



TURKISH

JOURNAL OF AQUATIC SCIENCES

RESEARCH ARTICLE/ARAŞTIRMA MAKALESİ

ISSN: 2149-9659

E-ISSN: 2528-9462



ALTINYAZI BARAJ GÖLÜ'NDE (EDİRNE-TÜRKİYE) YAŞAYAN BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN İNCELENMESİ

Emrullah Çetin¹, Hüseyin Güher¹, Çiğdem Gürsoy Gaygusuz^{2,3}

¹Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Edirne

²Trakya Üniversitesi Keşan Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Bölümü, Keşan/Edirne

³Trakya Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma Uygulama Merkezi, Keşan/Edirne

ARTICLE INFO

Received: 25/12/2016

Accepted: 09/05/2016

Published online: 18/05/2016

Çetin et al., 31(1): 1-14 (2016)

doi: 10.18864/TJAS201601

Corresponding author: Çiğdem Gürsoy Gaygusuz, Trakya Üniversitesi Keşan Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Bölümü, Keşan/Edirne
Trakya Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma Uygulama Merkezi, Keşan/Edirne

E-mail: cigdemgaygusuz@trakya.edu.tr

Anahtar Kelimeler:

Ağır Metal
Altinyazı Baraj Gölü
Cyprinidae
Percidae
Su
Sediment

Keywords:

Heavy metal
Altinyazı Dam Lake
Cyprinidae
Percidae
Water
Sediment

Öz

Bu çalışmada, Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne) yaşayan *Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca* türlerinin farklı dokularında (solungaç, kas, karaciğer, böbrek), baraj gölü suyu ve sedimentindeki ağır metal birikimleri araştırılmıştır. Ağır metal (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb) analizleri PERKIN ELMER AAnalyst 800 marka Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile yapılmıştır. Baraj gölü suyunda yalnızca Fe bulunmuş, diğer ağır metaller tayin sınırının altında olduklarından tespit edilememiştir. Sedimentte tüm metaller tespit edilmiş olup konsantrasyonları Fe> Mn> Cr> Pb> Zn> Cu> Cd şeklindedir. Sedimentte biriken ağır metallerin arasında (Fe hariç, p<0.05) önemli bir farkın olmadığı görülmüştür (p>0.05). Su ve sedimentte ölçülen değerler kabul edilebilir limit değerlerin altında bulunmuştur. Balık dokularında ölçülen Cr, Zn, Cu, Fe, Mn değerleri kabul edilebilir limitlerde, Cd ve Pb değerleri kabul edilebilir limit değerlerin üzerinde bulunmuştur. Cr, Zn, Fe ve Pb metallerinin *C. carpio* türünde birikimi diğer türlerden farklı bulunmuştur (p<0.05). Bazı metallerin biota sediment akümülyasyon faktörleri (BSAF) bazı dokularda 1 den düşük çıkmıştır. Cd'nin biota sediment akümülyasyon faktörü tüm balıklarda, Pb ve Zn ise *C. carpio*'da 1 den büyük çıkmıştır.

Abstract:

The Investigation of Heavy Metal Accumulation of Some Fishes in Altinyazı Dam Lake (Edirne-Turkey)

In this study, heavy metal accumulations of the Altinyazı Dam Lake (Edirne/Turkey) water, sediments and the various tissues (gill, muscle, liver, kidneys) of some fish species (*Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*) were investigated. Heavy metal analyses (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb) were performed with PERKIN ELMER AAnalyst 800 Atomic Absorption Spectrophotometer. Only Fe was determined in water, the other metals were below detection limit. All heavy metals were determined in sediment with concentrations Fe> Mn> Cr> Pb> Zn> Cu> Cd. No significant difference in metal concentration in sediment was determined (p>0.05) except Fe (p<0.05). The levels of metals in water and sediment were under the acceptable levels. The levels of Cr, Zn, Cu, Fe, Mn in fish tissues were determined under acceptable limits. However, the levels of Cd and Pb in fish tissues were determined over acceptable limits. Accumulation levels of Cr, Zn, Fe and Pb in *C. carpio* were found to be different than the other species (p<0.05). Biota-sediment accumulation factors of (BSAF) of some elements were below 1 in some tissues. BSAF of Cd were markedly above 1 in all species, though Pb and Zn were above 1 in *C. carpio*.

GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, düzensiz kentleşme, teknoloji ve sanayinin ilerlemesi giderek daha büyük boyutlara ulaşan çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir (Sağlam ve Cihangir, 1995; Kırıcı vd., 2013). Su kirliliği de günümüzün önemli çevre sorunlarından birisidir. Bazı organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol ve türevleri, deterjanlar, zirai mücadele ilaçları, kimyasal gübreler gibi kirletici maddelerin arıtılmadan sucul ortamlara verilmesi, akuatik denge bozulmasına neden olur. (Akgün vd., 2007; Uysal vd., 2009; Kır ve Tumantozlu, 2012).

Su kirliliğini oluşturan tehlikeli unsurlardan biri de ağır metallerdir. Ağır metaller sucul ekosistemlerde eser miktarda bulunurken atmosferik faaliyetler, jeolojik yapıların erozyonu veya insan kaynaklı faaliyetler (antropojenik etki) sonucu konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Su, besin ve sedimentte biriken ağır metaller besin zinciri aracılığıyla bitkilerde, hayvanlarda ve insanlarda artan konsantrasyonlarda birikerek çevre ve insan sağlığını tehdit ederler (Chinnajara vd., 2011; Rajkowska ve Protasowicki, 2013; El-Moselhy vd., 2014). Bu nedenle, sucul ortamlarda ağır metal yükleri ve bunların risk potansiyellerinin araştırılması gerekir. Biyoakümülyasyon faktörü, bir organizmada artan kimyasal birikimi bulunduğu ortamdaki (su, sediment ve gıda) kimyasal birikimle kıyaslayan bir işlemdir ve ağır metal yoğunlaşmasının gerçekleşip gerçekleşmediğini gösterir. Bu faktör 1'den büyükse ağır metal biyomagnifikasyonu vardır. (Mackay ve Fraser, 2000; Jayaprakash vd., 2015).

Son yıllarda ağır metaller ve bunların akuatik ekosistemlere etkileri üzerine ülkemizde ve dünyada birçok araştırma yapılmıştır. Özellikle de bu araştırmalar yüksek besin değeri, kolay hazmedilmesi ve yüksek değerde protein ihtiva etmesi nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yeri olan balıklar üzerinedir. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan ağır metaller her organ ve dokuda farklı düzeyde birikirler (Kayhan vd., 2009). Bu metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı, yaş, eşey, büyüklük, üreme periyodu ve yaşam ortamı ile ilgili olduğu gibi balığın dokuları ve organları arasında da farklılık gösterebilir (Canlı ve Atlı, 2003; Kır ve Tumantozlu, 2012). Balıklarda en fazla rastlanan ağır metallerin başında Cd, Cu,

