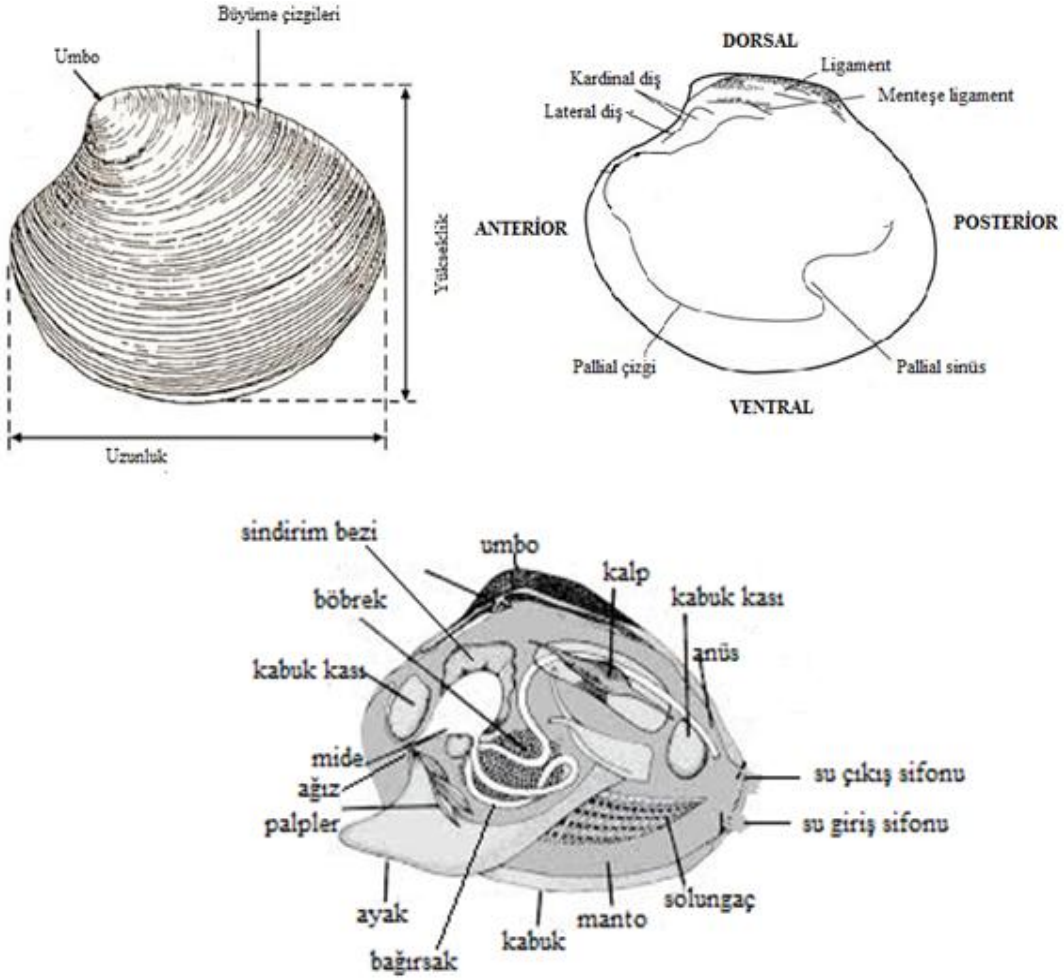
Hayvanlar aleminde eklembacaklılardan sonra tür sayısı bakımından en fazla canlı barındıran şube yumuşakçalardır (Bilgin 1991). Günümüzde yaşayan yüz binden fazla yumuşakça türü tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra yüz binlerce fosil türü bulunmaktadır. Bu omurgasızlar deniz kökenli olmalarına rağmen, gelişmiş uyum yetenekleri sayesinde tatlı su ve karada da dağılış göstermektedirler. Yumuşakçaların vücutlarının üst yüzeyini manto örter. Manto dışında bir çoğunda radula denilen dişli dil bulunur. Bu dil kıkırdak bir iskeletin (odontofor) üzerinde bulunmaktadır (Dorit ve ark. 1991). Çoğu yumuşakçada manto, iç organları dıştan örten kabuğu (kavk) oluşturmak için salgı salgılar. Bazı türlerde kabuk tamamen körelmesine karşın, manto devamlı olarak bulunur ve solunum organlarının yer aldığı vücut içinde bir boşluk oluşturur. Bu omurgasızlarda açık dolaşım sistemi görülür. Kalpleri bir karıncık ve iki kulakçıktan oluşmuştur. Vücutta kirlenen kan solunum organına gider ve burada temizlenen kan kalbe geri dönüp vücuda dağılır. Bir çoğunda kan pigmenti olarak hemosiyanin bulunur. Fakat bazı türlerin, hemoglobin taşıdığı da görülmüştür. Boşaltım organları nefridiyumlardır. Boşaltım ürünleri manto boşluğu içerisindeki su akıntısı ile dışarı atılır (Morton ve Yonge 1964).

Birçok araştırmacı yumuşakça şubesini Aplacophora, Monoplacophora, Polyplacophora, Gastropoda (salyangozlar, sümüklüböcekler), Scaphopoda, Bivalvia (midyeler, istiridyeler, deniz tarakları) ve Cephalopoda (mürekkep balıkları, ahtapotlar, kalamarlar) olmak üzere 7 sınıfa ayırmaktadır (Meglitsch ve Schram 1991, Ruppert ve Barnes 1994, Salman 2006).

2.1.1. Bivalvia Sınıfının Genel Özellikleri

İki kabuklular veya balta ayaklılar olarak da adlandırılan bu sınıfı midye, istiridye ve deniz tarakları oluşturmaktadır. Midyeler üçgenimsi ve bilateral simetrili canlılardır. Kabuk ön kenar, arka kenar, ventral kenar ve dorsal kenardan oluşur (Hites ve Day 1992) (Şekil 2.1). Tür sayısı bakımından, yumuşakça şubesi içinde gastropoda sınıfından sonra en kalabalık sınıftır. Deniz ve tatlı sularda yaşayan 30 000 türü bulunmaktadır (Wikipedia 2016, Ekin 2008). Baş tamamen körelmiş, kabuklar sırt

tarafında ligament adı verilen elastiki bir yapı ile kas ve menteşe dişleriyle birbirine bağlanmıştır. Bu nedenle midye canlı iken kabuklarını açmak oldukça güçtür. Kaslar ligamentlerle zıt çalışarak kabukları kapalı tutar ve sağlamlık sağlar. Midyelerde, salyangozların aksine radula bulunmaz (Dorit ve ark. 1991). Sınıfın en tipik özelliği, vücudun yandan basık ve kazıcı ayaklarının bulunmasıdır. Besinlerini süzerek alan bivalvialar fitoplankton ve asılı haldeki organik maddelerle beslenirler. Bu besinler su giriş sifonu ile vücuda alınır. Yaklaşık 100 µ boyuta kadar olan organik ve inorganik her türlü partikülü süzebilirler. Ortalama 7-8 cm boyundaki bir midye saatte 10-15 L suyu süzebilir (Uysal 1970). Midyelerin filtrasyon hızını; partikülün büyüklüğü, yoğunluğu, türü, midyenin büyüklüğü, su sıcaklığı ve akıntı etkiler. Sindirim ve boşaltım ürünlerini de su çıkış sifonu ile dışarı atarlar. Susuz ortamda midye almaçlarını kapatır. Nemli ortamlarda ise bir hafta yaşayabilirler (Bayne ve ark. 1976).



Şekil 2.1. Bir midyenin genel yapısı

2.1.2. Çalışılan Bivalviaların Genel Özellikleri ve Sistematiği

2.1.2.1. *Unio mancus* (Lamarck, 1819)



Şekil 2.2. *Unio mancus* (Lamarck, 1819)

Bir çok çalışmada, *Unio elongatulus* olarak kabul edilen bu türün bilimsel adı üzerindeki tartışmalar sürmektedir (Lopes-Lima ve ark 2016). Çalışmamızda bu türü *Unio mancus* olarak ele aldık. Umbo adı verilen tepe kısımları genellikle aşınmış, büyüme halkaları belirgin olan bir türdür. Umbo üzerinde çıkıntılar mevcuttur. Manto, vücudu kuşatan iki lop halinde olup tüm vücudu içine alan iki parçalı kabuğu oluşturur. Kavkının iç tarafında pallial çizgi adı verilen manto kenar izi ile kapama kaslarının izi belirgindir. Sol valvde iki uzun lateral diş ile bir kısa kardinal diş bulunur. Sağ valvde ise bir uzun lateral diş ile üzeri dişçikli kısa bir kardinal diş vardır. Ağız açıklığı ön kabuk kısmının altında yer alır. Ağız kütlesi ve radulaları yoktur. Süspansiyon halindeki besinler ile beslenirler. Solunumun yanında besinlerin alınmasında da kullanılan solungaçları geniş ve silli bir yüzeye sahiptir. Kabukları kapatmaya yarayan menteşe dişleri iyi gelişmiştir. Suyun vücuda giriş ve çıkışını sağlayan sifonlar bulundururlar. Tatlısu sistemlerinde kum veya çakıllı bölgelere gömülü şekilde yaşamını sürdüren türün 8-15 cm arasında değişen boy uzunluğu bulunur. Yurdumuzda en fazla dağılış gösteren midye türlerinden biridir. Sistematikteki yeri aşağıda belirtildiği şekildedir:

Phylum: Mollusca

Classis: Bivalvia (Pelecypoda = Lamellibranchia)

Ordo: Eulamellibranchia

Subordo: Schizodonta

Super-familia: Unionacea

Familia: Unionidae

Genus: Unio

Species: *Unio mancus* (Lamarck, 1819)

2.1.2.2. *Unio tigridis* (Bourguignat, 1853)



Şekil 2.3. *Unio tigridis* (Bourguignat, 1853)

Yurdumuzda saptanan Unionidae familyası türleri içinde en küçük olanıdır. Kavkı uzunluğu ortalama 4.5 cm'dir. Menteşe dişleri iyi gelişmiştir. Umbo üzerinde düzensiz tüberküller bulunan türün büyüme halkaları belirgindir. Anterior kapama kas izi oldukça belirgindir. Kardinal dişlerin üzerinde küçük dişçikler vardır. Kavkının üst kenarındaki dişlerin uzunluğu kavkı uzunluğunun 1/3 ü kadardır. Sistematikteki yeri aşağıda belirtildiği şekildedir:

Phylum: Mollusca

Classis: Bivalvia (Pelecypoda = Lamellibranchia)

Ordo: Eulamellibranchia

Subordo: Schizodonta

Super-familia: Unionacea

Familia: Unionidae

Genus: Unio

Species: *Unio tigridis* (Bourguignat, 1853)

2.1.2.3. *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)



Şekil 2.4. *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)

Molluskların tümünde var olan oldukça geniş bir mantoya sahiptir. Solungaçları oldukça büyük olup sadece solunumda değil aynı zamanda iyi bir yem toplayıcı veya süzme (filtrasyon) organı olarak da kullanılmaktadır. İnce cidarlı olan kavkının uzunluğu ortalama 9 cm'dir. Umbo kavkı uzunluğunun 1/3 ünde yer alır. Menteşe dişlerinin gelişmemiş olması bu türün ayırt edilmesinde önemli bir taksonomik karakterdir. Sistematikteki yeri aşağıda belirtildiği şekildedir:

Phylum: Mollusca

Classis: Bivalvia

Ordo: Eulamellibranchia

Subordo: Schizodonta

Super-Familia1: Unionacea

Familia: Unionidae

Genus: Anodonta

Species: *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)

2.2. Suyun Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri

2.1.1. Sıcaklık (ºC)

Türlerin sıcaklık toleransları birbirinden farklıdır. Her tür için bir alt ve üst letal sıcaklık sınırı vardır (Kocataş 2006). Örneğin midye larvalarında 5 ºC de büyüme dururken 10-16 ºC de büyüme artar (MEGEP 2008). Sıcaklık arttıkça suda oluşan reaksiyonların hızı artar, sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalır. Katıların suda çökelme ve ayrışma hızları da sıcaklıkla değişim gösterebilir (Anonim 2011).

2.2.2. Çözünmüş Oksijen (mg/L)

Su kirliliğinde ve atıksu arıtımında çözünmüş oksijen miktarı çok önemli bir parametredir. Canlı yaşamı için kritik öneme sahip olan çözünmüş oksijenin azlığı, yüzeysel sularda kirliliğin en önemli göstergelerindendir. Sudaki oksijen miktarı; atmosferdeki oksijenin kısmî basıncına, suyun sıcaklığına, suya oksijen kazandıran organizmalara ve sudaki mineral konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Ayrıca kirlenen sulardaki çözünmüş oksijen, metaller gibi hazır oksitlenebilen maddelerle ya da biyolojik faaliyetlerle hızla azalabilir (Anonim 2014).

2.2.3. pH

Biyolojik organizmalarda aktiviteyi etkileyen önemli unsurlardan biri de pH değeridir. Ortamın asidik olması durumunda ağır metaller suda daha çözünür durumda olacaklarından ortamda daha fazla yoğunluğa sahipken, suyun pH'nın bazik olduğu durumlarda ise metallerin birleştikleri iyonlardan ayrılmaları oldukça zorlaşır (Morel ve Hering 1993, Kılıç ve Köseoğlu 1996, Özdemir 2005).

2.2.4. İletkenlik (µS/cm)

Sulu çözeltilerde elektriği iletebilme özelliği iletkenlik olarak ifade edilir. Suyun iletkenliği sudaki iyonların toplam ve bağıl konsantrasyonlarına, hareketliliğine, değerliklerine ve ölçüm sıcaklığına bağlı olarak değişebilir (Anonim 2012). Sudaki iyon miktarı iletkenlik ölçülerek bulunabilir. Doğal suların iletkenliği çok küçüktür. Elektriksel iletkenlik mikromhoms/cm (µS/cm) birimi üzerinden minimum 400 µS/cm, maksimum 2 000 µS/cm olmalıdır (Anonim 2011).

2.3. Ağır Metaller

2.3.1. Ağır Metallerin Genel Özellikleri

Ağır metaller farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bazı tanımlar elementlerin yoğunluk, atomik sayı ya da atomik kütlelerine, bazıları ise elementlerin kimyasal özellik ya da toksik özelliklerine bakılarak yapılmaktadır (Dağhan 2011).

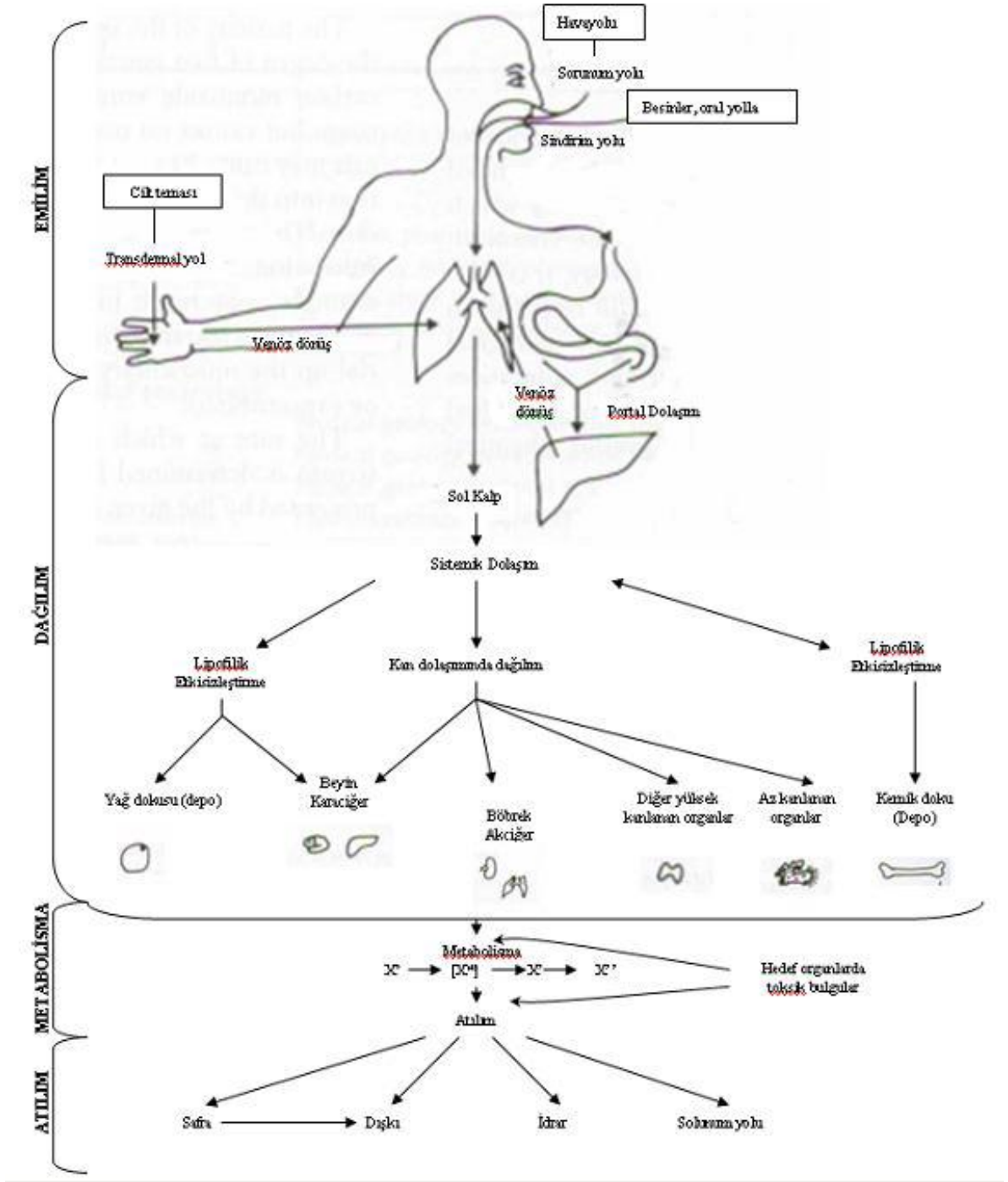
Ağır metal terimi yoğunluğu 5 g/cm$^{3'}$ den büyük olan metal grubu, atom kütlesi 50 ve daha büyük olan elementler ile periyodik sistemde metalik özellik gösteren elementlerden geçiş metallerini, bazı ametalleri, lantanit ve aktinitleri de kapsayan bazı elementleri içerir (Duffus 2002). Bu gruba çok yaygın kirliliği olan Pb, Cd, krom (Cr), Co, Cu, Ni, civa (Hg) ve Zn başta olmak üzere 60'dan fazla element dahildir (Duruibe ve ark. 2007, Özdemir 1981). Bir elementin yoğunluğu, periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri ise elementin ait olduğu grubun fonksiyonunu göstermektedir (Dağhan 2011). İnsan vücudunda mevcut 54 elementten vanadyum (V), mangan (Mn), demir (Fe), Co, molibden (Mo) ve Zn canlılar için gerekli eser elementlerdenken; kalsiyum (Ca), fosfor (P), oksijen (O), karbon (C), hidrojen (H) ve azot (N) vücutta bulunan toplam elementlerin % 99'unu; potasyum (K), kükürt (S), sodyum (Na), magnezyum (Mg), klor (CI) ve Fe elementleri ise toplam element miktarının % 0.5'ni oluşturur. Cr (Cr^{+3} formu), Cu, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn gibi eser elementler esansiyel olduğu halde yüksek miktarda toksik etkilere yol açabilmektedirler. Hg, Cd, Cr (Cr^{+6} formu) ve Pb gibi elementler ise esansiyel olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterebilir (Çalışkan 2005). Eser elementin birikim düzeyi o elementin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişim gösterir. Bu nedenle, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, ortamdaki değişimleri, kaynakları, toksisiteleri ve biyolojik birikim mekanizmaları iyi bilinmelidir (Türkmen 2003).

Çevresel çalışmalarda uzun yıllar ağır metal kirliliği önemli bir konu olmuştur. Ağır metaller çevre için son derece tehlikeli olan kimyasallar olarak bilinirler (Cook ve Dennis 1985, Jiries 2003). Çevrede doğal olarak az miktarda bulunan ağır metallerin düzeyi çeşitli antropojenik faktörlerle sucul sistemlerde artış gösterebilir. Kıyılardaki doğal gaz ve petrol aramaları, endüstriyel (pestisit, boya, tekstil, gübre, ilaç) ve yerli atıklar, tarımsal ilaçlar, asit yağmurları su ve sedimentteki ağır metal yükünün artışında önemli rol oynar (Ansari ve ark. 2004). Sucul ortama giren bu maddeler burada yaşayan

gerek hayvansal gerekse de bitkisel canlılar üzerinde bir çok olumsuzluğa sebep olmaktadır (Rashed 2002, Kautshy 1998). Zn, Hg, Cu, Cr, Ni ve Pb su kirliliğini gösteren önemli ağır metallerdir (Çavuşoğlu ve ark. 2007). Besin zincirinde organizmalar tarafından alınan bu metaller canlıyı tehdit eder duruma gelmektedir.

2.3.2. Ağır Metallerin Biyolojik Sistemlerdeki Etkileri

Metallerin ekolojik sisteme ve özellikle insan vücuduna etkileri oldukça önemlidir. Biyolojik süreçlere katılma oranlarına göre ağır metaller iki sınıfta incelenebilir. Yaşamsal olarak tanımlanan grubun organizmada belirli bir konsantrasyonda bulunması gerekir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı canlı tarafından düzenli olarak besinler aracılığıyla alınması zorunludur. Metaller insan vücuduna solunum, ağız ve deri yolu ile girebilirler (Kahvecioğlu ve ark. 2004). Girdikleri yol aynı zamanda yarattıkları etkiler açısından da önemlidir. Ağır metaller vücuttan atılmadıkları zaman çeşitli dokularda (yağ dokusu, kemik vb.) birikirler (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Metallerin vücuda giriş, dağılım, metabolizma ve atılım yolları (Selinus ve ark. 2005)

Metal konsantrasyonlarının etkileri canlı türüne, metal iyonunun yapısına, çözünürlük değerine, kimyasal yapısına, redoks ve kompleks oluşturma yeteneğine, vücuda alınış şekline, çevrede bulunma sıklığına, lokal pH değerine bağlıdır (Kahvecioğlu ve ark. 2004). Ortamın asidik olması durumunda ağır metaller suda daha

fazla çözünerek yoğunluğunu artırır, suyun pH'nın bazik olduğu durumlarda ise metallerin birleştikleri iyonlardan ayrılmaları güçleşir (Morel ve Hering 1993, Kılıç ve Köseoğlu 1996, Özdemir 2005).

Ağır metallerin bazıları canlılar için gerekliyken bazıları gelişimi uyarıcıdır. Ancak yüksek dozlarda hepsi toksik etki yapmaktadır (Anonim 2010). Clark'a (1992) göre biyolojik anlamda metalleri 3 grupta incelemek mümkündür. Bunlar Na, K, Ca vb. gibi sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınan hafif metaller (esas elementler); Fe, Cu, Co, Mn vb. gibi az miktarları esansiyel olan fakat yüksek miktarları toksik etki gösteren geçiş metalleri (yan elementler); Hg, Pb, kalay (Sn), selenyum (Se), arsenik (As) vb. gibi metabolik aktivite için gerekli olmayıp fakat çok düşük konsantrasyonda bile hücrede toksik etki yapan metelloitlerdir (iz elementler). Toksik etkilerini fizyolojik fonksiyonlar için gerekli olan bir veya daha fazla reaktif grupla birleşerek ortaya çıkarırlar (Sarkar 2002, Selinus ve ark. 2005, Dökmeci İ. ve Dökmeci A.H. 2005, Kahvecioğlu ve ark. 2004, Güven ve ark. 2009, Klaassen 2009). Zn, Fe, Cu, Mn gibi bazı ağır metaller, hem bitki hem de insan vücudu için eser miktarlarda da olsa gereksinim duyulan metallerdir. Örneğin Fe anemiyi önler; Ca, Mg, K, Zn gibi mineraller kofaktör olarak bazı enzimlerin aktiviteleri için gereklidir. Organizmada Ca ve Fe eksikliğinde Pb emilimi artarken, Ca eksikliğinde Cd emilimi de artmaktadır. Kurşun etkisini en fazla merkezi sinir sistemi ve böbrekler üzerinde gösterirken, Cd böbrek ve karaciğer üzerinde tahribata neden olabilmektedir. Ayrıca Cd kemik kırılması ve şiddetli kemik ağrılarına sebep olmaktadır. Bakırın vücuda fazla alınması Wilson hastalığına, nörolojik bozukluklar ve böbrek bozukluklarına, Zn ise gastrointestinal (mide-bağırsak) bozukluklara yol açmaktadır. Nikel bitkiler için mutlak gerekli bitki besin elementi olarak en son keşfedilen elementtir ve üreyi kullanılabilir azota indirgeyen üreaz enzimi için ihtiyaç duyulmaktadır (Brown ve ark. 1987, Marschner 1995). Bu ve buna benzer sağlık sorunlarına neden olmasından dolayı bu ağır metallerin gıdalardaki düzeyi belli miktarlarla sınırlandırılmıştır (Robinson ve ark. 1986, Vural 2005). Bu elementler düşük konsantrasyonlarda bulunan eser elementler veya mikro besin elementleri olarak da bilinen metallerdir. Ancak bu metaller, gereksinim duyulan miktardan fazla alındığında canlılarda ciddi toksisiteye yol açmaktadırlar. Yüksek dozlarda, vücut için toksik etki yapabilir yada diğer eser elementlerin eksikliğine sebep

olabilirler. Bu metallerin bilinen herhangi bir fonksiyonları olmamasına rağmen vücutta birikerek toksik etki gösterebilirler (Farr 2009).

