



## ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.  
2017; 31 (3): 173 - 179  
http://www.fusabil.org

Mücahit EROĞLU  
Mustafa DÜŞÜKCAN  
Özgür CANPOLAT  
Metin ÇALTA  
Dursun ŞEN

Fırat Üniversitesi,  
Su Ürünleri Fakültesi,  
Su Ürünleri Temel Bilimleri,  
Elazığ, TÜRKİYE

### Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794)'nın Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi \*

Bu çalışmada, Keban Baraj Gölü'nde yaşayan dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus*) kas dokusunda bazı ağır metallerin birikim düzeyleri araştırıldı. Bu amaçla, balıkların yaşam bölgesinden alınan su örneklerinde ve balıkların kas dokusunda bakır (Cu), demir (Fe), çinko (Zn), krom (Cr), kadmium (Cd) ve kurşun (Pb) elementlerinin birikim düzeyleri araştırıldı. Pb elementinin miktarı Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometre (ICP-OES) cihazının okuma duyarlılığının altında olduğundan belirlenemedi. Su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değiştiği tespit edildi. *M. mastacembelus*'un kas dokusunda tespit edilen ağır metallerin birikim oranlarının balığın vücut ağırlığı, vücut uzunluğu ve eşeyine bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edildi. Sonuç olarak, *M. mastacembelus*'un kas dokusunda tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının Çevre Koruma Ajansı (EPA), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Türk Gıda Kodeksi (TGK)'nin önerdiği kabul edilebilir ağır metal değerlerinin altında olduğu belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Dikenli Yılan Balığı, *Mastacembelus mastacembelus*, ağır metal, kas, Keban Baraj Gölü

#### Determination of Some Heavy Metals in the Muscle Tissue of Spiny Eel (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solander, 1794)

In this study, the levels of some heavy metals in the muscle tissue of spiny eels (*Mastacembelus mastacembelus*) living in Keban Dam Lake were investigated. For this purpose, the levels of copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), chromium (Cr), cadmium (Cd) and lead (Pb) were investigated in the muscle tissue of spiny eels and in their surrounding water. The Pb was not determined due to being below of Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) detection limit. The concentrations of heavy metals in the water samples were found to vary by season. It was found that the levels of heavy metals detected in muscle of *M. mastacembelus* varied depending on the body weight, body length and sex of the fish. In conclusion, it was determined that the levels of heavy metals detected in muscle tissue of *M. mastacembelus* were below the acceptable values suggested by Environmental Protection Agency (EPA), Food and Agriculture Organization (FAO) and Turkish Food Codex (TGK).

**Key words:** Spiny Eel, *Mastacembelus mastacembelus*, heavy metal, muscle, Keban Dam Lake

#### Giriş

Ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı bölge olduğundan ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısımlar halini almıştır. Doğal dengeyi bozan bu kirlenmeye sebep olan maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak sınıflandırılabilir. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır (1).

Endüstriyel ve evsel atık sular ile bir milyon kadar farklı kirlenmenin doğal sulara girdiği tahmin edilmektedir (2). Bu kirlenmelerden endüstriyel atık sular çok değişik karakterde olmaları, toksik etki meydana getirmeleri ve ihtiva ettikleri bazı maddelerin (özellikle ağır metaller) besin zincirinde birikerek insan sağlığını da tehdit etmelerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Özellikle kadmium, civa, kurşun ve krom gibi ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılmadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda, sulara yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölebilir, hatta bu su ürünleriyle beslenen insanların yaşamı da tehlikeye girebilir. Toksik maddeler suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile (örneğin 1 mg/L) insan sağlığına zarar vererek hastalıklara ve hatta ölüme sebep olur (3).

Genel olarak kirlenmeler, kalıcılıkları, zehirlilik dereceleri ve biyoakümülatif kapasitelerine göre sınıflandırılırlar. Bütün bu özelliklerin hepsine sahip maddeler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından "Kara

\* Bu çalışmayı, 1432 nolu münferit araştırma projesi olarak destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

Geliş Tarihi : 23.06.2017  
Kabul Tarihi : 02.10.2017

#### Yazışma Adresi Correspondence

Mücahit EROĞLU  
Fırat Üniversitesi,  
Su Ürünleri Fakültesi,  
Su Ürünleri Temel Bilimleri,  
Elazığ - TÜRKİYE

