

## Karakaya Baraj Gölü'ndeki Tatlı Su Midyesi (*Unio elongatulus eucirrus* Bourguignat 1860)'nin Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Ayşe Gül ŞAHİN<sup>a</sup> M. Raşit SÜNBÜL<sup>a</sup> Mehmet KÜÇÜKYILMAZ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

E-mail:agullsahin@hotmail.com

(Geliş/Received: 04.11.2015; Kabul/Accepted: 22.01.2016)

### Özet

Bu çalışmada, ülkemizin en önemli baraj göllerinden olan Karakaya Baraj Gölü'ndeki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle Karakaya Baraj Gölü üzerinde biri referans olarak seçilen Arguvan, diğeri kirliliğe maruz kalan Battalgazi olmak üzere iki farklı istasyon belirlenmiştir. Bu ağır metal birikiminin mevcut durumunu belirlemek için tatlı su midyeleri (*Unio elongatulus eucirrus*) incelenmiştir. Her iki istasyondan toplanan tatlı su midye örneklerinde 10 elementin (Fe, Co, Cd, Zn, Ni, Cu, As, Pb, Mn, Cr) konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) cihazı kullanılarak tayin edilmiştir.

Her iki bölgeden temin edilen midye örneklerinin (n=47) kas dokuları alınarak belirli miktar HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilerek çözme işlemi Cem marka mikrodalga ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler belirli hacime saf su ile tamamlanmış ve Thermo 3500 marka AAS cihazı ile Cd, Pb, As elementlerin konsantrasyonları yaş ağırlık cinsinden ppb (µg/kg) diğerelementlerin konsantrasyonları ise ppm (mg/kg) olarak belirlenmiştir.

Elde edilen verilere göre, midyelerin kas dokusunda ağır metallerin derişim düzeyleri sırasıyla Arguvan bölgesinde As>Fe>Cd>Mn>Pb>Cr>Ni>Zn>Cu>Co, Battalgazi bölgesinde As>Cd>Fe>Mn>Pb>Cr>Co>Ni>Cu>Zn şeklinde bulunmuştur. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde Pb hariç diğerelementler arasında anlamlı fark bulunamamıştır (P>0,05). Midye örneklerinde tespit edilen ağır metal düzeylerinin Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliği ve su ürünleri yönetmeliği rehberlerindeki sınır değerleri geçmediği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, Karakaya Baraj Gölü, Midye

## Determination of Heavy Metal Levels in Freshwater mussels (*Unio elongatulus eucirrus* Bourguignat 1860) in Karakaya Dam Lake

### Abstract

In this study was aimed to determine levels of heavy metals of Karakaya Dam Lake where one of the most important reservoirs in the country. Therefore Karakaya Dam Lake selected on two different stations as one of the reference Arguvan and other to be exposed to remaining pollution Battalgazi. Freshwater mussels (*Unio elongatulus eucirrus*) were investigated to determine the current state of heavy metal accumulation. Freshwater mussel samples collected from both stations was determined concentration of 10 elements (Fe, Co, Cd, Zn, Ni, Cu, As, Pb, Mn, Cr) by atomic absorption spectrometry (AAS). Cem brand in the microwave unit decoding has been completed which certain amount of muscle tissue taken of the mussel samples (n=47) obtained from both regions was added HNO<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. The samples were complemented with pure water to a certain volume and concentrations of elements were determined with using Thermo brand AAS 3500, it was Cd, Pb, As ppb (µg/kg), other elements ppm (mg / kg) respectively. According to the obtained data, the concentration levels of heavy metals were found in the muscle tissue of the mussels it was in Arguvan As> Fe> C> Mn> Pb> Cr> Ni> Zn> Cu> Co, As in Battalgazi As> Cd> Fe> Mn> Pb> Cr> Co > Ni> Cu> Zn respectively. Results there was no significant difference between other elements except Pb, when considered statistically significant (P <0.05). Mussel samples were found to not exceed limit values of heavy metal levels limit values in Turkish food codex and fisheries regulation guidelines.