2.3.3. Çalışılan Ağır Metallerin Özellikleri

2.3.3.1. Bakır (Cu)

Adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın Latincesinden (aes cyprium=Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra cuprum) alan bakır, periyodik tablonun I B grubunda yer alan, simgesi Cu, atom numarası 29'dur. ^{63}Cu ve ^{65}Cu olmak üzere iki izotopu vardır. Bakır kırmızımsı renkte, ısıyı (iletkenliği: 76.6) ve elektriği çok iyi ileten (iletkenliği: 91.44), çok sert olmadığı için kolayca levha ve tel haline getirilebilen bir metaldir. Çevremizdeki başlıca bakır kaynaklarını; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, araçların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleri oluşturmaktadır (Çalışkan 2005). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan sınır değeri içme sularında 1.5 mg/L'dir (Sud ve ark. 2008). Su kaynaklarının sınıflarına bağlı kalite kriterlerine göre bakır miktarı I. Sınıf sularda 20 µg/L, II. Sınıf sularda 50 µg/L, III. Sınıf sularda 200 µg/L, IV. Sınıf sularda >200 µg/L olmalıdır. Deniz suyunda olması gereken kriter 10 µg/L dir. Yetişkin bir insanda 100–150 mg kadar bulunur. Suda düşük derişimde bulunan bakır bile organizmalar ve insan hayatı için zehirlilik etkisi yapabilmektedir (İleri ve Çakır 2006). Bakırın sularda fazla bulunması özellikle bakteri, deniz yosunları (yada algler), balıklar ve mantarlar için de zehirli olabilmektedir (İmamoğlu 1996).

Bakır, karaciğerde depolanan önemli minerallerden biridir. Karaciğer sirozu ile kan hastalıkları da kronik bakır zehirlenmelerinin sonucudur (Chuah ve ark. 2005). Vücut dokusunun yeniden oluşması için gerekli enzimlerin hayati komponentidir. Hemoglobine bağlı demirin korunması ve vitamin C'nin kullanımı için gereklidir. Yumuşakçalar ve kabuklularda kan proteini olan hemosiyaninin bileşiminde bulunur. Beyinde bulunan sinirler ve bağ dokusu için bakır miktarı önemlidir (Mutluay ve Demirak 1996).

Bakır eksikliğine bağlı olarak hayvanlarda ve insanlarda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyonlar, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklar oluşabilmektedir (WHO 1996).

2.3.3.2. Nikel (Ni)

Nikel atom numarası 28, simgesi Ni, periyodik tabloda geçiş metalleri arasında yer alan kimyasal bir elementtir. Gümüş-beyaz renkte oldukça sert bir metaldir. Dış etkilere dayanıklı bir metal olduğu için eşyaların üzerlerinin elektrolitik kaplanmasında, aşınmaya karşı dirençli alaşımların elde edilmesinde, pillerin ve akülerin yapımında, cama yeşil renk verilmesinde, özel çeliklerin ve madeni paraların yapımında kullanılmaktadır. Su kaynaklarının sınıflarına bağlı kalite kriterlerine göre nikelin miktarı I.Sınıf sularda 20 µg/L, II. Sınıf sularda 50 µg/L, III. Sınıf sularda 200 µg/L, IV. Sınıf sularda >200 µg/L olmalıdır. WHO tarafından açıklanan sınır değeri içme sularında 20 µg/L'dir.

Nikel insanlara solunum yoluyla, içme suyuyla ve besinlerle geçebilir. Nikelle kirlenen toprak veya su, deriyle temas ettiği zaman nikel insana geçebilir. Az miktarda alınması vücut için gerekli olmasına rağmen aşırı dozda alınan nikel insan sağlığı için tehlikeli olabilir. Akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri yanında akciğerlerde tıkanma, solunum yetersizliği, astım ve kronik bronşit, kalp rahatsızlıkları, halsizlik ve baş dönmesi gibi rahatsızlıklara neden olur (Güven 1999).

2.3.3.3. Kobalt (Co)

Ortaçağ Avrupa madencilerinin kurşun ve kalay madenlerinin üretimi esnasında oluşan, ergimeyen ve metalin kullanılmasını engelleyen katı yapı nedeniyle maden ruhu, şeytan anlamına gelen "Kobold" tanımlamasından adını alan kobaltın atom numarası 27, simgesi Co'dur. Periyodik tabloda geçiş metalleri arasında yer alan kimyasal bir elementtir. Gümüş beyazlığı rengine sahip olan bu metalin rengi bazen de maviye çalmaktadır. Dövülgen bir sertliğe sahiptir. Su kaynaklarının sınıflarına bağlı kalite kriterlerine göre kobaltın miktarı I. Sınıf sularda 10 µg/L, II. Sınıf sularda 20 µg/L, III. Sınıf sularda 200 µg/L, IV. Sınıf sularda >200 µg/L olmalıdır.

Kobalt stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Kobalt, en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılırken, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment,

mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır. Ayrıca pil elektrotlarında, her tip manyetik malzemelerde ve kayıt cihazlarında kullanılmaktadır.

Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yeri olan kobalt, kırmızı kan hücreleri üretiminin ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitamininin bileşenidir (Allaway 1987, Kendrick ve ark. 1992). Kobaltın vücuttaki normal miktarı 80-300 µg'dır ve kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte, pankreasta depolanır. Yüksek düzeyde kobalt radyasyonu, hücrelerdeki genetik materyalleri değiştirerek, bazı kanser tiplerinin gelişmesine sebep olabilir (Türkmen 2003, ATSDR 2003).

2.3.3.4. Çinko (Zn)

Atom numarası 30, simgesi Zn olan çinko periyodik tabloda geçiş metalleri arasında yer alan bir elementtir. Mavimsi açık gri renkte kırılgan bir metaldir. Su kaynaklarının sınıflarına bağlı kalite kriterlerine göre Zn miktarı I. Sınıf sularda 200 µg/L, II. Sınıf sularda 500 µg/L, III. Sınıf sularda 2000 µg/L, IV. Sınıf sularda >2000 µg/L olmalıdır. WHO tarafından açıklanan sınır değeri içme sularında 5000 µg/L'dir.

Çinko uzun ömürlü bir metal olduğu için şarj edilen pillerde, demir çelik ürünlerinde, çatı yapımı ve inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Çinko oksit olarak kibrit üretiminde, lastik, merhem ve bazı kozmetik ürünlerin üretiminde; sülfür olarak floresan ile katot ışınlı lamba yapımında, çinko sülfat olarak kumaş boyaması, tarım ilaçları ve tıp alanında; çinko klorür olarak mobilyaların korunması ve lehim üretiminde kullanılır. Günlük alınması gereken doz miktarı 10-20 mg olan çinko canlı yaşamları için önemli elementlerden biridir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik süreçler için gerekli olan bir elementtir (WHO 1996, Habashi 1997). Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz ve karboksipeptidaz gibi 70' den fazla metaloenzim fonksiyonu için koenzim olarak görev yapar. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet ve iskeletin gelişememesi, kol, bacak gibi uzuvlarda ve açık yerlerde deri iltihabı, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere yol açabilmektedir (WHO 1996). Yeteri kadar çinko alınmadığında ya da emilim zayıf olduğunda, insanlar enfeksiyonlara karşı daha hassas olurlar. Bunun tehlikeli boyutlarda

olması halinde, bağışıklık sistemi işlevini yerine getiremez. Çinko fazlalığı olması durumunda ise böbrekler aracılığıyla dışarıya atılır.

2.3.3.5. Kadmiyum (Cd)

Atom numarası 48, simgesi Cd olan kadmiyum periyodik tabloda geçiş metalleri arasında yer alan bir elementtir. Gümüş beyazlığında olan bu metal kanserojen etkiye sahiptir. Su kaynaklarının sınıflarına bağlı kalite kriterlerine göre kadmiyum miktarı I.Sınıf sularda 3 µg/L, II. Sınıf sularda 5 µg/L, III. Sınıf sularda 10 µg/L, IV. Sınıf sularda >10 µg/L olmalıdır. WHO tarafından açıklanan sınır değeri içme sularında 5 µg/L'dir.

Çinko ve kurşun üretiminde yan ürün olarak oluştuğu için ortamda bu iki metalin bulunması Cd varlığının da olduğunu gösterir. Fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanması da Cd kaynakları arasındadır (Cook ve Morrow 1995). Sudan, havadan ve besin yoluyla alınan Cd bitkisel ve hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Pek çok organizma için toksik etkiye sahiptir. Larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olduğundan sucul organizmalar için de oldukça toksiktir (Katalay ve Parlak 2004).

2.3.3.6. Kurşun (Pb)

Atom numarası 82, simgesi Pb olan kurşun mavi gümüş renkli bir elementtir. Yüksek yoğunluğa, düşük erime noktasına sahip yumuşak ve kolay şekillendirilebilen bir metaldir. Maden ve metal endüstrileri, otomobil aküleri, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, bilimsel ve optik aletler, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin gibi alanlarda kullanılmaktadır. Su kaynaklarının sınıflarına bağlı kalite kriterlerine göre kurşun miktarı I. Sınıf sularda 10 µg/L, II. Sınıf sularda 20 µg/L, III. Sınıf sularda 50 µg/L, IV. Sınıf sularda >50 µg/L olmalıdır. WHO tarafından açıklanan sınır değeri içme sularında 1963'te 50 µg/L iken bu oran 2003' te 20 µg/L ye indirilmiştir.

Kurşun vücuttaki hemen hemen tüm organ ve dokuları etkilemektedir. Uzun bir yarılama ömrüne sahip olan kurşun balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte birikebilir. İskelete girdikten sonra vücuttan atılması 20 yıl sürebilir. WHO tarafından kanserojen olabileceği bildirilmektedir (ATSDR 2007).

2.4. Midye Türleri Üzerinde Yapılmış Ağır Metal Çalışmaları

Giordano ve ark. (1989), İtalya kıyılarından toplanmış *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde Hg, Cd ve Pb miktarının belirlenmesi üzerinde çalışmışlar, analizleri Cd ve Pb için elektrotermal, Hg için soğuk buhar kullanarak yapmışlardır. Sonuçta, metallerin konsantrasyon değerlerinin ortalama değerlerden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Şentürk (1993) tarafından yapılan çalışmada Marmara Denizi'nin çeşitli yörelerinden toplanmış olan mollusklerde Hg, Cd ve Pb düzeyleri saptanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen verilere göre midye ve istiridye örneklerindeki ortalama Hg düzeyi 0.46 ppm, Cd düzeyi 0.25 ppm ve Pb düzeyi de 0.304 ppm olarak tespit edilmiştir ki bu değerler su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal düzeylerinin altında kalmaktadır.

Bat ve ark. (1999), Karadeniz'in Sinop kıyılarından toplanan Akdeniz midyesi *Mytilus galloprovincialis*'in canlı dokularındaki Cu, Zn, Pb ve Cd konsantrasyonlarını, kıyı sularındaki metal kirliliğini izlemek için atomik absorpsiyon spektrofotometrisi kullanarak ölçmüşlerdir.

Vercauteren ve Blust (1999), *Mytilus edulis*'de Zn ve Cd alınımı ve birikimi ile ilgili yapılan bir araştırmada Zn alınımının Cd alınımından on kat daha hızlı olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı Zn'un kimyasal aktivitesinin Cd iyonlarından daha yüksek ve organik bağlara ilgisinin daha fazla olması nedeniyle Cd alınımının engellendiğini belirtmiştir.

Özdemir ve ark. (1999)'nın yaptığı ağır metal çalışmasında Keban Baraj Gölü'nde bulunan tatlı su midyesi *Unio elangatulus eucirrus*' un yumuşak dokularındaki Fe, Mn ve Zn ağır metal birikim düzeylerinin normal değerlerde olduğunu, kanalizasyon arıtma tesislerine yakın bölgeden alınan midyelerde ise değerlerin normalin üstünde olduğunu belirtmişlerdir.

Chıu ve ark. (2000), Hong Kong' da yaptıkları çalışmalarda 3 istasyondan topladıkları *Perna viridis* örneklerinde Cd, Cr, Cu, Pb ve Ni konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Cd miktarı 2.02-3.13, Cr miktarı 3.54-6.39, Cu miktarı 14.4-15.7, Pb miktarı 8.66-9.21 ve Ni miktarını 2.75-4.37 mg/kg olarak ölçmüşlerdir.

Gundacker (2000), Viyana kentsel nehir habitatında yaptığı çalışmada *Anodonta sp.* ve *Unio pictorum* türlerinde ağır metal birikimlerini karşılaştırmıştır. *Anodonta sp.*'nin solungacında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0.25-0.67, 1.09-21.3, 2.9-8.3, 317-862 mg/kg, *Anadonta sp.*'nin kasında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0.16-0.72, 0.16-3.18 , 1.09-21.3 , 111-328 mg/kg olarak ölçmüştür. *Unio pictorum*'un solungacında Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0.3-0.82, 1.13-4.68, 7.2-9.2, 316-430 mg/kg, kasında ise Cd, Pb, Cu ve Zn için sırasıyla 0.23-0.9, 0.29-2.2, 5.2-6.1, 142-276 mg/kg (kuru ağırlık) olarak bulmuştur. Bu çalışmada dokular arası karşılaştırma yapıldığında solungaçta kasa nazaran daha fazla ağır metal biriktiği gözlenmiştir.

Yarsan ve ark. (2000), Van Gölü'nde yapılan örneklemelerde *Unio stevenianus* türünde ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Analiz edilen tüm midyelerdeki Pb düzeyleri 1.43±0.81 ppm, Cd düzeyleri 0.09±0.02 ppm, Cu düzeyleri 5.83±0.73 ppm, Zn düzeyleri 15.93±3.26 ppm ve As düzeyleri de 0.06±0.05 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçların ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen normal değerler içerisinde olduğu belirtilmiştir.

Olabarrieta ve ark. (2001), *Mytilus galloprovincialis* türünde invitro olarak yaptıkları çalışmada karaciğer ve kan hücreleri üzerine Cd etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda karaciğer ve kan hücrelerinde Cd dozuna bağlı olarak morfolojik değişimler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Wiesner ve ark. (2001), Oder Halici'ndeki midyelerin kabuk ve dokularında Pb, Cd ve Hg birikimini araştırmışlardır. Midye örneklerini Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında halicin farklı bölgelerinden temin etmişlerdir. Midyelerin kabuk ve dokularındaki ağır metallerin mevsime ve bölgeye göre farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Fakat Pb dışındaki diğer ağır metallerin midyenin boyutuna göre farklılık göstermediğini belirlemişlerdir. Mayıs ayından Eylül ayına kadar olan dönemlerde midyenin kabuğunda Cd ve Pb miktarının düşük olduğunu saptamışlardır. Aynı dönemlerde midyenin dokusunda ise Cd ve Pb miktarının yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Midyede ölçülen en yüksek değerler; Hg için 218 µg/kg, Cd için 1030 µg/kg, Pb için 6182 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Celiloğlu-Beğenirbaş (2002), Porsuk Çayı'nın Kütahya bölümündeki tatlı su midyesinin kabuk ve iç organlarındaki Cu, Cr, Pb, Hg, As ve Cd miktarlarını

ölçmüşlerdir. Kabuktaki ağır metal birikimlerinin alındığı lokaliteye göre değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir. İç organlarındaki ağır metal miktarlarını ise hem Kütahya öncesi hem Kütahya sonrası için; Cr > Pb > As > Cu > Hg olarak bulmuşlardır. Her iki bölgeden alınan midyenin iç organlarından As, Pb ve Hg miktarlarının kabul edilebilir değerlerin üstünde olduğunu belirtmişlerdir. Midye kabuğunda As metalinin Kütahya öncesinde, As ve Hg metallerinin ise Kütahya sonrasında kabul edilen değerlerin üzerinde olduğunu saptamışlardır.

Fraysse ve ark. (2002), *Dreisseria polymorpha*'da Co alınımı üzerine Zn etkisiyle ilgili yapılan araştırmada, çinkonun kobalt alınımı üzerine engelleyici bir etkisinin olduğunu saptamışlardır.

Franco ve ark. (2002), İspanya'nın kuzeyinde Basquie sahil sularında yaptıkları çalışmada 5 istasyondan *Mytilus sp*. toplamışlardır. Yaptıkları analiz sonucunda sonbahar-kış döneminde; Cd 4.05, Cr 3.54, Cu 250, Ni 5.32, Pb 4.91, Zn 3.020, ilkbahar-yaz döneminde; Cd 2.02, Cr 2.46, Cu 182, Ni 3.06, Pb 4.25, Zn 1126 mg/ kg kuru ağırlık olarak bildirilmiş, sonbahar-kış dönemi ortalamalarının daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Beiras ve ark. (2003), Galican Rais bölgesinde yaptıkları çalışmada *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokusunda ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını sırası ile 0.2-0.77, 0.5-2.69, 2.2-45.7, 6.8-29.9, 174-715, 4.3-15.8, 0.85-19, 0.3-6.1 ve 85-447 mg/kg kuru ağırlık olarak analiz etmişlerdir.

Romeo ve ark. (2003), Kuzeybatı Akdeniz'in Nice ve Connes Körfezleri'ndeki çeşitli istasyonlardan topladıkları *Mytilus golloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokusunda Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Cd miktarı 0.55-0.94, Cu miktarı 4.7-27.5 ve Zn miktarını 144-394 mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Yusof ve ark. (2004), Malezya Yarımadası'nda yaşayan iki midye türü ve sedimentinin As, Cd, Cr, Cu, Pb, Se ve Zn için biyoindikatör olup olmadıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Pb, Cd ve Se için *Anadara granosa* türünü, Cr için *Perna viridis* türünü biyoindikatör olarak tespit etmişlerdir.

Yap ve ark. (2004), Malezya Yarımadası'nın batı sahilindeki 9 farklı istasyondan topladıkları *Perna viridis*'de yumuşak dokuda Cd, Co, Pb ve Zn gibi ağır metallerin analizlerini yapmışlardır. Analizler sonucunda metal konsantrasyonlarını Cd 0.68-1.25, Cu 7.76-20.1, Pb 2.51-8.76 ve Zn 75.1-129 mg/kg yaş ağırlık olarak bulmuşlardır.

Licata ve ark. (2004), İtalya'nın Faro Gölü'nde yaptıkları çalışmada 5 farklı istasyondan topladıkları 300 tane *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokusunda organiklerin, bileşiklerinin ve ağır metallerin konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Cd 0.24-0.86, Cr 0.7-2.5, Cu 9.2-43.8, Fe 330-934, Mn 37.4-57.6, Ni 1.7-9.6, Pb 4.4-10.7 ve Zn konsantrasyonunu 102.8-143.3 mg/kg yaş ağırlık olarak bulmuşlardır.

Skinner ve ark. 2004 yılında, Güney Avustralya sularında kültürlenmiş ve doğal ortamdaki *Haliotis rubra* türünün içerisindeki ağır metal düzeylerini araştırmışlardır. Cd, Cu, Fe ve Zn düzeylerinin dört popülasyondan alınan örneklerinde ayak kaslarındaki konsantrasyonlarının standartlara uygun olduğunu; alüminyum (Al), As, berilyum (Be), Cr, Pb, Mn, Ni ve V ise aletsel olarak ölçülen limitlerden daha düşük olduğunu bulmuşlardır.

Yazkan ve ark. (2004), Antalya körfezinde 2000 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında avlanan bazı yumuşakça türlerinde Pb ve Cd içeriklerini araştırdıkları çalışmada, ağır metaller arasında insan sağlığı açısından önemli olan Pb ve Cd'yi yumuşakçalarda sırasıyla 0.00-0.35 mg/kg ve 0.26-0.28 mg/kg olarak saptamışlar ve bu miktarların ciddi bir tehdit oluşturmadığını ortaya koymuşlardır.

El-Sikaily ve ark. (2004), Akdeniz'in Mısır kıyılarından toplanan bivalvelerde (*Modiolus auriculatus* ve *Donax trunculus*) ve Kızıl Denizin Mısır kıyılarından toplanan *Brachiodonates sp*.'de Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerini ölçmüşlerdir. Birikim durumunu Akdeniz ve Kızıl Deniz için Fe > Zn > Cu > Mn > Ni > Co > Pb > Cd olarak bulmuşlardır.

Guevara ve ark. (2004), *Diplodon chilensis* türü midyelerde yapılan bir araştırmada potansiyel kirletici olan ağır metallerin tüm yumuşak dokularda ve sindirim bezlerinde yüksek düzeyde bulunduğunu belirtmişlerdir.

Wagner ve Boman (2004), Vietnam'ın kuzeyinde yaptıkları çalışmada 2 istasyondan tatlı su midyesi olan Unionidae familyasına ait olan *Plethолophus swinhoei*

türünden 10'ar örnek alarak konsantrasyonlarını Cd 0.05-0.08, Cr 0.14-0.36, Cu 2.4-3.2, Fe 390-1900, Mn 520-1600, Ni 0.42-0.88, Pb 0.49-0.53 ve Zn 120-150 mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Göksu ve ark. (2005). Akkuyu Koyu (İçel, Türkiye)'ndan toplanan *Pinctada radiata* ve *Brachidontes pharaonis* yumuşakçalarında Cd, Fe, Zn ve Cu birikimini araştırmışlardır. Buna göre, ağır metaller *B. pharaonis*'te Fe>Zn>Cd>Cu, *P. radiata*'da ise Fe>Zn>Cu>Cd şeklinde sıralanmıştır. Saptanan birikim miktarları, tolerans gösterilen değerlerin çok altında olduğundan, Akkuyu Koyu'nda ağır metal kirliliğinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tosyalı (2005), Marmara Denizi'nin İstanbul kıyılarında yakalanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisini araştırmıştır. Midyelerin bir kısmını haşlayarak pişirmiş diğer kısmına ise hiçbir pişirme işlemi uygulamadan ağır metal düzeylerini (Cu, Cd, Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Pb) ölçmüştür. Genel olarak haşlanmış midyelerdeki ağır metal düzeylerinin, haşlanmamış midye örneklerine göre düşük bulunması pişirme esnasında bu ağır metallerin bir kısmında önemli düzeylerde azalma olduğunu ortaya koymuştur.

Yaroslavtseva ve Sergeeva (2005), *Mytilus trossulus*'da yaptıkları bir çalışmada, yaşamları boyunca bakıra maruz kalmanın etkisini gözlemlemişler, 0.01 mg/L ve 0.02 mg/L Cu konsantrasyonundaki midyelerde larva ve embriyonal gelişimin engellendiğini saptamışlardır. Embriyo ve larvaların 0.005 mg/L bakırı tolere ettikleri bunun yanında larval dönemde bakır hassasiyetinin daha çok olduğunu belirlemişlerdir.

Türkmen ve ark. (2005), Amik havzası, Gölbaşı Gölü'nde iki farklı midye türünün (*Unio terminalis* ve *Potamida littoralis*) dokularında ağır metal birikimini araştırmışlardır. ICP-AES Varian Liberty Series-2 ile yaptıkları analiz sonucunda tür ve organ farkı gözetmeksizin ortalama ağır metal konsantrasyonlarını; Cd 0.009, Co 0.003, Cr 0.021, Cu 0.112, Fe 2.54, Mn 9.286, Ni 0.019, Pb 0.01 ve Zn 0.831 μg/g yaş ağırlık olarak bulmuşlardır.

Ip ve ark. (2005), Pearl Nehri'ndeki sucul organizmalarda (balık, karides, yengeç ve mollusk) bulunan iz elementlerin potansiyel kaynaklarını ve birikimini araştırmışlardır. Balıklardaki metal konsantrasyonunu Cd için 0.01-0.13; Co için 0.02-0.48; Cr için 0.11-4.27; Cu için 0.15-7.55; Ni için 0.17-2.08; Pb için 0.09-30.7 ve Zn

için 8.78-30.26 µg/g (yaş ağırlık) olarak bulmuşlardır. Karides, yengeç ve kabuklularda Cd'yi, balıklarda ise Pb'nin yüksek konsantrasyonlarda olduğunu belirtmişlerdir.

Liu ve Kueh (2005), Hong Kong kıyılarındaki 5 istasyondan topladıkları *Perna viridis*'in homojenize edilmiş örneklerinde ağır metal ve iz organiklerin konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda konsantrasyonları Cd 0.24-0.86, Cr 0.7- 2.5, Cu 9.2-43.8, Fe 330-934, Mn 37.4-57.6, Ni 1.7-9.6, Pb 4.4-10.7 ve Zn 102.8-143.3 mg/kg kuru ağırlık olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlara göre kastaki Mn dışındaki ağır metal konsantrasyonlarının düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Argese ve ark. (2005), İtalya'nın Venedik Lagünü'nde bulunan *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde arsenik bileşiklerinin dağılımını inceleyen bir araştırma yapmışlardır. Midyenin hepatopankreasında (sindirim bezleri) bulunan arsenik bileşikleri birikim oranının, diğer yumuşak dokulara oranla daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Kayhan ve ark. (2006), İstanbul balık halinden toplanan *M. galloprovincialis* türünde arsenik düzeylerini Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) kullanılarak analiz etmişlerdir. Analiz edilen midyelerde en yüksek As değeri, 9 nolu örnekte 0.098 mg/kg, en düşük As seviyesi ise 7 nolu örnekte 0.019 mg/kg olarak bulmuşlardır. Alınan örneklerde tespit edilen As seviyelerinin ülkemiz için kabul edilen normal sınırlar içinde olduğunu belirtmişlerdir.