meroglu44@firat.edu.tr

Liste" maddeleri olarak nitelendirilmektedir. Bu "Kara Liste"de, 114'ü organik bileşikler, 13'ü de ağır metaller olmak üzere toplam 127 öncelikli kirletici bulunmaktadır (4).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından "Kara Liste" de yer alan maddeler arasında ağır metaller oldukça önemlidir. Günümüzde oldukça yaygın olan ağır metal kirliliği meydana getiren beş kaynak vardır; (a) jeolojik olaylar, (b) maden filizleri ve metallerin endüstriyel üretimi, (c) metal ve metal bileşiklerinin kullanımı, (d) çöp ve katı atıkların doğaya boşaltılması, (e) ağır metal içeren hayvan ve insan atıkları (2, 5-11). Şehirleşme, endüstri ve metalurji alanında son yıllarda yaşanan hızlı ilerlemelere paralel olarak bakır, çinko, alüminyum, demir, civa, nikel, kobalt, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metallerin kağıt, plastik sanayi, kaplamacılık, boya sanayi, pil ve zirai ilaç yapımında kullanılmaları sonucu, bu metallerin sucul ekosistemlerdeki derişimlerinde artış olduğu tespit edilmiştir (12).

Bu çalışmada, Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Mastacembelus mastacembelus*'un kas dokusunda bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Gereç ve Yöntem

**Çalışma Bölgesi:** Keban Barajı, Elazığ ilinin 45 km kuzeybatısında ve Malatya ilinin 65 km kuzeydoğusunda olup, Karasu ile Murat Nehirleri'nin birleştiği yerden 10 km daha güneybatıda Keban ilçesi civarında 1975 yılında inşa edilmiştir. Keban Baraj Gölü, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 38°37' ile 39°20' kuzey enlemleri; 38°15' ile 39°52' doğu boylamları arasında yer alır (13).

**Kimyasallar ve Cihazlar:** Çalışmada, analitik saflıkta kimyasallar kullanıldı. Çözeltilerin hazırlanmasında distile su kullanıldı. Tüm plastik ve cam malzemeler 0.1 N nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) çözeltisi ile yıkandıktan sonra distile su ile durulandı. Kas dokunun parçalanması için kullanılan HNO<sub>3</sub> Merck firmasından sağlandı. Kurutma işlemi için fırın ve desikatör kullanıldı. Ağır metal konsantrasyonları ICP-OES (Perkin Elmer Optima 5300 DV) ile belirlendi.

**Balıkların Elde Edilmesi ve Analizler:** Balık örnekleri, Keban Baraj Gölü'nde galsama ağı ile avcılık yapan balıkçılardan temin edilmiş olup, soğuk zincir uygulamasıyla laboratuara nakledildi. Toplam 37 adet balığın total boyları (mm) ve ağırlıkları (g) belirlendikten

sonra, yaklaşık 10 g kas dokusu (deriden temizlenmiş) alındı. Her bir kas örneği önceden 0.1 N nitrik asit çözeltisi ile yıkanmış, kurutulmuş ve boş ağırlıkları tartılmış olan 4 mL'lik kapaklı cam şişelere koyuldu ve tekrar tartıldı. Daha sonra 105 °C'de 24 saat boyunca fırında bekletildi ve sonra bir desikatörde birkaç gün boyunca bırakıldı. Kas dokularının kuru ağırlığını elde etmek için şişeler tekrar tartıldı ve her bir şişeye 2 mL nitrik asit ilave edilerek bir sıcak plaka üzerinde parçalamaya işlemine bırakıldı. Beyaz bir duman oluşuncaya kadar parçalanmaya maruz bırakılan numuneler, daha sonra oda sıcaklığında 24 saat bekletildi ve de-iyonize distile su ile 50 mL'ye seyreltildi.

Keban Baraj Gölü'nde, *M. mastacembelus* örneklerinin yakalandığı bölgeden mevsimsel olarak su örnekleri alındı. Sudaki ağır metal analizi için, 50 mL su numunesi alınarak Kjeldahl balonlarına koyuldu, içine nitrik asit ve sülfürik asit (5/10) karışımından 5 mL ilave edilerek mineralizasyon işlemine tabi tutuldu ve 25 mL'ye deriştirildi. Kalibrasyon grafikleri için standart solüsyonlar hazırlandı. Kör numuneler yukarıdaki prosedüre uygun olarak, ancak kas numuneler olmadan hazırlandı (14). Başta kör numuneler olmak üzere, tüm numuneler Cu, Cr, Cd, Fe ve Zn seviyelerinin belirlenmesi için ICP-OES cihazı ile analiz edildi.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS 22 paket programı kullanıldı. Ağır metallerin eşeye bağlı birikimleri arasındaki farkı belirlemek için t-testi, ağırlık ve uzunluk grupları arasındaki farkı belirlemek için ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulandı.

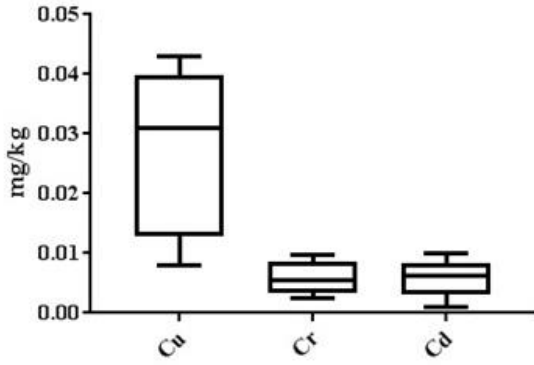
## Bulgular

Mevsimsel olarak Keban Baraj Gölü su örneklerinde belirlenen Cu, Fe, Zn, Cr ve Cd konsantrasyonları Tablo 1'de verildi.

