

Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Leuciscus cephalus* (L., 1758)'un Böbrek ve Gonadlarında Ağır Metal Birikimi

Heavy Metal Accumulation in Kidneys and Gonads of *Leuciscus cephalus* (L., 1758) Living in Çeltikçe Stream of Sakarya River

Halit ARSLAN

G.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 06500-
Teknikokullar/Ankara-TÜRKİYE

Ali GÜL

G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 06500-
Teknikokullar/Ankara-TÜRKİYE

Mehmet YILMAZ

G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 06500-
Teknikokullar/Ankara-TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışmada, Çeltikçe Çayı'nda (Sakarya Nehri) yaşayan *Leuciscus cephalus* (L., 1758) bireylerinin böbrek ve gonadlarında Cu, Cd, Pb ve Zn'nin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Ağır metallerin dokulardaki birikimi, diferansiyel puls anodik sıyırma voltametri (DPASV) ile tespit edilmiştir. Çeltikçe Çayı'ndaki *Leuciscus cephalus*'ta tespit edilen Cd (böbrek: 0,71 ppm; gonad: 5,20 ppm), Pb (böbrek: 3,99 ppm; gonad: 31,10 ppm) ve Zn (böbrek: 291,00 ppm; gonad: 183,51 ppm) düzeylerinin kabul edilebilir limit değerlerin üstünde, Cu'nun (böbrek: 1,60 ppm; gonad: 4,74 ppm) ise kabul edilebilir limit değerlerin altında olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Leuciscus cephalus*, ağır metal, birikim, anodik sıyırma voltametri, Çeltikçe Çayı, Sakarya Nehri

ABSTRACT

This study deals with the determination of Cu, Cd, Pb and Zn levels in Leuciscus cephalus (L., 1758) living in Çeltikçe Stream of Sakarya River. The heavy metal accumulation in the tissue of the fish was determined with the use of Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry (DPASV). The levels of the heavy metals found in kidneys and gonads of the fish were as follows: Cd 0.71 and 5.20 ppm; Pb 3.99 and 31.10 ppm and Zn 291.00 and 183.51 ppm. These values were observed to be higher than the acceptable standards. However the level of Cu (1.61 ppm in kidneys and 4.74 ppm in gonads) was lower than the acceptable limits.

Key words: *Leuciscus cephalus*, heavy metal, deposition, anodic stripping voltammetry, Çeltikçe Stream, Sakarya River

1. Giriş

Bilim ve teknolojik gelişmeler suya müdahaleyi artırmış ve su kaynakları kirlilik tehdidi altında kalmaya başlamıştır. Endüstriyel atıklar sucul ortamlardaki en önemli kimyasal kirlilik sebebidir (Şanlı ve ark., 1995). Günümüz endüstrisinde çok sayıda metal ve alaşımın kullanıldığı bilinmektedir. Bunlardan ağır metallerin sulara ulaşması, organizmalar ve dolaylı olarak da insan sağlığı açısından bir risk oluşturmaktadır (Güley ve Vural, 1987). Ağır metalleri, bazı sucul organizmalar belli bir dereceye kadar bünyelerinde depolayabilirler. Bu metaller, organizmalar için zehirli veya zararlı olmasa bile besin zinciri yoluyla insana ulaştığında sağlığını etkilemektedir (Merlini, 1971). Balık dokularındaki metal konsantrasyonları sudaki besin zincirine, av rekabetine, su kimyasına ve göldeki hidrodinamiklere bağlı olarak değişmektedir (Förstner and Wittmann, 1981). Ayrıca organlar arasında metal birikim düzeylerinde de farklılıklar olmaktadır (Jeziarska and Witeska, 2006).