Sunlu (2006), Ege denizi kıyılarında *Mytilus galloprovincialis*'de mevsimsel değişikliklere bağlı olarak Cd, Pb, Zn ve Cu ağır metallerini araştırmıştır. Altı farklı istasyonda yaptığı çalışmalar sonucunda Cd miktarını 0.04-0.52 µg/g, Pb miktarını 0.49-1.72 µg/g, Cu miktarını 0.95-1.85 µg/g ve Zn miktarını 16.11-37.15 µg/g olarak tespit etmiştir. Ağır metallerin en yüksek değerlerini İzmir istasyonunda, en düşük değerlerini ise Sığacık ve Güllük istasyonlarında bulmuştur. Midyelerin dokularındaki ağır metal birikimlerini ise düşük değerlerde tespit etmiştir.

Kayhan ve ark. (2007) İstanbul Boğazında Akdeniz midyelerinde kadmiyum ve kurşunun biyolojik birikimi araştırılmış, mevsimsel olarak toplanan midye örneklerinin ağır metal konsantrasyonları AAS ile belirlenmiştir. Ölçüm sonucunda metallerin konsantrasyonlarının insan tüketimi için kabul edilebilir sınırı aşmış olduğu gözlenmiştir.

Karadede ve Ünlü (2007), Dicle Nehri'nde yürüttükleri ağır metal çalışmaları kapsamında suda, sedimentte, *Physa acuta*'nın ve *Unio elongatulus*'un iç organ kitlesinde, balıkların (*Silurus triostegus, Mastacembelus simack, Mystus halepensis, Orthrias euphraticus*) kas, karaciğer ve solungaç dokularında, *Potamon fluviatilis*'in kas ve karaciğerinde ve yeşil alglerin tüm biyomasında Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin birikimlerini araştırmış ve birikimin canlılardaki, sedimentteki ve sudaki dokusal, mevsimsel ve istasyonlara göre dağılımını ortaya koymuşlardır.

Çulha ve ark. (2008) çoğu canlı organizmanın Fe, Mn, Cu ve Zn gibi bazı esansiyel metallerin çok küçük miktarlarına, yaşamsal süreçlerini sürdürmek için ihtiyaç duyduklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca bu metallerin belirli limitleri aşması halinde toksik hale geldiklerini belirtmişlerdir. Esansiyel olmayan Cd, Pb, Hg ve gümüş (Ag) gibi metallerin düşük konsantrasyonlarda bile toksik olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Maanan, 2008 yılında yaptığı çalışmada; Midye (*Mytilus galloprovincialis*), deniztarağı (*Venerupis decussatus*) ve istiridyenin (*Crassostrea gigas*) biriktirmiş oldukları ağır metal miktarını ölçmek için Morocco'nun farklı kıyı kesimlerinden 2004–2005 yıllarında mevsimlik olarak örnekleme yaparak Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Zn ve Ni konsantrasyonları ölçülmüştür. Midyenin yumuşak dokusunda ortalama 7.2 mg/kg Cd, 9.6 mg/kg Pb, 0.6 mg/kg Hg, 26.8 mg/kg Cu, 8.8 mg/kg Cr, 292 mg/kg Zn, 20.8 mg/kg Mn ve 32.8 mg/kg Ni olarak bulunmuştur. Her bir türde mevsimler ile metal konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin yıllık olarak benzer sonuçlar gösterdiğini saptamıştır.

Asha ve ark. (2010), Hindistan'ın Tuticorin kıyısında su, sediment ve bivalve türlerinde Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin düzeyini araştırmışlardır. Konsantrasyonlarını Fe>Mn>Zn>Cu>Pb>Cd>Ni şeklinde bulmuşlardır.

Baltacı 2011 yılında Çıldır Gölü'nde *Anodonta cynea* türü üzerinde yaptığı ağır metal çalışmasında midyelerin kas dokusunda, suda ve sedimentte ağır metallerin derişim düzeyine göre sıralamasını, kas dokusunda Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Cd, suda Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Cd, sedimentte Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde saptamıştır. Metal derişimine göre incelenen örneklerin ağır metal sıralaması sediment>kas>su şeklinde saptamıştır. Elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası kuruluşlarca belirlenen ağır metallerin birikim düzeyleri ile karşılaştırıldığında ve incelenen

metallerin düzeylerinin çevre ve halk sağlığı yönünden herhangi bir risk oluşturmadığını belirtmiştir.

Joksimovic ve ark. (2012), Güneydoğu Adriyatik Denizi Karadağ kıyılarında toplanan *Mytilus galloprovincialis* türünün yumuşak dokularında metal konsantrasyonlarını Zn 160 - 221.1, Cu 6.25 -15.25, Pb 4.25 - 9.5, Cd 1.4 -2.3 ve As 3.7-11.2 mg/kg olarak ölçmüşlerdir.

Kanar (2012), Tuzla sahilinde Kara Midye örneklerindeki kurşun seviyeleri AAS ile belirlenmiştir. Kara Midye örneklerinden elde edilen en düşük ve en yüksek Pb seviyeleri 0.015 – 8.956 mg/kg şeklindedir. En düşük ve en yüksek Cd seviyeleri ise 0.040 – 0.208 mg/kg olarak belirlenmiştir. Kara Midye örneklerindeki kurşun seviyeleri oldukça yüksek ve yasal olarak izin verilen limitlerin oldukça üzerindedir

Kesevan ve ark. (2013), Hindistan'ın güney sahillerinde *Meretrix meretrix*, *Crassostrea madrasensis* ve *Cerithidea cingulata* türlerinde Cd, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, Zn gibi ağır metal düzeylerini araştırmışlardır. Zn ve Cu düzeyinin tehlike sınırlarının altında, Fe ve Mg miktarlarının yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Purina ve ark. (2013), Letonya'da 6 farklı göl ve akarsudan topladıkları *Anodonta sp*. ve *Unio sp.* türlerinde metalotiyonein konsantrasyonlarını analiz etmişlerdir. Yumuşakçaların fizyolojik durumuna göre ağır metal birikim oranlarının farklı olduğunu belirtmişlerdir. Kirli su kütlelerinin derin bölgelerinde fazla miktarda ağır metal (Cd, Pb, Hg, Cu, Zn) birikirken kıyıya yakın bölgede yaşayan yumuşakçalarda daha az birikim olduğu görülmüştür.

Nesreen ve Mohamed (2014), Timsah Gölü'nde yumuşakçalarda ağır metal birikimi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada suda Fe>Cu>Cr>Pb>Zn>Mn, sedimentte Zn>Fe>Mn>Cr>Pb>Cu ve yumuşakçalarda Fe>Zn>Pb>Mn>Cr>Cu şeklinde sıralandığını bulmuşlardır. Sonuçlara göre ağır metal birikiminin yumuşakçalarda su ve sedimentten daha baskın olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Kapsamı

Konu kapsamında Eylül 2013'te başlamış olan arazi çalışmaları 2014 Eylül ayına kadar düzenli aralıklarla sürdürülmüştür. Dicle Nehri'nde ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla belirlenen üç lokaliteden alınan su, sediment ve midye türleri (*Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina*) üzerinde çalışma yürütülmüştür.

3.2. Dicle Nehri'nin Genel Özellikleri ve Çalışma Alanının Tanımı

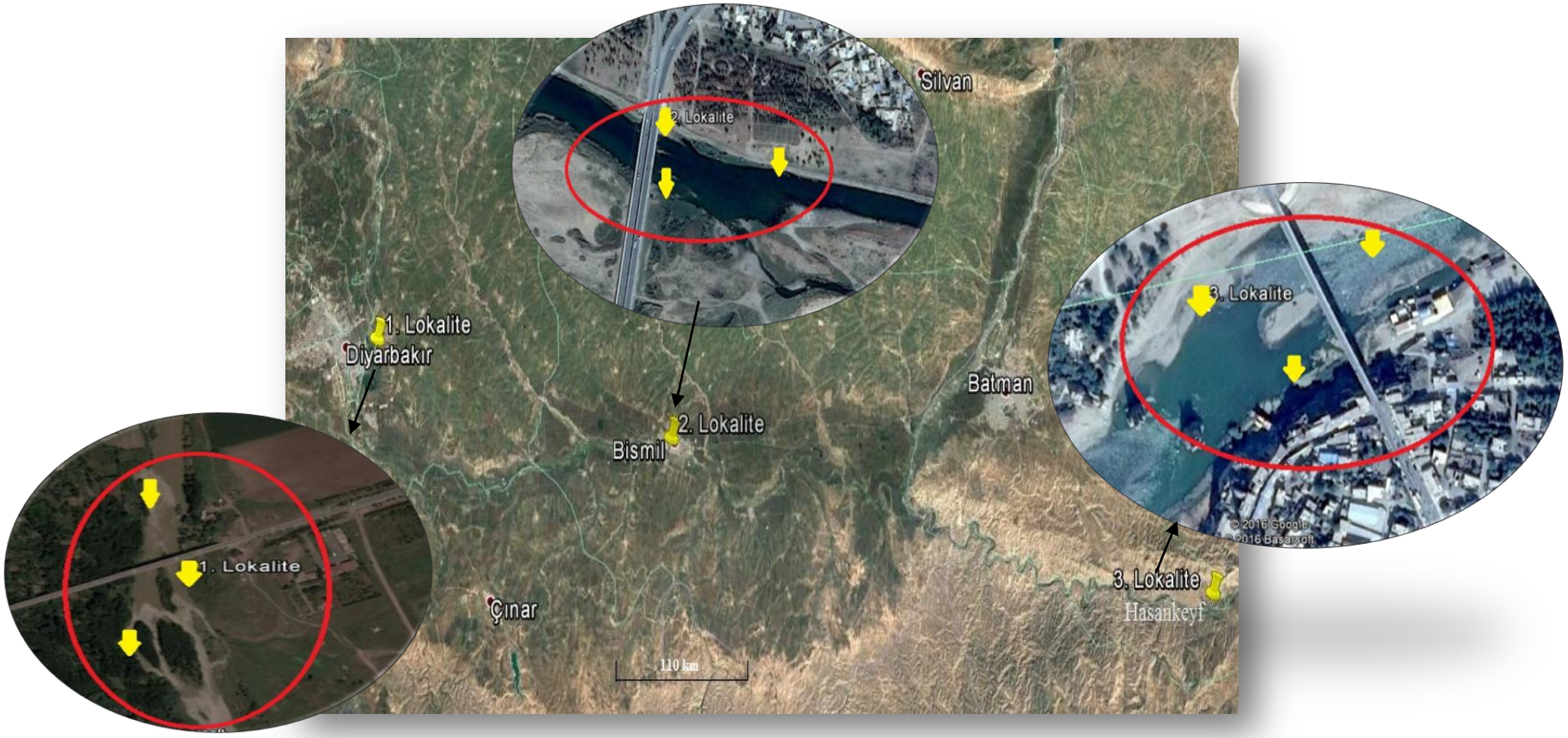
Kutsal kitaplarda adı geçen ve birçok uygarlığa can vermiş olan Dicle Nehri, ana kaynağını Maden ve Bırkleyn çaylarından alır. Bu iki kaynak Diyarbakır'ın Dicle ilçesinde birleşerek Dicle Nehri'ni oluşturur. Aşağılara gidildikçe Batman, Garzan, Anbarçayı, Büyük ve Küçük Zap gibi zengin çaylardan beslenen nehir, Suriye ile Türkiye arasında 40 km'lik bir sınır çizer. Basra'nın 64 km yukarısında Fırat Nehri ile birleşerek "Şattülarap" ismini alır ve Basra Körfezi'ne dökülür. Akarsuda genellikle yaz sonu kuraklığı ve sonbahar başı yağış azlığı nedeniyle su azalır. Buna rağmen kış sonu yağışı ile ilkbahar başındaki karların erimesinden sonra su miktarı artar (Wikipedia 2016).

Dicle nehri ve kolları önemli birer su gücü kaynağı ve sulama değeri taşıyan akarsulardır. Güneydoğu Anadolu'nun nispeten az yağışlı, fakat çok verimli toprakları sulamalarla verimini artırabilir. Bunun için nehrin topraklarımızdaki aşağı ve orta kesimlerinde, birbiri ardınca sıralanan birçok baraj etütleri yapılmış, bir kısım barajlar da inşa edilmiştir. Bunlar arasında Kralkızı, Batman ve Dicle gibi önemli hidroelektrik santraller vardır (DSİ 2016).

Bu çalışma Dicle Nehri üzerinde seçilen üç lokalite üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının haritası Şekil 3.1'de, lokalitelerin koordinat bilgisi ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Lokalitelere ait koordinatlar

Lokaliteler	**Koordinatlar**	
Diyarbakır (I. Lokalite)	37º 36' 35.298"K	41º 58' 33.06"D
Bismil (II. Lokalite)	37º 38' 45.5814"K	41º 53' 41.496"D
Hasankeyf (III. Lokalite)	37º 42' 45.0786"K	41º 46' 11.244"D



Şekil 3.1. Dicle Nehri üzerinde örnekleme yapılan lokaliteler

I. Lokalite (Diyarbakır): İlk lokalite olarak Diyarbakır ili Üniversite köprüsünün bulunduğu alanda örnekleme yapılmıştır. Lokalite çevresinde yerleşim yeri ve tarım alanları bulunmaktadır. Bir yıl boyunca belli aralıklarla sürdürülen arazi çalışmalarında bölgeden su, sediment ve midye örnekleri (*Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina)* toplanmıştır. Lokaliteye ait görüntüler Şekil 3.2' de verilmiştir.



Şekil 3.2. (a) Sonbahar 2013, (b) İlkbahar, (c) Yaz, (d) Sonbahar 2014 görünümü

II. Lokalite (Bismil): Bismil köprüsü çevresi araştırılmıştır. Bismil ilçesi girişinde bulunan bu köprünün sağı ve solu dikkate alınarak araştırma yürütülmüştür. Araştırma sonucunda su, sediment ve midye (*Unio mancus, Anodonta anatina)* örnekleri toplanmıştır. Bu lokalitede bir yıl boyunca düzenli aralıklarla yapılan arazi çalışmalarında hiçbir dönem *Unio tigridis* örneğine rastlanmamıştır. Lokaliteye ait görüntüler Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. (a) Sonbahar 2013, (b) İlkbahar, (c) Yaz, (d) Sonbahar 2014 görünümü

III. Lokalite (Hasankeyf): Son lokalite olarak araştırılan Hasankeyf köprüsünde yeni ve eski köprü dikkate alınarak araştırma yapılmıştır. Hasankeyf Dicle Nehri'nin doğu kıyısında yer alan tarihi bir yerleşim birimidir. Kuzeyinde uzanan Raman sıra dağları ile güneyinde yer alan sıra dağlar arasındaki vadi içerisinde akan Dicle Nehri kenarında yer alır. Hasankeyf üzerinde yapılması planlanan Ilısu Barajı ile sular altında kalma ve tüm kültürel hazinesini yitirme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bir yıl boyunca belli aralıklarla sürdürülen arazi çalışmalarında bölgeden su, sediment ve midye örnekleri (*Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina)* toplanmıştır. Lokaliteye ait görüntüler Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. (a) Sonbahar 2013, (b) İlkbahar, (c) Yaz, (d) Sonbahar 2014 görünümü

3.3. Arazi Çalışmaları ve Örneklerin Laboratuara Getirilmesi

Araştırmanın amacına uygun olarak belirlenmiş olan lokalitelerden su, sediment ve midye örnekleri (*Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina*) toplanmıştır.

Su örnekleri alınmadan önce şişeler nehir suyuyla iyice çalkalanmıştır. 1 L'lik plastik şişeler kullanılarak yüzeyden dibe doğru şişelerde hava boşluğu kalmayacak şekilde suya daldırılarak örnekler alınmıştır. Plastik şişelerin üzerine suyun alındığı istasyonun adı, tarihi ve saatini içeren etiketler yapıştırılmıştır. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında sudaki fiziksel parametreler (pH, oksijen, sıcaklık ve iletkenlik) Hache Lange marka HQ40 multiparametre cihazı ile arazide ölçülmüştür.

Sediment örnekleri belirlenen lokalitelerden ve nehrin dip kısımlarından bir kürek yardımıyla alınarak üzerine alındığı istasyonun adı, tarihi ve saatini içeren etiket yapıştırılarak torbalara bırakılmıştır.

Midye örnekleri tür seviyesinde teşhis ve sayımları yapılarak ayrı ayrı poşetlere konulmuş ve içinde buz kalıplarının bulunduğu dikdörtgen şekilli üstten blok kapaklı 30 L hacimli termoslarla aynı gün içinde laboratuara getirilmiştir.

3.4. Kullanılan Mikrodalga ve ICP-OES Cihazlarının Özellikleri

Uygun koşullarda kurutulmuş olan sediment örnekleri ve midye türlerinin asit eşliğinde parçalanmasını sağlamak amacıyla Berghof marka Speedwave MWS-3^{+} Mikrodalga cihazı kullanılmıştır. Mikrodalga fırını daha kısa zaman, daha az asit tüketimi ve olabilecek metal kaybını önlediği için çok önemli bir yöntemdir (Krushevska ve ark. 1993, Aucoin ve ark. 1999, Küçüksezgin ve ark. 2001, Chi ve ark. 2007). Cihazın çözünürleştirme koşulları Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Berghof marka Speedwave MWS-3^{+} mikrodalga cihazının sediment ve midye numunelerini çözünürleştirme koşulları

Yakma Basamakları	**1**	**2**	**3**	**4**
Basınç (bar)	40	40	40	40
Sıcaklık (ºC)	190	160	100	100
Çıkış süresi (dk)	10	5	1	1
Bekleme süresi (dk)	15	15	10	0
Güç (Watt)	1450 W	1450 W	1450 W	1450 W

Numunelerde bulunan metal konsantrasyonlarını ölçmek amacıyla Perkin Elmer Optima 2100 DV markalı ICP-OES cihazı kullanılmıştır. Bu yöntem metallerin plazmada atomlaşması ve plazma ışığının emisyonunun ölçülmesine dayanır. Argon gazı bir radyo frekans halkasının içerisinden geçirilerek plazma oluşur. Plazma sıcaklığı 6 000 K ile 8 000 K arasında değişir (Sandroni ve Smith 2002). Numuneler bir nebulizerde aerosollestirilerek plazmaya verilir. Numuneler ICP ye verilmeden önce asit ve sıcaklık yardımıyla yakılır. Bu yakma işlemi için mikro dalga yakma ünitesi kullanılır (Bettinelli ve ark. 2000). Analiz yapılacak metallere uygun olarak hazırlanmış olan standartlarla bir kalibrasyon eğrisi çizilir. Bu eğri doğrultusunda analiz işlemleri yapılır. Cihazın çalışma koşulları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. ICP- OES cihazının çalışma koşulları

Cihaz	Perkin Elmer Optima 2100 DV
Plazma gaz akışı	15 L/dk
Yedek gaz akışı	0.2 L/dk
Numune pompalama oranı	1.5 ml/dk
Replikasyon	3
RF gücü	1300 W
Nebulizer	0.8 L/dk
Dalga boyu	nm

3.5. Su Örneklerinin Analize Hazırlanması

Laboratuara getirilen su örneklerinin üzerine ortamda oluşabilecek mikroorganizmaların ve bakterilerin biyolojik aktivitelerini durdurmak ve metallerin başka formlara dönüşmesini engellemek amacıyla % 2'lik nitrik asit (HNO_3) ilave edilerek ortam asitlendirilmiştir (Ünlü ve Gümgüm 1993, Karadede ve Ünlü 2000) . Su örneklerinin tümü 15 ml'lik falkon tüplerine aktarılıp analiz edilmek üzere Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nde bulunan Kimyasal Analiz Laboratuarına götürülmüş ve su numunelerindeki Cu, Ni, Co, Zn, Cd ve Pb miktarları Perkin Elmer Optima 2100 DV markalı ICP-OES cihazı ile ölçülmüştür.

3.6. Sediment Örneklerinin Analize Hazırlanması

Laboratuara getirilen sediment örnekleri ilk aşamada iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Daha sonra saat camlarına aktarılarak etüvde 110 °C de 72 saat tutularak sabit kuru ağırlığa getirilmiştir. Kurutulmuş örnekler porselen havanda iyice dövülerek homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen sediment örnekleri 100 mesh'lik elekten geçirilerek polietilenli kaplara alınıp tekrar etüve konulup 1-2 saat bekletilmiştir. Etüvden alındıktan sonra etiketleme işlemleri yapılarak analiz yapılıncaya kadar nem kapmalarını engellemek amacıyla desikatörde bekletilmiştir. Ayrıca kullanılan tüm malzemeler (saat camı, baget, havan, polietilen kaplar) bir sonraki kullanım için temizlenip hazır hale getirilmiştir. Desikatörde bekletilen numuneler 0.001 g hassasiyetli dijital elektronik terazi ile tartılarak her bir sediment numunesinden 0.1 g alınmış ve mikrodalga çözünürleştirme tüplerine aktarılmıştır.

Sediment örneklerinin üzerine 3 ml HNO_3, 9 ml hidrojen klorür (HCl) ve 2 ml hidrojen florür (HF) çözeltisi ilave edilmiştir. İçinde numunelerin bulunduğu 12 adet tüp mikrodalga fırınına yerleştirilerek çözünürleştirme işlemi başlatılmıştır.

Mikrodalga fırınında 40 dakikalık çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra fırından çıkarılan tüplerin oda sıcaklığında soğumaları sağlanmıştır. Soğuyan tüplerin kapakları çeker ocakta açılmış ve asit çıkışı için bir süre beklenmiştir. Asit çıkışı bittikten sonra çözünen numuneler kantitatif filtre kağıtları (Ø 11cm) yerleştirilerek hazırlanmış cam huniler yardımıyla süzülerek 15 ml'lik falkon tüplerine aktarılmıştır. Ultra saf su ile miktarları 15 ml tamamlanmıştır. Sediment örneklerindeki Cu, Ni, Co, Zn, Cd ve Pb gibi ağır metallerin miktarları Perkin Elmer Optima 2100 DV markalı ICP-OES cihazı ile ölçülmüştür. Analizi yapılacak Cu, Ni, Co, Cd, Pb ağır metalleri için 0.025, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5 ppm konsantrasyonlarda, Zn metali için 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ppm standartlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Bu standartlar 1 000 ppm'lik stok çözeltiden seyreltmeler yoluyla hazırlanmıştır. Analiz esnasında olabilecek hata payını en aza indirebilmek için örneklerdeki asit miktarı ile orantılı olarak hazırlanan standartlara % 2'lik HNO_3 ilave edilmiştir. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden mg/kg olarak verilmiştir. ICP-OES cihazında her bir element için kullanılan dalga boyu, LOD, LOQ, r^2 ve y=mx+n değerleri Çizelge 3.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.4. ICP- OES'te ölçülen her bir element için kullanılan dalga boyu, LOD, LOQ, r^2 ve y=mx+n değerleri

Metaller	**Dalga boyu (λ) nm**	**LOD (mg/L)**	**LOQ (mg/L)**	**r^2**	**y=mx+n**
Cu	327.393	0.0169	0.0205	0.99983	y=395187x-1967.3
Ni	231.604	0.0133	0.0180	0.99995	y=62607x+198.44
Co	228.616	0.0098	0.0137	0.99998	y=92711x-338.32
Zn	206.200	0.0116	0.0165	0.99996	y=34658x+242.28
Cd	228.802	0.0120	0.0142	0.99998	y=189076x-31.376
Pb	220.353	0.0226	0.0349	0.99980	y=9720.6x+35.958

3.7. Midye Örneklerinin Analize Hazırlanması

Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina örneklerine ait uzunluk ölçümleri bir kumpas yardımı ile yapılmıştır. Total ağırlıkları ise 0.001 g hassasiyetli dijital elektronik terazi ile ölçülmüştür. Örneklerin uzunluk ve ağırlık değerleri arasındaki farklılıklar Çizelge 3.5 ve Şekil 3.5'te verilmiştir. Midyelerin kabukları bir pens yardımıyla açılarak iç organ kitlesi dikkatli bir biçimde alınarak dissekte edilmiştir. 0.001 g hassasiyetli dijital elektronik terazi ile darası alınmış ısıdan etkilenmeyen polietilenli steril kaplara aktarılan numunelerin yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Baget yardımıyla homojen hale getirilen örnekler etüvde yaklaşık 80-85 °C'de 72 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Sabit kuru ağırlığa getirilen örneklerin kuru ağırlıkları tartılmış, kayıp olmaması için bulunduğu kap içerisinde dövülerek tamamen homojenize edilmiştir. Tekrar sabit kuruluğa gelmesi için etüvde 1 saat bekletilmiş ve analiz işlemine kadar nem kapmalarını önlemek amacıyla vakumlu poşetlerde bekletilmiştir.