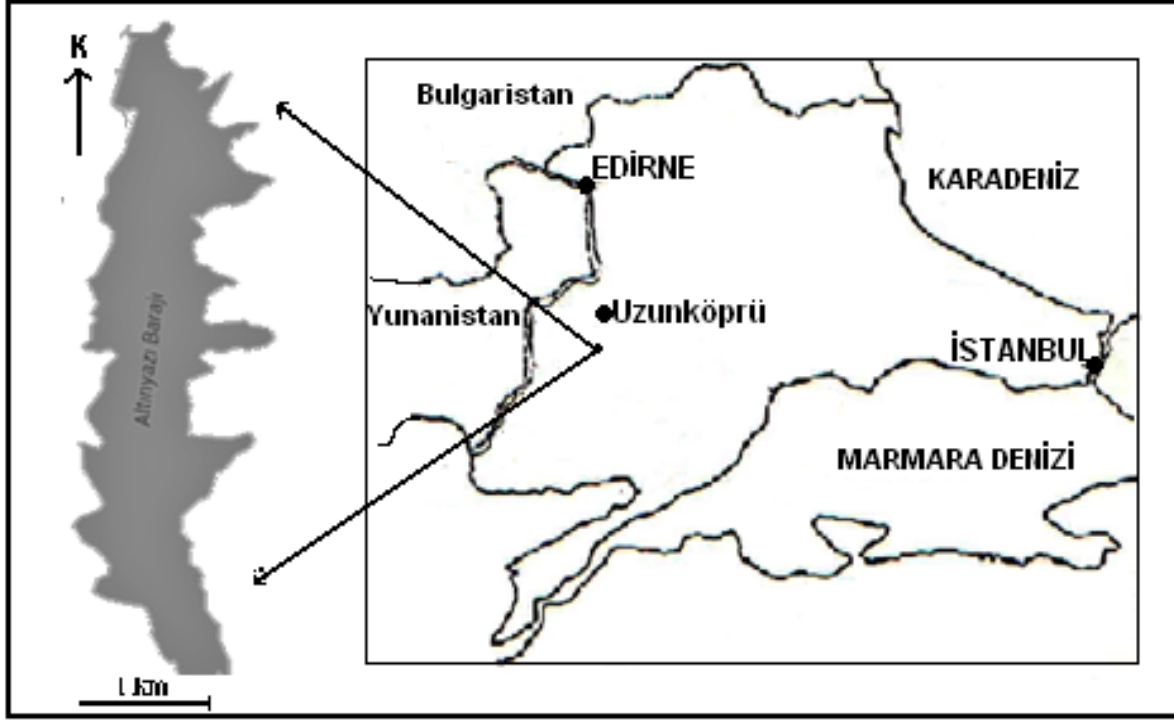
Cr, Zn, Pb, Mn ve Fe gelmektedir. Bunlardan Cu, Cr, Zn, Mn ve Fe canlılarda enzim metabolizması için önemli olmasına rağmen iz miktardan fazla birikmeleri durumunda metabolik ve fizyolojik aktivitelerde bozukluklara yol açmanın yanı sıra toksik etkilere de neden olmaktadır

Araştırma alanını oluşturan Altinyazı Baraj Gölü tarımsal sulama ve taşkın koruma amacıyla kullanılmasının yanı sıra Edirne bölgesinde tatlı su balıkçılığı açısından da büyük öneme sahiptir. Barajda balıkçılık Altinyazı Su Ürünleri Kooperatifi tarafından işletilmekte ve yıllık ortalama 5-6 ton balık avlanmaktadır. Ayrıca olta balıkçılığı da yaygın olarak yapılmaktadır. Bölge ekonomisi için önemli olan bu baraj gölünde yaşayan balıklarla ilgili bugüne kadar herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle Baraj Gölü'nden avlanan *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Sazan); *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Havuz balığı); *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) (Tahta balığı); *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) (Sudak) ve *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Tatlı su levreği) balık türlerinde, göl suyunda ve sedimentindeki Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Mn ve Fe'nin birikim düzeyleri belirlenerek bu balıkları tüketen insanlar açısından tehlike arz edip etmediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEMLER

Çalışma Yerinin Tanımı

1970 yılından beri faaliyet göstermekte olan Altinyazı Baraj Gölü, Edirne ili Uzunköprü ilçesindedir (41° 04' 913" N, 26° 35' 275" E) (Şekil 1). Kurak dönemlerde Alıç Göleti'nden ve Meriç Nehri'nden su basılan barajın gövde yüksekliği 22 m, normal su kotunda göl hacmi 31 hm³, alanı 4 km²'dir. Baraj gölünün etrafında tarım arazileri yer almaktadır (DSİ, 2015). Baraj suyu, tarımda sulama suyu olarak kullanılırken içme suyu olarak kullanılmamaktadır. Su içi bitkiler bakımından fakir olan baraj gölünde Cyprinidae familyasına ait *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758), *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) ve Percidae familyasına ait *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) olmak üzere 6 balık türü bulunmaktadır.



Şekil 1. Altinyazi Baraj Gölü Haritası

Figure 1. The map of Altinyazi Dam Lake

Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Mart 2011 ve Haziran 2011 aylarında birer kez olmak üzere baraj gölünden su, sediment ve balık örnekleri alınmış ve suyun pH değeri arazide ölçülmüştür. Gölde avlanan balıkçılardan temin edilen her balığın toplam boyu ve ağırlıkları ölçülmüştür. Yaş tayinleri için pul örnekleri alınmıştır. Metal tayini içinde toplanan tüm balıkların solungaç, kas ve karaciğer dokularından 1'er g, böbrek dokularından 0,5 g alınmış, 25 ml'lik erlenlere konmuş, üzerlerine 20 ml HNO₃:HClO₄ eklenmiş ve 120°C de renklenme bitinceye kadar yaş yakma işlemi uygulanmıştır (EPA, 1993). Yakılan dokular filtre kâğıdından süzülerek 15 ml'lik falkon tüplerine aktarılmış ve saf su ile 10 ml'ye tamamlanarak okumaya hazır hale getirilmiştir.

Su örnekleri koyu renkli cam şişelere konularak, soğuk ortamda laboratuvara getirilmiştir. Filtre kâğıdından süzülen su örneğinden 10 ml alınmış ve üzerine 1 ml HCl eklenerek ortam asitlendirilmiştir. Analize kadar örnekler +4°C'de saklanmıştır (Çiçek ve Kopal, 2001).

Sediment örnekleri gölün orta noktasında ekman bageri ile alınmıştır. Soğuk ortamda laboratuvara getirilerek etüvde 102°C'de 12 saat süreyle kurutulmuştur. Kuruyan örneklerde 1'er g alınarak üzerine 20 ml HCl: HNO₃ (3:1) eklenmiş ve ağız

kapalı biçimde 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra 120°C'de renklenme bitinceye ve beyaz buhar çıkıncaya kadar ısıtılmıştır. Soğuyan örnekler filtre kâğıdından süzülerek 50 ml'ye bidistile su ile tamamlanmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir (UNEP,1984; Dural ve Göksu, 2006).

Doku, su ve sediment örneklerin metal analizi üç tekrar olarak PERKIN ELMER AAnalyst 800 marka Aevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede yapılmıştır. Elementlerin analizleri için Cd 228.8 nm; Cu 324.8 nm; Cr 357.9 nm; Zn 213.9 nm; Pb 283.3 nm; Mn 279.5 nm; Fe 248.3 nm dalga boyları kullanılmıştır. Elementlerin dedeksiyon limitleri Cd 0.0014 ppm, Cu 0.0072 ppm, Cr 0.0035 ppm, Zn 0.0012 ppm, Pb 0.0069 ppm, Mn 0.0011 ppm, Fe 0.0361 ppm dir. Analizler T.Ü. Fen Fakültesi Kimya bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

Biota sediment akümülyasyon faktörü; BSAF= K_B/K_S ; K_B : balıkta ağır metalin konsantrasyonu, K_S : sedimentte ağır metal konsantrasyonu, formülüne göre hesaplanmıştır (Mackay ve Fraser, 2000; Jayaprakash vd., 2015).

