

Dicle Nehri'nden Toplanan *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması

Çiğdem KAYMAK ABAY¹

ÖZET

Bu çalışmada, Dicle Nehri'nden 2013-2014 yılları arasında toplanan *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* türlerinin iç organ kitlesinde Cu, Ni, Co, Zn, Cd ve Pb'nun birikim düzeyinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla belirlenen üç istasyondan alınan 90 adet midye örneğinde ağır metal analizi ICP-OES ile yapılmıştır. *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonları 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. istasyonda olduğu görülmüştür. Zn metalinin en yüksek değeri ise II. istasyonda 107.86 ppm olarak ölçülmüştür. *Anodonta anatina* türünde I. ve II. istasyonda konsantrasyonlar Zn > Cu > Ni > Pb > Co, III. istasyonda ise Zn > Ni > Cu > Pb > Co olarak ölçülmüştür. Cu (23.75 ppm), Ni (16.06 ppm), Co (3.05 ppm), Pb (3.84 ppm) metallerinin en yüksek değerleri I. istasyonda, Zn (117.68 ppm) metalinin ise en yüksek değeri III. istasyonda ölçülmüştür. İstatistik hesabı ANOVA-Tukey testi ile yapılmış ve ağır metal konsantrasyonları *Unio mancus* türünde Cu (F=74.238; P=0.000), Ni (F=39.584; P=0.000), Co (F=13.738; P=0.000); *Anodonta anatina* türünde ise 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 (p<0.05). Çalışmamızda elde edilen ağır metal düzeyleri ülkemizde çift kabuklu yumuşakçalarda Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne (2011) göre kabul edilir değerlerin üzerinde, EPA ve FAO'ya göre belirlenen sınır değerlerin ise altında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, *Anodonta anatina*, Dicle Nehri, *Unio mancus*

Investigation of Heavy Metal Accumulation in *Unio mancus* and *Anodonta anatina* Species Obtained from the Tigris River

ABSTRACT

In this study, it was aimed that to determine the accumulation levels of Cu, Ni, Co, Zn, Cd and Pb in the *Unio mancus* and *Anodonta anatina* species visceral mass which collected from Tigris River between 2013-2014. For this reason, heavy metal analysis of 90 mussels samples which taken from three stations were carry out by ICP-OES. Heavy metal concentrations were measured in the *Unio mancus* species Zn (94.2 ppm) > Cu (31.66 ppm) > Ni (14.10 ppm) > Pb (5.72 ppm) > Co (2.51 ppm) maximum value (except Zn) was found in the first station. The highest value of Zn was measured in II. station as 107.86 ppm. In *Anodonta anatina* species the concentration of Zn > Cu > Ni > Pb > Co at I. and II. station; and Zn > Ni > Cu > Pb > Co at III. station were measured. The highest values of Cu (23.75 ppm), Ni (16.06 ppm), Co (3.05 ppm) and Pb (3.84 ppm) were measured in the I. station ; the highest values of Zn (117.68 ppm) was measured in the III. station. Statistical calculations made with ANOVA-Tukey test and heavy metal concentrations were found significant of Cu (F=74.238; P=0.000), Ni (F=39.584; P=0.000), Co (F=13.738; P=0.000) in *Unio mancus* species; in *Anodonta anatina* species, 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) and Pb (F=16.347; P=0.000) (p <0.05). The heavy metal levels obtained from the present study, are higher than the accepted values according to Turkish Food Codex Contaminants Regulation (2011) and below the limit values determined according to EPA and FAO in bivalve.

Keywords: Heavy metal, *Anodonta anatina*, Tigris River, *Unio mancus*

¹ Çiğdem KAYMAK ABAY (0000-0002-4827-8488), Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Diyarbakır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Çiğdem KAYMAK ABAY, kaymakcigdem@gmail.com

