

PAPER DETAILS

TITLE: Dicle Nehri'nin Belirli Istasyonlarında Unio tigridis Türü ve Su Örneklerinde Agir Metal Birikiminin Incelenmesi

AUTHORS: Çigdem KAYMAK ABAY,Gurbet CANPOLAT

PAGES: 1169-1176

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/898365>

Araştırma Makalesi / Research Article

Dicle Nehri'nin Belirli İstasyonlarında *Unio tigridis* Türü ve Su Örneklerinde Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi

Çiğdem KAYMAK ABAY^{1*}, Gurbet CANPOLAT²

¹Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır

²Siirt Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Siirt

(ORCID: 0000-0002-4827-8488) (ORCID: 0000-0002-8014-7760)

Öz

Bu çalışmada, Dicle Nehri üzerinde Diyarbakır (I) ve Hasankeyf (II) olarak belirlenen iki istasyondan örneklenen *Unio tigridis* türünün iç organ kitlesi ve suda (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Co) ağır metallerin birikimleri incelenmiştir. İstasyon sularının bazı fiziko-kimyasal parametreleri çalışma alanında, örneklerdeki ağır metal birikim oranı ise ICP-OES ile ölçülmüştür. Su örneklerinde iki istasyonda da en yüksek değerler Zn'da, en düşük değerler Cu'da tespit edilmiştir. Ni sadece I. istasyonda ölçülebilmişken Co, Cd ve Pb'da değerler ICP-OES'in analiz limitinin altında kalmıştır. *Unio tigridis* türünde istasyonlar arasındaki farklılık parametrik bir test olan t-test ile yapılmıştır. *Unio tigridis* 'te istasyonlar arasındaki ağır metal birikimine bakıldığında Ni, Cu ve Pb da en yüksek değerler I. istasyonda; Co ve Zn da ise II. istasyon da ölçülmüştür. Cu, Pb ve Zn yoğunluklarında istatistik açısından fark önemli bulunmuştur (p<0.05).

Anahtar kelimeler: Su, Dicle Nehri, Metal, *Unio tigridis*.

Investigation of Heavy Metal Accumulation in the Species of *Unio tigridis* and Water Samples in the Specific Stations of the Tigris River

Abstract

In this study, accumulation of heavy metals such as *Unio tigridis* species visceral mass and water (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Co) sampled from two stations identified as Diyarbakır (I) and Hasankeyf (II) on the Tigris River were investigated. Some physicochemical parameters of station waters were measured in the study area and the heavy metal accumulation in the samples were measured with ICP-OES. Two stations in water samples, the highest value in Zn, the lowest values being detected in Cu. Ni can only be measured at I. station, while Co, Cd and Pb were below the ICP-OES analysis limit. Differences between stations in *Unio tigridis* species were done by t-test which is a parametric test. When the heavy metal accumulation between the stations in *Unio tigridis* was examined, the highest values of Ni, Cu and Pb were found in the I. station; Co and Zn also II. station was also measured. Statistically significant differences were found in Cu, Pb and Zn concentrations (p<0.05).

Keywords: Water, Tigris River, Metal, *Unio tigridis*.

1. Giriş

Teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün artan sorunlardan biri haline gelen çevre kirliliğinin temel nedenlerinden birini ağır metal kaynaklı kirleticiler oluşturmaktadır. Bu kirleticiler en fazla etkiyi sucul sistemlerde göstermektedir [1]. Bu yüzden sisteme dahil olan suyun ve sucul canlıların incelenmesi ağır metal varlığını ortaya koymak açısından oldukça önemlidir.

İçerisinde ağır metal bulunan sanayi ve kentsel atıklar su yardımıyla büyük sucul ortamlara ulaşabilmekte ve bu ortamda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Kirlenme sonucu canlı sistemlerde ağır metal birikimi olabilmektedir. Sucul ekosistemdeki canlıların maruz kaldığı bu kirliliğin canlılarda meydana getirdiği değişimler bazı çalışmalar ile desteklenmiştir [2, 3]. Bu canlılar metal kirliliği açısından gösterdikleri değişimlerden dolayı indikatör tür olarak kabul edilmektedirler.

*Sorumlu yazar: kaymakciqdem@gmail.com

Geliş Tarihi: 11.03.2019, Kabul Tarihi: 11.07.2019

Bu nedenle, tatlı sulardaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi öncelik taşımaktadır [4-6]. Metal konsantrasyon çalışmalarında indikatör tür olarak kullanılan midyelerin, sediment ile ilişkide olduğu belirtilmektedir [7]. Midyelerin, derin sedimentlerde süspansiyon halindeki parçaları sindirmesi ve solungaçlara doğru suyun direkt olarak geçişi ile tatlı su sistemindeki metal birikimini sağladıkları belirtilmektedir [8]. Bu bağlamda bir midye türü olan *Unio tigridis* çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmamızda Dicle Nehri üzerinde iki istasyondan belli aralıklarla toplanan *Unio tigridis* (Bourguignat 1852) türü ve su numunelerinde Cu, Cd, Zn, Ni, Pb ve Co gibi ağır metallerde birikimin hangi seviyelerde olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. İstasyonlar arasında ölçülmüş olan değerler istatistiksel olarak karşılaştırılarak bölgeler arasındaki kirlenme farklılıkları ve ağır metallerin daha çok hangi ortamda biriktiği belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Diyarbakır (I. İstasyon) ve Hasankeyf (II. İstasyon) olarak belirlenen iki istasyondan bir yıl boyunca mevsimsel olarak alınan *Unio tigridis* türü ve su örnekleri üzerinde çalışma yürütülmüştür. Çalışma alanı Şekil 1’de belirtilmiştir.