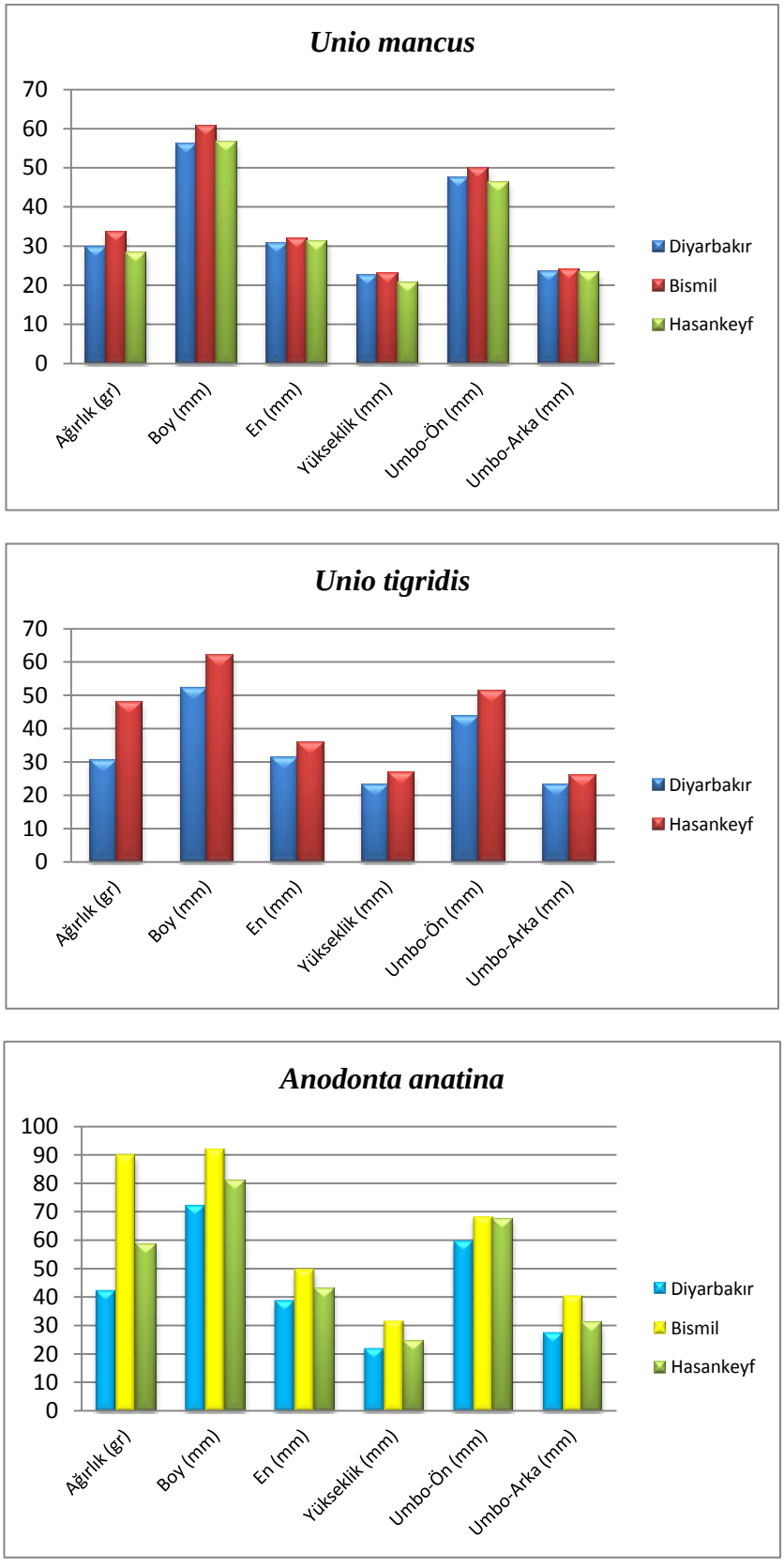
Çözünürleştirme işlemi için hassas terazi yardımıyla bütün numunelerden yaklaşık 0.1-0.2 g alınarak mikrodalga çözünürleştirme tüplerine yerleştirilmiştir. Her bir tüpün üzerine 5 ml HNO_3 ve 1 ml hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilmiş, buhar ve gaz çıkışının sağlanması amacıyla çeker ocakta bir süre bekletilmiştir. İçinde numunelerin bulunduğu 12 adet tüp mikrodalga fırınına yerleştirilerek çözünürleştirme işlemi başlatılmıştır. Midye numunelerini çözünürleştirme koşulları Çizelge 3.2'de görüldüğü gibidir. Mikrodalga fırınında 40 dk çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra cihazdan çıkarılan tüplerin oda sıcaklığında soğumaları sağlanmıştır. Soğuyan tüplerin kapakları açılmış, tüplerdeki çözelti filtre edilerek falkon tüplerine aktarılmış ve çözelti miktarı ultra saf su ile seyreltilerek 15 mL'ye tamamlanmıştır. Cu, Ni, Co, Cd, Pb ağır metalleri için 0.025, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5 ppm konsantrasyonlarda, Zn metali için 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ppm standartlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Bu standartlar 1 000 ppm'lik stok çözeltiden seyreltmeler yoluyla hazırlanmıştır. Sonuçlar yaş ağırlık üzerinden mg/kg olarak hesaplanmıştır. ICP-OES'te ölçülen her bir element için kullanılan LOD, LOQ, r^2 ve y=mx+n değerleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan midyelere ait ölçüm değerleri **(**Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum- Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir)

	Lokalite	**N**	**Ağırlık (g)**	**Boy (mm)**	**En (mm)**	**Yükseklik (mm)**	**Umbo-ön (mm)**	**Umbo-arka (mm)**
Unio mancus	Diyarbakır	15	29.77±5.58 (21-39)	56.07±4.8 (49-63)	30.82±1.80 (28-34)	22.4±1.70 (19-26)	47.60±4.32 (41-54)	23.57±1.65 (20-26)
	Bismil	15	34±9.85 (20-64)	61±3.8 (55-71)	32±4.81 (22-39)	23±2.44 (18-30)	50±4.02 (44-61)	24±1.42 (20-26)
	Hasankeyf	15	28.29±11.22 (15-49)	56.44±6.3 (47-67)	31.29±3.02 (26-36)	20.65±4.55 (14-28)	46.15±5.62 (38-56)	23.05±2.76 (19-27)
	Total	45	30.52±9.53 (15-64)	57.70±5.5 (47-71)	31.31±3.50 (22-39)	21.99±3.32 (14-30)	47.85±4.95 (38-61)	23.59±2.09 (19-27)
Unio tigridis	Diyarbakır	15	30.46±8.05 (20-48)	52.027±4.5 (45-59)	31.38±2.28 (28-35)	23.087±2.7 (19-28)	43.8±4.52 (36-50)	23.19±2.15 (20-26)
	Bismil	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	Hasankeyf	15	48.10±8.90 (30-63)	62.13±4.4 (53-69)	35.95±2.35 (32-42)	26.83±2.62 (22-30)	51.26±4.20 (43-58)	25.85±1.81 (23-29)
	Total	30	39.28±12.36 (20-63)	57.08±6.8 (45-69)	33.67±3.28 (28-42)	24.96±3.29 (19-30)	47.53±5.77 (36-58)	24.52±2.40 (20-29)
Anodonta anatina	Diyarbakır	15	42.22±19.40 (11-87)	71.98±12.9 (49-98)	38.76±7.05 (27-52)	22.1±5 (13-32)	59.54±10.1 (41-79)	27.51±6.55 (17-40)
	Bismil	15	89.72±44.94 (13-135)	91.67±20.7 (52-111)	49.70±10.24 (30-60)	31.64±7.82 (16-40)	67.99±15.0 (39-80)	40.47±8.61 (24-48)
	Hasankeyf	15	58.62±7.94 (46-73)	80.97±5.90 (72-92)	43.05±1.85 (40-47)	24.66±1.84 (20-28)	67.53±6.25 (59-87)	30.81±2.41 (27-35)
	Total	45	63.52±35.03 (11-135)	81.54±16.6 (49-111)	43.84±8.57 (27-60)	26.13±6.82 (13-40)	65.02±11.7 (39-87)	32.93±8.48 (17-48)

N: Çalışılan midye sayısı

NF: Bismil lokalitesinde *Unio tigridis* türü bulunamadı.



Şekil 3.5. Türlerin ortalama ölçüm değerlerinin lokaliteler arasındaki farklılıkları

3.8. İstatistiksel Analizler

Metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında kuru ağırlık değerleri kullanılmış ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 16.0 programı ile grafiklerin bazıları Microsoft Excel programı ile yapılmıştır. *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* türlerinin lokaliteler arasında nasıl bir farklılık gösterdiği, lokaliteler arasındaki sediment farklılığı, aynı lokalitede bulunan türler arasındaki farklılık parametrik bir test olan one-way ANOVA'nın post-hoc testlerinden Tukey kullanılarak yapılmıştır. *Unio tigridis* türünde ise lokaliteler arasındaki farklılık parametrik bir test olan t-test ile yapılmıştır. Tablolarda kullanılan harfler istatistiksel olarak ortalama değerler arasındaki farklılığın önemini göstermektedir ($p< 0.05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Dicle Nehri Su Örneklerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri

Eylül 2013- Eylül 2014 tarihleri arasında I. lokalite (Diyarbakır), II. lokalite (Bismil) ve III. lokaliteden (Hasankeyf) alınmış olan sularda ölçülen sıcaklık, oksijen, pH, iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimleriyle, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.1'de, lokalitelere göre değişim grafikleri ise Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Dicle Nehri'nin belirlenen lokalitelerinden alınan su örneklerindeki sıcaklık, oksijen, pH, iletkenlik değerlerinin mevsimlere göre değişimi ve ulusal/uluslararası standartlarla karşılaştırılması

Lokaliteler	Mevsimler	Sıcaklık (ºC)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)
I. Lokalite	Sonbahar-2013	21	7.64	7.27	332
	İlkbahar	31.1	8.01	7.98	463
	Yaz	28	7.44	8.37	379
	Sonbahar-2014	19.2	9.18	8.28	421
	Total	24.82± 5.64	8.06 ± 0.77	7.97 ± 0,49	398.75±56.18
II. Lokalite	Sonbahar-2013	21.6	5.51	7.89	367
	İlkbahar	26.2	5.65	7.52	470
	Yaz	25.4	6.53	7.61	493
	Sonbahar-2014	16.8	4.06	7.59	506
	Total	22.50 ± 4.29	5.43 ± 1.02	7.65 ± 0.16	459 ± 63.11
III. Lokalite	Sonbahar-2013	20	7.63	8.15	381
	İlkbahar	25,6	8.26	8.34	490
	Yaz	28.3	6.74	8.12	445
	Sonbahar-2014	19.9	10.57	7.95	461
	Total	23.45 ± 4.18	8.30 ± 1.63	8.14 ± 0.15	444.2 ±46.09
Su Kalite sınıflarına göre olması gereken miktarlar	I. Kalite	25	8	6.5-8.5	--
	II. Kalite	25	6	6.5-8.5	--
	III. Kalite	30	3	6.0-9.0	--
	IV. Kalite	>30	<3	6.0-9.0 dışında	--
	Türk TSE	12-25	--	6.5-9.2	400-200
	Avrupa Birliği	12-25	--	6.5-8.5	400
	WHO	--	--	6.5-9.5	--
	EPA/USA	--	--	6.5-8.5	--

4.1.1. Sıcaklık (ºC)

Sıcaklık değerleri lokaliteler arasında değişiklik göstermekle birlikte 2014 sonbahar mevsiminde en düşük seviyelerde olan sıcaklığın, I. ve II. lokaliteye ait sularda ilkbaharda, III. lokaliteye ait suda ise yazın maksimum seviyelere çıktığı gözlenmiştir. En yüksek sıcaklık ilkbahar mevsiminde 31.1 ºC ile I. lokalitede ölçülürken, en düşük sıcaklık sonbahar-2014 mevsiminde 16.8 ºC ile II. lokaliteye ait suda ölçülmüştür.

4.1.2. Çözünmüş Oksijen (mg/L)

Çalışmamızda çözünmüş oksijen seviyelerinin mevsimsel olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Tespit edilen en düşük çözünmüş oksijen seviyesi II. lokaliteye ait suda sonbahar-2014'te 4.06 mg/L olarak, en yüksek çözünmüş oksijen miktarı ise sonbahar-2014 mevsiminde III. lokalite suyunda 10.57 mg/L olarak tespit edilmiştir.

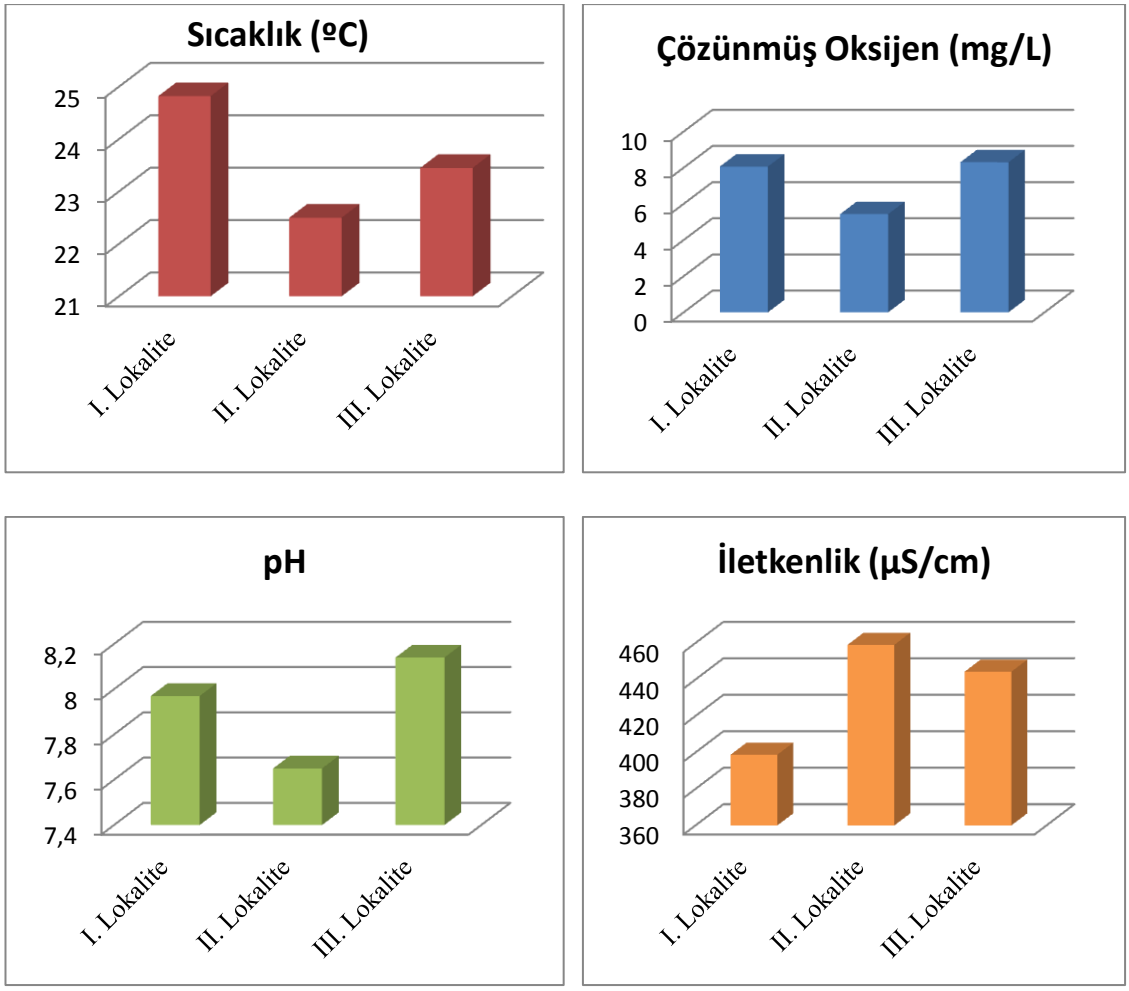
4.1.3. pH

Elde edilen verilere göre çalıştığımız lokalite sularının pH değerleri karşılaştırıldığında en yüksek pH değeri yaz mevsiminde 8.37, en düşük pH değeri ise sonbahar-2013 mevsiminde 7.27 olarak I. lokalitede belirlenmiştir.

4.1.4. İletkenlik (µS/cm)

Çalışmamızda sularda ölçülen iletkenlik değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek iletkenlik değeri sonbahar-2014 mevsiminde 506 µS/cm ile II. lokalitede, en düşük iletkenlik değeri 332 µS/cm ile sonbahar-2013 mevsiminde I. lokalitede ölçülmüştür.

Ölçülen tüm bu fiziko-kimyasal değerler su kirliliği kontrolü yönetmeliği kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerince değerlendirildiğinde; I. lokalite ve III. lokalite suları ortalama sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen değerleri göz önüne alındığında I. kalite su sınıfına dahil edilebilirken II. lokaliteden alınan su ise ortalama sıcaklık ve pH değerleri yönünden I. kalite su sınıfına, çözünmüş oksijen yönünden II. kalite su sınıfına girmektedir.



Şekil 4.1. Dicle Nehri su örneklerinde ölçülen sıcaklık, oksijen, pH ve iletkenlik değerlerinin lokalitelere göre değişim grafikleri

4.2. Dicle Nehri Su Örneklerinde Ölçülen Ağır Metal Konsantrasyonları

Lokalite sularında yaptığımız analiz sonuçlarının doğruluğundan emin olabilmek için standart referans materyal olarak ERA-WasteWatR Trace Metals kullanılmış ve sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. ERA-WasteWatR Trace Metals ile ölçülen su değerleri

Metaller	Referans Değerler (mg/L)	Ölçülen Değerler (mg/L)	Uyumluluk (%)
Cu	0.744	0.762	102
Ni	1.39	1.623	116
Co	0.255	0.299	117
Zn	1.52	1.32	86
Cd	0.184	0.217	117
Pb	0.631	0.688	109

Dicle Nehri su örneklerinde ölçülen ağır metal değerlerinin lokalitelere göre mevsimsel değişimleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada sudaki Cu birikimi incelendiğinde I. lokalitede yaz mevsiminde 0.03 ppm konsantrasyonda ölçülmüştür. II. lokalitede en yüksek değer yaz mevsiminde 0.03 ppm, en düşük değer sonbahar-2014 mevsiminde 0.019 ppm olarak ölçülmüştür. III. lokalitede ise en yüksek değer sonbahar-2014 mevsiminde 0.029 ppm, en düşük değer yaz mevsiminde 0.026 ppm bulunmuştur. Diğer mevsimlerde ise üç lokalitede de Cu konsatrasyonu ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir.

Sulardaki Ni birikimleri incelendiğinde sadece I. lokalitede sonbahar-2013 mevsiminde 0.114 ppm olarak ölçülmüştür. Ni konsatrasyonu diğer mevsim ve lokalitelerde ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir.

Sularda Zn birikimi incelendiğinde I. lokalitede en yüksek değeri yaz mevsiminde 0.066 ppm, en düşük değeri ise ilkbahar mevsiminde 0.028 ppm olarak ölçülmüştür. II. lokalitede yaz mevsiminde 0.04 ppm, sonbaharda-2014 ise 0.033 ppm olarak bulunmuş olup diğer iki mevsimde analiz limitinin altında çıktığı için tespit edilememiştir. III. lokalitede ise 0.052 ppm ile en yüksek değerin yazın, 0.027 ppm ile en düşük değerin sonbahar-2014 te olduğu görülmüştür. Diğer iki mevsimde ise tespit edilememiştir.

Co, Cd ve Pb metalleri üç istasyonda da tüm mevsimlerde ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir.

Çizelge 4.3. Dicle nehrinde çalışılan lokalite sularında ölçülen ağır metal değerlerinin mevsimlere göre değişimi (ppm)

Lokalite	Mevsim	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
I. Lokalite	Sonbahar-2013	ALA	0.114	ALA	0.056	ALA	ALA
	İlkbahar	ALA	ALA	ALA	0.028	ALA	ALA
	Yaz	0.03	ALA	ALA	0.066	ALA	ALA
	Sonbahar-2014	ALA	ALA	ALA	0.03	ALA	ALA
II. Lokalite	Sonbahar-2013	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
	İlkbahar	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
	Yaz	0.03	ALA	ALA	0.04	ALA	ALA
	Sonbahar-2014	0.019	ALA	ALA	0.033	ALA	ALA
III. Lokalite	Sonbahar-2013	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
	İlkbahar	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
	Yaz	0.026	ALA	ALA	0.052	ALA	ALA
	Sonbahar-2014	0.029	ALA	ALA	0.027	ALA	ALA
Ulusal/Uluslararası Standartlara göre sulardaki ölçüm değerleri	I. Kalite	0.02	0.02	0.01	0.2	0.003	0.01
	II. Kalite	0.05	0.05	0.02	0.5	0.005	0.02
	III. Kalite	0.2	0.2	0.2	2	0.01	0.05
	IV. Kalite	>0.2	>0.2	>0.2	>2	>0.01	>0.05
	Türk/TSE	1	0.05	--	5	0.005	0.05
	Avrupa Birliği	--	0.05	--	--	0.005	0.01
	WHO	1	0.02	--	5	0.005	0.05
	EPA/USA	1	--	--	5	0.005	--

ALA: ICP-OES cihazının analiz limitinin altında. Bu değer Cu: 0.016, Ni: 0.013, Co: 0.009, Zn: 0.011, Cd: 0.012, Pb: 0.022 mg/L olarak ölçülmüştür.

4.3. Dicle Nehri Sediment Örneklerinde Ölçülen Ağır Metal Konsantrasyonları

Lokalite sedimentlerinde yaptığımız çözünürleştirme ve analiz sonuçlarının doğruluğundan emin olabilmek için standart referans materyal olarak Sediment-LGC6189 standart referans materyal kullanılmış ve sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. LGC6189 Nehir Sediment referans materyal ile ölçülen değerler

Metaller	Referans Değerler (mg/kg)	Ölçülen Değerler (mg/kg)	Uyumluluk (%)
Cu	87±8	95.66±6.76	109
Ni	34±3	36.79±2.64	108
Zn	460±30	480.7±6.12	104
Pb	87±6	83.91±0.36	96

Lokalitelerden alınan sediment örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokaliteler arasındaki değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum- maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 4.5'te, lokaliteler arasındaki değişim grafikleri ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Sedimentteki ortalama ağır metal birikimleri sırasıyla I. lokalitede (Diyarbakır) Cu; 41.05 mg/kg, Ni; 48.36 mg/kg, Co; 13.73 mg/kg, Zn; 74.57 mg/kg, Pb; 7.83 mg/kg; II. lokalitede (Bismil) Cu; 91.25 mg/kg, Ni; 118.39 mg/kg, Co; 33.14 mg/kg, Zn; 136.80 mg/kg, Pb; 21.35 mg/kg ve III. lokalitede (Hasankeyf), Cu; 43.69 mg/kg; Ni; 61.73 mg/kg, Co; 19.94 mg/kg, Zn; 73.94 mg/kg, Pb; 17.42 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada Cu, Ni, Co, Zn ve Pb değerlerinin II. lokalite olan Bismil'de en yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür. Sedimentteki Cd konsantrasyonu ise ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir.

Lokaliteler göz önüne alınarak ağır metal birikimleri incelendiği zaman ortalama en yüksek metal konsantrasyonu I. lokalitede sırasıyla Zn> Ni >Cu > Co >Pb , II. lokalitede Zn> Ni > Cu > Co > Pb ve III. lokalitede Zn> Ni > Cu > Co > Pb olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Lokaliteler arasında sedimentteki ağır metal konsantrasyon değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, en yüksek değerlerin II. lokalitede olduğu görülmüştür. Bu lokalitede ölçülen Cu, Ni, Co, Zn metalleri konsantrasyonunun, diğer lokalitelerden olan farklılığı önemli bulunmuştur ($p<0.05$). I. ve III. lokaliteler arasında bu ağır metallerin birikimi bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Pb metalinde ise I. lokalitede ölçülen değerin diğer lokalitelerden olan farklılığı anlamlı görülmüştür ($p<0.05$). II. ve III. lokalitelerde Pb bakımından önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

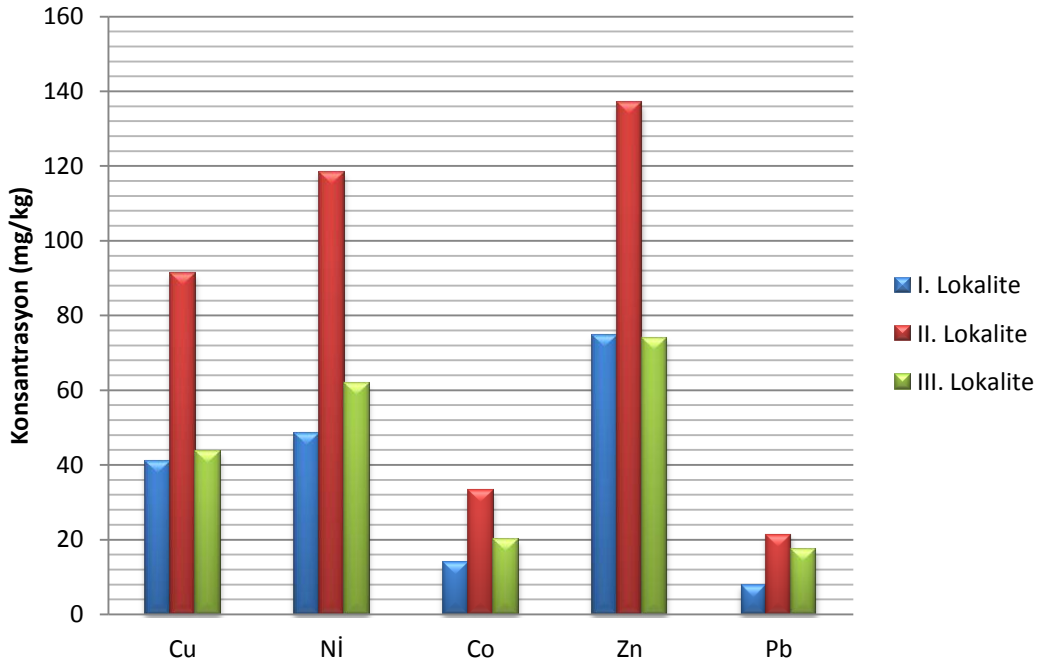
Çizelge 4.5. Lokalite sedimentlerinde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri (mg/kg kuru ağırlık) (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum- Maksimum değerler ise parantez içinde verilmiştir)

Lokaliteler	N	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
I. Lokalite	12	41.05±30.40[a] (11.86-99.3)	48.36±43.69[a] (5.59-131.39)	13.73±13.73[a] (2.47-32.45)	74.57±8.37[a] (61.42-94.61)	ALA	7.39±5,90[a] (1.37-18.64)
II. Lokalite	12	91.25±13.26[b] (62.8-105.6)	118.39±37.41[b] (40.95-148.8)	33.14±12.73[b] (10.5-51)	136.80±27.94[b] (99.05-187.6)	ALA	20.90±10.36[b] (10.5-40.2)
III. Lokalite	12	43.69±15.77[a] (25.88-68.8)	61.73±15.09[a] (36.05-91.23)	19.94±7.91[a] (6.76-31.92)	73.94±5.47[a] (63.38-80.38)	ALA	18.12±4.91[b] (10.47-25.09)

N: Çalışılan sediment sayısı

Aynı sütundaki farklı harfler lokaliteler arasında farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$). a, b harfleri lokaliteler arasındaki farklılığı gösterir.