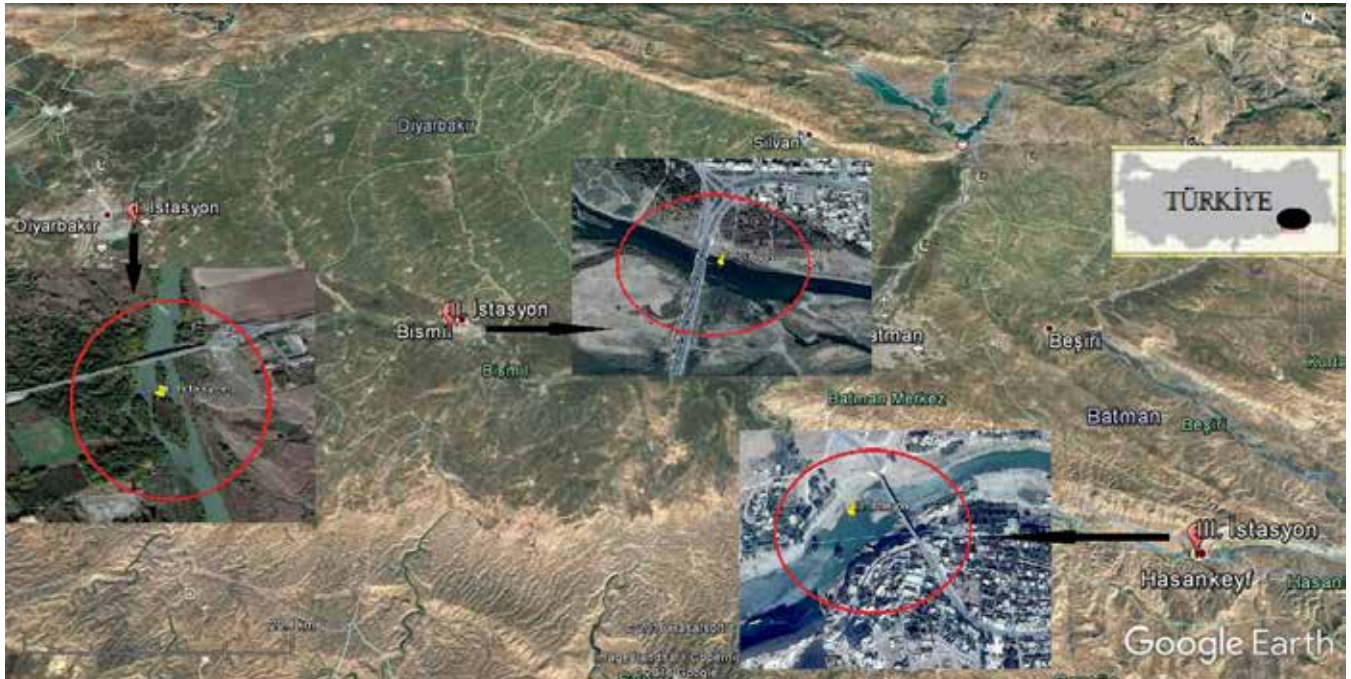
GİRİŞ

Kentsel yaşamın başlaması ile ortaya çıkan ve endüstrinin gelişmesiyle artmaya başlayan çevre kirliliği etkisini en çok sucul sistemlerde göstermektedir (Sartor et al, 1974; Kaya ve ark., 1998). Ülkemizde giderek artan problemlerin başında da ağır metal iyonlarından kaynaklanan su kirliliği gelmektedir (Karadede and Ünlü, 2000; Çavuşoğlu ve ark., 2007). Sucul ortamların kirlenmesiyle bu ortamda yaşayan canlı organizmalarda ağır metal birikebilmektedir. Bu metallerin canlılar üzerinde meydana getirdiği değişimlere yönelik çalışmalar artış göstermektedir (Sağlamtimur et al., 2003; Farkas et al., 2003; Canlı and Atlı, 2003; Canpolat and Çalta, 2003; Karadede et al., 2004; Guevara et al., 2004; Kalay et al., 2004; Argese et al., 2005; Yılmaz, 2006; Demirak et al., 2006; Kır et al., 2006; Tekin-Özan and Kır, 2006; Velcheva, 2006). Dolayısıyla sucul ortamlarda yaşayan canlılar metal kirliliğini göstermesi açısından indikatör türler olarak değerlendirilmektedir. 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 (Uzunören, 1987; Uzun, 1993; Şentürk, 1993; Naimo, 1995; Öktener, 2004; Taylan ve Özkoç, 2007; Grabarkiewicz and Davis, 2008; Hongyi et al., 2009; Mendil et al., 2010). Çalışmamızda, doğal ve antropojenik çevresel faktörlerin etkisi altında kalan Dicle Nehri'nin belirlenen üç istasyonundan belli aralıklarla alınan *Unio mancus* (Lamarck, 1819), *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) türlerinde Cu, Ni, Co, Zn, Cd ve Pb gibi ağır metallerin birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Lokaliteler arasında elde ettiğimiz değerler istatistiksel olarak karşılaştırılıp hangi bölgenin daha fazla kirlenmeye maruz kaldığı belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Eylül 2013'te başlamış olan arazi çalışmaları 2014 Eylül ayına kadar düzenli aralıklarla sürdürülmüştür. Çalışma Dicle Nehri üzerinde belirlenen üç istasyon üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu istasyonlar belirlenirken nehrin çevresinde yerleşim yeri ve tarım alanlarının olduğu yerler dikkate alınarak örnekler alınmıştır. Çalışma alanının haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Dicle Nehri üzerinde örnekleme yapılan istasyonlar