Sucul organizmalar yüksek kadmiyum derişimlerine karşı hassastırlar. Kadmiyum sucul canlıların üremelerini etkilemektedir. Kadmiyumun zehir etkisini suda çinko, bakır gibi ağır metallerin bulunması artırmaktadır (Mc Neely and et al., 1979). Cd, öncelikle böbrek ve karaciğerde birikirken; solungaç, sindirim sistemi ve dalakta da yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir (Jeziarska and Witeska, 2006). Endüstriyel kaynaklı

kirlenme ile doğal sulardaki kurşun miktarı yüksek değerlere çıkabilmektedir. Sertlik ve çözülmüş oksijen miktarının artışı kurşunun balıklar üzerindeki zehir etkisini azaltmaktadır (WHO, 1984). Kurşun, karaciğer, böbrek ve dalak gibi organlar başta olmak üzere sindirim sistemi ve solungaçlarda depolanır (Jeziarska and Witeska, 2006). Bakır, karaciğerde serüloplazmin yapısına girerek kana salınmaktadır. Plazmada bulunan total bakırın %95'ten fazlası serüloplazmin yapısındadır ve bu şekilde dokulara taşınmaktadır (Bora ve Delen, 1981). Çinko, biyolojik olaylarda önemli rol oynamaktadır. Yüksek çinko konsantrasyonu insan aktiviteleri, şehirleşme, boya sanayisi, madencilik, elektro-kaplama ve sentetik fiber üretiminden kaynaklanabilmektedir (Boguis, 1969). Balıkların büyümesinde Zn önemli bir etkiye sahiptir (McMeans and et al., 2007). Zn'nin en yüksek konsantrasyonuna sıklıkla solungaçlarda rastlanmaktadır. Bununla beraber sindirim sistemi, karaciğer ve böbrekte de bulunabilir (Jeziarska and Witeska, 2006). Zn, Cd ve Pb'nin toksisitesine karşı koruyucu bir etkiye sahiptir (Sivaperumal and et al., 2007). Metal kirliliğinin balıkların bağışıklık sisteminde zayıflamaya neden olduğu, dolayısıyla hastalıklara karşı direnç kaybı ve ölüm riskini artırdığı belirtilmektedir (Larsson and Haux, 1985).

Leuciscus cephalus omnivor beslenme özelliğinde olup, Türkiye iç sularında geniş bir yayılış göstermektedir. İleri yaşlarda tamamen predatör özellik kazanmakta ve balık yavrularıyla beslenmektedirler (Geldiay ve Balık, 1988). Bu araştırmada Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *L. cephalus* bireylerinin böbrek ve gonadlarında Cd, Cu, Pb ve Zn birikim düzeylerinin belirlenmesi ve insan sağlığı açısından birikimin önemliliğinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çeltikçe Çayı'ndan avlanan balıklar polietilen kaplarda aynı gün laboratuvara getirilerek ağırlıkları belirlendikten sonra, böbrek ve gonadları alınmıştır. Bu organlar 105 °C etüvde kurutularak 24 saatte sabit tartıma getirilmişlerdir. Sabit tartımda kuru kütleleri belirlenen organlar perklorik asitle (HClO₄) çözülerek analize hazır hale getirilmiştir.

Numunelerdeki ağır metallerin tayini; CHI firması tarafından geliştirilen, CHI 660B model elektrokimyasal analiz cihazının diferansiyel puls anodik sıyırma (DPASV) modu ile yapılmıştır. DPASV’de çalışma elektrodu olarak asılı civa damlası, karşıt elektrot olarak platin tel ve referans elektrot olarak Ag/AgCl elektrot kullanılmıştır. Elektrokimyasal analizle Cd, Cu, Pb ve Zn miktar tayininde standart ekleme metodu kullanılmıştır. Dokulardaki katyon miktarları ppm olarak hesaplanmıştır. Bu yöntem ile çok sayıda element tayin edilebilir ve son derece duyarlıdır (Bord and Faulkner, 1980).

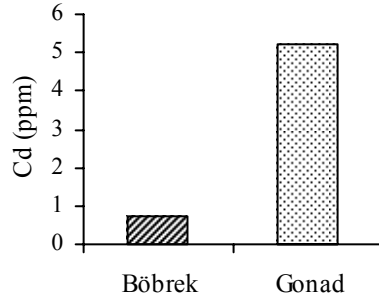
Dokulardaki metal birikim düzeyleri ile örneklerin vücut ağırlıkları arasındaki ilişki için korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. Ağır metal birikimlerinin dokulardaki farklılıklarının önemliliği de t testi ile araştırılmıştır (Düzgüneş, 1983).