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.2. Sedimentlerde ölçülen ağır metallerin lokalitelere göre değişim grafiği

Lokalitelerden elde edilen sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Bu lokalitelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının ortalama değer, istatistiksel farklılıkları ile mevsimsel değişimleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. I. lokalitede yapılan çalışmada sedimentteki ağır metal birikimi mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, Cu sonbahar-2013 > yaz > ilkbahar > sonbahar-2014, Ni sonbahar-2013 > ilkbahar > yaz > sonbahar-2014, Co sonbahar-2013 > yaz > ilkbahar > sonbahar-2014, Zn sonbahar-2013 > yaz > sonbahar-2014 > ilkbahar, Pb sonbahar-2013 > ilkbahar > yaz > sonbahar-2014 olarak belirlenmiştir. Tüm metallerde ortalama konsantrasyon değerlerinin sonbahar-2013'te yüksek olduğu görülmüştür. En düşük metal konsantrasyonu ise Cu, Ni, Co ve Pb da sonbahar-2014; Zn da ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür (Şekil 4.3). I. lokalite sedimentinde Cu, Ni, Co, Zn metallerinde mevsimler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ($p>0.05$); Pb metalinde sonbahar-2013'ün diğer üç mevsimden, sonbahar-2014'ün de ayrıca ilkbahardan anlamlı bir şekilde farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). II. lokalitede yapılan çalışmada sedimentteki ağır metal birikimi mevsimsel olarak değerlendirildiğinde Cu, Ni, Pb konsantrasyonları sonbahar-2013 > ilkbahar > sonbahar-2014 > yaz, Co sonbahar-2013 > sonbahar-2014 > ilkbahar > yaz, Zn yaz > sonbahar-2013 > sonbahar-2014 > ilkbahar

olarak belirlenmiştir. Cu, Ni, Co ve Pb'un ortalama konsantrasyon değerlerinin sonbahar-2013, Zn'nun yaz aylarında en yüksek düzeyde olduğu, en düşük metal birikiminin ise Cu, Ni, Co ve Pb için yaz, Zn için ilkbahar mevsimi olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3). II. lokalite sedimentindeki Cu, Ni ve Zn konsantrasyonlarının istatistiksel olarak farklılık göstermediği ($p>0.05$); Co ve Pb konsantrasyonunda sonbahar-2013'ün yaz mevsiminden istatistiksel olarak önemli bir farka sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). III. lokalitede yapılan çalışmada sedimentteki ağır metal birikimi konsantrasyonları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde sıralama Cu ve Ni sonbahar-2014 > yaz > sonbahar-2013 > ilkbahar, Co sonbahar-2014 > sonbahar-2013 > yaz > ilkbahar, Zn ilkbahar > sonbahar-2013 > sonbahar-2014 > yaz, Pb ilkbahar > yaz > sonbahar-2013 > sonbahar-2014 olarak belirlenmiştir. Cu, Ni ve Co ta en yüksek konsantrasyon sonbahar-2014'te, Zn ve Pb da ise en yüksek konsantrasyon değeri ilkbahar mevsiminde görülmüştür. En düşük metal birikiminin ise Cu, Ni ve Co için ilkbahar; Zn için yaz; Pb için sonbahar-2014 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Ni, Zn ve Pb konsantrasyonlarının mevsimler arasındaki farkı istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Cu konsantrasyonunda sonbahar-2014'ün ilkbahar ve sonbahar-2013 ten; Co konsantrasyonunda sonbahar-2014'ün ilkbahar ve yaz mevsiminden istatistiksel olarak anlamlı bir farka sahip olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

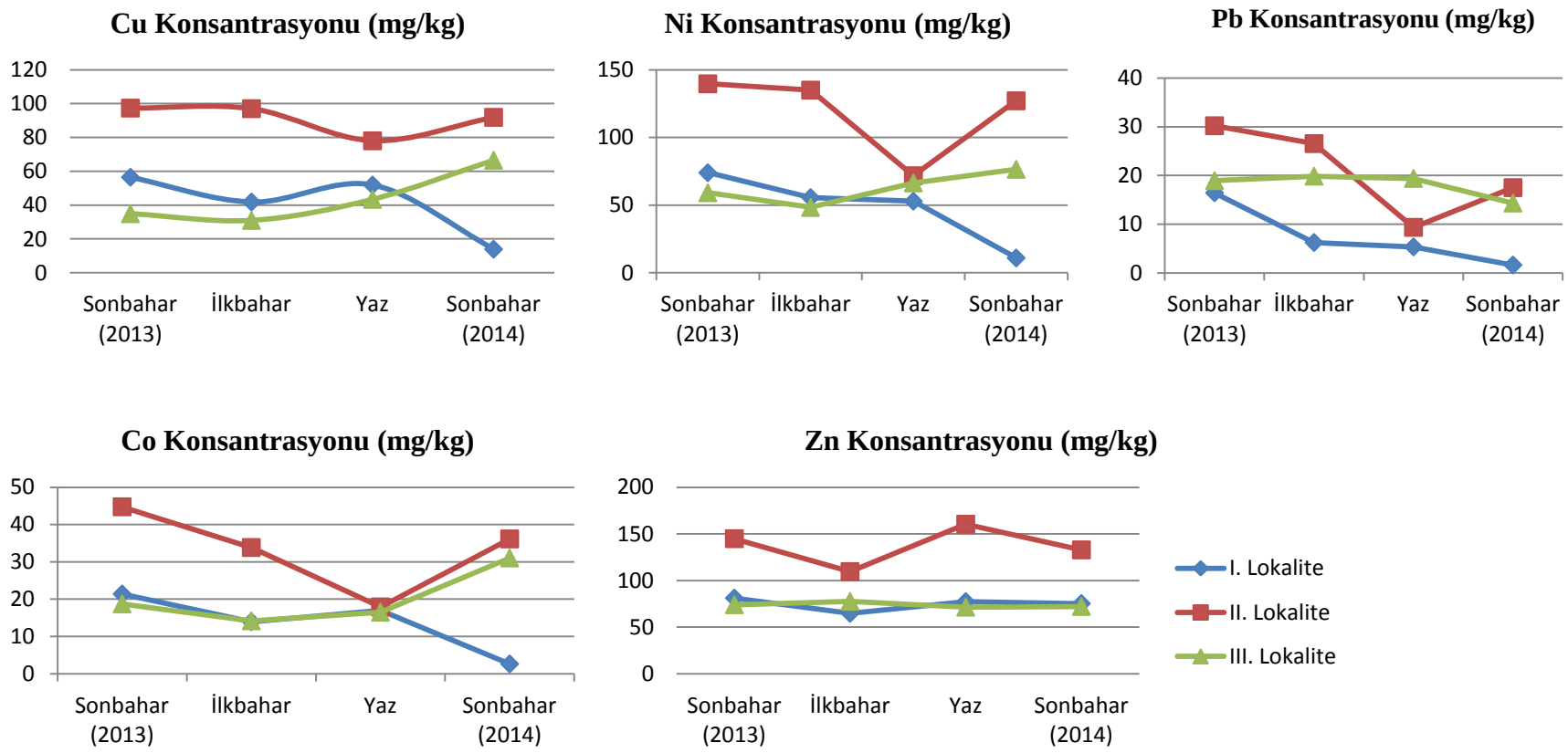
Sedimentte lokaliteler arasındaki etkileşim incelendiğinde Cu ($F=21.292$; $P=0.00$), Ni ($F=14.068$; $P=0.00$), Co ($F=10.468$; $P=0.00$), Zn ($F=53.278$; $P=0.00$), Pb ($F=11.008$; $P=0.00$) konsantrasyonlarının anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Aynı lokalitenin mevsimleri arasındaki etkileşim incelendiğinde ise; I. lokalitede Pb ($F=45.371$; $P=0.000$); II. lokalitede Co ($F=4.597$; $P=0.038$), Pb ($F=5.506$; $P=0.024$); III. lokalitede Cu ($F=9.561$; $P=0.005$), Co ($F=5.649$; $P= 0.022$) konsantrasyonlarının anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.6. Dicle Nehri sedimentlerinde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerlerinin mevsimlere göre değişimi (mg/kg kuru ağırlık) (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum- Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir)

Lokalite	Mevsim	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
I. Lokalite	Sonbahar2013	56.50±31.15^{a} (37.29-92.45)	73.98±49.74^{a} (43.87-131.39)	21.37±9.67^{a} (14.58-32.45)	81.07±11.91^{a} (72.20-94.62)	ALA	16.43±2.24^{a} (14.15-18.64)
	İlkbahar	41.84±28.09^{a} (25.53-74.28)	55.58±51.79^{a} (24.95-115.38)	13.92±11.99^{a} (5.71-27.69)	64.65±3.67^{a} (61.43-68.65)	ALA	6.22±2.04^{b} (4.29-8.37)
	Yaz	51.91±41.05^{a} (27.18-99.30)	52.92±46.13^{a} (25.99-106.20)	17.02±9.82^{a} 10.84-28.35)	77.33±2.56^{a} (74.41-79.16)	ALA	5.32±1.12^{bc} (4.03-6.01)
	Sonbahar2014	13.96±1.90^{a} (11.86-15.58)	10.94±4.88^{a} (5.59-15.15)	2.61±0.14^{a} (2.48-2.77)	75.22±1.04^{a} (74.31-76.36)	ALA	1.60±0.37^{c} (1.38-2.05)
II. Lokalite	Sonbahar2013	97.40±13.15^{a} (82.22-105.30)	139.69±14.49^{a} (122.97-148.80)	44.74±8.37^{a} (35.24-51)	144.77±39.67^{a} (99.06-170.25)	ALA	30.2±13.31^{a} (15.15-40.20)
	İlkbahar	97.06±9.10^{a} (87.48-105.58)	135.02±7.86^{a} (126.31-141.59)	33.82±7.07^{ab} (26.78-40.92)	109.47±6.47^{a} (103.74-116.50)	ALA	26.53±2.06^{ab} (24.20-28.11)
	Yaz	78.60±17.72^{a} (62.85-97.80)	71.75±51.15^{a} (40.95-130.80)	17.90±10.56^{b} (10.50-30)	160.25±24.07^{a} (142.50-187.65)	ALA	9.33±1.15^{b} (8.20-10.50)
	Sonbahar2014	91.93±6.98^{a} (87.62-100)	127.12±18.37^{a} (110.75-147)	36.12±9.78^{ab} (28.46-47.14)	132.74±6.04^{a} (126.17-138.06)	ALA	17.48±3.14^{ab} (14.01-20.13)
III. Lokalite	Sonbahar2013	34.92±3.91^{a} (30.41-37.22)	59.18±7.33^{a} (50.73-63.75)	18.70±7.85^{ab} (14.05-27.78)	73.92±3.28^{a} (70.23-76.53)	ALA	18.92±5.24^{a} (14.02-24.44)
	İlkbahar	30.96±6.55^{a} (25.96-38.38)	48.29±19.95^{a} (36.06-71.32)	14.17±6.44^{a} (6.76-18.46)	77.55±0.99^{a} (76.62-78.61)	ALA	19.85±3.52^{a} (16.70-23.65)
	Yaz	43.42±15.21^{ab} (25.88-52.93)	66.41±6.57^{a} (60.87-73.68)	16.49±2,26^{a} (14.71-19.04)	71.26±6.99^{a} (63.38-76.73)	ALA	19.38±7.82^{a} (10.47-25.09)
	Sonbahar2014	66.58±2.94^{b} (63.24-68.81)	76.49±15.90^{a} (61.75-91.24)	31.03±1.42^{ab} (29.12-31.93)	72.05±8.50^{a} (63.72-80.39)	ALA	14.32±1.53^{a} (12.80-15.87)

Aynı sütundaki farklı harfler lokalitelerde mevsimler arasında farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$). a, b, c harfleri lokalite mevsimleri arasındaki farklılığı gösterir.
ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Dicle Nehri'nde belirlenen lokalitelerin sedimentlerinde mevsimsel olarak ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri

4.4. Lokalitelere Göre Midyelerde Ölçülen Ağır Metal Konsantrasyonları

Midye türlerinde yaptığımız çözünürleştirme ve analiz sonuçlarının doğruluğundan emin olabilmek için standart referans materyal olarak NRC-CNRC DOLT-3 standart referans materyal kullanılmış ve sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. DOLT-3 Standart referans materyal ile ölçülen değerler

Metaller	Referans Değerler (mg/kg)	Ölçülen Değerler (mg/kg)	Uyumluluk (%)
Cu	31.2 ±1.0	30.53±0.22	97
Ni	2.72 ±0.35	2.42±0.007	89
Zn	86.6 ± 2.4	94.4±1.05	109
Cd	19.4 ± 0.6	16.25±0.19	83

Lokalitelerden alınan *Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina* türlerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum- maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 4.8'de, türler arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri ise Şekil 4.4'de verilmiştir.

I. lokalitede yapılan çalışmada midye türlerindeki ağır metal birikimi değerlendirildiğinde, Cu ve Zn *Unio mancus* > *Anodonta anatina* > *Unio tigridis*; Ni ve Co *Anodonta anatina*> *Unio mancus*> *Unio tigridis*; Pb *Unio tigridis*> *Unio mancus*> *Anodonta anatina* olarak belirlenmiştir. I. lokalitede midyelerde Cu, Ni, Zn ve Pb metallerinde türler arasında anlamlı bir farklılık olduğu ($p<0.05$); Co metalinde anlamlı bir şekilde farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). II. lokalitede yapılan çalışmada midyelerde ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu, Ni, Co ve Pb konsantrasyonları *Anodonta anatina*> *Unio mancus*; Zn konsantrasyonu *Unio mancus*> *Anodonta anatina* olarak belirlenmiştir. Cu, Co, Zn ve Pb'un ortalama konsantrasyon değerlerinde istatistiksel olarak farklılık olmadığı ($p>0.05$); Ni konsantrasyonunda istatistiksel olarak önemli bir farka sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). III. lokalitede yapılan çalışmada midyelerde ağır metal birikimi konsantrasyonları değerlendirildiğinde sıralama Cu, Ni ve Pb için *Unio tigridis*> *Unio mancus*> *Anodonta anatina*; Co ve Zn için *Unio tigridis*> *Anodonta anatina*> *Unio mancus* olarak belirlenmiştir. Cu, Ni, Co, Zn ve Pb

konsantrasyonlarında midyeler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$).

Dicle Nehri'nin belirlenen lokalitelerinde yaşayan *Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina* türlerinin yumuşak dokularında ölçülen ağır metal konsantrasyonları I. lokalitede, Cu ($F=4.810$; $P=0.013$), Ni ($F=4.790$; $P=0.013$), Zn ($F=11.881$; $P=0.000$) ve Pb konsantrasyonları ($F=12.539$; $P= 0.000$) şeklinde anlamlı bulunmuştur. II. lokalitede Ni konsantrasyonu ($F=0.622$; $P=0.001$) anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.8. Türlerde ölçülen ağır metal konsantrasyon değerlerinin lokalitelere göre değişimi (mg/kg kuru ağırlık) (Ortalama değer ± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerler parantez içinde verilmiştir)

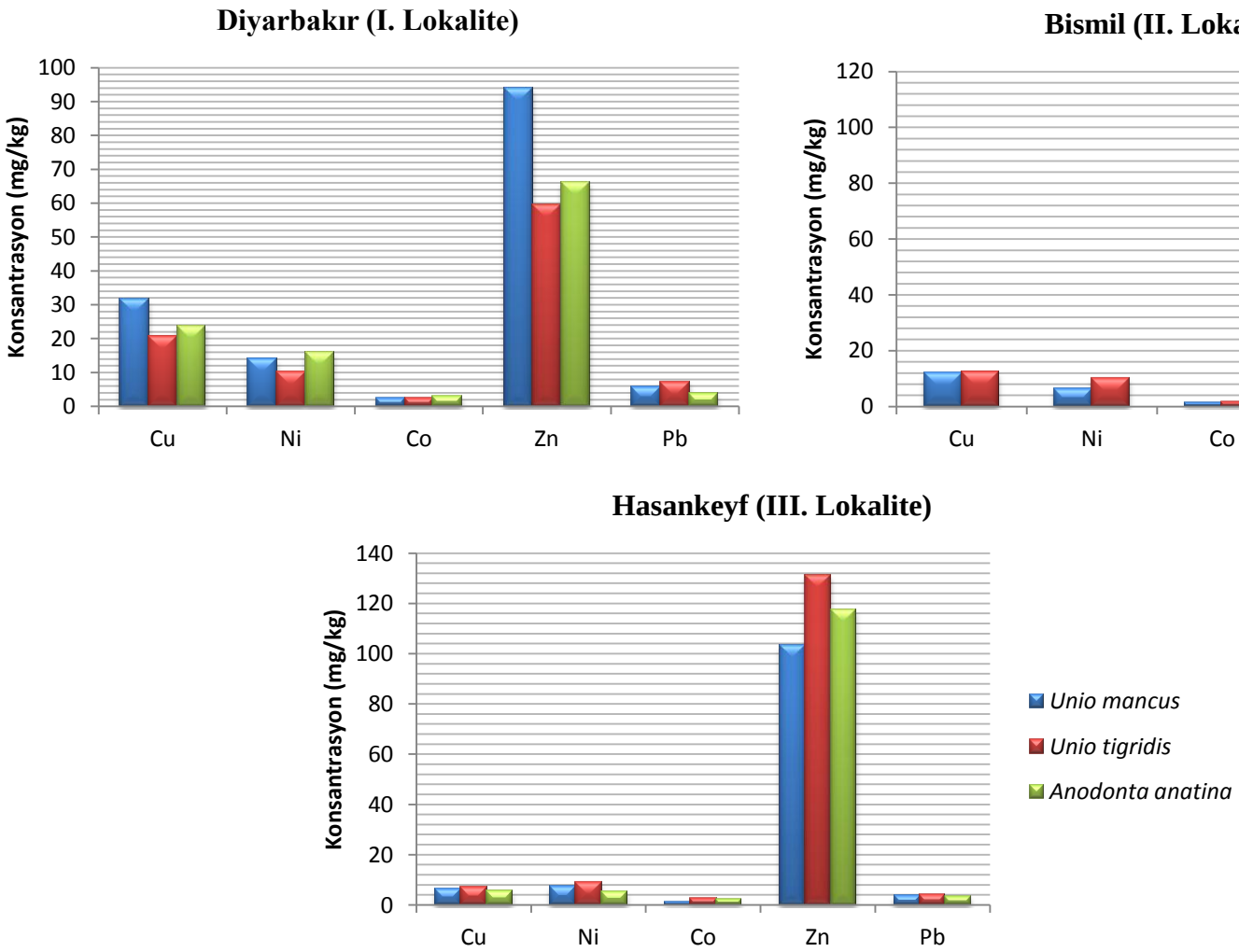
Lokalite	N	Türler	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
I. Lokalite	15	*Unio mancus*	31.66±9.34^{a} (19.14-49.60)	14.10±3.18^{ab} (9.27-19.93)	2.51±0.6^{a} (1.18-3.67)	94.20±18.25^{a} (70.95-136.5)	ALA	5.72±2.32^{a} (4.03-12.75)
	15	*Unio tigridis*	20.75±10.86^{b} (10.28-50.22)	10.20±6.41^{ab} (4.58-29.24)	2.49±1.12^{a} (1.33-5.1)	59.75±28.73^{b} (40.62-155.5)	ALA	7.33±2.12^{a} (4.28-11.75)
	15	*Anodonta anatina*	23.75±9.60^{ab} (12.74-52.08)	16.06±5.68^{a} (8.85-29.34)	3.05±1.22^{a} (1.26-5.96)	66.29±10.44^{b} (53.19-90.53)	ALA	3.84±1^{b} (2.25-5.73)
II. Lokalite	15	*Unio mancus*	12.07±3.71^{a} (6.5-17.78)	6.22±2.68^{a} (3.77-14.2)	1.5±0.73^{a} (0.93-3.17)	107.86±39.41^{a} (63.61-202.5)	ALA	5.16±4.31^{a} (2.38-17.57)
	NF	*Unio tigridis*	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	15	*Anodonta anatina*	12.52±2.78^{a} (5.98-16.69)	10.23±2.94^{b} (5.64-15.64)	1.67±0.67^{a} (0.64-2.92)	102.05±29.44^{a} (65.42-181.82)	ALA	6.33±1.93^{a} (3.45-10)
III. Lokalite	15	*Unio mancus*	6.41±2.32^{a} (3.55-10.16)	7.29±1.84^{a} (4.49-10.78)	1.4±0.28^{a} (1.09-1.96)	103.4±38.27^{a} (64.34-182.68)	ALA	3.92±2.39^{a} (1.92-11.57)
	15	*Unio tigridis*	6.95±4.59^{a} (3.65-21.76)	9.11±10.04^{a} (2.06-40.10)	2.69±2.78^{a} (1.08-6.86)	131.3±34.4^{a} (72.65-195.89)	ALA	4.05±2.49^{a} (2.32-12.61)
	15	*Anodonta anatina*	5.5±2.78^{a} (2.18-10.49)	5.46±4.69^{a} (1.99-21.25)	2.35±1.69^{a} (1.15-3.56)	117.5±35.7^{a} (74.90-181.13)	ALA	3.42±1.43^{a} (1.46-6.8)

N: Çalışılan tür sayısı

NF: Bismil lokalitesinde *Unio tigridis* türü bulunamamıştır.

Lokaliteler içinde aynı sütundaki farklı harfler midyeler arasında farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$). a, b, c harfleri midyeler arasındaki farklılığı gösterir.

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. 4. Türlerde ölçülen ortalama ağır metal konsantrasyon değerlerinin lokalitelere göre değişim grafiği

4.5. Midye Türlerinin Ağır Metal Konsantrasyonları

4.5.1. *Unio mancus*

Lokalitelerden alınan *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum- maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 4.9'de, lokaliteler arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri ise Şekil 4.5'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada *Unio mancus* türündeki ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu, Co ve Pb I. lokalite> II. lokalite> III. lokalite; Ni I. lokalite> III. lokalite> II. lokalite; Zn II. lokalite> III. lokalite> I. lokalite olarak belirlenmiştir. Cu, Ni ve Co metallerinde lokaliteler arasında anlamlı bir farklılık olduğu ($p<0.05$); Zn ve Pb metalinde anlamlı bir şekilde farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Unio mancus türünde lokalitelerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları karşılaştırıldığında Cu ($F=74.238$; $P=0.000$), Ni ($F=39.584$; $P=0.000$), Co ($F=13.738$; $P=0.000$) şeklinde anlamlı bulunmuştur.

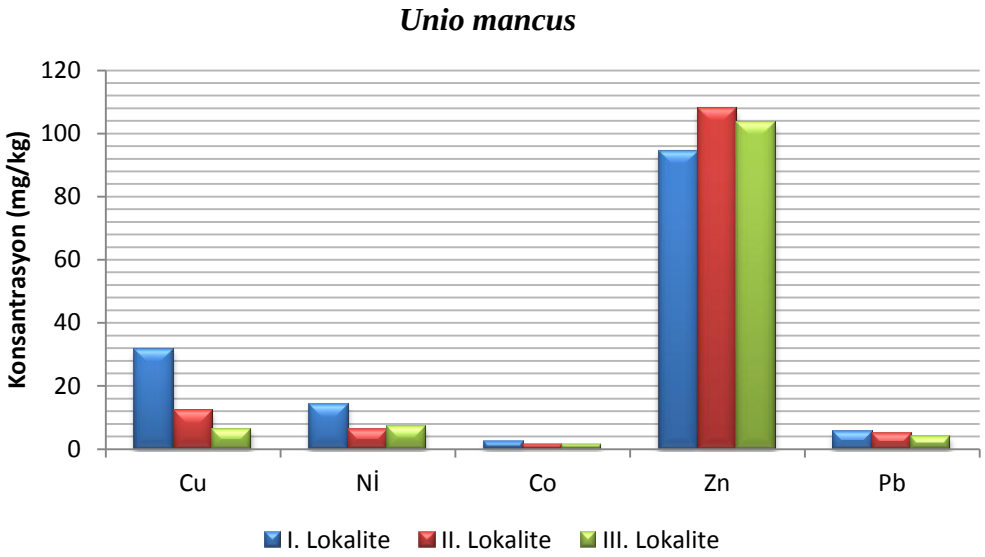
Çizelge 4.9. *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişimi (Ortalama değer± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)

	N	Lokaliteler	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
Unio mancus	15	I. Lokalite (Diyarbakır)	31.66±9.34^{a} (19.14-49.6)	14.10±3.18^{a} (9.27-19.9)	2.51±0.6^{a} (1.18-3.6)	94.20±18.25^{a} (70.95-136.5)	ALA	5.72±2.32^{a} (4.03-12.7)
	15	II. Lokalite (Bismil)	12.07±3.71^{b} (6.5-17.78)	6.22±2.68^{b} (3.77-14.2)	1.5±0.73^{b} (0.93-3.1)	107.86±39.41^{a} (63.61-202.5)	ALA	5.16±4.31^{a} (2.38-17.5)
	15	III. Lokalite (Hasankeyf)	6.41±2.32^{c} (3.55-10.16)	7.29±1.84^{b} (4.49-10.7)	1.4±0.28^{b} (1.08-1.9)	103.4±38.27^{a} (64.34-182.6)	ALA	3.92±2.39^{a} (1.92-11.5)

N: Çalışılan tür sayısı

Unio mancus türünde lokaliteler arasında aynı sütundaki farklı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p< 0.05$). a, b, c harfleri lokaliteler arasındaki farklılığı gösterir.