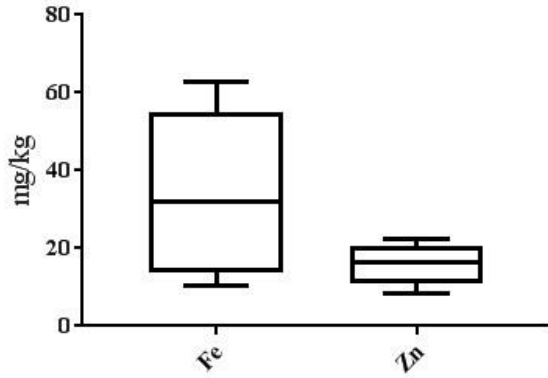
*M. mastacembelus*'un kas dokusunda Cu, Fe, Zn, Cr ve Cd elementlerinin birikim düzeyleri tespit edilmiş olup, ağır metal konsantrasyonlarının balık ağırlığı, balık uzunluğu ve eşeye bağlı olarak değişim gösterdiği belirlendi. Kas dokuda belirlenen elementlerin konsantrasyonları karşılaştırıldığında en fazla birikim gösteren elementin Fe (32.608 mg/kg), en az birikim gösteren elementin ise Cr (0.0059 mg/kg) olduğu tespit edildi. Cu, Cd ve Zn elementlerinin konsantrasyonları ise sırasıyla 0.028 mg/kg, 0.0060 mg/kg ve 16.326 mg/kg olarak belirlendi (Şekil 1, 2).

**Tablo 1.** Keban Baraj Gölü su örneklerinde tespit edilen ağır metaller ve konsantrasyonları (mg/L)

Ağır Metaller	Mevsimler				Ortalama±S.S.
	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	
Cu	0.0049	0.0035	0.0034	0.0048	0.0042±0.00081
Fe	0.3170	0.2790	0.3017	0.3361	0.3085±0.02417
Zn	0.0161	0.0148	0.0160	0.0180	0.0162±0.00132
Cr	0.0057	0.0060	0.0064	0.0067	0.0062±0.00044
Cd	0.0012	0.0013	0.0016	0.0021	0.0016±0.00042

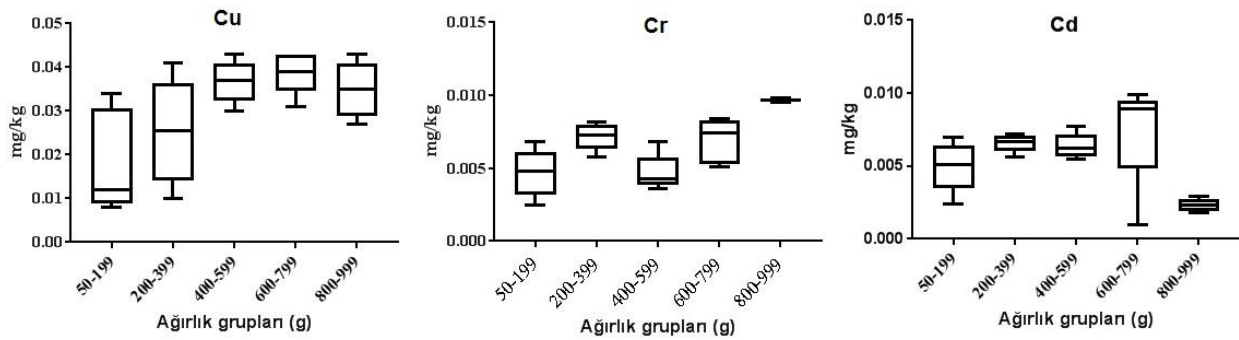


**Şekil 1.** *M. mastacembelus*'un kas dokusunda Cu, Cr ve Cd birikim düzeyleri



**Şekil 2.** *M. mastacembelus*'un kas dokusunda Fe ve Zn birikim düzeyleri

Araştırma süresince incelenen 37 adet *M. mastacembelus*'un ağırlığı 50.1-982.9 g arasında tespit edilmiş olup, balıklar 50-199 g (A1), 200-399 g (A2), 400-599 g (A3), 600-799 g (A4) ve 800-999 g (A5) şeklinde beş farklı ağırlık grubuna ayrıldı ve ağırlık gruplarına bağlı olarak ağır metallerin birikim düzeyleri karşılaştırıldı.