3. Bulgular

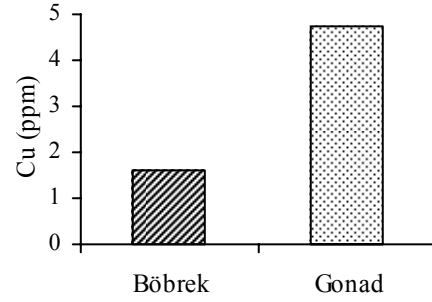
Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı’ndan avlanan *Leuciscus cephalus* bireylerinin böbreğinde ve gonadında belirlenen Cd, Cu, Pb ve Zn miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Cd, Cu ve Pb’nin en fazla gonadada; Zn’nin ise en fazla böbrekte biriktiği belirlenmiştir (Şekil 1–4).

Çizelge 1. *Leuciscus cephalus*’un dokularındaki Cd, Cu, Pb ve Zn değerleri (ppm)

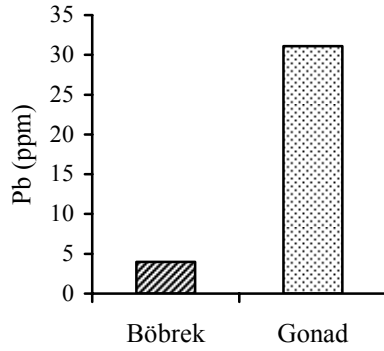
METAL (ppm)	ORGAN		
	Böbrek	Gonad	
Cd	$\bar{X} \pm S$	0,71 ± 0,33	5,20 ± 3,28
	SH	0,088	0,877
Cu	$\bar{X} \pm S$	1,60 ± 0,45	4,74 ± 1,11
	SH	0,120	0,297
Pb	$\bar{X} \pm S$	3,99 ± 1,06	31,10 ± 3,91
	SH	0,283	1,045
Zn	$\bar{X} \pm S$	291,00 ± 150,89	183,51 ± 44,82
	SH	40,345	11,984



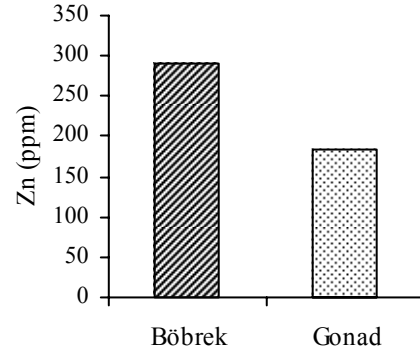
Şekil 1. *Leuciscus cephalus*'un dokularında Cd birikim düzeyleri



Şekil 2. *Leuciscus cephalus*'un dokularında Cu birikim düzeyleri



Şekil 3. *Leuciscus cephalus*'un dokularında Pb birikim düzeyleri

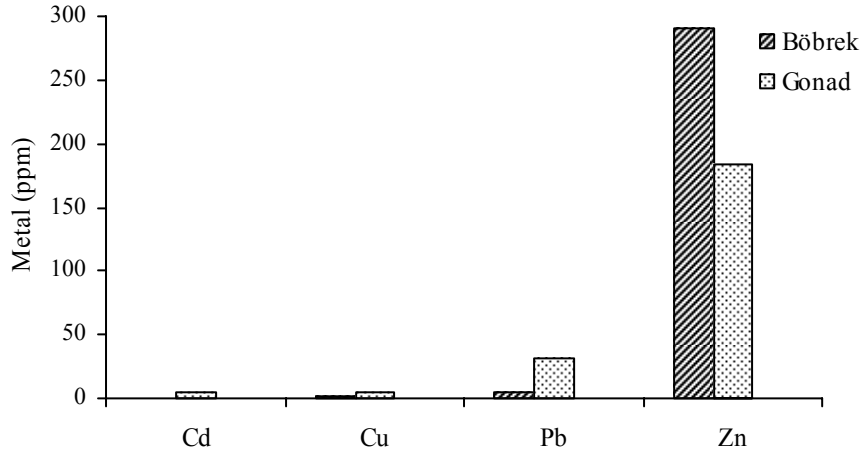


Şekil 4. *Leuciscus cephalus*'un dokularında Zn birikim düzeyleri

Metal birikimlerinin dokular arasındaki farklılığının önemlilikleri (t testi) hesaplanmış ve değerler Çizelge 2 ve Şekil 5'te verilmiştir. Cd'nin, Cu'nun, Pb'nin ve Zn'nin böbrek-gonaddaki birikim düzeyleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 2. *Leuciscus cephalus*'un böbrek ve gonadlarındaki Cd, Cu, Pb ve Zn birikim düzeylerinin karşılaştırılması