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.5. *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişim grafiği

4.5.2. *Unio tigridis*

Lokalitelerden alınan *Unio tigridis* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum- maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 4.10'da, lokaliteler arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri ise Şekil 4.6'da verilmiştir. II. lokalitede *Unio tigridis* türüne rastlanmadığı için karşılaştırmalar I. ve III. lokalite arasında yapılmıştır.

Unio tigridis türünde yapılan çalışmada lokaliteler arasındaki ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu, Ni ve Pb konsantrasyonlarında I. lokalite > III. lokalite; Co ve Zn konsantrasyonu III. lokalite > I. lokalite olarak belirlenmiştir. II. lokalitede *Unio tigridis* türüne rastlanmadığı için değerlendirmeye alınamamıştır. Ni ve Co'ın ortalama konsantrasyon değerlerinde istatistiksel olarak farklılık olmadığı ($p>0.05$); Cu, Zn ve Pb konsantrasyonunda istatistiksel olarak önemli bir farka sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Unio tigridis türünde lokalitelerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları karşılaştırıldığında Cu ($F=3.646$; $P=0.000$), Zn ($F=1.338$; $P=0.000$), Pb ($F=0.650$; $P=0.001$) şeklinde anlamlı bulunmuştur.

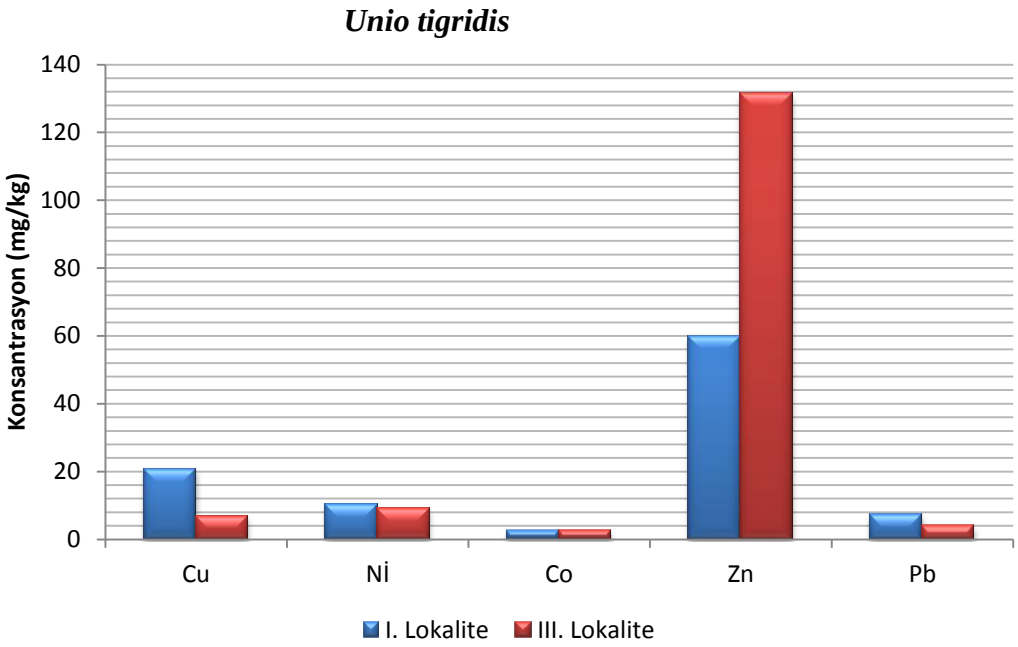
Çizelge 4.10. *Unio tigridis* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişimi (Ortalama değer± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)

	N	Lokaliteler	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
Unio tigridis	15	I. Lokalite (Diyarbakır)	20.75±10.86[a] (10.28-50.2)	10.20±6.41[a] (4.58-29.2)	2.49±1.12[a] (1.33-5.1)	59.75±28.73[a] (40.6-155.5)	ALA	7.33±2.12[a] (4.28-11.7)
	15	III. Lokalite (Hasankeyf)	6.95±4.59[b] (3.65-21.76)	9.11±10.04[a] (2.05-40.1)	2.69±2.78[a] (1.08-6.8)	131.38±34.4[b] (72.6-195.8)	ALA	4.05±2.49[b] (2.32-12.6)

N: Çalışılan tür sayısı

Unio tigridis türünde lokaliteler arasında aynı sütundaki farklı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p< 0.05$). a, b, c harfleri lokaliteler arasındaki farklılığı gösterir.

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.6. *Unio tigridis* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişim grafiği

4.5.3. *Anodonta anatina*

Lokalitelerden alınan *Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum- maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 4.11'da, lokaliteler arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Anodonta anatina türünde yapılan çalışmada lokaliteler arasındaki ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu, Ni ve Co konsantrasyonlarında I. lokalite> II.

lokalite> III. lokalite; Zn konsantrasyonu III. lokalite> II. lokalite> I. lokalite; Pb konsantrasyonu II. lokalite> I. lokalite> III. lokalite olarak belirlenmiştir. Cu, Ni, Co, Zn ve Pb konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli bir farka sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Anodonta anatina türünde lokalitelerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları karşılaştırıldığında Cu (F=35.369; P=0.000), Ni (F=20.107; P=0.000), Co (F=6.777; P=0.004), Zn (F=16.298; P=0.000) ve Pb (F=16.347; P=0.000) şeklinde anlamlı bulunmuştur.

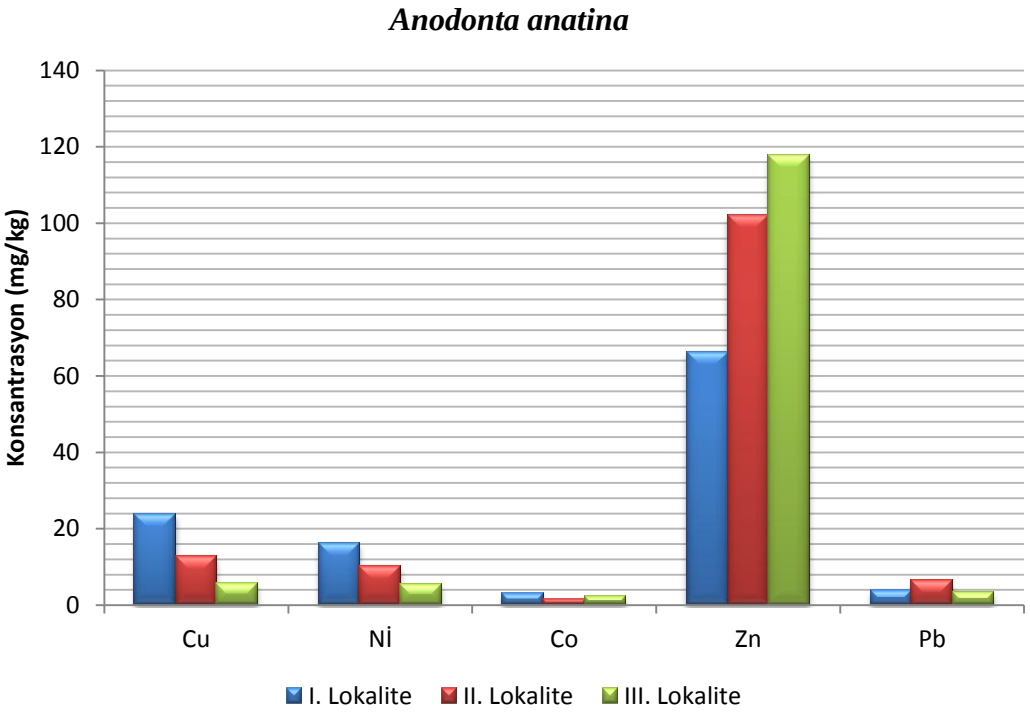
Çizelge 4.11. *Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişimi (Ortalama değer± Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)

N=15	Lokaliteler	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
Anodonta anatina	I. Lokalite (Diyarbakır)	23.75±9.60^{a} (12.7-52.1)	16.06±5.68^{a} (8.85-29.3)	3.05±1.22^{a} (1.26-5.96)	66.29±10.44^{a} (53.19-90.53)	ALA	3.84±1^{a} (2.25-5.7)
	II. Lokalite (Bismil)	12.52±2.78^{b} (5.98-16.6)	10.23±2.94^{b} (5.64-15.6)	1.67±0.67^{b} (0.64-2.92)	102.05±29.44^{b} (65.42-181.8)	ALA	6.33±1.93^{b} (3.45-10)
	III. Lokalite (Hasankeyf)	5.5±2.78^{c} (2.18-10.4)	5.46±4.69^{c} (1.99-21.2)	2.35±1.69^{ab} (1.15-3.55)	117.68±30.65^{b} (74.90-181.1)	ALA	3.42±1.43^{a} (1.46-6.8)

N: Çalışılan tür sayısı

Anodonta anatina türünde lokaliteler arasında aynı sütundaki farklı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$). a, b, c harfleri lokaliteler arasındaki farklılığı gösterir.

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.7. *Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının lokalitelere göre değişim grafiği

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Eylül 2013'te başlamış olan arazi çalışmaları 2014 Eylül ayına kadar düzenli aralıklarla sürdürülmüştür. Dicle Nehri'nde ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla belirlenen üç lokaliteden alınan su, sediment ve midye türleri (*Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina*) üzerinde çalışma yürütülmüştür.

Dicle nehri suyunun fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemek için ölçülen sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH ve iletkenlik değerleri mevsimsel ve lokaliteler arasında değişkenlik göstermektedir. Suyun fiziko-kimyasal değişimleri sucul organizmaların metal alımında rol oynadığı ile ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır (Rainbow 1995, Boening 1999). Bu durumun Dicle Nehri'ndeki midye türlerinin ağır metal birikimlerinin değişiminde etkili olduğu düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada su örneklerindeki ağır metal birikimi incelendiğinde Cu, Ni ve Zn metallerinde ölçüm yapılabilmişken; Co, Cd ve Pb metallerinde ise ölçümler ICP-OES cihazının analiz limitinin altında kaldığı için hiçbir mevsimde belirlenememiştir. Cu, Diyarbakır (I. lokalite) ve Bismil (II. lokalite) lokalitelerinde yaz mevsiminde en yüksek değerdeyken Hasankeyf (III. lokalite) suyunda 2014 yılının sonbahar mevsiminde en yüksek düzeyde ölçülmüştür. Ni sadece I. lokalitede 2013 yılının sonbahar mevsiminde tespit edilebilmiştir. Üç istasyonda da en fazla ölçülen metal Zn olmuş ve en yüksek değerin yaz mevsiminde olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile diğer çalışmalarda bulunan değerler karşılaştırıldığında; tarımsal, endüstriyel ve kentsel faaliyetler ile çalışma bölgelerini çevreleyen karasal ortamların farklı olması dolayısıyla incelenen metaller bakımından farklılıklar olduğu görülmektedir.

Kaçar'ın (2015) Ilısu Baraj Göl Bölgesi'nde üç istasyonda yapmış olduğu çalışmada sudaki mevsimsel ağır metal konsantrasyonunu Ilısu (Cr ve Ni hariç) ve Batman Barajı'nda (Cr hariç) yazın, Hasankeyf'te (Cr hariç) kış aylarında yüksek değerde olduğunu belirtmiştir. İnceledikleri üç lokalitede de suda en fazla rastlanılan metalin Fe, en az rastlanılan metalin ise Cd olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda tüm istasyonlarda Zn metali değerinin Al-Ani ve ark.'nın (2014), Bağdat'ta Dicle Nehri suyunda yapmış oldukları çalışmadan (Zn metalinin en yüksek değerini Rashidiya

istasyonunda 0.00015 ppm) yüksek olduğu görülmüştür. Balasim ve ark.'nın (2013) Dicle Nehri'nin Bağdat Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada Zn metalinin en yüksek değerinin (0.1 ppm) ilkbahar ayında, en düşük değerinin (0.0015 ppm) kış ayında ölçüldüğünü; Cd metalinin en yüksek değerini Şubat, Nisan ve Ağustos aylarında (0.01 ppm), en düşük değerini ise Aralık ayında (0.0003 ppm) ölçmüşlerdir. Varol ve Şen (2012) Dicle Nehri'nde yaptıkları çalışmada sudaki ağır metal düzeylerini Cu:0.0165, Ni:0.072, Co: 0.111, Zn: 0.037, Cd: 0.001368, Pb: 0.000342 ppm olarak ölçmüşlerdir. Cu ve Zn (yaz mevsimi tüm lokaliteler), Ni (2013 sonbahar mevsimi-I. lokalite) değerlerinin çalışmamızdaki sonuçlardan düşük olduğu görülmüştür. Varol ve ark.'nın 2010 yılında Dicle Nehri'nde yaptıkları çalışmada ağır metal konsantrasyonlarını Fe> Zn> Cr> Ni> As> Cu> Pb> Cd şeklinde bulmuşlardır. Karadede-Akın ve Ünlü (2007) Dicle Nehri suyunda yaptıkları çalışmada konsantrasyonları Ni> Zn> Fe> Cu> Co şeklinde bulmuşlardır. Cu, Ni ve Zn metallerinde bulunan sonuçların çalışmamızda ölçülen değerlerden daha yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür. DSİ X. Bölge Müdürlüğü (2004) tarafından yapılan çalışmada Diyarbakır/Sadi köprüsünde Pb:0.015, Zn: 0.008, Bismil ilçesi köprüsünde Pb: 0.014, Zn: 0.010 ppm, Cu ve Cd ise <0.005 ppm olarak ölçülmüştür (Anonim 2005). Gümgüm ve ark.'ları (1994) tarafından yapılan çalışmada Co, Ni ve Pb gibi ağır metallerin konsantrasyonlarının çalışmamıza kıyasla yüksek değerlerde olduğu, Cu metalinin ise çalışmamızla yakın değerlerde ölçüldüğü görülmüştür. İbrahim ve Omar (2013) Nil Nehri'nde, Tekin-Özan ve Aktan (2012) Işıklı Gölü'nde, Duman ve Kar (2012) Yamula Baraj Gölü'nde, Bahnasawy ve ark. (2011) Manzala Gölü'nde ve Karadede-Akın (2009), Hazar Gölü'nde mevsimsel olarak yaptıkları çalışma sonucunda, çalışmamızda olduğu gibi suda en yüksek metal birikiminin yaz mevsiminde olduğu bildirilmiştir. Yaz aylarında ağır metal konsantrasyonlarında artışın olması buharlaşma ile su seviyesinde meydana gelen azalışın olduğu belirtilmiştir (Duman ve Kar 2012).

Dicle Nehrinde çalışılan lokalite sularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda bulunan değerlerin (I. lokalite suyunda sonbaharda (2013) ölçülen Ni hariç) TSE, WHO, EC ve EPA-USA tarafından belirlenen limit değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Sedimentte yapılan ağır metal analizleri sonucunda tüm metallerin farklı konsantrasyonda olduğu görülmüştür. Dicle Nehri'nin belirlenen lokalitelerinde yapılan

çalışmada sedimentte ağır metal konsantrasyonu üç lokalitede de sırasıyla Zn> Ni> Cu> Co> Pb olarak belirlenmiştir. Tüm lokalitelerde en yüksek birikimin Zn metalinde olduğu görülmüştür. Ayrıca metal birikimi II. lokalitede (Bismil) diğer lokalitelere oranla daha yüksek oranda bulunmuştur. Mevsimsel olarak ortalama değerler dikkate alınarak yapılan karşılaştırmada I. lokalitede tüm metallerde 2013 sonbaharda; II. lokalitede Zn metali yazın diğer metaller 2013 sonbaharda; III. lokalitede Zn ve Pb ilkbaharda, Cu, Ni, Co metallerinde 2014 sonbaharda en yüksek değerler ölçülmüştür. Yağışlı mevsimlerde sedimentteki metal konsantrasyonun artması yağmur sularıyla nehre taşınan toprakta bulunan metallerden kaynaklı olabilir (Yüzereroğlu ve ark. 2010). Çalışmada suda tespit edilemeyen ağır metallere sedimentte rastlanılmıştır. Bu durum Hadring ve Whitton'un (1978) yapmış oldukları çalışmada sediment partiküllerinin suda bulunan metalleri bünyesine çekmesiyle ve molekül ağırlığı yüksek metallerin dibe çökmesiyle ilgili olabileceği belirtilmiştir. Sedimentin suda bulunan ağır metalleri kendine doğru çekerek bünyesinde biriktirdiğini belirtmişlerdir.

Kaçar'ın (2015) Ilısu Baraj Göl Bölgesi'nde üç istasyonda yapmış olduğu çalışmada Dicle Nehri sedimentinde ağır metal konsantrasyonları Ilısu Barajı ve Hasankeyf'te Fe> Mn> Cr> Ni> Zn> Cu> Co, Batman Barajı'nda Fe> Mn> Ni> Cr> Zn> Cu> Co olarak bulmuş ve en yüksek ağır metal birikiminin Ilısu Barajı'nda olduğunu gözlemlemiştir. Sedimentte mevsimsel metal birikiminin Ilısu Barajı'nda ilkbahar, Hasankeyf'te sonbahar, Batman Barajı'nda ise kışın yüksek olduğunu ifade etmiştir. Çalıştığımız metaller göz önüne alınarak bulgularımız Al-Ani ve ark.'nın (2014), Bağdat'ta Dicle Nehri sedimentinde yapmış oldukları ağır metal sonuçları ile karşılaştırıldığında, Zn metalini 70-480 ppm konsantrasyon aralığında, Co metalini 40-148 ppm konsantrasyon aralığında çalışmamıza göre daha yüksek, Cu metalini 40-110 ppm konsantrasyon aralığında çalışmamıza paralel olarak bulmuşlardır. Balasim ve ark.'nın (2013) Dicle Nehri'nin Bağdat Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada sedimentte Zn metalinin en yüksek değerini kış mevsiminde 188 ppm olarak 4. istasyonda, en düşük konsantrasyonu yaz mevsiminde 1. istasyonda 51.2 ppm olarak ölçmüşlerdir. Cd metalinde en düşük konsantrasyonu (0.5 ppm) Aralık ve Şubat ayında, en yüksek konsantrasyonu (2.5 ppm) Ekim ayında ölçmüşlerdir. Çalışmamızda Cd değeri ICP-OES cihazının analiz limitinin altında olduğu için tespit edilememiştir. Varol ve Şen (2012) Dicle Nehri'nde yaptıkları çalışmada sedimentte ağır metal konsantrasyonunu

Fe> Cu> Mn> Zn> Pb> Ni> Co> Cr> As> Cd şeklinde bulmuşlardır. Karadede-Akın ve Ünlü (2007), Dicle Nehri sedimentinde yapmış oldukları çalışmada konsantrasyonları Fe> Mn> Cu> Co> Zn şeklinde bulmuşlar, Cd ve Pb metallerinde analiz limitinin altında kaldığı için tespit edememişlerdir. Referans istasyonda Co, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn metallerinde en yüksek değerin yazın, en düşük değerin kış mevsiminde ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Gümgüm ve ark. (1994) tarafından, Dicle Nehri sedimentinde yapılan çalışmada ağır metal sonuçlarının en yüksek değerlerinin Co: 503, Cu: 3433, Ni: 403, Zn: 489, Pb: 102 ppm olarak bildirmişlerdir. Ergani Bakır Fabrikası atıklarının Dicle Nehri'ne boşaltılmasından dolayı nehrin kirlenmiş olduğunu ifade etmişlerdir. Gümgüm ve Öztürk (2001)'de Dicle Nehri'nde yapmış oldukları çalışmada ise bu değerlerde (Co: 32.01, Cu: 728.96, Ni: 66.35, Zn: 369.14 ppm) önemli bir düşüş olduğunu görmüşlerdir. Bunun nedenini ise Ergani Bakır Fabrikasının özelleştirilmesi ile birlikte üretim kapasitesinin azaltılması ve arıtma tesisi kurması sayesinde olduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışma ile karşılaştırıldığında, Dicle Nehri'nin 1994-2001 yıllarına göre çok daha düşük oranda Cu, Zn ve Pb içerdiği tespit edilmiştir. Al-Ani ve ark. (2014) Dicle Nehri'nin ağır metal kirlilik kaynaklarını bölgenin jeomorfolojik yapısı, sedimentteki organik madde miktarı, kimyasal ve biyolojik faktörler ile suyun pH değerlerinin etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Farklı çalışmalarda sedimentte metal konsantrasyonlarının farklı olması yağışlar, sıcaklık, akarsuyun debisi, sediment miktarı ve yapısı ile birlikte dönemsel ve bölgesel değişiklik gösteren antropojenik ve endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler ile yakından ilgilidir (Begüm ve ark. 2009, Öner ve Çelik 2011).

Dicle Nehri sedimentinde yapılan ağır metal konsantrasyonları Macdonald ve ark. (2000) ortaya koymuş olduğu PECs (Probable Effects Concentrations) değerleri (Cu: 150, Ni: 49, Zn: 460, Cd: 5, Pb: 130 mg/kg) ile karşılaştırıldığında sadece Ni metali tüm lokalitelerde limit değerin üstünde bulunmuştur.

Dicle Nehri'nin belirlenen üç lokalitesinden toplanan *Unio mancus, Unio tigridis* ve *Anodonta anatina* tatlı su midye türlerinin yumuşak dokuları ile yaptığımız çalışmada ağır metal konsantrasyon miktarları ICP-OES cihazı ile ölçülmüştür. Çalışılan üç midye türünde de en fazla biriken metal Zn en az biriken metalin Co olduğu görülmüştür. Cd metalinde ise sonuçlar ICP-OES cihazının ölçüm sınırlarının altında kaldığı için tespit edilememiştir

Dicle Nehri'nin belirlenen lokalitelerinde yaşayan *Unio mancus, Unio tigridis, Anodonta anatina* türlerinin yumuşak dokularında ölçülen ağır metal konsantrasyonları I. lokalitede karşılaştırıldığında Cu (F=4.810; P=0.013), Ni (F=4.790; P=0.013), Zn (F=11.881; P=0.000) ve Pb (F=12.539; P= 0.000) şeklinde anlamlı bulunmuştur. II. lokalitede ise Ni konsantrasyonu (F=0.622; P= 0.001) anlamlı bulunmuştur. I. lokalitede Cu ve Zn en fazla *Unio mancus*'ta, Ni ve Co en fazla *Anodonta anatina*'da, Pb metalinde ise en fazla birikimin *Unio tigridis* türünde olduğu görülmüştür. II. lokalitede Cu, Ni, Co ve Pb metali en fazla *Anodonta anatina*'da, Zn metali ise en fazla *Unio mancus*' ta ölçülmüştür. III. lokalitede Cu, Ni, Zn, Co ve Pb metallerinde en fazla birikimin *Unio tigridis* türünde olduğu görülmüştür. Lokalitelerde metallerin birikim oranlarının türler arasında farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

Unio mancus türünde lokalitelerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ANOVA-Tukey testi ile karşılaştırıldığında Cu (F=74.238; P=0.000), Ni (F=39.584; P=0.000), Co (F=13.738; P=0.000) şeklinde anlamlı bulunmuştur. Metal konsatrasyonu Zn (94.2 ppm)> Cu (31.66 ppm)> Ni (14.10 ppm)> Pb (5.72 ppm)> Co (2.51 ppm) olmak üzere en yüksek değerlerin (Zn hariç) I. lokalitede olduğu görülmüştür. Zn metalinin en yüksek değeri ise II. lokalitede 107.86 ppm olarak ölçülmüştür.

Unio tigridis türünde lokalitelerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları t-test ile karşılaştırıldığında Cu (F=3.646; P=0.000), Zn (F=1.338; P=0.000), Pb (F=0.650; P=0.001) şeklinde anlamlı bulunmuştur. I. lokalitede Zn (59.75 ppm)> Cu (20.75 ppm)> Ni (10.20 ppm)> Pb (7.33 ppm)> Co (2.49 ppm), III. lokalitede Zn (131.38 ppm)> Ni (9.11 ppm)> Cu (6.95 ppm)> Pb (4.05 ppm)> Co (2.69 ppm) şeklinde bir sıralama görülmüştür. Zn metali konsantrasyonu en fazla III. lokalitede (131.38 ppm) ölçülmüştür.