**Şekil 3.** *M. mastacembelus*'un kas dokusunda ağırlık gruplarına bağlı olarak Cu, Cr ve Cd birikim düzeyleri

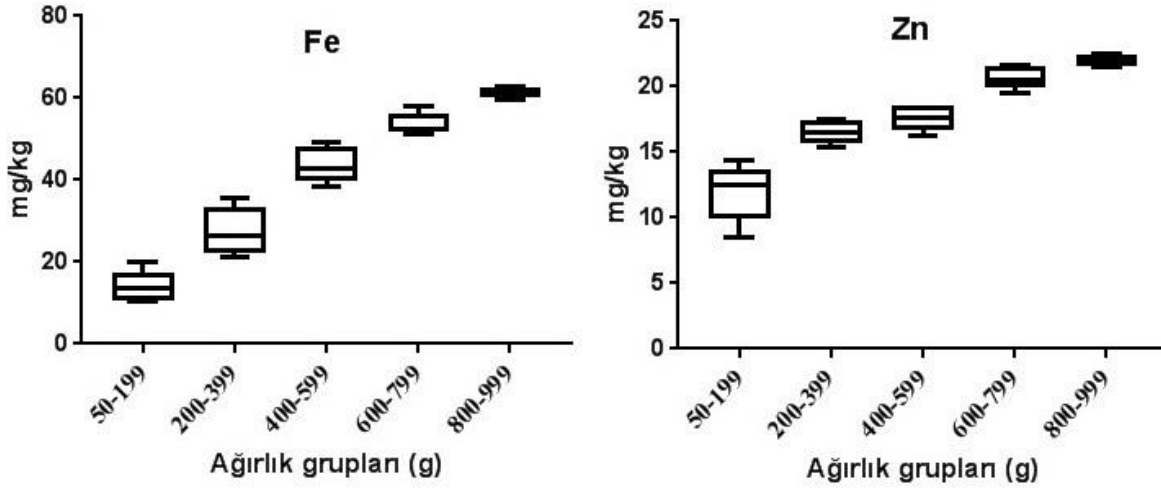
En düşük Cu konsantrasyonu A1 ağırlık grubunda 0.018 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise A4 ağırlık grubunda 0.038 mg/kg olarak tespit edildi. Ağırlık grubu arttıkça Cu konsantrasyonunun da düzenli bir şekilde artış gösterdiği belirlenmiş olup, sadece A5 ağırlık grubunda bir düşüş olduğu görüldü (Şekil 3). Ayrıca, Cu birikiminin ağırlık gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulundu.

En düşük Cr konsantrasyonu A1 ağırlık grubunda 0.0046 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise A4 ağırlık grubunda 0.0069 mg/kg olarak tespit edildi. Ağırlık grubuna bağlı olarak Cr konsantrasyonunda düzensiz bir şekilde artış ve azalmalar olduğu belirlendi (Şekil 3). Ayrıca, Cr birikiminin ağırlık gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulundu.

En düşük Cd konsantrasyonu A1 ağırlık grubunda 0.0051 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise A4 ağırlık grubunda 0.0075 mg/kg olarak belirlendi. Ağırlık grubu arttıkça Cd konsantrasyonunun da düzenli bir şekilde artış gösterdiği (A5 hariç) tespit edildi (Şekil 3). Ayrıca, Cd birikiminin ağırlık gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulundu.

En düşük Fe konsantrasyonu A1 ağırlık grubunda 13.58 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise A5 ağırlık grubunda 61.21 mg/kg olarak tespit edildi. Ağırlık grubu arttıkça Fe konsantrasyonunun da düzenli bir şekilde artış gösterdiği belirlendi (Şekil 4). Ayrıca, Fe birikiminin ağırlık gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulundu.

En düşük Zn konsantrasyonu A1 ağırlık grubunda 12.02 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise A5 ağırlık grubunda 22.00 mg/kg olarak tespit edildi. Ağırlık grubu arttıkça, Zn konsantrasyonunun da düzenli bir şekilde artış gösterdiği belirlendi (Şekil 4). Ayrıca, Zn birikiminin ağırlık gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulundu.



**Şekil 4.** *M. mastacembelus*'un kas dokusunda ağırlık gruplarına bağlı olarak Fe ve Zn birikim düzeyleri

Araştırma süresince incelenen balıkların total boyları 301-735 mm arasında olup, balıklar 300-399 mm (U1), 400-499 mm (U2), 500-599 mm (U3), 600-699 mm (U4) ve 700-799 mm (U5) olmak üzere beş farklı uzunluk grubuna ayrıldı ve uzunluk gruplarına bağlı olarak ağır metallerin birikim düzeyleri karşılaştırıldı.