Metal	Böbrek-Gonad	
	t	p
Cd	5,094	p > 0,05
Cu	9,813	p > 0,05
Pb	25,055	p > 0,05
Zn	2,554	p > 0,05



Şekil 5. *Leuciscus cephalus*'un böbrek ve gonadlarındaki Cd, Cu, Pb ve Zn birikim düzeylerinin karşılaştırılması

Dokulardaki birikimin metaller arasındaki farklılığının önemlilikleri (t testi) hesaplanmış ve değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Böbrekte Cd-Cu, Cd-Pb, Cd-Zn, Cu-Pb, Cu-Zn ve Pb-Zn'nin; gonadda Cd-Pb, Cd-Zn, Cu-Pb, Cu-Zn ve Pb-Zn'nin birikim düzeyleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3. *Leuciscus cephalus*'un böbrek ve gonadlarındaki Cd-Cu, Cd-Pb, Cd-Zn, Cu-Pb, Cu-Zn ve Pb-Zn birikimlerinin karşılaştırılması

Metaller	Böbrek		Gonad	
	t	p	t	p
Cd-Cu	5,973	p > 0,05	0,497	p < 0,05
Cd-Pb	11,081	p > 0,05	18,988	p > 0,05
Cd-Zn	7,195	p > 0,05	14,839	p > 0,05
Cu-Pb	7,785	p > 0,05	24,272	p > 0,05
Cu-Zn	7,173	p > 0,05	14,912	p > 0,05
Pb-Zn	7,114	p > 0,05	12,670	p > 0,05

4. Tartışma ve Sonuç

Çeltikçe Çayı'ndan avlanan *Leuciscus cephalus* bireylerinde ağır metallerin dokulardaki birikim düzeyinin Cd, Cu ve Pb'nin gonad>böbrek; Zn'nin ise böbrek>gonad şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Dokulardaki metal birikimlerinin önemliliği t testi ile hesaplanmıştır. Cd'nin, Cu'nun, Pb'nin ve Zn'nin böbrek-gonaddaki birikim düzeyleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Böbrekte Cd-Cu, Cd-Pb, Cd-Zn, Cu-Pb, Cu-Zn ve Pb-Zn'nin; gonadda Cd-Pb, Cd-Zn, Cu-Pb, Cu-Zn ve Pb-Zn'nin birikim düzeyleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu anlaşılmıştır.

Zamantı Irmağı'ndan avlanan *Leuciscus cephalus* bireylerinin böbreğinde Cu'nun 0,01–45,21, Zn'nin 0,0–62,0; *Esox lucius* bireylerinin böbreğinde Cu'nun 0,012–0,76, Zn'nin 0,26–9,72 ppm (k.a) arasında olduğu bildirilmiştir (Ergene ve Saraymen, 1998). Sazanlarda Cu birikiminin karaciğer>böbrek>gonad>kas şeklinde olduğu belirtilmektedir (Karahan, 1991). Cd, Cu, Pb ve Zn ağır metallerinin Almus Baraj Gölü'nden yakalanan *Capoeta trutta* ve *Cyprinus carpio*'nun gonadlarında ve solungaçlarında, kaslarından daha yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Cu hariç diğer tüm ağır metallerin *Capoeta trutta*'da *Cyprinus carpio*'dan daha az

konsantrasyonlarda olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Almus Baraj Gölü balıklarının ağır metal kirliliği tehdidi altında olmadığı belirtilmektedir (Karataş ve ark., 2007).