İstasyonlardan alınan 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. Birçok çalışmada *Unio mancus* (Lamarck, 1819) türü *Unio elongatulus* (Pfeiffer, 1825) olarak, *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) türü de *Anodonta*

piscinalis (Nilsson, 1823) olarak kabul edilmektedir. Bu türlerin bilimsel adı üzerindeki tartışmalar sürmektedir (Lopes-Lima et al., 2016). Çalışmamızda bu türleri *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* olarak ele aldık. Öncelikle *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* örneklerine ait uzunluk ölçümleri bir kumpas yardımı ile alınmıştır. Total ağırlıkları ise 0.001 g hassasiyetli dijital elektronik terazi ile ölçülmüştür. Her istasyondan yaş ve ağırlıkları birbirine yakın olan 15'er adet midye örneği analize hazırlanmıştır. 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. Analiz işlemine başlamadan önce midye türlerinin asit eşliğinde parçalanmasını sağlamak amacıyla Berghof marka Speedwave MWS-3+ Mikrodalga çözünürleştirme cihazı kullanılmıştır. Numunelerde bulunan metal konsantrasyonlarını ölçmek amacıyla da Perkin Elmer Optima 2100 DV markalı ICP-OES cihazı kullanılmıştır.

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 HNO₃ ve 1 ml H₂O₂ 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. 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 çözeltilerden seyreltmeler yoluyla hazırlanmıştır. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden mg kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Midye türlerinde yaptığımız çözünürleştirme ve analiz sonuçlarının doğruluğundan emin olabilmek için standart referans materyal olarak NRC-CNRC DOLT-3 kullanılmış ve sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. En yüksek uyumluluk % 109 ile Zn'de, en düşük uyumluluk ise % 83 ile Cd metalinde ölçülmüştür.

Çizelge 1. NRC-CNRC DOLT-3 standart referans materyal ile ölçülen değerler

Metaller	Referans Değerler (mg kg ⁻¹)	Ölçülen Değerler (mg kg ⁻¹)	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

Çalışılan istasyonlardan alınan *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum-maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 2'de, bölgeler arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri ise Şekil 2'de verilmiştir. *Unio mancus* türünde istasyonlar arasında ağır metal birikim oranları değerlendirildiğinde Cu,

Co ve Pb metalleri I> II> III; Ni metali I> III> II; Zn metali ise II> III> I olarak ölçülmüştür. Cu, Ni ve Co metallerinde istasyonlar arasında Cu (F=74.238; P=0.000), Ni (F=39.584; P=0.000), Co (F=13.738; P=0.000) şeklinde anlamlı bir farklılık olduğu (p<0.05); Zn ve Pb metalinde anlamlı bir şekilde farklılık olmadığı görülmüştür (p>0.05).