İstatistiksel hesaplamaların yapılmasında SPSS 20.0 paket programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar tek-yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve gruplar arası farklar için ve Tukey testi uygulanmıştır. Sonuçlar $p<0.05$ 'e göre anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Altınyazı Baraj Gölü suyunda ve sedimentinde ölçülen ağır metallerin ortalama değerleri ve standart hataları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda suda Fe dışındaki metal iyonları analiz limitinin altında çıkmıştır. Altınyazı Baraj Gölü’nde çalışma süresince suyun pH değeri ortalama 8.15 olarak ölçülmüştür ve bu pH değerinde metaller çözünür durumda olmadıkları için Fe dışındaki ağır metaller tespit edilememiştir. (Tablo 1). Bu durum Türkiye’deki baraj göllerinde yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir. (Köse ve Uysal, 2008; Öztürk vd., 2009); Karadede ve Ünlü, 2000; Kır ve Tumantozlu, 2012)

Sedimentten alınan örneklerin ağır metal analizleri sonucunda tüm metaller tespit edilmiş olup en yüksek Fe, en düşük Cd ölçülmüştür. Metaller konsantrasyonlarına göre Fe>Mn>Cr>Pb>Zn>Cu>Cd şeklinde sıralanırken sedimentte biriken ağır metallerin arasında (Fe hariç, p<0.05) önemli bir farkın olmadığı görülmüştür (p>0.05) (Tablo 1). Sedimentte ölçülen metal oranları su ve balık

dokularındakine göre oldukça yüksek çıkmıştır. Akuatik ortamdaki ağır metaller suyun pH değerine bağlı olarak suda çözünmeden sedimente geçerek orada birikme özelliğine sahiptir (Osman ve Kloas, 2010). Bu durum sedimentin göllerde ağır metal birikimi açısından depo görevi görmesine neden olur. Bizim çalışmamıza benzer şekilde yapılan birçok çalışmada da en fazla ağır metal birikiminin sedimentte olduğu ve sedimentte biriken metaller arasında Fe’in en yüksek konsantrasyonda olduğu bildirilmiştir (Karadede ve Ünlü, 2000; Kır vd., 2007; Mendil ve Uluözlü, 2007; Öztürk vd., 2009; Kır ve Tumantozlu, 2012). Yapılan ölçümler sonucunda suda ve sedimentte ölçülen metal değerlerinin ulusal ve uluslararası kalite yönergelerinin belirttiği en düşük etkili konsantrasyonlar seviyesinde olduğu bulunmuştur (Tablo 2 ve Tablo 3).

Altınyazı Baraj Gölü’nden incelenen balıkların toplam boy, ağırlık, yaş değerleri Tablo 4’ de, solungaç, böbrek, kas ve karaciğerinde dokularında tespit edilen metal birikimleri ve biota sediment akümülyasyon faktörleri Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 1. Altınyazı Baraj Gölü suyu ve sedimentindeki ortalama ağır metal miktarları ($\mu\text{g/L}$ ve mg/kg) ile standart hataları. (* analiz limitinin altında)

Table 1. Mean concentrations ($\pm\text{SE}$) of heavy metal in water and sediment ($\mu\text{g/L}$ and mg/kg) from Altınyazı Dam Lake (* below the analysis limit)

Ağır Metal	Su Ortalama \pm SH	Sediment Ortalama \pm SH
Cd	*	0.235 \pm 0.077
Cr	*	29.940 \pm 1.018
Zn	*	8.275 \pm 0.572
Cu	*	2.905 \pm 0.007
Fe	29.81 \pm 2.107	1237.000 \pm 39.597
Mn	*	57.590 \pm 16.503
Pb	*	13.705 \pm 0.148

Tablo 2. Ulusal ve Uluslararası standartlara göre suda kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (mg/L)

Table 2. Permissible limit of heavy metals in water (mg/L) according to national and international standards.

	Cd	Cr	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Kaynak
TS-266	0.005	0.05	-	2	0.2	0.05	0.01	Türk Standartları, 2005
WHO	0.01	0.05	-	2	-	-	0.05	WHO,1993
EPA	0.01	0.05	0.3	1.3	0.3	-	0.05	EPA, 2002
EC	0.05	0.50	-	0.02	0.2	-	0.01	EC, 1998

Tablo 3. Sedimentte kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (NOAA, 2009).

Table 3. Permissible limit of heavy metals in sediment (mg/kg) (NOAA, 2009).

	Cd	Cr	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb
En Düşük Etkili Konsantrasyon	0.60	26	120	16	20000	460	31
Eşik konsantrasyonu	0.99	43.4	121	31.6	-	-	35.8
Muhtemel etki konsantrasyonu	4.9	111	459	149	-	-	128
Yüksek Etkili Konsantrasyon	10	110	820	110	40000	1100	250

Tablo 4. İncelenen balıkların biyometrik ölçüm değerleri.

Table 4. Biometric parameters of the investigated fish

Türler	Birey Sayısı (adet)	Yaş	Balık Boyu (cm) (min.-mak.)	Balık Ağırlığı (g) (min.-mak.)
<i>Cyprinus carpio</i>	4	10 ⁺ -11 ⁺	35.5-39.5	677.40-921.13
<i>Carassius carassius</i>	5	7 ⁺ -10 ⁺	25.5-36.0	336.07-727.09
<i>Blicca bjoerkna</i>	9	5 ⁺ -8 ⁺	30.0-37.0	301.87-600.30
<i>Sander lucioperca</i>	13	2 ⁺ -7 ⁺	29.0-53.0	211.91-1367.25
<i>Perca fluviatilis</i>	7	5-6	22.0-26.0	157.57-309.55

Tablo 5. Altınyazı Baraj Gölü'nden yakalanan balıkların bazı dokularında ağır metal miktarları, mg/kg (ortalama, minimum, maksimum miktarları ve standart hataları). *Koyu renkli kısımlar farklı türlerdeki en yüksek miktarları göstermektedir.

Table 5. Heavy metal concentrations (mg/kg) in some tissues of fish species collected from Altınyazı Dam Lake (mean, minimum, maximum and SE). *The dark portions indicate the highest amount of different fish.