**Keywords:** Heavy metal, Karakaya Dam Lake, Mussel

## 1.Giriş

Çağımızda doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunlarının geldiği ve sorunların her geçen gün gittikçe büyüyen boyutlarda karşımıza çıktığı görülmektedir. Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikler ve çeşitli mineraller; göller, nehirler, körfez, deniz ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş bir alanda dağılım ve yayılım gösterirler [2]. Çinko (Zn), bakır (Cu), civa (Hg), nikel (Ni), krom (Cr) ve kurşun (Pb) su kirliliğini gösteren en önemli ağır metallerdir. Ağır metaller çevre için son derece tehlikeli olan kimyasallar olarak bilinirler. Sucul ortama giren bu maddeler burada yaşayan gerek hayvansal gerekse de bitkisel canlılar üzerinde birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır [14]. Çünkü sucul ekosistemde bu metallerin bol miktarda bulunması, yüksek düzeylerde birikim yapması, yer değiştirmeden sabit kalmaları nedeniyle ortamda biyolojik çeşitlilik azalmakta ve baskın türlerin ve zararlıların artmasıyla doğal zenginlik yok olmaktadır. Bu maddelerin belirtilen bu alanlarda farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak sucul ortamdaki konsantrasyonları ile sucul canlılardaki biyolojik birikim ve artışları değişiklik gösterebilir. Bu yüzden, söz

konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim/artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir [9, 18]. Bu bağlamda midyeler, sularda kirliliğin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedir. Çünkü midyeler organik ve inorganik her türlü partikülü süzerek beslenirler. Ortalama 7-8 cm boyundaki bir midye saatte 10-15 lt suyu süzme özelliğine sahiptir. Böylece midyeler, çevrelerinden suyla birlikte aldıkları metalleri uzun süre biriktirebilirler. Midyeler çevresel kirliliklere duyarlı olmalarının yanında uzun süre rahatsızlık göstermemesi, insan ölümlerine neden olan iz metal kirliliğinin çabuk bir şekilde belirlenebilmesi, bu organizmalarda numune alımı ve laboratuvar şartlarında kirlilik analizlerinin kolay olması, geniş sıcaklık ve tuzluluk şartlarında yaşayabilmesi nedeniyle biyolojik izleme organizmaları olarak kabul edilmiştir [5, 8]. Bu çalışmada da Karakaya Baraj Gölü'ndeki kirlilik seviyesinin belirlenmesi kapsamında baraj gölünün farklı iki istasyonundan toplanan tatlı su midyelerinde ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

Karakaya Barajı, Diyarbakır İli Çüngüş İlçesi sınırları içinde, Fırat Nehri üzerinde, Güneydoğu Anadolu Projesi'nin bir parçası olarak elektrik enerjisi üretimi amacıyla inşa edilmiş olup Fırat Nehri üzerinde Keban Barajı ve HES'in 166 km mansabında, Atatürk Barajı ve HES'in 180 km menbasındadır. Barajın gövde hacmi 2.000.000 m<sup>3</sup>, normal su kotunda göl hacmi 9.580,00 hm<sup>3</sup>, normal su kotunda göl alanı 268,00 km<sup>2</sup>'dir. Baraj yılda 102 hm<sup>3</sup>, içme ve kullanma suyu sağlamaktadır. Bu nedenle önemli bir yere sahip olan Karakaya Baraj Gölü'nde çevresel kirliliğe bağlı olarak oluşan ağır metal

birikiminin mevcut durumunu belirlemek için iki istasyon seçilmiştir (Şekil 1). Referans bölge olarak baraj gölüne dökülen en yakın bölge olarak seçilen Arğuvan, diğeri Malatya Belediyesinin atıksu arıtma tesisinin noktasal deşarjına maruz kalan Battalgazi bölgesi örnekleme noktalarımızı oluşturmuştur. Her iki istasyondaki ağır metal derişim konsantrasyonunu ortaya koymak için biyoindikator olarak seçilen tatlı su midyeleri (*Unio elongatulus eucirrus*) çalışmanın materyalini oluşturmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı

## 2.2. Su Analizleri

Su analizleri için, çalışma alanları olarak belirlenmiş olan Arguvan ve Battalgazi bölgelerinde oksijen, pH, sıcaklık ölçümleri yerinde yapılmıştır. Amonyak, amonyum, nitrit, nitrat, potasyum, klor, sülfat, sülfid, fosfat

analizleri laboratuvar koşullarında spektrofotometre ile belirlenirken sudaki As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn analizleri ise Thermo 3500 marka AAS cihazı ile yapılmıştır.