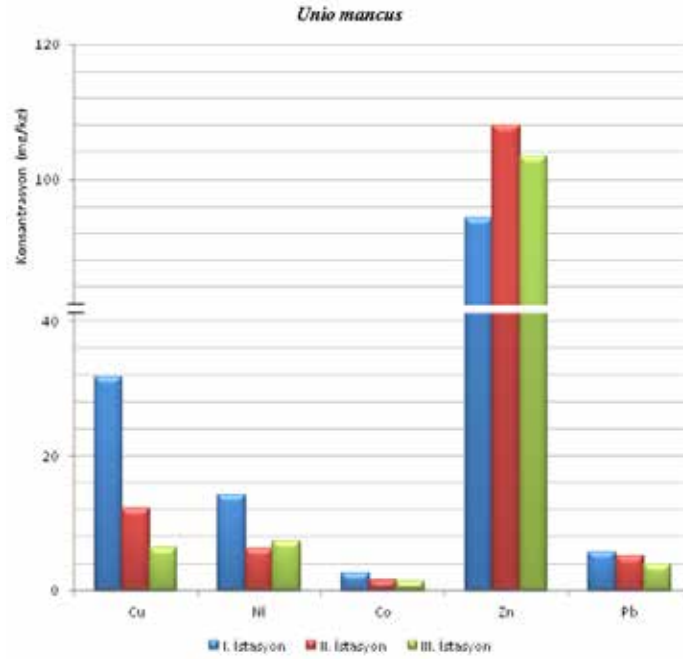
Çizelge 2. *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi (Ortalama değer±Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)

	N	İstasyonlar	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
<i>Unio mancus</i>	15	I. İstasyon (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. İstasyon (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. İstasyon (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 aynı sütundaki farklı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). a, b, c harfleri istasyonlar arasındaki farklılığı gösterir

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür



Şekil 2. *Unio mancus* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişim grafiği

Karadede (2002) Dicle Nehri'nde *Unio elongatulus* türü üzerinde yapmış olduğu çalışmada konsantrasyonları Cu: 4.43, Zn: 9.24, Ni: 0.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ şeklinde bulmuştur. Yarsan ve ark. (2000) Van Gölü'nden toplanan *Unio stevenianus* Krynicki örneklerinde ağır metal düzeylerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada analiz edilen bütün midyelerde 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 belirlemiştir. 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 ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının değişimi (ortalama değer, standart sapma, minimum-maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Çizelge 3'te, istasyonlar arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının değişim grafikleri ise Şekil 3'te verilmiştir. *Anodonta*

anatina türünde istasyonlar arasında ağır metal birikimi değerlendirildiğinde Cu ve Ni konsantrasyonu I> II> III; Co konsantrasyonu I> III> II; Zn konsantrasyonu III> II> I; Pb konsantrasyonu ise II> I> III olarak ölçülmüştür. Cu, Ni, Co, Zn ve Pb konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli bir farka sahip olduğu görülmüştür ($p<0.05$). 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.

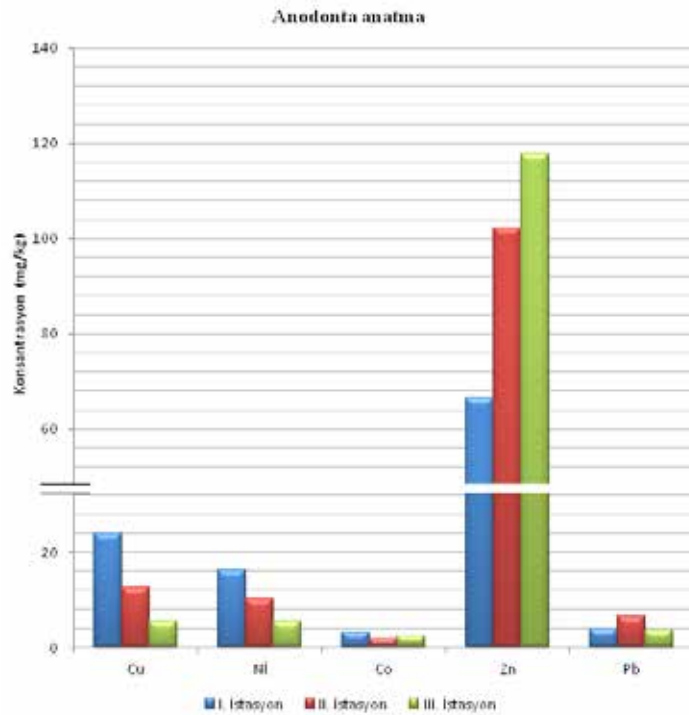
Çizelge 3. *Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi (Ortalama değer±Standart sapma, Minimum-Maksimum değerleri ile istatistiksel farklılıkları)