Keban Baraj Gölü'nden alınan *Acanthobrama marmid*, *Cyprinus carpio* ve *Chondrostoma regium* türlerinin kas, deri, karaciğer, solungaç ve gonadlarındaki Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Co, Cd, Pb ağır metal miktarları araştırılmış olup, hiçbir dokuda Co, Cr, Cd, Mn ve Pb ağır metallerine rastlanılmadığı belirtilmiştir. İncelenen dokularda sadece Fe, Cu ve Zn bulunmuştur (Çatla ve Canpolat, 2006). Tuzla Lagünü'nden avlanan bazı türlerin gonadlarında Zn, Cd, Cu ve Pb birikimleri belirlenmiştir. *Dicentrarchus labrax*'da Zn 41,5-58,8, Cd 0,11-0,47, Cu 1,16-3,38, Pb 0,85-1,39; *Sparus aurata*'da Zn 19,5-41,5, Cd 0,11-0,40, Cu 0,48-0,65, Pb 0,81-1,10 ve *Mugil cephalus*'da Zn 25,7-68,5, Cd 0,08-0,21, Cu 1,07-1,14, Pb 0,41-1,88 µg/g (k.a) arasında bulunmuştur (Dural ve ark., 2007). İskenderun Körfezi'nde farklı istasyonlardan avlanan *Mugil cephalus* bireylerinin gonadındaki Cu miktarının 13,01–44,50, Pb miktarının 30,93–90,97, Zn miktarının 170,08–269,06; *Sparus aurata* bireylerinin gonadındaki Cu miktarının 5,06–19,02, Pb miktarının 6,40–75,31, Zn miktarının 66,56–155,66 µg/g (y.a) arasında olduğu bildirilmiştir (Yılmaz, 2005).

Slovakya da çeşitli nehir ve derelerinden avlanan *Salmo trutta m. fario*, *Salmo marmoratus*, *Salevelinus fontinalis* ve *Oncorhynchus mykiss* türleri için böbrekteki ortalama Cu 1,67, Zn 23,1; *Thymallus thymallus*'da Cu 0,57, Zn 15,4; *Leuciscus c. cephalus*'da Cu 0,50, Zn 112; *Chondrostoma nasus*'da Cu 0,44, Zn 20,3; *Rutilus pigus virgo*'da Cu 0,43, Zn 270 ve *Barbus barbus*'da Cu 0,94, Zn 16,1 mg/kg (y.a) olarak bulunmuştur (Bajc and et al., 2005). Vah Nehri boyunca toplanan *Rutilus rutilus*, *Leuciscus idus*, *Leuciscus cephalus*, *Barbus barbus* ve *Silurus glanis* türleri için böbrekteki Cd miktarının 0,156–0,839, Pb miktarının 0,039–1,151, Zn miktarının 14,702–239,03 mg/kg değerleri arasında bulunmuştur (Andreji and Stránai, 2002). Neretva Irmağı'ndan avlanan *Leuciscus svallizi*, *Cyprinus carpio*, *Tinca tinca*, *Mugil cephalus*, *Anguilla anguilla* bireylerinde Pb miktarının böbreklerde sırasıyla 0,115, 0,404, 0,113, 0,111, 0,127, gonadlarda 0,114, 0,121, 0,096; Cd miktarının böbreklerde

0,184, 0,504, 0,282, 0,208, 0,145, gonadlarda 0,029, 0,106, 0,099 mg.kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. *Mugil cephalus* ve *Anguilla anguilla* bireylerinin gonadlarında Pb ve Cd'ye rastlanılmadığı ifade edilmektedir (Has-Schön and et al., 2006).

Notothenia corriceps'de Zn'nin dişilerin gonadında 28,10, erkeklerde 21,10; Cu'nun dişilerin gonadında 1,86, erkeklerde 1,66; Zn'nin dişilerin böbreğinde 23,69, erkeklerde 23,30; Cu'nun dişilerin böbreğinde 1,72, erkeklerde 1,56 µg/g (y.a) olduğu bildirilmiştir (Marquez and et al., 1998). *Epinephelus microdon* bireylerinin böbreğinde Cd 0,41, Cu 4,26, Pb 2,61, Zn 47,73 µg/g (y.a) olarak bildirilmiştir (Ashraf, 2005). Okeechobee Gölü'nden yakalanan *Lepisosteus platyrhincus*'un gonadındaki Cd'nin 0,008, Pb'nin ise 0,018 ppm (y.a) olarak bulunduğu belirtilmiştir. Belirlenen değerlerin insan tüketimi için risk oluşturmadığı ifade edilmektedir (Burger and et al., 2004). Alaska'nın Adak Adası'ndan avlanan *Myoxocephalus polyacanthocephalus*'un böbreğindeki Cd miktarı 63, Pb miktarı 48, *Hippoglossoides elassodon*'un böbreğindeki Cd miktarı 230, Pb miktarı 1236 ppb (y.a) olarak tespit edilmiştir (Burger and et al., 2007).