Karadede (2002) Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus* türü üzerinde yapmış olduğu çalışmada konsantrasyonları Cu: 4.43, Zn: 9.24, Ni: 0.67 μg/g şeklinde bulmuştur. Yarsan ve ark. (2000) Van Gölü'nden toplanan *Unio stevenianus* Krynicki örneklerinde ağır metal düzeylerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada analiz edilen bütün midyelerdeki Pb: 1.43±0.81 ppm, Cd: 0.09±0.02 ppm, Cu: 5.83±0.73 ppm, Zn: 15.93±3.26 ppm olarak tespit etmişlerdir. Şahin ve ark. (2016) Karakaya Baraj Gölü'nde *Unio elongatulus eucirrus* türünde ağır metal düzeylerinin belirlenmesi için biri referans

olarak seçilen Arguvan, diğeri kirliliğe maruz kalan Battalgazi olmak üzere iki farklı istasyon belirlemişlerdir. Elde ettikleri verilere göre, midyelerin kas dokusunda ağır metallerin derişim düzeyleri sırasıyla Arguvan bölgesinde Cd (0.146)> Pb (0.089)> Ni (2.67)> Zn (1.13)> Cu (0.22), Battalgazi bölgesinde Cd (0.136)> Pb (0.062)> Co (0.68)> Ni (2.31)> Cu (0.96)> Zn (0.34) ppm olarak tespit etmişlerdir. Yılmaz (2011) Dipsiz Çine Çayı'nda *Unio crassus* türünün kas, manto ve solungaçlarında total metal konsantrasyonunu ppm olarak Zn (24.24)> Ni (1.32)> Cu (0.72)> Pb (0.29)> Cd (0.23) şeklinde ölçmüşlerdir. Tüm bu çalışmalarda da görüldüğü gibi *Unio* cinsi midyelerde ölçülen ağır metal değerleri çalışmamıza göre daha düşük konsantrasyonlardadır.

Anodonta anatina türünde lokalitelerde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ANOVA-Tukey testi ile karşılaştırıldığında Cu (F=35.369; P=0.000), Ni (F=20.107; P=0.000), Co (F=6.777; P=0.004), Zn (F=16.298; P=0.000) ve Pb (F=16.347; P=0.000) şeklinde anlamlı bulunmuştur. I. ve II. lokalitede konsantrasyonlar Zn> Cu> Ni> Pb> Co, III. lokalitede Zn> Ni> Cu> Pb> Co şeklinde sıralanmıştır. Cu (23.75 ppm), Ni (16.06 ppm), Co (3.05 ppm), Pb (3.84 ppm) metallerinin en yüksek değerleri I. lokalitede, Zn (117.68 ppm) metalinin ise en yüksek değeri III. lokalitede ölçülmüştür. Baltacı (2011) Çıldır Gölü'nde *Anodonta cynea* Linnaeus türünde yaptığı çalışmada Zn (1.83±0.61 ppm)> Pb (0.88±0.49)> Cu (0.26±0.03 ppm)> Cd (0.04±0.03 ppm); Dobrowolski ve Skowrońska (2001) Zemborzyce'de *Anodonta sp.* türünde yaptığı çalışmada konsantrasyonları Zn (18.7 ppm)> Pb (0.115 ppm)> Cd (0.051 ppm) şeklinde bulmuşlardır. Gundacker (2000) Viyana kentsel nehir habitatında *Anodonta sp*. ve *Unio pictorum* türlerinin solungaç ve kas dokularında ağır metal çalışması yapmıştır. Çalışma sonunda *Anodonta sp*.'nin solungacında Cd: 0.25-0.67, Pb: 1.09-21.3, Cu: 2.9-8.3 ve Zn: 317-862 ppm, kasında Cd: 0.16-0.72, Pb: 0.16-3.18, Cu: 0.9-8.5 ve Zn: 111-328 ppm ve *Unio pictorum*'un solungacında Cd: 0.3-0.82, Pb: 1.13-4.68, Cu: 7.2-9.2 ve Zn: 316-430 ppm, kasında Cd: 0.23-0.9, Pb: 0.29-2.2, Cu: 5.2-6.1 ve Zn: 142-276 ppm olarak bulmuştur. Zn metali değerlerinin çalışmamızdan yüksek, Cu, Pb değerlerinin çalışmamıza göre daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Salanki ve ark. (2003) Macaristan'ın Balaton Gölü'nde *Anodonta cygnea* türü üzerine yaptıkları çalışmada konsantrasyonları Cd: 14.7-13.4, Cu: 10.7-28.3, Pb: 4.2-12.4 ppm bulmuşlardır. Pb, Cu ve Cd değerlerinin çalışmamıza göre yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür.

Literatür karşılaştırmalarında da görüldüğü gibi midyelerdeki metal düzeylerinin farklılığı o bölgedeki kirliliğin farklılıklarını ortaya koymaktadır. Ayrıca su ürünleri ve midyelerde ağır metallerde kabul edilebilir maksimum değerler ülkelere göre farklılıklar göstermektedir (Uzun 1993, Kaya ve ark. 1998, Anonim 2011). Örneğin midyeler için Finlandiya'da Pb: 2 ppm, İngiltere'de Pb: 10 ppm ve Cu: 20 ppm, Venezuella'da ise Pb: 2 ppm, Cu: 10 ppm olarak sınırlandırılmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne (2011) göre ülkemizde ise çift kabuklu yumuşakçalarda Pb: 1.5, Cd: 1, Cu: 20, Zn: 50 mg/kg yaş ağırlık olarak sınırlandırılmıştır. Ni ve Co için yönetmelikte bir bilgiye rastlanmamıştır. Buda çalışmaların yetersiz boyutlarda olduğunu göstermektedir. Uluslararası kuruluşlarda ise midyelerde ağır metal limit değerleri şu şekildedir: EPA' ya göre Cd: 1.4, Co: 27, Cu: 54, Ni: 27 ve Zn: 410 ppm (Anonim 2005); FAO' ya göre yumuşakçalarda kuru ağırlık konsantrasyon değerleri Cd: 10, Cu: 50-150, Pb: 5-30, Zn: 200-500 ppm olarak bildirilmiştir (Wagner ve Boman 2004). Çalışmamızda elde edilen ağır metal düzeyleri yönetmeliğe göre kabul edilir değerlerin üzerinde, EPA ve FAO' ya göre belirlenen sınır değerlerin ise altında olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak bölge halkı tarafından yıkama, içme (hayvanlar için), yüzme, serinleme, sulama, balık yetiştiriciliği gibi çeşitli sebepler için kullanılan önemli su kaynaklarından biri olan Dicle Nehri birçok kirletici unsurun etkisinde bulunmaktadır. Bunlar arasında nehre kıyısı olan yerleşim birimleri kanalizasyon suları, sanayi kuruluşları atık suları, çevresinde bulunan petrol kuyuları ve tesislerinde meydana gelen aksaklıklardan dolayı olan sızıntılar nehre karışarak ciddi oranlarda kirliliğe neden olabilirler (Anonim 2005). Nehirde meydana gelen kirlilik de bütün sucul sistemi etkileyebilir. En önemli kirlilik etkenlerinden biri olan ağır metaller sucul ortamda yaşayan canlı organizmalarda birikerek besin zinciri yoluyla taşınabilir. İyi birer indikatör tür olan midyeler de nehir sistemi için önemli bir yere sahiptir. Ortamda hiçbir şekilde yok olmayan bu ağır metaller, çeşitli yollarla insanlara da ulaşabilmekte ve insan sağlığını tehdit edecek tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir (Şeker ve ark. 1998). Tatlısu sisteminin geleceği için önemli olan bu tarz çalışmalar düzenli olarak yapılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Adams, W. F., Alderman, J. M., Biggins, R. G., Gerberich, A. G., Keferl, E. P., Porter, H. J., Van Devender, A. S. 1990. A Report on the Conservation Status of North Carolina's Freshwater and Terrestrial Molluscan Fauna. Waccamaw Spike, 73–80.

Al-Ani, T., Al-Ansari, N., Dawood, A. H., Siergieiev, D., Knutsson, S. 2014. Trace metals in water and sediments of the Tigris River, Baghdad city, Iraq. ***J Environ Hydrol***, 22 (6): 1-17.

Allaway, W. H. 1987. Trace Elements in Human and Animal Nutrition-Fifth edition (ed. Mertz, W.); Soil, plant, animal and human interrelationships in trace element nutrition. Academic Press, Vol.1, 465-488.

Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Barka, S., Pellerin, J., Rainbow, P.S. 2006. Metallothioneins in aquatic invertebrates: their role in metal detoxification and their use as biomarkers. ***Aquatic Toxicology***, 76:160–202.

Anonim, 2005. EPA Region III RBC Table. Erişim: [http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rbc/rbc0405]. Erişim tarihi: 01.08.2016.

Anonim, 2005. Diyarbakır 2004 İl Çevre Durum Raporu. Diyarbakır Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü. Erişim tarihi: 27.09.2016.

Anonim, 2010. Erişim: [http://www.forumps.com/kimya/3159-toprak-kirliliginin-cevresel-etkileri-ve-agir-metaller.html]. Erişim tarihi: 01.09.2016.

Anonim, 2011. Çevre Sağlığı. Suların Analiz Parametreleri 850CK0011. MEB, Ankara, 70. Erişim tarihi: 19.08.2016.

Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeligi Yetki Kanunu, 2011. 5996 sayılı Resmi Gazete 29.12.2011-28157. Erişim tarihi: 02.09.2016.

Anonim, 2012. Kimya Teknolojisi: Kondüktometre 524KI0302. MEB, Ankara, 44. Erişim tarihi: 10.12.2016.

Anonim, 2014. Erişim: http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar.pdf. Erişim tarihi: 25.08.2016.

Ansari, T. M., Marr, I. L., Tariq, N. 2004. Heavy metals in marine pollution perspective-A Mini Review. ***J Appl Sci***, 4 (1): 1-20.

Argese, E. C., Bettiol, C., Rigo, S., Bertini, S., Colomban P., Ghetti, F. 2005. Distribution of arsenic compound in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice Lagoon, Italy. ***Sci Total Environ***, 15: 267-277.

Asha, P. S., Krishnakumar, P. K., Kaladharan, P., Prema, D. Diwakar, K., Valsala, K. K., Bhat, G. S. 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin. ***J Mar Biol Assoc***, India, 52 (1) : 48 - 54.

Atayeter, S. 1991. Anadolu Kavağı midye türünde (*Mytilus galoprovincialis* Lamarck, 1819) bazı ağır metal birikimlerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 37.

ATSDR, 2003. Toxıcologıcal profile for cobalt. Toxico Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Erişim: [http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp33.pdf]. Erişim tarihi: 01.02.2016.

ATSDR, 2007. Toxicological profile for lead. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Erişim tarihi:01.02.2016.

Aucoin, J., Blanchard, R., Billiot, C., Partridge, C., Schultz, D., Mandhare, K. 1999. Trace metals in fish and sediments from Lake Boeuf, Southeastern Louisiana. ***Microchem J***, 62 (2): 299-307.

Bahnasawy, M., Khıdr, A.A., Dheına, N. 2011. Assessment of heavy metal concentrations in water, plankton and fish of Lake Manzala, Egypt. ***Turk J Zool,*** 35 (2): 271-280.

Balasim, H. M., Al-Azzawi, M. N., Rabee, A. M. 2013. Assessment of pollution with some heavy metals in water, sediments and *Barbus xanthopterus* fish of the Tigris River–Iraq. ***Iraqi J Sci***, 54 (4):813-822.

Baltacı, B. B. 2011. Çıldır Gölü'nün suyunda, dip sedimentinde ve buradan çıkarılan midyelerde (*Anodonta cynea* Linnaeus, 1758 *)* bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars, 46.

Başçınar N.S. 2009. Bentik canlılar ve biyoindikatör tür. SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni 9:1.

Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., Öztürk, M. 1999. Copper, lead, zinc and cadmium concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* , Lamarck, 1819 from the Sinop Coast of the Black Sea. ***Turk J Zool***, 23: 321-326.

Baudrimont, M., Andres, S., Durrieu, G., Boudou, A. 2003. The key role of metallothioneins in the bivalve *Corbicula fluminea* during the depuration phase, after in situ exposure to Cd and Zn. ***Aquat Toxicol***, 63: 89- 102.

Bayne, B.L., Widdows, J., Thompson, R.J. 1976. Marine Mussels: Their Ecology and Physiology. Cambridge University Press, 122-159.

Begüm, A., Ramaiah, M., Harikrishna, K. İ., Veena, K. 2009. Heavy metal pollution and chemical profile of Cauvery River Water. ***J Chem***, 6 (1): 47-52.

Beıras, R., Bellas, J., Fernandez, N., Lorenzo, J.I., Cobelo-Garcia, A. 2003. Assesment of coastal marine pollution in Galicia (NW Iberian Peninsula); Metal concentrations in seawater, sediments and mussels (*Mytilus galloprivincialis*) versus embryolarval bioassays using *Paracentrotus lividus* and *Ciona intestinalis*. ***Mar Environ Res***, 56 (4):531- 53.

Berg, V., Erikson, G.S., Iverson, P.E. 1997. Strategies for monitoring of contamiants in marine organisms in Norwegian harbours and fjords. Norwegian State Food Control Reports, 94: 300-321.

Bettinelli, M., Beone, G. M., Spezia, S., Baffi, C. 2000. Determination of heavy metals in soils and sediments by microwave-assisted digestion and inductively coupled plasma optical emission spectrometry analysis. ***Analytica Chimica Acta***, 424(2): 289-296.

Bilgin, F. H. 1991. Omurgasız Hayvanlar (Ders Kitabı). Dicle Üniversitesi Yayınları. Diyarbakır, 196.

Boening, D. W. (1999). An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. ***Environ Monit Assess***, 55(3): 459-470.

Brown, H. P., Welch, R. M., Cary, E.E. 1987. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. ***Plant Physiol***, 85: 801-803.

Bryan, G. W. 1976. Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms: Effects of pollutants on aquatic organisms.Cambridge University Press,193.

Calabrese, A., MacInnes, J. R., Nelson, D. A., Miller, J. E. 1977. Survival and growth of bivalve larvae under heavy-metal stress. ***Marine Biology***, 41(2): 179-184.

Canlı, M., Atlı, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. ***Environ Politics***, 121: 129–136.

Canpolat, Ö., Çalta, M. 2003. Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. ***Fresenius Environ Bull***, 12 (9): 961–966.

Celiloğlu-Beğenirbaş, A. S. 2002. Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)'ndaki tatlısu midyesi (*Unio sp.*)'nde bazı ağır metallerin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 47.

Chıu, S.T., Lam, F.S., Tze, W.L., Chau, C.W., Ye, D.Y. 2000. Trace metals in mussels from mariculture zones, Hong Kong. ***Chemosphere***, 41:101-102.

Chi, Q. Q., Zhu, G., Alan, L. 2007. Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China. ***J Environ Sci***, 19: 1500-1504.

Chuah, T.G., Jumasiah, A., Azni, I.,Katayon, S., Thomas Choong, S.Y. 2005. Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. ***Desalination***, 175 (3): 305-316.

Clark, R. B. 1992. Marine Pollution. Third edition. Clarendon Press. 64-82. Oxford.

Cook, M. E., Dennis, A.J. 1985. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons: Mechanism, Method and Metabolism. Columbus, USA: Ohio Battelle Press, 1464.

Cook, M.E., Morrow, H. 1995. Anthropogenic sources of cadmium in Canada: National Workshop on Cadmium Transport into Plants. ***Canadian Network of Toxicology Centres***, 20-21: 165-183.

Cummings, K.S., Mayer, C.A. 1992. Field Guide to Freshwater Mussels of the Midwest. Illinois Natural History Survey Manual, 5:194.

Çalışkan, E. 2005. Asi Nehri'nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 70.

Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Arıca, Ş., Kırındı, T. 2007. *Mytilus sp* (midye), *Gammarus sp* (nehir tırnağı) ve *Cladophora sp* (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak Nehri'ndeki ağır metal kirliliğin araştırılması. ***BÜ Fen Bil Ens Derg***, 9 (1): 52-60.

Çulha, S. T., Çelik, M. Y., Çulha, M., Karayücel, Ġ., Gündoğdu, A. 2008. The trace elements in the Raft Cultivated Mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) from Sinop Peninsula, in the Southern Black Sea***. J Vet Anim Adv***, 7 (12): 1618-1623.

Dağhan, H. 2011. Doğal kaynaklarda ağır metal kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkileri. ***MKÜ Ziraat Fak Derg***, 16 (2): 15-25.

De Conto Cinier, C., Ramel, M.P., Faure, R., Garin, D., Bouvet, Y. 1999. Kinetics of Cd accumulation and elimination in Carp (*Cyprinus carpio*) tissues. ***Comp Biochem Physiol***, 122: 345-352.

Demirak, A., Yılmaz, F., Tuna, A. L., Özdemir, N. 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. ***Chemosphere***, 63: 1451–1458.

Dobrowolski, R., Skowronska, M. 2001. Distribution and environmental mobility of selected trace metals in the Zemborzyce Reservoir. ***Pol J Environ Stud***,10 (5): 383-388.

Dojlido, J., Best, G. A. 1993. Chemistry of Water and Water Pollution. Ellis Horwood Limited,544.

Dorit, R.L., Walker, W.F., Barnes, R.D. 1991. Zoology. Saunders College Publishing. Philadelphia, Pennsylvania, 1009.

Dökmeci, İ., Dökmeci, A.H. 2005. Toksikoloji Zehirlendirmede Tanı ve Tedavi. 4.Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, 675.

Dragan, E.S., Dinu, M.V., Timpu, D. 2010. Preparation and characterization of novel composites based on chitosan and clinoptilolite with enhanced adsorption properties for Cu^{2+} . ***Bioresource Technology***, 101: 812-817.

DSİ, 2016. Erişim: http://www.dsi.gov.tr/baraj-arama. Erişim tarihi: 06.12.2016.

Duffus, J.H. 2002. Heavy metals a meaningless term? IUPAC Technical Report. ***Pure Appl Chem***, 74 (5):793-807.

Duman, F., Kar, M. 2012. Temporal variation of metals in water, sediment and tissues of the European Chup (*Squalius cephalus* L.). ***Bull Environ Contam Toxicol,*** 89: 428-433.

Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C., Egwurugwu, J.N. 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. ***Int J Physical Sci***, 2 (5):112-118.

Ekici, H., Yarsan, E. 2009. Akuakültür canlılarında zehirli etki oluşturabilecek maddeler. ***EÜ Su Ürünleri Derg***, 26 (3): 229-233.

Ekin, İ. 2008. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde dağılış gösteren bazı yumuşakçaların yağ asiti içerigi. Doktora tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 142.

Ekin, İ., Başhan, M. 2009. Dicle Nehri'nden toplanan tatlısu midyesi (*Unio elongatulus*, Bourguignat, 1860)'nın nötral lipit, fosfolipit ve toplam lipit yağ asiti kompozisyonu. ***Afyon Kocatepe Üniv Fen Bil Derg***, 2: 77-84.

Ekin, İ., Başhan, M. 2010. Fatty acid composition of selected tissues of *Unio elongatulus* (Bourguignat, 1860) (Mollusca: Bivalvia) collected from Tigris River. ***TrJFAS***, 10: 445-451.

Ekin, İ., Başhan, M., Şeşen, R. 2011. A comparison of the fatty acid composition of the phospholipid and neutral lipid of *Unio elongatulus* (Bourguignat, 1860) (Bivalvia: Unionidae) mussels from 4 different localities in southeastern Anatolia, Turkey. ***Turk J Zool***, 35 (6): 837-849.

Ekin, İ. 2012. Variations of fatty acid contents in selected tissues of freshwater mussel Corbicula fluminalis (Mollusca: Bivalvia) from Tigris River. ***EEST Part A: Energy Science and Research***, 29 (1): 157-164.

Ekin, İ., Başhan, M., Şeşen, R. 2012. Fatty acid composition of lipid classes in two mussel populations, *Anadonta piscinalis* and *Corbicula fluminalis* (Mollusca: Bivalvia) living in Tigris River. ***Turk J Biochem***, 37 (2): 283-289.

Elder, J. F., Collins, J. J. 1991. Freshwater molluscs as indicators of bioavailability and toxicity of metals in surface-water systems. ***Rev Environ Contam Toxicol***, 192: 37-79.

El-Sikaily, A., Khaled, A., El Nemr, A. 2004. Heavy metals monitoring using bivalves from mediterranean sea and red sea. ***Environ Monit Assess***, 98: 41-58.

Falfushynska, H.I., Gnatyshyna, L.L., Farkas, A., Vehovszky, A., Gyori, J., Stoliar, O.B. 2010. Vulnerability of biomarkers in the indigenous mollusk *Anodonta cygnea*. ***Chemosphere***, 81:1342–1351.

Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A. 2003. Age-and size specific of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. ***Water Research***, 37: 959–964.

Farr, D. 2009. Why Heavy Metals are a Hazard to Your Health. Erişim: http://www.becomehealthynow.com/article/productshair/122. Erişim tarihi: 21.08.2016

Farrıngton, J. W., Davis, A. C., Tripp, B. W., Phelps, D. K., Galloway, W.B. 1987. 'Mussel Watch'- Measurements of chemical pollutants bivalves as one indicator of coastal environmental quality. In T. P. Boyle (Ed.), *New approaches to monitoring aquatic ecosystem*, ASTM STP 960. Philadelphia: American Society for Testing and materials, 125-139.

Farrington, J. W. 1983. Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution: the mussel (and oyster) watch. ***Oceanus***, 26 (2): 18-29.

Franco, J. , Borja, A., Solaun, O., Perez, V. 2002. Heavy metals in molluscs from the Basque Coast (Northern), Spain, results from an 11-year monitoring programme. ***Baseline/Marine Pollution Bulletion***, 44: 956-976.

Fraysse, B., Baudın, J. P. , Garnıer-Laplace, J., Adam, C., Boudou, A. 2002. Effects of Cd and Zn waterborne exposure on the uptake and depuration of 57Co, 110mAg and 134Cs by the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) and Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*)-whole organism study. ***Environ Pollut***, 118: 297-306.

Giordano, R., Arata P., Rinaldi, S., Ciaralli, L., Giani, M., Rubbiani, M., Costantini, S. 1989. Mercury, cadmium and lead levels in marine organisms (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Italian coasts. ***Ann Ist Super Sanita***, 25, 511-516.

Girgin, S. 2010. Evaluation of the benthic macroinvertebrate distribution in a stream environment during summer using biotic index. ***Int J Environ Sci Technol***, 7 (1): 11-16.

Girgin, S., Kazancı, N., Dügel, M. 2010. Relationship between aquatic insects and heavy metals in an urban stream using multivariate techniques. ***Int J Environ Sci Technol***, 7 (4): 653-664.

Gleick, P. H. 1998. The World's Water 1998-1999: The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press, 319.

Göksu, M.Z.L., Akar, M., Çevik, F., Fındık, Ö. 2005. Bioaccumulation of some heavy metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in two bivalvia species (*Pinctada radiata* Leach, 1814 and *Brachidontes pharaonis* Fischer, 1870). ***Turk J Vet Anim Sci***, 29: 89-93.

Grabarkiewicz, J.D., Davis, W.S. 2008. An Introduction to Freshwater Mussels as Biological Indicators. US Environmental Protection Agency, 108 .

Guevara, S.R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G., Arribere, M. 2004. Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. ***Biol Trace Elem Res***, 102: 245-263.

Gundacker, C. 2000. Comparioson of heavy metal bioaccumulation in freshwater molluscs of urban river habitats in Vienna. ***Environ Pollut***, 110:61-71.

Gümgüm, B., Ünlü, E., Tez, Z., Gülsün, Z. 1994. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. ***Chemosphere,*** 29 (1): 111-116.

Gümgüm, B., Öztürk, G. 2001. Chemical speciation of heavy metals in the Tigris River sediment. ***Chemical Speciation & Bioavailability,*** 13 (1): 25-29.

Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Timur, S. 2009. Metallerin Çevresel Etkileri III http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf, (Erişim tarihi:12.09.2015).

Güven, K. 1999. Biyokimyasal ve Moleküler Toksikoloji. Dicle Üniversitesi Basımevi, Diyarbakır, 200.

Habashi, F. 1997. Handbook of Extractive Metallurgy. Wıley-VCH, Germany, Vol. 2.

Hadring, J.P., Whitton, B.A. 1978. Zinc, cadmium and lead in water sediments and submerged plants of the Derwent Reservoir, Northern England. ***Water Res***, 12: 307-316.

Heath, A.G. 1995. Water Pollution and Fish Physiology. Virginia Polytechnic Institue and Elsenz. Dipl., Arbeit Univ. Heidelberg.143-359.

Hites, R.K. ve Day, H.R. 1992. Unusual persistence of DDT in some western USA soils. ***Bull Environ Contam Toxicol***, 48: 259-264.

Hongyi, N., Wenjing, D., Qunhe, W., Xingeng, C. 2009. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. ***J Environ Sci***, 21: 1053–1058.

Ip, C.C., Li, X.D., Zhang, G., Wong, C.S.C., Zhang, W.L. 2005. Heavy metal and Pb isotopic compositions of aquatic organisms in the Pearl River Estuary, South China. ***Environ Pollut***, xx: xxx-xxx (article in press).

İbrahim, A.T.A., Omar, H.M. 2013. Seasonal variation of heavy metals accumulation in muscles of the African Catfish *Clarias gariepinus* and in River Nile water and sediments at Assiut Governorate, Egypt. ***J Biol Earth Sci,*** 3 (2): 236-248.

İleri, R., Çakır, G. 2006. Bakır (Cu^{+2}) iyonlarının sıvı ortamdan biyosorpsiyonla gideriminin izoterm sabitlerinin matlap programı ile belirlenmesi. ***Çev- Kor***, 15 (59): 8-17.

İmamoğlu, M. 1996. Pirinç kabuğundan yapılmış aktif karbon üzerinde Cu (II) ve Cd (II) iyonlarının sulu çözeltilerinden adsorpsiyonla uzaklaştırılması. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 80.

Jamil, A., Lajtha, K., Radan, S., Ruzsa, G., Cristofor, S., Postolache, C. 1999. Mussels as bioindicators of trace metal pollution in the Danube Delta of Romania. ***Hydrobiologia***, 392:143-158.