Türler	Doku	Cd	Cr	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb
<i>Cyprinus carpio</i>	Solungaç	0.252±0.102 (0.130-0.380)	4.028±1.449 (2.690-5.550)	11.291±3.276 (8.870-15.914)	0.219±0.232 (0-0.440)	32.839±16.332 (8.466-42.620)	0.992±0.204 (0.810-1.240)	18.423±11.728 (2.864-28.220)
	Böbrek	0.199±0.153 (0-0.368)	3.100±0.515 (2.780-3.870)	16.763±6.142 (11.180-25.470)	0.227±0.172 (0-0.420)	43.594±22.176 (12.760-65.640)	0.951±0.610 (0.500-1.800)	20.092±11.583 (3.450-29.970)
	Kas	0.227±0.171 (0.050-0.460)	2.901±0.761 (2.190-3.980)	0.766±0.337 (0.334-1.14)	0.145±0.162 (0-0.360)	26.203±15.544 (2.934-35.010)	0.332±0.232 (0-0.540)	17.564±10.872 (2.126-26.580)
	Karaciğer	0.370±0.310 (0-0.760)	4.304±1.656 (2.548-6.060)	21.188±25.729 (1.922-59.020)	0.305±0.225 (0-0.500)	43.814±19.083 (16.976-59.640)	0.875±0.534 (0.380-1.550)	19.829±11.604 (3.036-29.270)
<i>Carassius carassius</i>	Solungaç	0.290±0.313 (0.028-0.800)	2.544±0.435 (2.200-3.290)	5.075±1.589 (3.148-6.696)	0.322±0.543 (0-1.290)	24.136±20.690 (6.586-49.130)	1.314±0.345 (0.800-1.726)	5.832±2.945 (2.584-9.834)
	Böbrek	0.461±0.772 (0.164-0.850)	2.478±0.860 (1.500-3.850)	2.776±1.115 (1.560-4.290)	0.377±0.671 (0-1.568)	22.433±19.021 (6.854-44.630)	0.557±0.066 (0.494-0.644)	3.721±3.361 (0.9-2.10)
	Kas	0.117±0.091 (0-0.24)	3.046±0.865 (2.292-4.28)	1.081±0.675 (0.546-2.20)	0.310±0.637 (0-1.45)	16.960±18.452 (3.232-37.53)	0.697±0.319 (0.432-1.18)	4.097±2.933 (0.97-8.918)
	Karaciğer	0.384±0.507 (0.112-1.290)	2.726±0.552 (2.144-3.470)	1.096±0.648 (0.352-2.020)	0.073±0.092 (0-0.226)	25.845±20.818 (7.458-54.010)	0.461±0.048 (0.420-0.530)	5.319±3.044 (2.644-9.544)
<i>Blicca bjoerkna</i>	Solungaç	0.383±0.109 (0.224-0.560)	3.15±1.235 (0-3.940)	1.357±0.318 (0.830-2.036)	0.102±0.062 (0-0.184)	20.044±15.998 (7.858-50.350)	1.127±0.524 (0.730-2.232)	3.515±2.862 (0.890-10.250)
	Böbrek	0.473±0.248 (0.100-0.880)	3.275±1.26 (0-4.340)	1.151±0.359 (0.600-1.768)	0.086±0.052 (0-0.152)	16.189±14.700 (6.652-44.050)	0.241±0.401 (0-1.120)	4.840±4.743 (0.906-14.950)
	Kas	0.298±0.086 (0.112-0.372)	3.511±0.591 (2.110-4.058)	0.582±0.246 (0.314-1.080)	0.2±0.327 (0-1.060)	8.859±15.292 (0.758-36.300)	0.254±0.403 (0-0.970)	4.335±3.276 (1.990-10.310)
	Karaciğer	0.359±0.072 (0.210-0.428)	2.906±1.312 (0-3.878)	2.41±0.586 (1.716-3.750)	0.626±0.440 (0-1.380)	33.393±27.210 (9.366-86.050)	0.337±0.594 (0-1.590)	5.127±4.493 (2.136-14.940)
<i>Perca fluviatilis</i>	Solungaç	0.236±0.155 (0.060-0.488)	1.851±1.012 (0-3.446)	1.030±0.472 (0.220-1.432)	0.059±0.081 (0-0.206)	14.531±12.593 (7.998-42.970)	0.908±0.410 (0.220-1.478)	5.690±1.162 (4.142-7.840)
	Böbrek	0.276±0.140 (0.084-0.490)	2.358±0.766 (1.646-3.090)	0.529±0.266 (0.240-1.040)	0.261±0.518 (0-1.420)	10.428±13.558 (2.090-40.990)	0.231±0.177 (0-0.560)	5.344±1.915 (1.470-7.440)
	Kas	0.250±0.207 (0.064-0.676)	1.823±1.031 (0-3.478)	0.419±0.217 (0.278-0.900)	0.212±0.324 (0-0.910)	9.108±12.883 (1.228-38.160)	0.278±0.143 (0.158-0.580)	6.015±1.573 (4.480-8.360)
	Karaciğer	0.289±0.203 (0.088-0.692)	1.734±1.034 (0-3.538)	2.010±0.307 (1.592-2.516)	1.048±0.685 (0.156-1.878)	16.684±13.517 (7.284-45.210)	0.476±0.287 (0-0.980)	5.780±1.783 (2.180-7.840)
<i>Sander lucioperca</i>	Solungaç	0.288±0.157 (0.120-0.728)	2.453±0.99 (1.416-3.948)	1.131±0.283 (0.688-1.608)	0.186±0.204 (0-0.750)	9.833±8.769 (4.232-38.060)	0.904±0.446 (0.506-1.870)	5.881±5.473 (0.330-21.870)
	Böbrek	0.312±0.241 (0.040-0.876)	2.581±1.193 (1.194-5.330)	1.504±0.582 (0.690-2.840)	0.134±0.133 (0-0.530)	8.396±11.009 (2.894-44.720)	0.362±0.282 (0.040-1.108)	6.372±5.635 (1.482-23.130)
	Kas	0.314±0.141 (0.128-0.480)	2.453±1.062 (1.136-4.390)	0.385±0.360 (0.146-1.540)	0.257±0.385 (0-1.120)	5.873±8.672 (1.202-34.210)	0.342±0.166 (0.140-0.770)	5.841±4.438 (1.680-18.320)
	Karaciğer	0.274±0.164 (0.120-0.756)	2.408±0.929 (1.156-3.890)	1.256±0.357 (0.924-2.270)	0.303±0.166 (0.064-0.690)	12.968±11.896 (5.734-51.810)	0.525±0.440 (0.202-1.914)	6.127±5.346 (1.538-21.290)

Bakır (Cu): Cu, hayvansal organizmalarda kemik oluşumu, omuriliğin miyelinleşmesi, hemoglobinin ve bazı enzimlerin sentezinde önemlidir (Arslan vd., 2006). Fazla miktarda alındığında hücresel veya moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara, sonuçta ölüme neden olmaktadır (Cicik vd., 2004). Cu birikiminin karaciğerde *P.fluviatilis* türünde (1.048 mg/kg) en yüksek, *C.carassius* türünde en düşük (0.073 mg/kg) olduğu bulunmuştur. Cu konsantrasyonları solungaçta 0.322 mg/kg (*C.carassius*) ile 0.059 mg/kg (*P.fluviatilis*), böbrekte 0.377 mg/kg (*C.carassius*) ile 0.086 mg/kg (*B.bjoerkna*), kas dokusunda 0.310 mg/kg (*C.carassius*) ile 0.2 mg/kg (*B. bjoerkna*) arasında değişim göstermiş

dir. Balıkların dokularında ağır metal birikimi ile ilgili yapılan çalışmalarda Cu birikiminin karaciğerde daha fazla olduğu belirtilmiştir (Canlı vd., 1998; Fidan vd., 2008; Raeisi vd., 2014). Yaptığımız bu çalışmada da dokulardaki birikim açısından bakıldığında *C.carassius* (böbrek) dışındaki balıkların karaciğerinde Cu birikiminin daha fazla olduğu görülmüştür. Cu'nun Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) 1'den az çıkmıştır. Bu bulgu balık dokularında Cu'nun biyoakümüle olmadığını göstermektedir (Tablo 6). Ayrıca, Balıkların kas dokusunda Cu birikiminin su ürünleri tüketimi için izin verilen sınırların altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7).

Mangan (Mn): Mn organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü açısından gerekli bir elementtir. Eksikliği kemiklerde bükülmelere, kısırlığa ve boy kısalığına neden olur (Uslu, 2007). Mn birikiminin karaciğerde *C. carpio* türünde (0.875 mg/kg) en yüksek, *B. bjoerkna* türünde en düşük (0.337 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir. Mn konsantrasyonları solungaçta 1.314 mg/kg (*C. carassius*) ile 0.904 mg/kg (*S.luciooperca*), böbrekte 0.951 mg/kg (*C. carpio*) ile 0.231 mg/kg (*P.fluviatilis*), kas dokusunda 0.697 mg/kg (*C. carassius*) ile 0.254 mg/kg (*B. bjoerkna*) arasında değişim göstermiştir. Altinyazı Baraj gölünde incelenen balıkların solungaç dokularındaki Mn birikiminin fazla olduğu bulunmuştur ve bu durum bazı araştırmalarla benzerlik göstermektedir. (Kır ve Tumantozlu, 2012; El-Moselhy vd., 2014) Türk standartlarına göre balıklarda Mn konsantrasyonu ile ilgili bir bilgi verilmemiştir. WHO, (1989)' a göre bu çalışmada incelenen balık türlerindeki Mn birikimi izin verilen sınırların altında yer almaktadır. Ayrıca, Tablo 6'da görüldüğü gibi Mn'nin Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) 1'den az çıkmıştır. Bu bulgu balık dokularında Mn'nin biyoakümüle olmadığını göstermektedir.