Finlandiya Körfezi'nin kıyısız bölgelerindeki çeşitli istasyonlardan alınan *Clupea harengus membras*, *Osmerus eperlanus*, *Zoarces viviparus*, *Gasterosteus aculeatus*, *Myoxocephalus quadricornis*, *M. scorpius*, *Cyclopterus lumpus*, *Perca fluviatilis*, *Platichthys flesus* ve *Psetta maxima* bireylerinin gonadındaki Cd miktarının 0,02-0,24 mg/kg (k.a) arasında olduğu bildirilmiştir. Cd'nin böbrekteki miktarı *Psetta maxima* için 0,18, *Platichthys flesus* için 0,65, *Myoxocephalus scorpius* için 0,12, *Myoxocephalus quadricornis* için 0,05 mg/kg olarak bulunmuştur. İki farklı istasyondan alınan *Osmerus eperlanus* bireylerinin böbreklerindeki Cd miktarı 0,20 ve 0,23 mg/kg (k.a) olarak bulunmuştur (Voigt, 2003). Hong Kong'daki farklı sucül ortamlardan alınan türlerin gonadlarındaki ağır metallerin tespitinde; *Epinephelus areolatus*'un gonadında Cd 0,03-0,14, Cu 2,67-3,85, Pb 0,34-2,41, Zn 612-700; *Sparus sabra*'da Cd 0,02-0,05, Cu 0,46-2,97, Pb 0,04-0,46, Zn 84,1-762 ve *Lutjanus russelli*'de Cd <0,01-0,07, Cu 1,83-5,30, Pb 0,20-2,32, Zn 219-358 µg/g (k.a) arasında olduğu tespit edilmiştir (Wong and et al., 2001). Galician Nehri'nde çeşitli istasyonlardan alınan *Salmo trutta* bireylerinin böbreğinde Cu miktarının 7,71-20, Zn miktarının 160-210 µg/g (k.a)

arasında olduğu saptanmıştır (Lamas and et al., 2007). Pamvotis Gölü'nden yakalanan *Cyprinus carpio*, *Silurus aristotelis*, *Rutilus ylikiensis* ve *Carassius gibelio* türleri için gonaddaki ortalama Cu miktarı 2,74; Zn miktarı 51,43 µg/g (k.a) olarak bulunmuştur (Papagiannis and et al., 2004).

Bu araştırmadaki *Leuciscus cephalus* bireylerinin böbrek ve gonadlarındaki ağır metal düzeyleri çeşitli araştırmacıların değişik su sistemlerindeki *Leuciscus cephalus* bireyleri ve farklı türler için bildirdikleri sonuçların bir kısmı ile benzerlik gösterirken bir kısmı ile de farklılıklar göstermektedir. Metallerin birikim düzeylerinde kabul edilebilir limit değerlerin Zn için 50 mg/kg, Cd için 0,1 mg/kg, Pb için 0,4 mg/kg ve Cu için 20 mg/kg olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2002).

Ağır metallerin zehirlilik düzeylerinin canlı türlerine, canlının yaşına, beslenme alışkanlıklarına, metalin emilim miktarına, ortamdaki konsantrasyonuna, vücuda alınış yollarına, türüne ve ağır metale maruz kalış süresine bağlı olarak değişebileceği bildirilmektedir. Ayrıca balığın organlarında farklılıklar gösterebileceği de belirtilmektedir (Bat ve ark., 1999; Kargın ve Erdem, 1989). Ağır metallerin balıklar üzerindeki toksik etkilerinde sıcaklık, pH, sertlik ve oksijen gibi faktörlerinde etkili olduğu belirtilmektedir (Öztürk ve Bat, 1995).