N=15	İstasyonlar	Cu	Ni	Co	Zn	Cd	Pb
<i>Anodonta anatina</i>	I. İstasyon (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. İstasyon (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. İstasyon (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 istasyonlar arasında aynı sütundaki farklı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$). a, b, c harfleri istasyonlar arasındaki farklılığı gösterir

ALA: Ölçümler ICP-OES'in analiz limitinin altındadır. Cd için bu değer 0.012 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür



Şekil 3. *Anodonta anatina* türünde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişim grafiği

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, Venezuela'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⁻¹ yaş ağırlık olarak sınırlandırılmıştır. Ni ve Co için yönetmelikte herhangi 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 2005a); FAO'ya göre yumuşakçalarda kuru ağırlık konsantrasyon değerleri Cd: 10, Cu: 50-150,

Pb: 5-30, Zn: 200-500 ppm olarak bildirilmiştir (Wagner and Boman, 2004).

SONUÇ

Dicle Nehri birçok kirletici unsurun etkisinde bulunmaktadır. Bunlar arasında nehre kıyısı olan yerleşim birimlerinin 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, 2005b). Ayrıca belirlenen istasyonlarda tarım alanları ve ticari işletmelerin nehir sistemine yakın olmasının da kirliliğe neden olduğu düşünülmektedir. Dicle Nehri'nin üç istasyonundan toplanan *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* türlerinde en fazla biriken metali Zn en az biriken metali ise Co olduğu görülmüştür. Zn metalindeki yüksek değerlerin sıcaklığa bağlı olarak metabolik aktivitelerdeki değişikliklerden kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Cd metalinde ise sonuçlar ICP-OES cihazının ölçüm sınırlarının altında kaldığı için tespit edilememiştir. I. istasyonda Cu, Pb ve Zn en fazla *Unio mancus*'ta, Ni ve Co en fazla *Anodonta anatina*'da; II. istasyonda Cu, Ni, Co ve Pb metali en fazla *Anodonta anatina*'da, Zn metali ise en fazla *Unio mancus*'ta; III. istasyonda Cu, Ni ve Pb metallerinde en fazla birikimin *Unio mancus*'ta; Co ve Zn ise *Anodonta anatina* türünde ölçülmüştür. Çalışma bölgelerinde metallerin birikim oranlarının türler arasında farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Çalışmamızda elde edilen ağır metal düzeyleri yönetmeliğe göre kabul edilir değerlerin üzerinde, EPA ve FAO'ya göre belirlenen sınır değerlerin ise altında olduğu görülmektedir. Ortamda hiçbir şekilde yok olmayan bu ağır metaller, çeşitli yollarla insanlara da ulaşabilmekte ve insan sağlığını tehdit edecek tehlikeli boyutlara varabilmektedir (Şeker et al., 1998). Tatlısu sisteminin geleceği için önemli olan bu tarz çalışmalar düzenli olarak yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma doktora tezinden üretilmiştir. 12-FF-85 No'lu Proje ile çalışmayı maddi olarak destekleyen Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2005a. EPA Region III RBC Table. [http://www.epa.gov/reg3hwm/risk/human/rbc/rbc0405]. (Erişim tarihi: 1 Ağustos, 2016).
- Anonim, 2005b. Diyarbakır 2004 İl Çevre Durum Raporu. Diyarbakır Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü (Erişim tarihi: 27 Eylül, 2016).
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Yetki Kanunu, 2011. 5996 sayılı Resmi Gazete 29.12.2011-28157. (Erişim tarihi: 2 Eylül, 2016).
- Argese EC, Bettiol C, Rigo S, Bertini S, Colombari P, Ghetti F, 2005. Distribution of arsenic compound in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice Lagoon, Italy. *Science of Total Environment*, 15: 267-277.
- Baltacı BB, 2011. Çıldır Gölü'nün suyunda, dip sedimentinde ve buradan çıkarılan midyelerde (*Anodonta cynea* Linnaeus, 1758) bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin araştırılması. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 46s.
- 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. *Environmental Politics*, 12(1): 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 Environmental Bulletin*, 12 (9): 961-966.
- Çavuşoğlu K, Gündoğan Y, Arıca Ş, Kırındı T, 2007. *Mytilus sp* (midye), *Gammarus sp* (nehir turnağı) ve *Cladophora sp* (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak Nehri'ndeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (1): 52-60.
- Demirak A, Yılmaz F, Tuna AL, 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. *Polish Journal Environmental Studies*, 10 (5): 383-388.
- 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.
- Grabarkiewicz JD, Davis WS, 2008. An Introduction to Freshwater Mussels as Biological Indicators. US Environmental Protection Agency, 108 .
- Guevara SR, 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. *Biological Trace Element Research*, 102: 245-263.
- Gundacker C, 2000. Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater molluscs of urban river habitats in Vienna. *Environmental Pollution*, 110: 61-71.
- Hongyi N, Wenjing D, Qunhe W, Xingeng C, 2009. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. *Journal of Environmental Sciences*, 21: 1053-1058.
- Kalay M, Koyuncu CE, Dönmez AE, 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.
- 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 organizmalardaki ağır metal birikiminin araştırılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 145s.
- Karadede H, Oymak SA, Ünlü E, 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30: 183-188.
- Kaya S, Pirinççi I, Bilgili A, 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36, Ankara, 112s.
- Kır İ, Tekin-Özan S, Barlas M, 2006. Heavy metal concentrations in organs of Rudd, *Scardinius erythrophthalmus* L., 1758 populating Lake Karataş-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15 (1): 25-29.
- Lopes-Lima M, Sousa R, Geist J, Aldridge CD, Araujo R et al., 2016. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. *Biological Reviews*, 92 (1): 572-607.
- Mendil D, Ünal FO, Tüzen F, Soylak M, 2010. Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River Yeşilirmak in Tokat, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 1383-1392.
- Naimo TJ, 1995. A review of the effects of heavy metals on freshwater mussels. *Ecotoxicology*, 4: 341-362.
- Öktener A, 2004. Sinop ve Baflra'da bazı tatlısulardaki mollusca türleri üzerine bir ön araştırma. *Gazi University Journal of Science*, 17 (2): 21-30.
- 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). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27: 813-820.
- Salánki J, Farkas A, Kamardina T, Rózsa KK, 2003. Molluscs in biological monitoring of water quality. *Elsevier*, 140 -141 : 403-410.
- Sartor JD, Boyd GB, Agardy FJ, 1974. Water pollution aspects of street surface contaminants. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 46 (3): 458-467.
- Şahin AG, Sünbül MR, Küçükyılmaz M, 2016. Karakaya Baraj Gölü'ndeki tatlısu midyesi (*Unio elongatulus eucirrus* Bourguignat 1860)'nin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 28(1): 13-19.
- Şeker E, Özmen H, Aksoy Ş, 1998. Investigation of heavy metal accumulation in *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) caught in Elazığ Hazar Lake, (in Turkish). *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (2): 13-20.
- Şentürk F, 1993. Çeşitli yörelerden avlanmış mollusklarda civa, kadmiyum, kurşun düzeylerinin saptanması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 38s.
- Taylan ZS, Özkoç HB, 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2): 17-33.