Demir (Fe): Fe dünyada en çok bulunan elementlerden birisidir ve aşırı miktarda alındığında hücrelere ve organlara zarar vererek ölümlere yol açabilir. İnsanlarda Fe zehirlenmesinin başlangıç değeri; vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligramdır (Uslu, 2007). Fe birikiminin karaciğerde *C. carpio* türünde (43.814 mg/kg) en yüksek, *S. luciooperca* türünde en düşük (12.968 mg/kg) biriktiği görülmüştür. Fe konsantrasyonları solungaçta 32.839 mg/kg (*C.carpio*) ile 9.833 mg/kg (*S.luciooperca*), böbrekte 43.594 mg/kg (*C. carpio*) ile 8.396 mg/kg (*S. luciooperca*), kas dokusunda 26.203 mg/kg (*C. carpio*) ile 5.873 mg/kg (*S. luciooperca*) arasında değişim göstermiştir. Altinyazı Baraj gölünde incelenen balıkların Fe birikimi en az kas dokusunda en fazla karaciğer dokularındaki olduğu bulunmuştur. Balıklarda Fe birikiminin en fazla karaciğer dokusunda olduğu belirten çalışmalar mevcuttur (Lenhardt vd., 2013; Kır ve Tumantozlu, 2012; El-Moselhy vd., 2014). Fe'nin Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) 1'den az çıkmıştır. Bu bulgu balık dokularında Fe'nin biyoakümüle olmadığını göstermektedir (Tablo 6). Türk Gıda Kodeksine (2002)'e göre balıklarda Fe konsantrasyonu ile ilgili bir bilgi verilmemiştir. Bu çalışmada incelenen balık türlerindeki Fe

birikimi ulusal ve uluslararası izin verilen sınırların altında yer almaktadır (Tablo 7).

Krom (Cr): Temel iz elementlerden biri olan krom insanlarda kan şekeri ve kolesterol seviyesini düzenlemede rol oynar. (Küpeli vd., 2014). Fazla alınması durumunda deri döküntülerine ve alerjiye sebep olabilir. Cr birikiminin karaciğerde *C.carpio* türünde (4.304 mg/kg) en yüksek, *P. fluviatilis* türünde en düşük (1.734 mg/kg) biriktiği görülmüştür. Cr konsantrasyonları solungaçta 4.028 mg/kg (*C. carpio*) ile 1.851 mg/kg (*P. fluviatilis*), böbrekte 3.275 mg/kg (*B.bjoerkna*) ile 2.358 mg/kg (*P. fluviatilis*), kas dokusunda 3.511 mg/kg (*B.bjoerkna*) ile 1.823 mg/kg (*P. fluviatilis*) arasında değişim göstermiştir. Altinyazı Baraj gölünde incelenen balıkların kas, böbrek ve karaciğer dokularındaki Cr birikiminin farklılık gösterdiği görülmüştür. Bulduğumuz sonuçlara benzer çalışmalar mevcuttur. (Canlı vd., 1998; Akgün vd., 2007;) Türk standartlarına göre balıklarda Cr konsantrasyonu ile ilgili bir bilgi verilmemiştir. EPA (1989)'ya göre bu çalışmada incelenen balık türlerindeki Cr birikimi izin verilen sınırların altında yer almaktadır. Ayrıca, Cr'nin Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) 1'den az çıkmıştır. Bu bulgu balık dokularında Cr'nin biyoakümüle olmadığını göstermektedir (Tablo 6).

Çinko (Zn): Zn, biyolojik olaylarda rol oynayan temel iz elementlerden biridir. Çevrede ve canlı organizmada yaygın bir şekilde bulunur. Balıklar çinkoyu sudan ve besinlerden alırlar. Fazla alınması durumunda yaraların geç iyileşmesi, kolesterolün yükselmesi ve deride hassasiyet gibi olumsuzluklar görülür (Köse, 2007). Zn birikiminin karaciğerde *C.carpio* türünde (21.188 mg/kg) en yüksek, *C.carassius* türünde en düşük (1.096 mg/kg) olduğu belirlenmiştir. Zn konsantrasyonları solungaçta 11.291 mg/kg (*C. carpio*) ile 1.030 mg/kg (*P. fluviatilis*), böbrekte 16.763 mg/kg (*C. carpio*) ile 0.529 mg/kg (*P. fluviatilis*), kas dokusunda 1.081 mg/kg (*C. carassius*) ile 0.385 mg/kg (*S.luciooperca*) arasında değişim göstermiştir. Bazı çalışmalarda balıkların dokularında Zn birikiminin solungaçta (Kır ve Tumantozlu, 2012; Karadede vd., 2004) ve kas dokusunda (Mol vd., 2010; Kırıcı vd., 2013; Karadede ve Ünlü, 2000) daha fazla biriktiği bildirilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada dokularındaki birikim açısından bakıldığında *C.carassius* (solungaç) türü dışındaki balıkların karaciğer ve böbrek dokularında Zn birikiminin daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan diğer çalışmalarda da bizim çalışmamıza benzer şekilde Zn biriki-

minin karaciğerde ve böbrekte daha fazla olduğu bulunmuştur (Velcheva, 2006; Lenhardt vd., 2013; Osman ve Kloas, 2010; Akgün vd., 2007; Ardakani ve Jafari, 2014; Raeisi vd., 2014). Türk Gıda Kodeksi (2002), tarafından balıkların kas dokusu için izin verilen Zn birikimi 50 mg/kg dır ve incelediğimiz balık türlerinde Zn birikimi yasal sınırların altındadır. Ancak, Zn'nin Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) *C. carpio* kas dokusu (0.09) dışındaki dokularında 1'den fazla çıkmıştır. Bu bulgu *C. carpio*'nun karaciğer, böbrek ve solungaç dokularında Zn'nin biyoakümüle olduğunu göstermektedir. Çalışmada incelenen diğer balık türlerinin biyoakümülyasyon faktörü 1'den az bulunmuştur. (Tablo 6).

Kadmiyum (Cd): Cd organizmaların biyolojik olaylarında rolü olmayan, doğada az bulunan ve birikimi sayesinde zehirli etkiye sahip olan bir ağır metaldir (Akgün vd., 2007). Cd'nin karaciğerde *C. carassius* türünde (0.384 mg/kg) en yüksek, *S. lucioperca* türünde en düşük (0.274 mg/kg) biriktiği görülmüştür. Cd konsantrasyonları solungaçta 0.383 mg/kg (*B. bjoerkna*) ile 0.236 mg/kg (*P. fluviatilis*), böbrekte 0.473 mg/kg (*C. carassius*) ile 0.199 mg/kg (*C. carpio*), kas dokusunda 0.314 mg/kg (*S. lucioperca*) ile 0.117 mg/kg (*C. carassius*) arasında değişim göstermiştir. Altinyazı Baraj gölünde karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki Cd birikiminin fazla olduğu bulunmuştur. Balıklarda Cd'nin biriktiği dokuların farklı dokular olduğunu tespit eden araştırmalar yapılmıştır. (Canlı vd., 1998; Selvi ve Kaya, 2013; Raeisi vd., 2014). Türk Gıda Kodeksi (2002) ve EC (2005), tarafından balıkların kas dokusu için izin verilen Cd birikimi 0.05 mg/kg dır. Bu çalışmada incelenen balık türlerindeki Cd birikimi izin verilen sınırların üstünde yer almaktadır. Ayrıca, Cd'nin Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) *C. carpio*'nun kas dokusu (0.966) ve böbrek dokusu (0.847) ile *C. carassius*'un kas dokusu (0.498) dışındaki dokularda 1'den fazla çıkmıştır. Bu bulgu incelediğimiz balıklarda Cd'nin biyoakümüle olduğunu göstermektedir. (Tablo 6).