Jiries, A. 2003. Vehicular contamination of dust in Amman. Jordon. ***The Environmentalist***, 23: 205-10.

Joksimović, D., Kljajić, Z., Stanković, S. 2012. Concentrations of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd and As) in the Mediterranean Mussel *Mytilus Galloprovincialis* from the Montenegrin Coast of the Southeastern Adriatic Sea. ***Water Research and Management***, 2 (3): 3-9.

Kabasolak, H. B. 1998. Atıksu – atıksu arıtımı ve alıcı ortamlara etkileri. I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri , 299-303.

Kaçar, E. 2015. Dicle Nehri'nin Ilısu Baraj Göl Bölgesi'ndeki su, sediment ve bazı balıklardaki ağır metal birikiminin incelenmesi. Yayımlanmamış Doktora tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 159.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2004. Metallerin çevresel etkileri. ***I. TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi***, Sayı: 136: 47-53.

Kalay, M., Koyuncu, C.E., Dönmez, A.E. 2004. Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf, (In Turkish). ***Ekoloji Çevre Dergisi***, 13: 23-27.

Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, Z. M., Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın su kalitesi ve fizikokimyasal parametrelerinin makro omurgasız çeşitliliği üzerine etkisi. ***Fırat Üniv Fen ve Mühendislik Bil Derg***, 20 (1): 28-88.

Kanar, D. 2012. Tuzla (İstanbul) sahilindeki ağır metal kirliliğinin midyelerle takibi. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul, 74.

Karadede, H., Ünlü, E. 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. ***Chemosphere***, 41(9): 1371-1376.

Karadede, H. 2002. Dicle Nehri'nde su, sediment ve bentik bazı canlı organizmalaradaki ağır metal birikiminin araştırılması. Doktora tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır,145.

Karadede, H., Oymak, S. A., Ünlü, E. 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. ***Environ Int***, 30: 183–188.

Karadede, H., Ünlü, E. 2007. Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. ***Environ Monit Assess***, 131: 323-337.

Karadede-Akın, H. 2009. Seasonal variations of heavy metals in water, sediments, pondweed (*P. pectinatus* L.) and freshwater fish (*C. c. umbla*) of Lake Hazar (Elazığ-Turkey). ***Fresen Environ Bull,*** 18 (4): 511-518.

Kasassi, A., Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K., Nastis, A. 2008. Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. ***Bioresource Technology***, 99: 8578-8584.

Katalay, S., Parlak, H. 2004. The effects of cadmium on erythrocyte structure of black goby (*Gobius niger* L.1758). ***E.Ü. Su Ürünleri Dergisi***, 21(1-2): 99-102.

Kautshy, L. 1998. Monitoring eutrophication and pollution in estuarine environments focusing on the use of benthic communities. ***Pure Appl Chem***, 70 (12): 2313-18.

Kaya, S., Pirinçci, I., Bilgili, A. 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36, 112.

Kayhan, F. E., Balkıs, N., Aksu, A. 2006. İstanbul balık halinden alınan Akdeniz Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) arsenik düzeyleri. ***Çev-Kor***, 15 (61): 1-5.

Kayhan, F.E., Gulsoy, N., Balkıs, N., Yüce, R. 2007. Cadmium and lead levels of Mediterranean Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. ***Pak J Biol Sci***, 10: 915-919.

Kazancı, N., Dügel, M. 2008. Prediction of global climate change impact on structure of aquatic insect assemblages by using species optimum and tolerance values of temperature. ***Rev Hydrobiol***, 1 (2): 73-80.

Kazancı, N., Dügel, M. 2010. Determination of influence of heavy metals on structure of benthic macroinvertebrate assemblages in low order Mediterranean streams by using canonical correspondence analysis. ***Rev Hydrobiol***, 3 (1): 13-26.

Kazancı, N., Ertunç, Ö. 2010. Use of Simuliidae (Insecta, Diptera) species as indicators of aquatic habitat quality of Yeşilırmak River Basin (Turkey). ***Rev Hydrobiol***, 3 (1): 27-36

Kazancı, N., Türkmen, G. 2008. Yedigöller Milli Parkı (Bolu) Ephemeroptera (Insecta) faunası üzerine bir araştırma: Su kalitesi ve referans habitat özellikleri. ***Rev Hydrobiol***, 1 (1): 53-71.

Kazancı, N., Türkmen, G. 2010. Assessment of water quality of Kelkit Stream (Turkey) with application of various macro invertebrate-based metrics. The Fourth International Scientific Conference Balwoıs, 25-29 Mayıs 2010, Ohrid, Macedonia.

Kazancı, N., Dügel, M., Girgin, S. 2008. Determination of indicator genera of benthic macroinvertebrate communities in running waters in western Turkey. ***Rev Hydrobiol***, 1(1): 1-16.

Kazancı, N., Öz, B., Dügel, M., Ertunç, Ö., Türkmen, G. 2009. First faunistic survey and canonical correspondance analysis of interstitial aquatic insect assemblages of running waters in Turkey. ***Rev Hydrobiol***, 2(1): 1-11.

Kazancı, N., Türkmen G., Ertunç, Ö., Ekingen, P., Kazancı, N., Gültutan, Y. 2010. Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki taban büyük omurgasızlarına dayalı yöntemlerin uygulanması ile Yeşilırmak Nehri'nin ekolojik kalitesinin belirlenmesi. ***Rev Hydrobiol***, 3(2): 89 110.

Kendrick, M.H., May, M.T., Plishka, M.J., Robinson, K.D. 1992. Metals in Biological Systems. Ellis Horwood Ltd., England, 34-82.

Kesavan, K., Murugan, A., Venkatesan, V., Vıjay Kumar, B.S. 2013. Heavy metal accumulatıon ın molluscs and sedıment from Uppanar Estuary, Southeast Coast of Indıa. ARPN Journal of Science and Technology, ***Thalassas***, 29 (2): 15-21.

Kılıç, E., Köseoğlu, F. 1996. Analitik Kimya Temelleri. 7 Baskı. 1. Cilt. Bilim Yayıncılık, 202.

Kılıç, S., Çavuşoğlu, K., Kılıç, M. 2009. The effects of lead (Pb) pollution caused by vehicles on the pollen germination and pollen tube growth of apricot (*Prunus armeniaca* cv. Sekerpare). ***BioDiCon***, 2 (3): 23-28.

Kır, İ., Tekin-Özan, S., Barlas, M. 2006. Heavy metal concentrations in organs of Rudd, *Scardinus erythrophthalmus L*., 1758 populating Lake Karataş–Turkey. ***Fresen Environ Bull***, 15(1): 25–29.

Klaassen, C.D. 2009ç (Çeviri: Kalkan, Ş., Soner, B.C.). Ağır Metaller ve Ağır Metal Antagonistleri (Konu:65), Brunton, L.L., Lazo, J.S., Parker, K.L. (Editors), (Çeviri Editörü: Süzer,Ö.), Tedavinin Farmakolijik Temeli. Nobel Tıp Kitapevleri, 1753.

Klerks, P. L., Weis, J. S. 1987. Genetic adaptation to heavy metals in aquatic organisms: a review. ***Environ Pollut***, 45(3): 173-205.

Kocataş, A. 2006. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:51, 9. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 585.

Krushevska, A., Barnes, M.R., Chita, A. 1993. Decomposition of biological samples for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry using an open focused microwave digestion system. Analyst September, Vol 118: 1175.

Küçüksezgin, A., Altay, O., Uluurhan, E., Kontaş, A. 2001. Trace metal and organochlorine residue levels in red mullet (*Mullus barbatus*) from the Eastern Aegean, Turkey. ***Water Res***, 35 (9): 2327-2332.

Lau, S., Mohamed, M., Tan Chi Yen, A., Su'ut, S. 1998. Accumulation of heavy metals in freshwater mollusks. ***Sci Total Environ***, 214: 113 - 121.

Lıcata, P., Trombetta, D., Crıstanı, M., Martino, D., Naccari, F. 2004. Organochlorine compounds and heayv metals in the soft tissue of the mussel *Mytilus gallaprovincialis* collected from Lake Faro (Scily, Italy). ***Environ Int***, 30: 805-810.

Lıu, J.H., Kueh, C.S.W. 2005. Biomonitoring of heavy metals and trace organics using the interdial mussel *Perna viridis'* in Hong Kong coastal waters. ***Mar Pollut Bull***, 51(8-12):857-75.

Li, X., Jia, L., Zhao, Y., Wang, Q., Cheng, Y. 2009. Seasonal bioconcentration of heavy metals in *Onchidium struma* (Gastropoda: Pulmonata) from Chongming Island, the Yangtze Estuary, China. ***J Environ Sci***, 21: 255- 262.

Liang, L.N., He, B., Jiang, G.B., Chen, D.Y., Yao, Z.W. 2004. Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea. ***Sci Total Environ***, 324: 105 - 113.

Lopes-Lima, M., Sousa, R., Geist, J., Aldridge, C.D., Araujo, R. ve ark. 2016. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. ***Biol Rev***, pp. 000–000.

Maanan, M. 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. ***Environ Pollut***, 153: 176-183.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.A. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. ***Arch Environ Contam Toxicol,*** 39: 20-31.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Nitrogen Fixation. Academic Press, London, 201-228.

McMahon, R. F., Bogan, A. E. 1991. Mollusca: Bivalvia, Ecology and Classification of North American Freshwater İnvertebrates (Ed. Thorp, J. H. ve Covich, A. P.). Academic Press, San Diego, 315-399.

MEGEP, 2008. Denizcilik: Yumuşakça ve Eklem Bacaklılar. MEB, Ankara, 87. Erişim tarihi: 10.11.2016.

Meglitsch, P. A. , Schram, F. R. 1991. Invertebrate Zoology. New York, Oxford University Press, 1-623.

Mendil, D., Ünal, F. O., Tüzen, F., Soylak, M. 2010. Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River Yeşilırmak in Tokat, Turkey. ***Food Chem Toxicol***, 48: 1383–1392.

Morel, F. M. M., Hering, J. G. 1993. Principles and Applications of Aquatic Chemistry. John Wiley and Sons Inc, 588.

Morton, J.E., Yonge, C.M. 1964. Classification and Structure of the Mollusca. Physiology of mollusca (Ed: Wilbur, K. M. ve Yonge, C. M.). Academic Press. Vol 1, 1-58.

Mutluay, H., Demirak, A. 1996. Su Kimyası. Beta Basım Yayım Dağıtım Aş, İstanbul, 83- 84.

Naimo, T.J. 1995. A review of the effects of heavy metals on freshwater mussels. ***Ecotoxicology***, 4:341-362.

Nesreen, K.İ., Mohamed, A. Abu El-Regal, 2014. Heavy metals accumulation in marine edible molluscs, Timsah Lake, Suez Canal, Egypt. ***ARPN J Sci Technol***, 4 (4) : 2225-7217.

Olabarrieta, I., L'Azou B., Yuric, S., Cambar, J., Cajaraville, M.P. 2001. In vitro effects of cadmium on two different animal cell models. ***Toxicology in Vitro***, 15: 511-517.

Öktener, A. 2004. Sinop ve Bafra'da bazı tatlısulardaki mollusca türleri üzerine bir ön araştırma. ***GU J Sci***, 17 (2):21-30.

Öner, O., Çelik, A. 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi. ***Ekoloji,*** 20 (78): 48-52.

Özdemir, H. İ. 1981. Genel Anorganik ve Teknik Kimya. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1073.

Özdemir, O. 2005. Görünmeyen tehlike: Asit yağmurları. ***Sağlık ve Toplum***, 1: 3-11.

Özdemir, Y., Köprücü, K., Seker, E., Gür, F., Çakmak, M. N. 1999. Tatlı su midyesi (*Unio elangatulus eucirrus* Bourguignat)'nin besin kalitesinin araştırılması. X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 22–24 Eylül, Adana.

Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A., Doğru, M. 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazıg, Turkey). ***Chemosphere***, 55: 401–408.

Phıllıps, D. J. H. 1980. Quantitative Aquatic Biological İndicators: Their use to monitor trace metal and organochlorine pollution. London: Applied Science Publishers, 488.

Puente, X., Villares, R., Carral, E., Carballeira, A. 1996. Nacreous shell of *Mytilus galloprovincialis* as a biomonitor of heavy metal pollution in Galiza (NW SPAIN). ***Sci Total Environ***, 183: 205-211.

Purina, I., Barda, I., Rimsa, E., Poikane, R., Jansons, M. 2013. Concentrations of metallothionein in the bivalve molluscs *Anodonta spp*. and *Unio spp*. from Latvian Lakes with different anthropogenic pressure. E3S Web of Conferences,1, 34005.

Rainbow, P. S. 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. ***Marine Pollution Bulletin***, 31(4): 183-192.

Ramelov, G., Tugrul, S., Özkan, M. A., Tuncel, G., Saydam, C., Balkas, T.I. 1978. The determination of trace metals in marine organisms by atomic absorption spectrometry. ***Int J Environ Anal Chem***, 5:125-132.

Rashed, M.N. 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. ***Environ Int***, 27, 27-33.

Rashed, M.N. 2002. Biomarkers as İndicator for Water Pollution with Heavy Metals in Rivers, Seas and Oceans. Egypt: South Valley University.

Rayms-Keller, A., Olsan, K.E., McGaw, M., Oray, C., Carlson, J.O., Beaty, B. J. 1998. Effect of heavy metals on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidea) larvae. ***Ecotoxicol Environ Saf***, 39: 41-47.

Robınson, C. H., Lawyer, M. R., Chenoweth, W. L., Garwıck, A. E. 1986. Normal and Therapeutic Nutrition. 7th Edition, Macmillan Publishing Company, New York , 228.

Romeo, M., Hoarau, P., Garello, G., Gnassia–Barellim, Grad, J.P. 2003. Mussel transplantation and biomarkes as useful tools for assessing water quality in the NW Mediterranean. ***Environ Pollut***, 122:369-378.

Ruppert, E.E., Barnes, R.D. 1994. Invertebrate Zoology. Saunders College Publishing and Harcourt Brace Jovanovich. Orlando, Florida, 1056.

Sağlamtimur, B., Cicik, B., Erdem, C. 2003. Effects of different concentrations of Cu alone and Cu+Cd mixture on the accumulation of Cu in the gill, liver, kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus*. (In Turkish). ***Turk J Vet Ani Sci***, 27: 813-820.

Salánki, J., Farkas, A., Kamardina, T., Rózsa, K.K. 2003. Molluscs in biological monitoring of water quality. ***Elsevier***, 140 -141 : 403-410.

Salman, S. 2006. Omurgasız Hayvan Biyolojisi. Palme yayıncılık. Ankara, 295.

Sandroni, V., Smith, C. M. 2002. Microwave digestion of sludge, soil and sediment samples for metal analysis by inductively coupled plasma–atomic emission spectrometry. ***Analytica Chimica Acta***, 468(2): 335-344.

Sarkar, B. 2002. Heavy Metals in the Enviroment. Marcel Dekker, Inc., New York, 599.

Sartor, J. D., Boyd, G. B., Agardy, F. J. 1974. Water pollution aspects of street surface contaminants. ***Journal (Water Pollution Control Federation)***, 46 (3): 458-467.

Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P. (Editors) 2005. Essentials of Medical Geology, Impacts of Natural Environment on Publice Health. ***Elsevier***, 30 (3): 832.

Shultz, C., Marbain, K. 1998. A list of host species for rare freshwater mussels in Virginia. Triannual Unionid Report No. 15 July. P. 147–152.

Skınner, C., Turoczy, N. J., Jones, P. L., Barnett, D., Hodges, R. 2004. Heavy metal concentrations in wild and cultured Blacklip Abalone (*Haliotis rubra* Leach) from southern Australian waters. ***Food Chem***, 85:351-356.

Sud, D., Mahajan, G., Kaur, M.P. 2008. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solution a review. ***Bioresource Technology***, 99 (14): 6017- 6027.

Sunlu, U. 2006. Trace metals levels in mussels (*Mytilus galloprovincialis* L. 1758) from Turkish Aegean Sea Coast. ***Environ Monit Assess***, 114 (1-3): 273 286.

Şahin, A.G., Sünbül, M. R., Küçükyılmaz, M. 2016. Karakaya Baraj Gölü'ndeki tatlısu midyesi (*Unio elongatulus eucirrus* Bourguignat 1860)' nin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. ***Fırat Üniv Fen Bil Derg***, 28(1):13-19.

Şeker, E., Özmen, H., Aksoy, Ş. 1998. Investigation of heavy metal accumulation in *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) caught in Elazig Hazar Lake, (in Turkish). ***Fırat Üniv Fen ve Mühendislik Bil Derg***, 10 (2): 13-20.

Şentürk, F. 1993. Çeşitli yörelerden avlanmış mollusklarda civa, kadmiyum, kurşun düzeylerinin saptanması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İstanbul, 38.

Taylan, Z. S., Özkoç, H. B. 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliliği. ***BAÜ FBE Derg.***, 9 (2): 17-33.

Tekin-Özan, S., Aktan, N. 2012. Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Işıklı Lake (Turkey). ***Pak J Zool,*** 44 (5): 1405-1416.

Tekin-Özan, S., Kır, İ. 2006. Concentrations of some heavy metals in organs of two fish species from the Beyşehir Lake, Turkey. ***Fresen Environ Bull***, 15(6): 530-534.

Tok, S. 2009. Doğal Zeolit (klinoptilolit) ile bakır adsorpsiyonu. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 36.

Topçuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç., Güngör, Ç. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish coast of the Black Sea. ***Environ Int***, 27, 521 526.

Tosyalı, C. 2005. *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) midyesinde pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 34.

Tuncer, S. 1985. İzmir ve Çandarlı (Aliağa Limanı) Körfezlerinde yaşayan bazı mollusk, alg ve ortamlarındaki ağır metal kirlenmesi ile ilgili araştırmalar. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 73.

Türkmen, A. 2003. İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1973) oluşan ağır metal birikimi üzerine araştırma. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 152.

Türkmen, M., Tepe,Y., Çalışkan, E., Ciminli, C. 2005. Amik Ovası Havzası, Gölbaşı Gölü'nden iki farklı midye türünde (*Unio terminalis* ve *Potamida littoralis*) ağır metal birikimi. ***Turk J Aquat Life***, 3 (4): 16-18.

Uysal, H. 1970. Türkiye sahillerinde bulunan midyeler "*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck" üzerinde biyolojik ve ekolojik araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İlmi Raporlar Serisi, 79.

Uzun, S. 1993. Su ürünlerinin başlıca ağır metallerle kirlenme durumu ve konunun halk sağlığı yönünden incelenmesi. Ankara Üniv. Sağlık Bilim Enst. Yüksek Lisans Semineri Notlar.

Uzunören, N. 1987. Ağır metallerle kirlenmiş sulardan toplanan midyeler ve benzeri deniz ürünlerinde ağır metallerden arsenik ve türevleri ile kirlenme düzeylerinin saptanması. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 101.

Ünlü, E., Gümgüm, B. 1993. Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. ***Chemosphere***, 26(11): 2055-2061.

Varol , M., Şen, B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. ***Elsevier***, 92 : 1–10.

Varol, M., Gökot, B., Bekleyen, A. 2010. Assessment of water pollution in the Tigris River in Diyarbakır, Turkey. ***Water Practice and Technology***, 5 (1).

Velcheva, I. G. 2006. Zinc content in the organs and tissues of freshwater fish from the Kardjali and Studen Kladenets Dam Lakes in Bulgaria. ***Turk J Zool***, 30 (1): 1-7.

Vercauteren, K., Blust, R. 1999. Uptake of cadmium and zinc by the mussel *Mytilus edulis* and inhibition by calcium channel and metabolic blockers. ***Mar Biol***, 135: 615-626.

Viarengo, A., Burlando, B., Dondero, F., Marro, A., Fabbri, R. 1999. Metallothionein as a tool in biomonitoring programmes. ***Biomarkers***, 4 (6):455-466.

Vural, N. 2005. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi,Yayın No: 73, Ankara, 659.

Wagner, A., Boman, J. 2004. Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. ***Spectrochimica Acta Port, B***, 59: 1125-1132.

WHO, 1996. Trace Elements In Human Nutrition and Health. World Health Organization Geneva, 361.

Wıddows, J. 1985. Physiological responses to pollution. ***Mar Poll Bull***, 16 (4): 129-134.

Wiesner, L., Günther, B., Fenske, C. 2001. Temporal and spatial variability in the heavy-metal content of *Dreissena polymorpha* (Pallas) (Mollusca: Bivalvia) from the Kleines Haff (Northeastern Germany). ***Hydrobiologia***, 443: 137-145.

Wikipedia, 2016. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/Dicle. Erişim tarihi: 06.12. 2016.

Yalçın, M. 2006. Tatlısu midyesi (*Unio pictorum* Linnaeus, 1758)'nin büyüme kondisyon ve biyokimyasal parametreleri üzerine çevresel faktörlerin etkisi. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 70.

Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G. 2004. Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentration in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. ***Food Chem***, 84: 569-575.

Yaroslavtseva, L.M., Sergeeva, E.P. 2005. Effect of copper ıons on early developmental stages of the mussel *Mytilus trossulus* (Bivalvia). ***Russian J Mar Biol***, 31 (4): 225-231.

Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ. 2000. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus krynicki*) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. ***Turk J Vet Ani Sci***, 24: 93-96.

Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükcü, M. 2004. Antalya Körfezi'nde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. ***Turk J Vet Ani Sci***, 28: 95-100.

Yılmaz, A. B. 2005. Comparison of heavy metal levels of grey mullet (*Mugil cephalus L.*) and sea bream (*Sparus aurata L.*) caught in İskenderun Bay (Turkey). ***Turk J Vet Ani Sci***, 29: 257–262.

Yılmaz, F. 2006. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment, aquatic plants and tissues of *Cyprinus carpio* from Kızılırmak, Turkey. ***Fresen Environ Bull***, 15(5): 360–369.

Yılmaz, Ö. 2011. Dipsiz-Çine Çayı (Muğla, Aydın)' ndan alınan su, sediment ve *Unio crassus* (Bivalvıa: Unionidae) örneklerinde ağır metal miktarlarının araştırılması. Yüksek lisans tezi, Mugla Üniversitesi, Muğla, 129.

Yu, B., Zhang, Y., Shukla, A., Shukla, S.S., Dorris, K. L. 2001. The removal of heavy metals from aqueous solutions by sawdust adsorption removal of lead and comparison of its adsorption with copper. ***Elsevier, Journal of Hazardous Materials B***, 84: 83–94.

Yusof, A. M., Yanta, N. F., Wood, A. K. H. 2004. The use of bivalves as bio- indicators in the assessment of marine pollution along a coastal area. ***Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry***, 259(1): 119-127.

Yücel, E., Edirnelioğlu, E., Soydam, S., Çelik, S., Çolak, G. 2010. *Myriophyllum spicatum* (Spiked water-milfoil) as a biomonitor of heavy metal pollution in Porsuk Stream/Turkey. ***BioDiCon***, 3 (2): 133-144.

Yüzereroğlu, T.A., Gök, G., Fira, O., Aslanyavrusu, S., Maruldali, O., Kargin, F. 2010. Heavy metals in *Patella caerulea* (Mollusca, Gastropoda) in polluted and nonpolluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey). ***Environ Monit Assess***, 167: 257-264.

Zyadah, M. A. 1999. Accumulation of some heavy metals in *Tilapia zillii* organs from Lake Manzalah, Egypt. ***Turk J Zool***, 23: 365–372.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı: Çiğdem KAYMAK ABAY

Doğum Yeri: Diyarbakır

Doğum Tarihi: 02.11.1987

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Süleyman Demirel Lisesi, 2001-2004

Lisans : Dicle Üniversitesi, 2004-2008

Yüksek Lisans : Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 2009-2011

Doktora: Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı- 2017

Yayınları (SCI ve diğer):

Kaymak, Ç. ,Çetinkaya, F., Şeşen, R., Taman, S., Kan, Y. 2010: Tatlısu salyangozları *Bulinus truncatus* (Audıouın, 1827) ile *Physa acuta* (Draparnaud, 1805) (Gastropoda: Pulmonata)'ın Şanlıurfa- Akçakale ilçesindeki yeni lokaliteleri, 20. Ulusal Biyoloji Kong. Serbest Bildiriler, 625-626 , Denizli.

Kaymak, Ç. 2014. Dicle Nehri'nde ilk defa saptanan *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) türünün dağılışı üzerine bir çalışma. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, Eskişehir.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Çiğdem KAYMAK ABAY
ÖĞRENCİ NO	12801502
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2016-2017
YARIYIL	[X] Güz [ ] Bahar
ANABİLİM DALI	Biyoloji
PROGRAM	[ ] Yüksek Lisans [X] Doktora [ ] Tezsiz Yüksek Lisans (Dönem Projesi)
TEZ KONUSU	Dicle Nehri'nin Belirli Lokalitelerinde Su, Sediment ve Bazı Bivalvia Türlerinde Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	[ ] Tez Savunma Sınavı Öncesi [X] Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	76
BENZERLİK ORANI	%11
RAPORLAMA TARİHİ	28/01/ 2017

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 76 sayfalık kısmına ilişkin, 28/01/2017 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- [X] Kabul/Onay sayfaları hariç,
- [X] Kaynakça hariç
- [X] Alıntılar hariç
- [ ] Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

(İmza)
Çiğdem KAYMAK ABAY

(İmza) 3 …./..2…./2017 Prof. Dr. Rıdvan ŞEŞEN **Tez Danışmanı**	(İmza) 03…./..02./2017 Prof. Dr. A. Selçuk ERTEKİN **Anabilim Dalı Başkanı**