## 2.3. Midye Dokusunda Ağır Metal Analizleri

Analiz işlemlerine başlanmadan önce toplanan midye örneklerinin her birinin morfometrik ölçümleri yapılmıştır. Kabuk uzunluğu (KU), kabuk yüksekliği (KY) ve kabuk genişliği (KG) 0.01 mm hassasiyetli bir kumpas yardımı ile ölçülürken ağırlıkları (W), 0.001 g hassasiyetli Precisa marka terazi ile tartılmıştır. *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat 1860) bireylerinin yaşları ise büyüme halkalarından faydalanılarak belirlenmiştir. Daha sonra ağır metal analizi için midye örneklerinin kas dokusundan 1 gr tartılarak teflon tüplere bırakılarak, üzerine 8 mL HNO<sub>3</sub> ve 2 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenip mikrodalga fırınına yerleştirilmiş, belli zaman, güç ve sıcaklık aralıklarında çözündürülmüştür. Mikrodalga fırınında çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra mikrodalgadan çıkarılan teflon tüpler oda sıcaklığında tutularak soğumaları beklenmiştir. Soğuyan teflon tüplerin kapakları açıldıktan sonra çözünen örnekler falcon tüplere aktarılmış ve ultra saf su ile 50 ml'ye seyreltilmiştir [10].

Konsantrasyonu belirlenecek 10 elementlerin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) önce standart aralığı belirlenmiştir. Bu standartların derişimi Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn

elementleri için 0.2, 0.5, 1, 2 ppm; As için 80, Cd için 10 ve Pb için 40 ppb master standartlar hazırlanmış ve bu standartlarla kalibrasyon doğrusu oluşturulmuştur. Belirli derişimlerdeki standart çözeltileri hazırlamak için Merck marka 1000 ppm'lik stok standartlar kullanılmıştır. Sonuçlar Tort-3 17025 sertifika kodlu dokusu standart örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Örneklerden hazırlanmış olan çözeltiler; Cu 324.8 nm, Zn 213.9 nm, Mn 279.5 nm, Ni 232 nm, Fe 248.3 nm, Cr 357.9 nm, Co 240.7 nm, Pb 283.3 nm, Cd 228,8 nm ve As 193.7 nm dalga boylarında Thermo 3500 marka AAS cihazında okutulmuştur. Ağır metal seviyeleri midye örneklerinde Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn elementleri mg/kg (ppm), As, Cd, Pb ise µg/kg (ppb) yaş ağırlık olarak belirlenmiştir. Analiz işlemleri her tayin için 3'er defa tekrarlanmıştır. Cd analizleri Thermo 3500 marka Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) grafit ünitesinde yapılmıştır. Cihaza kadmiyum hallow katod lambası takılmış ve lamba akımı 8 mA, dalga boyu 228,8 nm olarak ayarlanmıştır. Merck kadmiyum AAS standart çözeltisinden hazırlanan 2, 4, 8 µg/l çalışma standart çözeltileriyle cihaz kalibre edilmiştir. Kalibrasyondan sonra örnekler cihaza üç kez verilerek, sonuçlar yazıcıdan alınmıştır.

## 2.4. İstatistiksel Analizler

Analizler her doku için üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bölgelere bağlı değişkenler için ortalama±standart hata

hesaplanmış ve bölgeler arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmak için 0,05 anlam düzeyinde t testi yapılmıştır.

## 3. Sonuçlar

### 3.1. Karakaya Baraj Gölü Su Analiz Sonuçları

Karakaya Baraj Gölü'nün Battalgazi ve Arguvan örnekleme istasyonlarından alınan su numunelerinin fizikokimyasal ölçüm değerleri belirlenmiş olup Tablo 2 ve Tablo 3'de gösterilmiştir. Su analiz sonuçlarına göre Battalgazi ve Arguvan bölgeleri arasında önemli bir fark görülmemiş olup her iki istasyonda ölçülen sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen ve iletkenlik değerleri YSKYY [1] e göre değerlendirildiğinde I. Su Kalite sınıfında yer almaktadır. Ayrıca yapılan su analizlerinde

organik kirliliğin bir sonucu olarak ortaya çıkan Anyon parametrelerine göre Karakaya Barajı YSKYY'ne göre değerlendirildiğinde, sadece nitrit azotu II. Sınıf su kalitesi özelliği göstermiştir. Diğer bir ölçüm parametremizi oluşturan seki diski derinliği ise göllerin trofik durumunun belirlenmesinde kullanılan değişkenlerden biridir. Elde ettiğimiz seki diski ölçüm değerleri [ 7, 11, 12] indekslerine göre değerlendirildiğinde Karakaya Baraj Gölü'nün ötrofik sınıf aralığına girdiği belirlenmiştir.