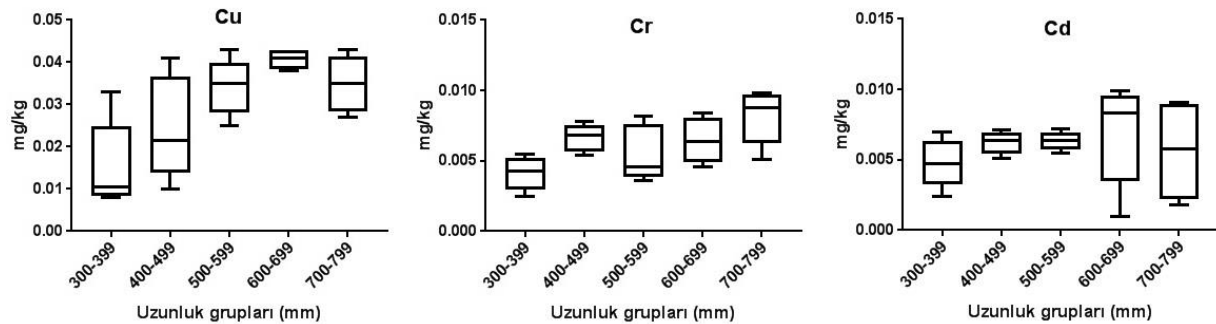
En düşük Cu konsantrasyonu U1 uzunluk grubunda 0.0153 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise U4 uzunluk grubunda 0.0408 mg/kg olarak tespit edildi. Uzunluk grubu arttıkça Cu konsantrasyonunun da düzenli bir şekilde artış gösterdiği belirlenmiş olup, sadece U5 uzunluk grubunda bir düşüş olduğu görüldü (Şekil 5). Ayrıca, Cu birikiminin uzunluk gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulundu.

En düşük Cr konsantrasyonu U1 uzunluk grubunda 0.0042 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise U5 uzunluk grubunda 0.0081 mg/kg olarak tespit edildi. Uzunluk grubuna bağlı olarak Cr konsantrasyonunda düzensiz bir şekilde artış ve azalmalar olduğu belirlendi (Şekil 5). Ayrıca, Cr birikiminin uzunluk gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulundu.

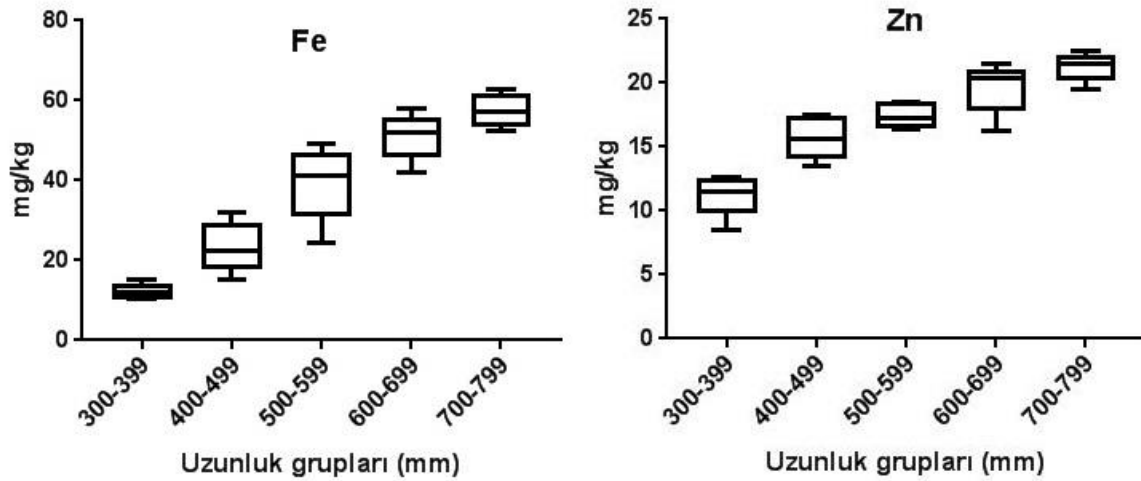
En düşük Cd konsantrasyonu U1 uzunluk grubunda 0.0049 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise U4 uzunluk grubunda 0.0069 mg/kg olarak belirlendi. Uzunluk grubu arttıkça Cd konsantrasyonunda da düzenli bir şekilde artış (A5 hariç; 0.0056 mg/kg) tespit edildi (Şekil 5). Ayrıca, Cd birikiminin uzunluk gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulundu.

En düşük Fe konsantrasyonu U1 uzunluk grubunda 12.1421 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise U5 uzunluk grubunda 57.3895 mg/kg olarak tespit edildi. Uzunluk grubu arttıkça Fe konsantrasyonunun da düzenli bir şekilde artış gösterdiği belirlendi (Şekil 6). Ayrıca, Fe birikiminin uzunluk gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulundu.