Çeltikçe Çayı'ndaki *Leuciscus cephalus*'ta tespit edilen Cd (böbrek: 0,71; gonad: 5,20), Pb (böbrek: 3,99; gonad: 31,10) ve Zn (böbrek: 291,00; gonad: 183,51) düzeylerinin kabul edilebilir limit değerlerin üstünde, Cu'nun (böbrek: 1,60; gonad: 4,74 ppm) ise kabul edilebilir limit değerlerin altında olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre Çeltikçe Çayı'ndaki metal kirliliği açısından Cd, Pb ve Zn'nin *Leuciscus cephalus* bireylerinde önemli olduğu, dolayısıyla yöre halkı tarafından besin olarak tüketilmesinde de önemli risk taşıdığı anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- Andreji, J., Stránai, I. (2002). Akumulácia jednotlivých ťažkých kovov vo vybraných tkanivách rýb. In: Zborník prác z medzinárodnej vedeckej konferencie, "Rizikové faktory potravinového reazca". Nitra: VES SPU, 2002, s. 7-9, ISBN 80-8069-076-6.
- Anonim, (2002). Regulation of Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs, Official Gazete, October 16, Iss: 24908.
- Ashraf, W. (2005). Accumulation of Heavy Metals in Kidney and Heart Tissues of *Epinephelus microdon* Fish From The Arabian Gulf. *Environ. Monit. Assess.*, 101, 311-316.
- Bajc, Z., Gacnik, K.S., Jencic, V., Doganoc, Z.D. (2005). The Contents of Cu, Zn, Fe and Mn in Slovenian Freshwater Fish. *Slov. Vet. Res.*, 42(1/2), 15-21.
- Bat, L., Gündođdu, A., Öztürk, M. (1999). Ağır Metaller. *S.D.Ü. Eđridir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6, 166-175.
- Boguis, L. (1969). Effects of The Endocrine Pancreas in Chinese Hamsters Fed Zinc Deficient Diets. *Acta. Pathol. and Microbiol. Sci.*, 76, 215-228.
- Bora, T., Delen, N. (1981). *Türkiye'de Bitkisel Üretimde Tarımsal İlaç Sorunu ve Öneriler*. Tar. Kom. Tebl., 809- 24, İzmir.
- Bord, J. A., Faulkner, L. R. (1980). "Electrochemical Methods" Jonh Wiley & sign inc. 413 U.S.A.
- Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C., Burke, S., Stamm, T. (2007). Metal Levels in Flathead Sole (*Hippoglossoides elassodon*) and Greaf Sculpin (*Myoxocephalus polyacanthocephalus*) From Adak Island, Alaska: Potential Risk to Predators and Fishermen. *Environmental Research*, 103, 62-69.
- Burger, J., Orlando, E.F., Gochfeld, M., Binczik, G.A., Guillette Jr., L.J. (2004). Metal Levels in Tissues of Florida Gar (*Lepisosteus platyrhincus*) From Lake Okeechobee. *Environ. Monit. Assess.*, 90, 187-201.
- Çatla, M., Canpolat, Ö. (2006). The Comparison of Three Cyprinid Species in Term of Heavy Metals Accumulation in Some Tissues. *Water Environment Research*, 78(5), 548-551.