**Tablo 2.** Çalışma istasyonlarına ait suyun fiziksel ölçüm değerleri

<u>İstasyon</u>	<u>pH</u>	<u>İletkenlik <math>\mu\text{S cm}^{-1}</math></u>	<u>Sıcaklık (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</u>	<u>Çözülmüş Oksijen (mg/L)</u>	<u>ÇO<sub>2</sub> Doygunluğu (%)</u>	<u>Secchi Disk (m)</u>
<b>Battalgazi</b>	8,56	294	10,4	10,9	115,1	0,5
<b>Arguvan</b>	8,03	278	9,4	10,3	90,3	1,9

**Tablo 3.** Çalışma istasyonlarına ait suyun kimyasal ölçüm değerleri

<u>Katyon-Anyon Değerleri (ppm)</u>	<u>Battalgazi</u>	<u>Arguvan</u>
<b>Lityum</b>	0,0099	0,0061
<b>Sodyum</b>	22,5712	18,4420
<b>Amonyum</b>	0,0047	0,0509
<b>Potasyum</b>	2,0399	1,7648
<b>Magnezyum</b>	16,8303	15,5846
<b>Kalsiyum</b>	42,5913	44,3931
<b>Florür</b>	0,1277	0,1245
<b>Klorür</b>	22,4252	16,7438
<b>Nitrit-Azotu</b>	0,0073	0,0144
<b>Bromür</b>	0,0302	0,0189
<b>Nitrat-Azotu</b>	0,8054	1,4063
<b>Fosfat</b>	0,0364	0,0602
<b>Sülfat</b>	49,3729	40,7739
<b>Alkalinite mg CaCO<sub>3</sub>/L</b>	8,0995	8,3045

Elde edilen verilere göre, midyelerin kas dokusunda ağır metallerin derişim düzeyleri

sırasıyla Arguvan bölgesinde As>Fe>Cd>Mn>Pb>Cr>Ni>Zn>Cu>Co, Battalgazi bölgesinde

As>Cd>Fe>Mn>Pb>Cr>Co>Ni>Cu>Zn olarak bulunurken aynı örnekleme noktalarından alınan su numunelerinde tespit edilen metal oranları Arguvan bölgesinde As> Fe> Cd> Mn> Pb> Cr>

Ni>Zn>Cu>Co, Battalgazi bölgesinde As>Cd> Fe>Mn>Pb>Cr>Co>Ni>Cu>Zn olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Midyenin kas dokusunda ölçülen metal konsantrasyonları

Elementler	Arguvan ( $\bar{X} \mp s_{\bar{x}}$ )	Battalgazi ( $\bar{X} \mp s_{\bar{x}}$ )	t	p
As	1811,41±189,28	2088,20±205,01	0,888	0,381
Cd	146,45±7,10	136,20±14,99	0,486	0,630
Co	-	0,68±0,25	-	-
Cr	14,79±0,71	8,66±1,88	2,344	0,025
Cu	0,22±0,09	0,96±0,41	1,317	0,197
Fe	214,92±11,08	126,43±6,38	7,449	0,000
Mn	79,18±19,62	92,01±35,33	0,255	0,800
Ni	2,67±0,35	2,31±0,24	0,853	0,400
Pb	89,38±9,01	62,85±6,38	2,435	0,021
Zn	1,13±0,09	0,34±0,06	7,386	0,000