Şekil 1. Dicle Nehri’nde örneklerin alındığı istasyonlar

2.1. *Unio tigridis* türünün analize hazırlanması

Çalışma istasyonlarından toplamda 30 adet *Unio tigridis* türü buz kalıplarının bulunduğu termostatlarla laboratuvara getirilmiştir. Kumpas ile uzunluk parametreleri, dijital terazi (hassasiyet= 0.001 g) ile de total ağırlıkları ölçülmüştür. Örneklerin uzunluk ve ağırlık değerleri Tablo 1’de, istasyonlar arasındaki farklılıklar da Şekil 2’de verilmiştir. Pens ile midyenin kabuğu açılıp iç organının tamamı dikkatlice disekte edilmiştir. Isıdan etkilenmeyen steril polietilen kaplara yaş ağırlıkları ölçülmek üzere alınmıştır. Bir baget ile homojen hale getirilen örnekler 80-85°C’ye ayarlanmış olan etüvde 72 saat bekletilerek kurutulmuştur. Bu işlem sonunda örneklerin kuru ağırlıkları tartılarak, bulunduğu kaptan tamamen homojen hale getirilmiştir. Böylece doku kaybı önlenmiştir. Daha sonra aynı koşullarda 1 saat daha bekletilerek tekrar sabit kuruluğa getirilmiş ve analiz işlemine kadar vakumlu poşetler içerisinde nem kapmaları önlenerek saklanmıştır.

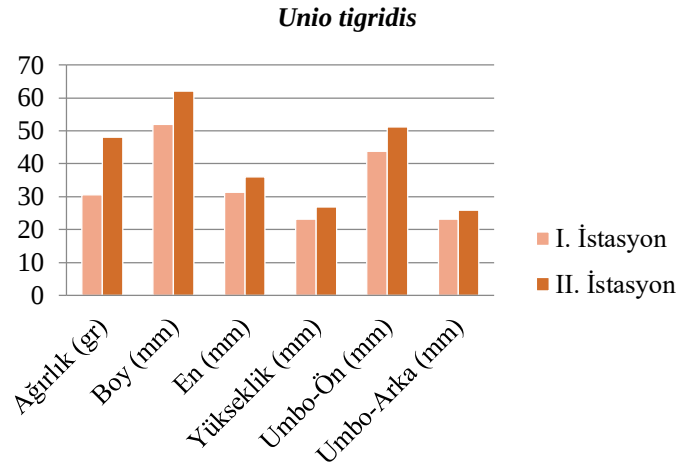
Hassas terazi ile 0.1-0.2 g tartılarak alınan her bir numune çözündürme işlemi için mikrodalga tüplerine konmuştur. Tüm tüplere 5 ml nitrik asit (HNO_3) ve 1 ml hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilip, buhar ve gaz çıkışını sağlamak için çeker ocak içerisinde bir müddet bırakılmıştır. Daha sonra numune tüpleri mikrodalga fırınında 40 dk’lık çözündürme işlemine alınmıştır. Süre sonunda soğumanın gerçekleşmesi için oda koşullarında bekletilmiştir. Soğuduktan sonra kapakları açılıp tüplerdeki çözelti kantitatif filtre kağıtları ile ($\varnothing$ 11cm) filtre edilerek falkonlara aktarılmıştır. Ultra saf su ile seyreltme

yapılarak 15 mL'ye tamamlanan çözeltiler analize hazır hale gelmiştir. Cu, Cd, Ni, Pb, Co için 0.025, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5 mg/L, Zn için ise 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 mg/L yoğunluklarda standartlar stok çözeltiden (1 000 mg/L) seyreltme yapılarak hazırlanmıştır [9]. Midyenin iç organ kitlesinden elde edilen ağır metal sonuçları mg/kg yaş ağırlık dikkate alınarak sonuçlar hesaplanmıştır. ICP-OES'te ölçülen her bir element için kullanılan LOD, LOQ, r^2 ve $y=mx+n$ değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. *Unio tigridis* türüne ait ölçüm değerleri (Ortalama $\pm$ Std sapma, Min- Mak değerler)