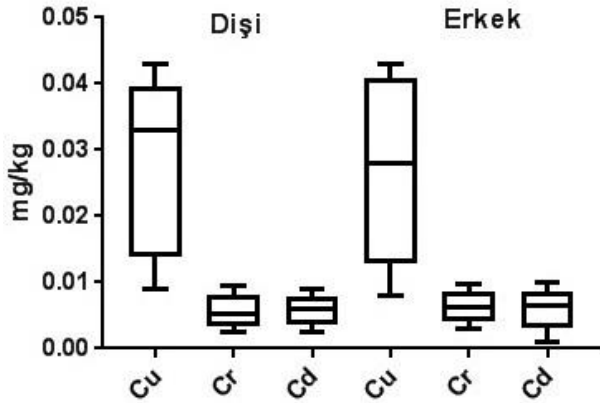
En düşük Zn konsantrasyonu U1 uzunluk grubunda 11.3544 mg/kg olarak, en yüksek konsantrasyon ise U5 uzunluk grubunda 21.2545 mg/kg olarak tespit edildi. Uzunluk grubu arttıkça, Zn konsantrasyonunda düzenli bir şekilde artış görüldü (Şekil 6). Ayrıca, Zn birikiminin ağırlık gruplarına bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulundu.



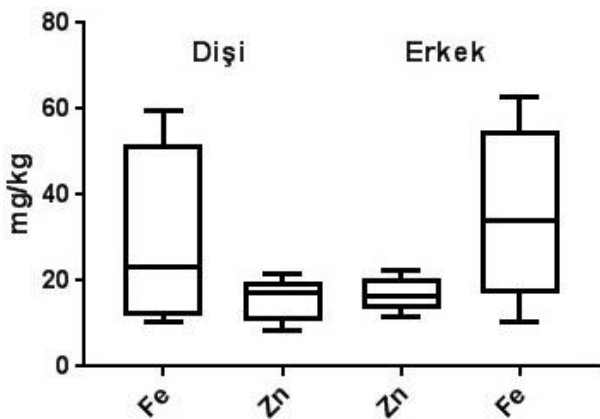
**Şekil 5.** *M. mastacembelus*'un kas dokusunda uzunluk gruplarına bağlı olarak Cu, Cr ve Cd birikim düzeyleri



Şekil 6. *M. mastacembelus*'un kas dokusunda uzunluk gruplarına bağlı olarak Fe ve Zn birikim düzeyleri



Şekil 7. *M. mastacembelus*'un kas dokusunda eşeye bağlı olarak Cu, Cr ve Cd birikim düzeyleri



Şekil 8. *M. mastacembelus*'un kas dokusunda eşeye bağlı olarak Fe ve Zn birikim düzeyleri

Araştırma süresince 16 adet dişi, 21 adet erkek *M. mastacembelus*'da eşeye bağlı olarak ağır metallerin birikim düzeyleri karşılaştırıldı. Cu birikiminin her iki

eşeyde bir birine yakın olduğu belirlenirken; Cr, Cd, Fe ve Zn elementlerinin birikiminin ise erkeklerde, dişilere oranla biraz fazla olduğu belirlendi (Şekil 7, 8). Dişiler için Cu konsantrasyonu 0.0287 mg/kg olarak belirlenirken, erkekler için 0.0279 mg/kg olarak belirlendi. Dişiler için Cr, Cd, Fe ve Zn konsantrasyonları sırasıyla 0.0054 mg/kg, 0.0057 mg/kg, 30.2383 mg/kg ve 15.7105 mg/kg olarak tespit edilirken, erkekler için sırasıyla 0.0063 mg/kg, 0.0062 mg/kg, 34.4139 mg/kg ve 16.7940 mg/kg olarak tespit edildi. Ayrıca, *M. mastacembelus*'un kas dokusunda tespit edilen ağır metallerin eşeye bağlı olarak birikiminin istatistiksel olarak önemsiz olduğu ( $P>0.05$ ) belirlendi.

#### Tartışma

Keban Baraj Gölü su numunelerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının EPA (15) tarafından tatlı sular için önerilen kabul edilebilir limit değerlerinden daha düşük olduğu tespit edildi.

Dikenli yılan balığı *M. mastacembelus*'un kas dokusunda tespit edilen ağır metal miktarları; Çalta ve Canpolat (16) tarafından Keban Baraj Gölü'ndeki üç cyprinid türünde yapılan ağır metal çalışmasının sonuçlarıyla ve aynı nehir sisteminde yer alan Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan *Luciobarbus xanthopterus* (17), *Aspius vorax* (18), *Capoeta trutta* (19), *Mastacembelus mastacembelus* (20), *Cyprinus carpio* (21) ve *Luciobarbus esocinus* (22) türlerinde tespit edilen ağır metal miktarlarıyla karşılaştırıldı. Bu çalışmada tespit edilen Zn, Fe, Cr ve Cd miktarlarının *M. mastacembelus*'un Karakaya Baraj Gölü popülasyonunda (20) tespit edilen Zn, Fe, Cr ve Cd düzeylerinden (Cu hariç) fazla olduğu tespit edildi. Ayrıca Zn, Fe ve Cu için diğer türlerde (17-19, 21, 22) tespit edilen konsantrasyonlarla yapılan kıyaslamada bu ağır metal konsantrasyonlarının türden türe değişiklik gösterdiği görüldü. Aynı habitatta yaşamasına rağmen farklı balık türlerindeki ağır metal konsantrasyonları; balığın beslenme alışkanlığına (23), ekolojik ihtiyaçlarına (24), metabolizmasına (25), biyolojik özelliklerine (26),