Kurşun (Pb): Pb esansiyel olmayan ve çok düşük miktarlarda alınması bile toksik etkiye neden olan bir elementtir (El-Naggar vd., 2009). Pb birikiminin karaciğerde *C. carpio* türünde (19.829 mg/kg) en yüksek, *B. bjoerkna* türünde en düşük (5.127 mg/kg) biriktiği görülmüştür. Pb konsantrasyonları solungaçta 18.423 mg/kg (*C. carpio*) ile 3.515 mg/kg (*B. bjoerkna*), böbrekte 20.092 mg/kg (*C. carpio*) ile 3.721 mg/kg (*C. carassius*), kas dokusunda 17.564 mg/kg (*C. carpio*) ile 4.097 mg/kg (*C. carassius*) arasında değişim göstermiştir. Altinyazı Baraj gölünde incelenen balıkların Pb birikiminin dokular arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan bazı araştırmalar da bizim bulduğumuz bulgulara benzer sonuçlar bildirilmiştir (Canlı vd., 1998; Kır ve Tumantozlu, 2012; Akgün vd., 2007; Öztürk vd., 2009). Pb'nin Biota Sediment Akümülyasyon Faktörü (BSAF) *C. carpio* türü dışındaki balıkların dokularında 1'den az çıkmıştır. Bu bulgu *C. carpio*'nun dokularında Pb'nin biyoakümüle olduğunu göstermektedir (Tablo 6). Bunun yanı sıra bu çalışmada incelenen balık türlerindeki Pb birikimi su ürünleri tüketimi için izin verilen sınırların üstünde yer almaktadır (Tablo 7).

Sucul ortamdaki yüksek Zn konsantrasyonu boya sanayi, madencilik, insan aktiviteleri ve şehirleşme ile bağlantılıdır (Akgün vd., 2007). Pb, endüstriyel ve madencilik faktörleriyle ortama atıldığı gibi, motorlu taşıtların egzoz gazlarıyla havaya karışarak yağmurlarla da doğal sulara taşınır (Karadede, 1997). Tatlı su ve yer altı sularında Cd'nin artması ise zirai mücadele ilaçları ve çimento sanayinde kullanılan Cd'li atık suların karışmasından kaynaklanmaktadır (Tuncay, 2007). Altinyazı Baraj Gölü anayola yakın olmakla birlikte civarında tarımsal üretim yapılmaktadır. Ayrıca bölgede günümüzde daha az aktif olan veya kapatılan maden ocakları vardır. Kurak dönemlerde Meriç nehrinden su çekilerek doldurulmaktadır. Bu faaliyetler burada yaşayan balıkların dokularında bu ağır metallerin yüksek çıkmasının sebebi olabilir.

Tablo 6. Altinyazı Baraj Gölü'nden yakalanan balıkların Biota sediment akümülyasyon faktörleri (BSAF).

Table 6. Biota Sediment Accumulation Factors (BSAF) in fish species collected from Altinyazı Dam Lake.

Türler	Doku	Cd	Cr	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb
<i>Cyprinus carpio</i>	Solungaç	1.072	0.135	1.364	0.075	0.027	0.017	1.344
	Böbrek	0.847	0.104	2.026	0.078	0.035	0.017	1.466
	Kas	0.966	0.097	0.093	0.050	0.021	0.006	1.282
	Karaciğer	1.574	0.144	2.560	0.105	0.035	0.015	1.447
<i>Carassius carassius</i>	Solungaç	1.234	0.085	0.613	0.111	0.020	0.023	0.426
	Böbrek	1.962	0.083	0.335	0.130	0.018	0.010	0.272
	Kas	0.498	0.102	0.131	0.107	0.014	0.012	0.299
	Karaciğer	1.634	0.091	0.132	0.025	0.021	0.008	0.388
<i>Blicca bjoerkna</i>	Solungaç	1.630	0.105	0.164	0.035	0.016	0.020	0.256
	Böbrek	2.013	0.109	0.139	0.030	0.013	0.004	0.353
	Kas	1.268	0.117	0.070	0.069	0.007	0.004	0.316
	Karaciğer	1.528	0.097	0.291	0.215	0.027	0.006	0.374
<i>Perca fluviatilis</i>	Solungaç	1.004	0.062	0.124	0.020	0.012	0.016	0.415
	Böbrek	1.174	0.079	0.064	0.090	0.008	0.004	0.390
	Kas	1.064	0.061	0.051	0.073	0.007	0.005	0.439
	Karaciğer	1.230	0.058	0.243	0.361	0.013	0.008	0.422
<i>Sander lucioperca</i>	Solungaç	1.226	0.082	0.137	0.064	0.008	0.016	0.429
	Böbrek	1.328	0.086	0.182	0.046	0.007	0.006	0.465
	Kas	1.336	0.082	0.047	0.088	0.005	0.006	0.426
	Karaciğer	1.166	0.080	0.152	0.104	0.010	0.009	0.447

Tablo 7. Ulusal ve Uluslararası standartlara göre balıkların kas dokusunda kabul edilebilir ağır metal miktarları (mg/kg).

Table 7. Permissible limit of heavy metals in muscle tissue of fish (mg/kg) according to national and international standards.

	Cd	Cr	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Kaynak
EC	0.05	-	-	-	-	-	0.2	EC, 2005
EPA	1.4	4.1	410	54	410	-	1.0	EPA, 1989
WHO	1.0	-	100	30	100	1.00	2.0	WHO, 1989
Türk Gıda Kodeksi	0.05	-	50	20	50	-	0.2	TGK, 2002

Cyprinus carpio'nın dokularının içerdiği Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonuna göre dokuların sıralaması Karaciğer > Böbrek > Solungaç > Kas olarak belirlenmiştir. Metal birikimi ise sırasıyla solungaçta Fe > Pb > Zn > Cr > Mn > Cd > Cu; kas dokusunda Fe > Pb > Cr > Zn > Mn > Cd > Cu; karaciğerde Fe > Zn > Pb > Cr > Mn > Cd > Cu; böbrekte Fe > Pb > Zn > Cr > Mn > Cu > Cd şeklinde tespit edilmiştir.

Carassius carassius'un dokularının içerdiği Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonlarına

göre dokuların sıralaması Solungaç > Karaciğer > Böbrek > Kas olarak belirlenmiştir. Metal birikimi ise sırasıyla solungaçta Fe > Pb > Zn > Cr > Mn > Cu > Cd; kas dokusunda Fe > Pb > Cr > Zn > Mn > Cd > Cu; karaciğerde Fe > Pb > Cr > Zn > Mn > Cd > Cu; böbrekte Fe > Pb > Zn > Cr > Mn > Cd > Cu şeklinde tespit edilmiştir.

Blicca bjoerkna'nın dokularının içerdiği Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonlarına göre dokuların sıralaması Karaciğer > Solungaç > Böbrek > Kas olarak belirlenmiştir. Metal biriki-

mi ise sırasıyla solungaçta Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cd>Cu; kas dokusunda Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cd>Cu; karaciğerde Fe>Pb>Cr>Zn>Cu>Cd>Mn; böbrekte Fe>Pb>Cr>Zn>Cd>Mn>Cu şeklinde tespit edilmiştir. *B.bjoerkna* dokularında Fe en yüksek, Cu ise en düşük oranda tespit edilmiştir.