İki ayrı bölgeden toplanan tatlı su midyelerinin morfolojik ölçümlerinden kabuk uzunluğu (KU), kabuk yüksekliği (KY), kabuk genişliği (KG) ve ağırlığın (W) Arguvan-Battalgazi istasyonları arasındaki istatistiksel değerlendirmede KU (t=5,193; p=0,000), KY (t=4,052; p=0,000) ve KG (t=2,418; p=0,021) arasında fark bulunurken, ağırlığa bağlı değerlendirmede ise W (t=0,640; p=0,527) istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Bölgelere göre ağır metal düzeylerinden Pb (t=2,435; p=0,021), Zn (t=7,386; p=0,000), Cr (t=2,344; p=0,025), Co (t=1,976; p=0,057) ve Fe (t=7,449; p=0,000) miktarları arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmiş olup diğer elementler arasında fark belirlenmemiştir. Ayrıca yapılan korelasyon analizine göre toplanan midye örneklerinin W-KU (r=0,381; p=0,026), KU-KY (r=0,855;

p=0,000), KU-KG (r=0,430; p=0,011) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki görülmüştür. Ağır metal düzeylerinden Zn ile KU, KY ve KG arasında (r=-0,591; p=0,000, r=-0,518; p=0,002, r=-0,472; p=0,005), Cr ile KU ve KG arasında (r=-0,385; p=0,024, r=-0,489; p=0,003), Fe ile KU, KY ve KG (r=-0,528; p=0,001, r=-0,429; p=0,011, r=-0,379; p=0,027) arasında negatif yönde kuvvetli bir ilişki belirlenirken Co ile KG (r=0,341; p=0,048) arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Toplanan midye örneklerinin yaşa bağlı olarak ağır metal düzeyleri arasında Pb (r=-0,393; p=0,021), Zn (r=-0,421; p=0,013), Cr (r=-0,515; p=0,002), Co (r=0,342; p=0,048), Fe (r=-0,527; p=0,001) kuvvetli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

#### 4. Tartışma

Şeker vd., [16] Keban baraj gölü Koçkale bölgesinden toplanan tatlı su midyesi (*Unio elongatulus eucirrus*)'nin yumuşak dokularında As, Cd, Fe, Mn, Pb, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Hg, Mo ağır metal düzeylerinin miktarı belirlemiştir. Yapılan çalışma sonucunda Fe, Mn ve Zn birikiminin su ürünleri ağır metal kabul edilebilir değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Yarsan ve Bilgili, [17] Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerinde ağır metal düzeylerini belirlemek amacıyla

yaptıkları çalışmada analiz edilen bütün midyelerdeki kurşun düzeyini 1.43±0.81 ppm, kadmiyum düzeyini 0.09±0.02 ppm, bakır düzeyini 5.83±0.73 ppm, çinko düzeyini 15.93±3.26 ppm ve arsenik düzeyini de 0.06±0.05 ppm olarak tespit etmişlerdir. Süer, [15] Giresun kıyısından toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) örneklerinin yumuşak dokularında, ağır metallerin birikim seviyelerini araştırmıştır. Analiz sonuçlarında metal seviyeleri yaş ağırlıkta µg/g cinsinden