- Tekin-Özan S, Kır İ, 2006. Concentrations of some heavy metals in organs of two fish species from the Beyşehir Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(6): 530-534.
- Uzun S, 1993. Su ürünlerinin başlıca ağır metallere kirlenme durumu ve konunun halk sağlığı yönünden incelenmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilim Enstitüsü. Yüksek Lisans Semineri Notlar.
- Uzunören N, 1987. Ağır metallere kirlenmiş sulardan toplanan midyeler ve benzeri deniz ürünlerinde ağır metallere arsenik ve türevleri ile kirlenme düzeylerinin saptanması. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 101s.
- Velcheva IG, 2006. Zinc content in the organs and tissues of freshwater fish from the Kardjali and Studen Kladenets Dam Lakes in Bulgaria. *Turkish Journal of Zoology*, 30 (1): 1-7.
- Wagner A, Boman J, 2004. Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. *Spectrochimica Acta Part B*, 59: 1125-1132.
- Yarsan E, Bilgili A, Türel İ, 2000. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus krynicki*) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24: 93-96.
- Yılmaz F, 2006. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment, aquatic plants and tissues of *Cyprinus carpio* from Kızılırmak, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(5): 360-369.
- Yılmaz Ö, 2011. Dipsiz-Çine Çayı (Muğla, Aydın)'ndan alınan su, sediment ve *Unio crassus* (Bivalvia: Unionidae) örneklerinde ağır metal miktarlarının araştırılması. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 129s.