Perca fluviatilis'in dokularının içerdiği Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonlarına göre dokuların sıralaması Karaciğer >Solungaç >Böbrek>Kas olarak belirlenmiştir. Metal birikimi ise sırasıyla solungaçta Fe>Pb>Zn>Cr>Cu>Mn>Cd; kas dokusunda Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cd>Cu; karaciğerde Fe>Pb>Cr>Zn>Cu>Cd>Mn; böbrekte Fe>Pb>Cr>Zn>Cd>Cu>Mn şeklinde tespit edilmiştir. *P. fluviatilis*'in dokularında Fe en yüksek, Cu ise en düşük oranda tespit edilmiştir

Sander lucioperca'nın dokularının içerdiği Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonlarına göre dokuların sıralaması Karaciğer >Solungaç>Böbrek>Kas olarak belirlenmiştir. Metal birikimi ise sırasıyla solungaçta Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cd>Cu; kas dokusunda Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cd>Cu; karaciğerde Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cu>Cd; böbrekte Fe>Pb>Cr>Zn>Mn>Cd>Cu şeklinde tespit edilmiştir.

Altınyazı Baraj Gölünde incelenen balıkların solungaç, böbrek, kas ve karaciğerde tespit edilen Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb metallerinin konsantrasyonuna göre dokuların sıralaması *C. carpio*'da Karaciğer>Böbrek>Solungaç>Kas; *C. carassius*'da Solungaç>Karaciğer>Böbrek>Kas; *B. bjoerkna*, *P. fluviatilis* ve *S. lucioperca*'da ise Karaciğer>Solungaç>Böbrek>Kas şeklindedir. Tespit edilen metaller en çok karaciğer ve solungaçta, en az kas dokusunda bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda ağır metal birikiminin en fazla karaciğer ve solungaçta (Öztürk ve Bat, 1995; Canlı vd., 1998; Köse ve Uysal, 2008; Tekin-Özan ve Kır, 2008; Ardakani ve Jafari, 2014; Raeisi vd., 2014, Tkatcheva vd., 2000), en az kas dokusunda (Uysal vd., 2009, Fidan vd., 2008) olduğu bildirilmiştir. Yine benzer çalışmalarda en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metallerinde Cd ve Cu olduğu bildirilmiştir (Göksu vd., 2003; Öztürk vd., 2009; Kır ve Tumantozlu, 2012; Küpeli vd., 2014; Lenhardt vd., 2012; Velcheva, 2006). Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar yapılan diğer araştırmalarla uyumluluk göstermektedir.

Sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından bünyelerine alınması en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve sindirim sistemi ile olmaktadır.

Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun en geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleriyle etkileşmesidir (Kayhan vd., 2009). Solungaçlardan absorbe edilen metaller taşıyıcı proteinlere bağlı olarak diğer dokulara özellikle de karaciğere taşınmaktadır (Ay vd., 1999). Metabolik bakımdan aktif olan karaciğer ve böbrek gibi dokularda yüksek derişimlerde biriken ağır metaller taşıma kapasitesinin aşılması durumunda dolaşım sistemi aracılığıyla diğer dokulara taşınarak depolanır (Melgar vd.,1997). Bu durum ağır metallerin karaciğer ve solungaç dokularında daha fazla bulunurken kas dokusunda daha az bulunmasını açıklamaktadır Balıkların kas dokusunda ölçülen Cd ve Pb değerleri ulusal ve uluslararası su ürünleri kabul edilebilir değerlerinin üzerinde bulunmuştur (Tablo 7).

Bu çalışmada Fe metalinin kas ve karaciğer dokuları arasında birikimi ve Mn metalinin solungaç ile diğer dokulardaki (kas, karaciğer, böbrek) birikimi arasında fark görülürken ($p<0.05$) Cd, Cr, Zn, Cu ve Pb metallerinin dokularda birikimi açısından fark görülmemiştir ($p>0.05$). Cr, Zn, Fe ve Pb metallerinin *C.carpio* türünde birikimi diğer türlerden farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

SONUÇ

Tarımsal sulama, taşkın koruma ve tatlı su balıkçılığı açısından da büyük öneme sahip olan Altınyazı Baraj Gölü'nden su, sediment ve bazı balık türlerinde ağır metal birikimi düzeyleri belirlenmiştir. Suda ve sedimentte belirlenen ağır metallerin insan sağlığını tehdit etmeyecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. *C. carpio*, *C. carassius*, *B. bjoerkna*, *P. fluviatilis* ve *S. lucioperca*'nın kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokuları arasında en fazla karaciğer ve solungaç en az kas dokusunda ağır metal birikimine rastlanmıştır. Çalışmada yakalanan tüm balıklarda kas dokusunda ölçülen Cd ve Pb değerlerinin su ürünleri kabul edilebilir değerlerinin üzerinde olduğu bulunmuştur (EC,2005; EPA,1989; WHO,1989; TKG,2002). Biota sediment akümülyasyon faktörü (BSAF) dikkate alındığında incelenen tüm balıkların Cd akümülyasyonunun yüksek olduğu, *C.carpio* türünün diğer türlerden farklı olarak Zn ve Pb akümülyasyonunun daha fazla olduğu bulunmuştur. Balıklarda ağır metallerin oluşturduğu etkiler çevresel koşullara ve türün sahip olduğu özelliklere göre değişim gösterebilir. (Lugowska ve Jezierska, 2000, Hilmy vd., 1987). Bu sonuç gölde yaşayan balıklar ve bu balıkları tüketen (özellikle *C.carpio*) insanlar

açısından tehlike arz etmektedir. Bölgede bu tip araştırmaların devamı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgün, M., Gül, A., Yılmaz, M., (2007). Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Leuciscus cephalus* L., 1758 Dokularında Ağır Metal Birikimi. *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(2), 179-189.
- Ardakani, S.S., Jafari, S. M., (2014). Assessment of Heavy Metals (Cu, Pb and Zn) in Different Tissues of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Caught from Shirinsu Wetland, Western Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 4(2), 47-54.
- Arslan, M., Karaytuğ, S., Cicik, B., (2006). Bakırın Clarias lazera (Valenciennes, 1840)'da Doku, Glikojen ve Serum Glukoz Düzeyi Üzerine Etkileri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23, 23-27.
- Ay, Ö., Kalay, M., Tamer, L., Canlı, M., (1999). Copper and Lead Accumulation in Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zilli* and Its Effects on The Branchial Na, K-ATPase Activity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 160-168.
- 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 Pollution*, 121, 129-136.
- Canlı, M., Ay, Ö., Kalay, M., (1998). Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostomata regium* from the Seyhan River. Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 22, 149-157.
- Chinnaraja, V., Santhanam, P., Balaji Prasath, B., Dinesh Kumar, S., Jothiraj K., (2011). An Investigation on Heavy Metals Accumulation in Water, Sediment and Small Marine Food Chain (Plankton and Fish) from Coromandel Coast, Southeast Coast of India. *Indian Journal of Natural Sciences International Bimonthly*, 11(8), 532-540.
- Cicik, B., Ay, Ö., Karayakar, F., (2004). *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)'da Bakırın Kas ve Karaciğer Dokularındaki Birikiminin Total Protein Derişimi Üzerine Etkileri, *Süleyman Demirel Üniversitesi. Egridir Su Ürünleri Dergisi*, 2(12), 26-31.
- Çiçek, A., Koparal, A.S., (2001). Porsuk Baraj Gölü'nde Yaşayan *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) ve *Barbus plebejus* (Bonaparte, 1832)'de Kurşun, Krom ve Kadmiyum Seviyeleri, *Ekoloji*, 10(39), 3-6.
- DSİ, (2015). Altinyazı Baraj Gölü. <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=36> (son erişim 02.08.2015).
- Dural, M., Göksu, M. Z. L., (2006). Çamlık Lagünü (Karataş/Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel Ağır Metal Değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1), 65-69.
- EC (European Commission), (1998). Council Directive 98/83/. EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. L 330/32,5.12.98.
- EC (European Commission), (2005). Commission Regulation (EC) No 78/2005 of 19 January 2005 amending Regulation (EC) No 466/2001 as regards heavy metals, L 16/43-45.
- El-Moselhy, Kh. M., Othman, A.I., Abd El-Azem, H., El-Metwally, M. E. A., (2014). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1, 97-105
- El-Naggar, A., Mahmoud, S., Tayel, S., (2009). Bioaccumulation of Some Heavy Metals and Histopathological Alterations in Liver of *Oreochromis niloticus* in Relation to Water Quality at Different Localities along the River Nile, Egypt, *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 1(2), 105-114.
- EPA, (1989). Assessing Human Health Risks from Chemically Contaminated Fish and Shellfish: A Guidance Manual. EPA-503/8-89-002. United States Environmental Protection Agency (EPA), Office of Research and Development, Washington.
- EPA, (2002). Risk Assessment: Technical background information. RBG Table. <http://www.epa.gov/reg3hwm/d/risk> (son erişim: 13.09.2015).