ortalama  $\pm$  SH; Cr;  $0,56 \pm 0,03$ , Mn;  $6,23 \pm 0,38$ , Ni;  $12,70 \pm 1,01$ , Zn;  $69,06 \pm 4,20$ , Co;  $1,97 \pm 0,07$ , Cu;  $2,65 \pm 0,18$ , Fe;  $161,08 \pm 15,89$ , As;  $3,16 \pm 0,1$ , Se;  $0,62 \pm 0,05$ , Pb;  $3,16 \pm 0,08$ , olarak bulunmuştur. Metal derişim düzeyleri sırasıyla Fe > Zn > Ni > Mn > As > Pb > Cu > Co > Se > Cr şeklinde sıralanmıştır. Yapılan bir başka çalışmada Gelibolu Yarımadası ve Saroz Körfezi kıyılarından toplanan *Mytilus galloprovincialis* ve *Ulva rigida* midye türlerinin bazı ağır metallerinin mevsimsel olarak düzeyleri araştırılmıştır. Seçilen örnekleme istasyonlarında Pb, Cu, Zn ve Fe ağır metallerinin; *Mytilus galloprovincialis* ve *Ulva rigida* yaptığı birikimler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulgular; Pb, Cu, Zn ve Fe ağır metallerinin oluşturacağı kirliliğin belirlenen bölgeler için tehlikeli boyutlarda olmadığını ifade etmiştir [13]. Yine midyeler üzerinde yapılan farklı bir çalışmada, İstanbul Pendik İlçesi kıyı hattı boyunca toplanan kara midyelerinin kurşun ve kadmiyum seviyeleri belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; kurşun içeriğinin  $0,15$  mg/kg-  $8,66$  mg/kg arasında değişen değerlerde olduğu kadmiyum (Cd) miktarının ise  $0,01$  mg/kg-  $0,19$  mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak Midyeler (*Mytilus galloprovincialis*)'de ortalama kurşun değerinin yaklaşık  $2,63$  mg/kg olduğu, bununla birlikte ortalama kadmiyum miktarının ise yaklaşık  $0,01$  mg/kg olduğu ifade edilmiştir. Bölgenin her ne kadar kadmiyum açısından sınır değerlerin altında kaldığı tespit edilmiş ise de kirlilik bileşenlerinden kurşun (Pb) elementinin mevzuatla belirlenen sınır değerinin üzerinde kalması sebebiyle gıda olarak tüketilememesi gerektiğini ifade etmiştir [6]. Çulha, [4] yapmış olduğu araştırmada Sinop ili iç liman mevkiinde, yetiştirilen midyeler üzerinde mevsimlere bağlı olarak metal değişimlerinin izlenmesini amaçlamıştır. Alınan, deniz suyu ve midye örneklerdeki Cd, Cu, Pb ve Zn iz element konsantrasyonlarını belirlemiştir. Ayrıca, deniz suyu örneklerinde fizikokimyasal kalite parametrelerini ölçmüştür. Alınan örneklerdeki iz element ortalama değerleri sırasıyla, AKM'de; Cd:  $0,052$ , Cu:  $0,737$ g, Pb:  $0,638$ , Zn:  $119,997$  mg/kg, midyede ise; Cd:  $1,182$ , Cu:  $4,774$ , Pb:  $1,081$ , Zn:  $84,730$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Tatlı su midyeleri üzerinde yapılan farklı bir çalışmada ise Çıldır Gölü'nden çıkartılan tatlı su

midyeleri (*Anodonta cynea* L.) ile bu gölden alınan su örneklerindeki ağır metallerin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Tatlı su midyelerinin kas dokuları ile su örneklerinde demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) metallerinin birikim düzeyleri belirlenmiştir. Elde ettikleri bulgulara göre, midyelerin kas dokusunda ve suda ağır metallerin derişim düzeyine göre sıralaması, kas dokusunda Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Cd, suda Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde saptanmıştır. Metal derişimine göre incelenen örneklerin ağır metal sıralaması ise kas>su şeklinde saptanmıştır [3]. Esen, [5] İnciraltı istasyonundan toplanan midyelerdeki ağır metal düzeyini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada ağır metal değerlerini Cıva,  $0,003$  mg/kg; Kadmiyum,  $0,023$  mg/kg; Kurşun,  $0,134$  mg/kg; Bakır,  $1,191$  mg/kg; Çinko,  $13,900$  mg/kg; Arsenik,  $1,032$  mg/kg olarak belirlemiştir. Yaptığı çalışma sonunda İnciraltı istasyonundan toplanan midyelerdeki ağır metal düzeylerinin tolerans değerlerinin altında olduğunu ancak Arsenik değerlerinin tolerans değerlerine eşit olduğunu ifade etmiştir. Yapılan bu çalışmada ise ülkemizin en önemli baraj göllerinden olan Karakaya Baraj Gölü'ndeki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi için biri referans olarak seçilen Arguvan, diğeri kirliliğe maruz kalan Battalgazi olmak üzere iki farklı istasyon belirlenmiştir. Bu ağır metal birikiminin mevcut durumunu belirlemek için tatlı su midyeleri (*Unio elongatulus eucirrus*) incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, midyelerin kas dokusunda ağır metallerin derişim düzeyleri sırasıyla Arguvan bölgesinde As>Fe>Cd>Mn>Pb>Cr>Ni>Zn>Cu>Co, Battalgazi bölgesinde As>Cd>Fe>Mn>Pb>Cr>Co>Ni>Cu>Zn olarak bulunurken aynı örnekleme noktalarından alınan su numunelerinde tespit edilen metal oranları Arguvan bölgesinde As> Fe> Cd> Mn> Pb> Cr> Ni>Zn>Cu>Co, Battalgazi bölgesinde As>Cd>Fe>Mn>Pb>Cr>Co>Ni>Cu>Zn olarak belirlenmiştir. Midye örneklerinde tespit edilen ağır metal düzeylerinin Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliği ve su ürünleri yönetmeliği rehberlerindeki sınır değerlerini geçmediği saptanmıştır. Sucul ortamlarda tolere edilebilir ağır metal miktarlarının çoğu su ürünleri yönetmeliğinde verilmesine rağmen, su ürünlerindeki birikim miktarları genellikle As,

Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn için ifade edilmiştir. Ancak diğer ağır metallerin de su ürünlerinde birikim düzeylerinin hangi oranda olması

gerektiği konusunda daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 5. Kaynaklar

1. Anonim 2012, Yüzeysel Su Kalite Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 30.12.2012, Sayı: 28483.
2. Bakırcı, F., 2009, Ege Bölgesi Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) İz Element Kirliliğinin Araştırılması, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 134 s.
3. Baltacı, B. B., 2011, Çıldır Gölü'nün Suyunda, Dip Sedimentinde ve Buradan Çıkarılan Midyelerde (*Anodonta cynea* Linnaeus, 1758 ) Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin Araştırılması, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 33 s.
4. Çulha, S. T., 2011, Sinop İç Liman'da (Karadeniz) batırılmış uzun halat sisteminde yetiştirilen midyelerdeki (*Mytilus galloprovincialis* L., 1819) iz element seviyeleri, Sinop Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 210 s.
5. Esen, Ö. (2006) İzmir Körfezindeki Kara Midye *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 'de Bulunan Toksik Maddelerin Araştırılması., Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye. Yüksek Lisans Tezi 19-31.
6. Güner, Y., 2012 Pendik sahilinden (İstanbul) avlanan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*)'lerde bazı ağır metallerin belirlenmesi, Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 77 s.
7. Hakanson, L., Jansson, M. 1983, Principles of Lake Sedimentology. Springer, Berlin.
8. Kanar, D., 2012, Tuzla (İstanbul) Sahilindeki Ağır Metal Kirliliğinin Midyelerle Takibi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59 s.
9. Kurt, C., 2006, Karadeniz Ereğlisi - Marmara Denizi Kumbağ Bölgelerinde Avlanan Beyaz Kum Midyesi (*Chamelea gallina*, 1758)' nin Biyometrisi ve Ağır Metal Birikimlerinin Karşılaştırılması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 63 s.
10. Mendil, D., Ünal, Ö.F., Tüzen, M., Soylak, M., 2010, Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River Yeşilirmak in Tokat, Turkey, Food and Chemical Toxicology 48, 1383–1392.
11. Nürnberg, G.K. 1996, Trophic state of clear and colored, soft and hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish. J. Lake and Reservoir Management. 12: 432–447.
12. OECD. 1982, Eutrophication of waters. Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris.
13. Özden, S., 2013, Gelibolu yarımadası ve Saroz körfezi kıyılarında askıda katı madde, sediment, *Mytilus galloprovincialis* ve *Ulva rigida* da ağır metal düzeylerinin araştırılması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü / Su Ürünleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 98 s.
14. Rashed, MN., 2002, Biomarkers as indicator for water pollution with heavy metals in rivers, seas and oceans” Egypt: South Valley University.
15. Süer, N., 2013, Akdeniz midyesi'nde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) ağır metal seviyeleri; Giresun sahil şeridi örneği Giresun Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 75 s.
16. Şeker, E., Köprücü, K., Ural, M., Gür, F., Sarıyüpeoğlu, M., 1999, Keban Baraj Gölü'ndeki Tatlısu Midyesi *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat, 1860)'da Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi Cilt No: 16, Sayı: 3-4, 319-326.
17. Taylor, W.D., Lambou, V.W., Williams, L.R., Hern, S.C. 1980, Trophic state of lakes and reservoirs. USEPA Technical Report E-80-3.
18. Yarsan, E., Bilgili, A. ve Türel, 2000, Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus*, Krynicky) örneklerindeki ağır metal düzeyleri, Türk J. Vet. Anim. Sci., (24), 93–96, TÜBİTAK.