yaşına, büyüklüğüne, üreme döngüsüne ve yüzme karakteristiğine (27), spesifik alım, detoksifikasyon ve eliminasyon mekanizmalarına (28) bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

*M. mastacembelus*'un kas dokusundaki ağır metal birikim düzeylerinin, ağırlık gruplarına bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlendi. Bu ağır metallerin en düşük konsantrasyonu, balık ağırlığının 50-199 g arasında değiştii A1 grubunda tespit edilirken, en yüksek konsantrasyon; Cu, Cr ve Cd için balık ağırlığının 600-799 g arasında değiştii A4 grubunda, Fe ve Zn için balık ağırlığının 800-999 g arasında değiştii A5 grubunda tespit edildi.

*M. mastacembelus*'un kas dokusundaki ağır metal birikim düzeylerinin, uzunluk gruplarına bağlı olarak da değişiklik gösterdiği belirlendi. Bu ağır metallerin en düşük konsantrasyonu, balık uzunluğunun 300-399 mm arasında değiştii U1 grubunda tespit edilirken, en yüksek konsantrasyon; Cu ve Cd için balık uzunluğunun 600-699 mm arasında değiştii U4 grubunda, Cr, Fe ve Zn için balık uzunluğunun 700-799 mm arasında değiştii U5 grubunda tespit edildi. Ayrıca, bu elementlerin birikim seviyelerinin hem ağırlık hem de uzunluk gruplarına bağlı olarak değişimleri istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulundu. Bu sonuçlardan balığın büyüklüğüne bağlı olarak ağır metal birikiminin arttığı

söylenebilir. *Luciobarbus xanthopterus* (17), *Aspius vorax* (18), *Capoeta trutta* (19), *Mastacembelus mastacembelus* (20), *Cyprinus carpio* (21), *Luciobarbus esocinus* (22) ve *Tilapia zilli* (29) türleri üzerine yapılan daha önceki çalışmalarda balık büyüklüğüne bağlı olarak ağır metal birikiminin de arttığı bildirilmiştir.

Araştırma süresince 16 adet dişi, 21 adet erkek *M. mastacembelus*'da eşeye bağlı olarak ağır metallerin birikim düzeyleri karşılaştırıldı. Cu hariç Cr, Cd, Fe ve Zn elementlerinin birikim düzeylerinin erkeklerde dişilere oranla biraz fazla olduğu belirlendi. Ayrıca, bu ağır metallerin eşeye bağlı olarak birikiminin istatistiksel olarak önemsiz olduğu ( $P > 0.05$ ) tespit edildi. Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan *L. xanthopterus* popülasyonunda (17) ve *C. carpio* popülasyonunda (21) Cu ve Fe konsantrasyonlarının erkeklerde daha yüksek olduğu bildirilirken, Eroğlu ve ark. (20) tarafından *M. mastacembelus* popülasyonunda tespit edilen tüm ağır metal konsantrasyonlarının erkeklerde daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Sonuç olarak, Keban Baraj Gölü'nden yakalanan dikenli yılan balığı *Mastacembelus mastacembelus*'un kas dokusunda tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının; EPA (30), FAO (31) ve TGK (32) tarafından önerilen limitlerin altında olduğu tespit edildi.