- EPA/600/4-90/027F., (1993). Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms (Fourth Edition, Edited by Cornelius I. Weber). United States Environment Agency.
- Fidan A. F., Çiğerci, İ.H., Konuk, M., Küçük Kurt, İ., Aslan, R., Dündar. Y., (2008). Eber Gölü'nden Yakalanan *Carassius carassius*'da Bazı Ağır Metal Miktarlarının Tespiti ve Oksidatif Statünün Belirlenmesi. 23-27 Haziran 2008. 19. Ulusal Biyoloji Kongresi.
- Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Fındık, Ö., Sarıhan, E., (2003). Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20(1-2), 69-74.
- Hilmy, A.M., El Domiaty, N.A., Doobees, A.Y., Abdellatif, H.A., (1987). Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in Two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*. *Comparative Biochemistry Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 87(2), 297-301.
- Jayaprakash, M., Senthil Kumar, R., Giridharan, L., Sujitha, S.B., Sarkar, S.K., Jonathan, M.P., (2015). Bioaccumulation of metals in fish species from water and sediments in macrotidal Ennore creek, Chennai, SE coast of India: A metropolitan city effect, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120, 243-255.
- 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, 1371-1376.
- Karadede, H., Oymak, S. A. and Ünlü, E., (2004). Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30, 183-188.
- Kayhan, F.E., Muşlu, M.N., Koç, N.D., (2009). Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 3(2), 153-162.
- Kır, İ., Tekin-Özan, S., Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 24 (1-2), 155-158.
- Kır, İ., Tumantozlu, H., (2012). Karacaören-2 Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Ekoloji* 21(82), 65-70.
- Kırııcı, M., Taysı, M. R., Bengü, A.Ş., İspir, Ü., (2013). Murat Nehri'nde Yakalanan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nin Kas Dokusunda Bazı Metallerin Birikim Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 111-121.
- Köse, E., (2007). Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kütahya
- Köse, E., Uysal, K., (2008). Cinsi Olgunluğa Erişmemiş Pullu Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların Kas, Deri ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17, 19-26.
- Küpelı, T., Altundağ, H., İmamoğlu, M., (2014). Assessment of Trace Element Levels in Muscle Tissues of Fish Species Collected from a River, Stream, Lake, and Sea in Sakarya, Turkey, *Scientific World Journal*, volume 2014, 7 pages.
- Lenhardt, M., Jaric I., Visnjic -Jefic, Z., Skoric, S., Gacic, Z., Pucar, M., Hegedis, A., (2013). Concentrations of 17 elements in muscle, gills, liver and gonads of five economically important fish species from the Danube River. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 407(02), .
- Lugowska, K., Jezierska, B., (2000). Effects of Copper and Lead on Common Carp Embryos and Larvae at Two Temperatures. *Folia Univ. Agric. Stetin (Piscia)*, 26, 29-38.
- Mackay, D.A., Fraser, A., (2000). Bioaccumulation of persistent organic

- chemicals: mechanisms and models, *Environmental Pollution*, 110(3), 375-391.
- Melgar, M.J., Perez, M., Garcia, M.A., Alonso, J., Miguez, B., (1997). The Toxic and Accumulative Effects of Short Term Exposure to Cadmium in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary Human Toxicology*, 39(2), 79-83.
- Mendil, D., Uluözlu, Ö.D., (2007). Determination of Trace Metal Levels in Sediment and Five Fish Species from Lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry*, 101, 739-745.
- Mol, S., Özden, Ö., Oymak, S. A., (2010). Trace Metal Contents in Fish Species from Atatürk Dam Lake (Euphrates, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 209-213.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), (2009). SQUIRT, Screening Quick Reference Tables for in Sediment. http://response.restoration.noaa.gov/bookshelf/122_NEW-SQUIRTs.pdf. http://www.gesamp.org/data/gesamp/files/file_element/4a2a322c8acb2c26cc0234685eac71fa/SQUIRTs.pdf online update (son erişim 07.08.2015)
- Osman, A. G. M., Kloas, W., (2010). Water Quality and Heavy Metal Monitoring in Water, Sediments, and Tissues of the African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the River Nile, Egypt, *Journal of Environmental Protection*, 1, 389-400
- Selvi, K., Kaya, H., (2013). Çanakkale Atikhisar Barajı'ndan Yakalanan Turna Balığı (*Esox lucius* L., 1758) Dokularında Bazı Metallerin Belirlenmesi, *Alinteri*, 25(B), 23-28.
- Öztürk, M., Bat, L., (1995). Altınkaya Barajı'nda (Samsun) Yaşayan *Cyprinus carpio* (L., 1758) Türünün Çeşitli Organ ve Dokularındaki Bazı Ağır Metallerin Birikimi. 2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., (2009). Determination of Heavy Metals in Fish, Water and Sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health Science Engineering*, 6(2), 73-80.
- Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad, M., Zakariaei, H., (2014). Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian Sea, Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(6), 2162-2172.
- Rajkowska, M., Protasowicki, M., (2013). Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 3493-3502. DOI 10.1007/s10661-012-2805-8
- Sağlam, N., Cihangir, N., (1995). Ağır Metallerin Biyolojik Süreçlerle Biyosorbsiyonu Çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 157-161.
- Tekin-Özan, S., Kır, İ., (2008). Seasonal Variations of Heavy Metals in the Some Organs of Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) From Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 138, 201-206.
- TGK, Türk Gıda Kodeksi, (2002). Resmi Gazete, 23 Eylül 2002, No. 24885.
- Tkatcheva, V., Holpainen, I.J., Hyvarinen, H., (2000). Heavy metals in perch (*Perca fluviatilis*) from the Kostomuksha region (North-western Karelia, Russia), *Boreoel Environment Research*, 5, 209-220.
- TSE-266., (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Türk Standartları, Ankara.
- Tuncay, Y., (2007). Kovada Gölü'nde Yaşayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- UNEP (United Nations Environment Programme), (1984). Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. Reference Methods for Marine Pollution Studies, No:11, Rev.1.
- Uslu, H., (2007). Kars Çayı'nda Avlanan Siraz (*Capoeta capoeta capoeta*, Guldenstaedt, 1772) Balıklarında ve Ortam Sedimentinde Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.

- Uysal, K., Köse, E., Bülbül, M., Dönmez, M., Erdoğan, Y. Koyun, M., Ömeroğlu, Ç., Özmal, F., (2009). The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 157, 355–362.
- Velcheva, I. G., (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, 1-7.
- WHO (World Health Organization), (1989). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. World Health Organization (WHO) Technical Report Series No:505, Geneva.
- WHO (World Health Organization), (1993). Guidelines for drinking water quality. Recommendations, vol. 1, 2. Ed. Geneva.