- Dural, M., Lugal Göksu, M.Z., Özak, A.A. (2007). Investigation of Heavy Metal Levels in Economically Important Fish Species Captured From The Tuzla Lagoon. *Food Chemistry*, 102, 415-421.
- Düzgüneş, O. (1983). *Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları*. İzmir: Ege Üniv. Matbaası.
- Ergene, S., Saraymen, R. (1998). Accumulations of Copper and Zinc in Some Fish Species From Zamantı River. *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(4), 891-900.
- Förstner, G., Wittmann T. (1981). Metal Pollution in The Aquatic Environment, Berlin Heidelberg. *Newyork Springer Verlag*, 3(21), 271-318.
- Geldiay, R. ve Balık, S., (1988). *Türkiye Tatlısu Balıkları*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 97, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 519s.
- Güley, M., Vural, N. (1987). *Toksikoloji*. Ankara Üniversitesi Yayınları, No:48.
- Has-Schön, E., Bogut, I., Strelec, I. (2006). Heavy Metal Profile in Five Fish Species Included in Human Diet, Domiciled in The End Flow of River Neretva (Croatia). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 50, 545-551.
- Jeziarska, B., Witeska, M. (2006). The Metal Uptake and Accumulation in Fish Living in Polluted Waters. *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*, 69, 107-114.
- Karahan, B. (1991). *Radyonla Alınan Bakırın Sazanların Dokularında Birikimi, Büyüme ve Üreme Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. A.Ü. Fen Bil. Ens., Su Ur. A.D., Ankara.
- Karataş, M., Seker, Y., Sezer, M. (2007). Heavy Metal Levels of Two Cyprinid Species (*Cyprinus carpio* and *Capoeta trutta*) Populated in Almus Dam Lake, Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 19(1), 574-578.
- Kargın, F., Erdem, C., (1989). Farklı Cu Konsantrasyonlarının *T. nilotica*'da Birikimi ve Mortalite Üzerine Etkileri. *Ç.Ü. Fen Bil. Ens., Fen ve Müh. Bil. Derg.*, 3(2), 53-66.
- Lamas, S., Fernandez, J.A., Aboal, J.R., Carballeira, A. (2007). Testing The Use of Juvenile *Salmo trutta* L. As Biomonitors of Heavy Metal Pollution in

- Freshwater, *Chemosphere*, 67, 221-228.
- Larsson, A., Haux, C. (1985). Fish Physiology and Metal Pollution: Result and Experiences From Laboratory and Field Studies. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 9, 250-281.
- Marquez, M., Vodopivec, C., Casaux, R., Curtosi, A. (1998). Metal (Fe, Zn, Mn and Cu) Levels in The Antarctic Fish *Notothenia corriceps*. *Polar. Biol.*, 20, 404-408.
- McMeans, C. B., Borga, K., Bechtol, R. W., Higginbotham, D., Fisk, T. A. (2007). Essential and Non-essential Element Concentrations in Two Sleeper Shark Species Collected in Arctic Waters. *Environmental Pollution*, 148, 281-290.
- Mc Neely, R. N., Neimanis, V. P., Dwyer, L. (1979). Water quality Sourcebook-Aguide to water quality parameters : Inland Waters Directorate, *Water Quality Branch*, Ottawa Canada, 88.
- Merlini, M., (1971). Heavy Metal Contamination, in Impingement of Man on The Oceans. *London and Newyork*, 461-468.
- Öztürk, M., Bat, L., (1995). *Altinkaya Barajı'nda Yaşayan C. carpio Türünün Çeşitli Organ ve Dokularındaki Bazı Ağır Metallerin Birikimi*, 2. Ul. Eko. ve Çevre Kong. Bild., 651-657, Ankara.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D., Kalfakakou, V. (2004). Copper and Zinc in Four Freshwater Fish Species From Lake Pamvotis (Greece). *Environmental International*, 30, 357-362.
- Sivaperumal, P., Sankar, T. V., Viswanathan Nair, P. G. (2007). Heavy Metal Concentrations in Fish, Shellfish and Fish Products From Internal Markets of India Vis-a-vis International Standards. *Food Chemistry*, 102, 612-620.
- Şanlı, Y., Kaya, S., Pirinçci, İ., Yavuz, H., Baydan, E., Demet, Ö., Bilgili, A. (1995). *Veteriner Klinik Toksikoloji* (2. Baskı). Ankara: Medisan Yayınevi.
- 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. Anim. Sci.*, 29, 257-262.
- Voigt, H.R. (2003). Concentrations of Mercury and Cadmium in Some Coastal Fishes From The Finnish and Estonian Parts of The Gulf of Finland. *Proc. Estonian*

Acad. Sci.Biol. Ecol., 52(3), 305-318.

Wong, C.K., Wong, P.P.K., Chu, L.M. (2001). Heavy Metal Concentrations in Marine Fishes Collected From Fish Culture Sites in Hong Kong. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 40, 60-69.

World Health Organization (WHO) (1984). Guidelines for Drinking Water Quality, Health Criteria and Other Supporting Information, *WHO Publ.*, Geneva, Switzerland, 2, 335.