## Kaynaklar

1. Yarsan E, Bilgili A, Türel İ. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. Turk J Vet Anim Sci 2000; 24: 93-96.
2. Förstner U, Wittmann GTW. Metal Pollution in the Aquatic Environments. 2nd Edition, Berlin: Springer-Verlag, 1983.
3. Anonim. Türkiye'nin Çevre Sorunları '91. Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı 1991.
4. Dölek A. Endüstriyel Kirlilik ve Ağır Metaller. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Çevre Semineri (8-12 Haziran 1998), Fethiye-Muğla, 1998: 220-232.
5. Förstner U, Prosi F. Heavy metal pollution in freshwater ecosystems. In: Ravera O. (Editor). Biological Aspect of Fish Water Pollution. 1st Edition, Luxembourg: Pergamon 1979: 129-161.
6. Lee YH, Stuebing RB. Heavy metal contamination in the River Toad. *Bufo juxtasper* (Inger) near a copper mine in East Malaysia. Bull Environ Contam Toxicol 1990; 45: 272-279.
7. Perry J, Vanderklein EL. Water Quality: Management of a Natural Resource. 1st Edition, Blackwell Science, 1996.
8. Al-Yousuf MH, El-Shahawi, Al-Ghais SM. Trace metals in liver, skin, and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. The Science of the Total Environment 2000; 256: 87-94.
9. Alam MGM, Tanaka A, Allinson G, Laurensen LJB, Stagnitti F. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of lake Kasumigaura, Japan. Ecotoxicology and Environmental Safety 2002; 53: 348-354.
10. Liaghati T, Proda M, Malcolm C. Heavy metal distribution and controlling factors within costal plain sediments, Bell Grek catchment, Southeast Queensland, Australia. Environment International 2003; 29: 935-948.
11. Ikem A, Egiebor NO. Assessment of trace element in canned fish (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). Journal of Food Composition and Analyses 2005; 18: 771-787.
12. Brodheridge RM, Newton KE, Taggart MA, McCormick PH, Evans SW. Nickel, cobalt, zinc and copper levels in brown trout (*Salmo trutta*) from the River Otra, Southern Norway. Analyst 1998; 123: 69-72.
13. Devlet Su İşleri (DSİ). Keban Baraj Gölü Limnoloji Raporu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü IX. Bölge Müdürlüğü, Su Ürünleri Başmühendisliği, Elazığ: 1994.
14. American Public Health Assosiation (APHA). Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. 16th Edition, Washington DC: American Public Health Assosiation, 1985.
15. Environmental Protection Agency (EPA). National Recommended Water Quality Criteria, EPA-822-R-02-047. United States Environmental Protection Agency, Washington DC: 2002.
16. Çalta M, Canpolat Ö. The comparison of three cyprinid species in terms of heavy metal accumulation in some tissues. Water Environ Res 2006; 78: 548-551.
17. Düşükcan M, Eroğlu M, Canpolat O, Çoban MZ, Çalta M, Şen D et al. Distribution of some heavy metals in muscle tissues of *Luciobarbus xanthopterus*. Turk J Sci Technol 2014; 9: 37-46

18. Canpolat Ö, Eroğlu M, Çoban MZ, Düşükcan M. Transfer factors and bioaccumulation of some heavy metals in muscle of a freshwater fish species: A human health concern. *Fresenius Environ Bull* 2014; 23: 418-425.
19. Eroğlu M, Düşükcan M, Canpolat Ö. Some heavy metals in the muscle of *Capoeta trutta*: risk assessment for the consumers. *Cell Mol Biol* 2016; 62: 22-26.
20. Eroğlu M, Düşükcan M, Canpolat Ö, Çalta M, Şen D. Determination of some heavy metals in *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794) in terms of public health. *Cell Mol Biol* 2017; 63: 1-6.
21. Canpolat O, Eroglu M. Dusukcan M. Transfer factor of some heavy metals in muscle of *Cyprinus carpio*. *Fresenius Environ Bull* 2016; 25: 4988-4994.
22. Düşükcan M, Canpolat Ö, Eroğlu M. Some heavy metals in *Luciobarbus esocinus* for public consumption and consumer protection. *Cell Mol Biol* 2017; 63: 24-28.
23. Romeo M, Siau Y, Sidoumou Z, Gnassia-Barelli M. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *Sci Total Environ* 1999; 232:169-175.
24. Canli M, Furness RW. Toxicity of heavy metals dissolved in sea water and influences of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Mar Environ Res* 1993; 36: 217-236.
25. Linde AR, Sánchez-Galán S, Izquierdo JI, Arribas P, Marañón E, García-Vázquez E et al. Brown trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment. *Eco Environ Saf* 1998; 40: 120-125.
26. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ Poll* 2003; 121: 129-136.
27. El-Moselhy KHM, Othman AI, Abd El-Azem H, El-Metwally MEA. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences* 2014; 1: 97-105.
28. Canpolat O, Çalta M. Heavy metals in some tissue and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresenius Environ Bull* 2003; 12: 961-966.
29. Zyadah MA. Accumulation of some heavy metals in *Tilapia zillii* organs from Lake Manzalah, Egypt. *Turk J Zool* 1999; 23: 365-372.
30. Environmental Protection Agency (EPA). Assessing Human Health Risks from Chemically Contaminated Fish and Shellfish: A Guidance Manual, EPA-503/8-89- 002. Washington DC: United States Environmental Protection Agency 1989.
31. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products. FAO Fisheries Circulars No:764. Rome: FAO 1983.
32. Türk Gıda Kodeksi (TGK). Türk Gıda Kodeksi. Resmi Gazete, 23 Eylül 2002, No: 24885, Ankara: 2002.

33.