İstasyonlar	Ağırlık (g)	Boy (mm)	En (mm)	Yükseklik (mm)	Umbo-ön (mm)	Umbo-arka (mm)
I. İstasyon (N=15)	30.46 $\pm$ 8.05 (20-48)	52.027 $\pm$ 4.5 (45-59)	31.38 $\pm$ 2.28 (28-35)	23.087 $\pm$ 2.7 (19-28)	43.8 $\pm$ 4.52 (36-50)	23.19 $\pm$ 2.15 (20-26)
II. İstasyon (N=15)	48.10 $\pm$ 8.90 (30-63)	62.13 $\pm$ 4.4 (53-69)	35.95 $\pm$ 2.35 (32-42)	26.83 $\pm$ 2.62 (22-30)	51.26 $\pm$ 4.20 (43-58)	25.85 $\pm$ 1.81 (23-29)
Total (N=30)	39.28 $\pm$ 12.36 (20-63)	57.08 $\pm$ 6.8 (45-69)	33.67 $\pm$ 3.28 (28-42)	24.96 $\pm$ 3.29 (19-30)	47.53 $\pm$ 5.77 (36-58)	24.52 $\pm$ 2.40 (20-29)

N: Çalışılan midye sayısı



Şekil 2. Türün ortalama ölçüm değerlerinin istasyonlar arasındaki farklılıkları

Tablo 2. ICP- OES'te ölçülen her bir element için kullanılan dalga boyu, LOD, LOQ, r^2 ve $y=mx+n$ değerleri

Metaller	Dalga boyu (λ) nm	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)	r^2	$y=mx+n$
Cu	327.393	0.0169	0.0205	0.99983	$y=395187x-1967.3$
Ni	231.604	0.0133	0.0180	0.99995	$y=62607x+198.44$
Co	228.616	0.0098	0.0137	0.99998	$y=92711x-338.32$
Zn	206.200	0.0116	0.0165	0.99996	$y=34658x+242.28$
Cd	228.802	0.0120	0.0142	0.99998	$y=189076x-31.376$
Pb	220.353	0.0226	0.0349	0.99980	$y=9720.6x+35.958$

2.2. Su örneklerinin analize hazırlanması

Laboratuvara getirilen su örneklerinin üzerine ortamda oluşabilecek mikroorganizmaların ve bakterilerin biyolojik aktivitelerini durdurmak ve metallerin başka formlara dönüşmesini engellemek amacıyla % 2'lik nitrik asit (HNO_3) ilave edilerek ortam asitlendirilmiş [10,11] ve su örneklerinin tümü 15 ml'lik falkonlara alınarak analize hazır hale getirilmiştir. Ağır metal analiz işlemleri ICP-OES cihazı (Perkin Elmer Optima 2100 DV markalı) ile yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Su örneklerinde elde edilen veriler

Çalışma alanından 2013-2014 yılları arasında mevsimsel olarak alınan sularda ölçülen sıcaklık, oksijen, pH, iletkenlik değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimleriyle, ortalama ve std sapma verileri Tablo 3'te, istasyonlara göre değişim grafikleri ise Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Dicle Nehri'nin belirlenen istasyonlarından alınan su örneklerindeki sıcaklık, oksijen, pH, iletkenlik değerlerinin mevsimlere göre değişimi ve ulusal/uluslararası standartlarla karşılaştırılması

İstasyonlar	Mevsimler	Sıcaklık (°C)	Çözülmüş Oksijen (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)
I. İstasyon	Sonbahar-2013	21	7.64	7.27	332
	İlkbahar	31.1	8.01	7.98	463
	Yaz	28	7.44	8.37	379
	Sonbahar-2014	19.2	9.18	8.28	421
	Total	24.82± 5.64	8.06 ± 0.77	7.97 ± 0.49	398.75±56.18
II. İstasyon	Sonbahar-2013	20	7.63	8.15	381
	İlkbahar	25,6	8.26	8.34	490
	Yaz	28.3	6.74	8.12	445
	Sonbahar-2014	19.9	10.57	7.95	461
	Total	23.45 ± 4.18	8.30 ± 1.63	8.14 ± 0.15	444.2 ±46.09
Su Kalite sınıflarına göre olması gereken miktarlar	I. Kalite	25	8	6.5-8.5	--
	II. Kalite	25	6	6.5-8.5	--
	III. Kalite	30	3	6.0-9.0	--
	IV. Kalite	>30	<3	6.0-9.0 dışında	--
	Türk TSE	12-25	--	6.5-9.2	400-200
	Avrupa Birliği	12-25	--	6.5-8.5	400
	WHO	--	--	6.5-9.5	--
	EPA/USA	--	--	6.5-8.5	--

Dicle Nehri suyunun fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemek için ölçülen sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH ve iletkenlik değerleri mevsimsel ve istasyonlar arasında değişkenlik göstermektedir. Suyun fiziko-kimyasal değişimleri sucul organizmaların metal alımında rol oynadığı ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır [12,13]. Bu durumun Dicle Nehri'ndeki midye türlerinin ağır metal birikimlerinin değişiminde etkili olduğu düşünülmektedir.

İstasyon sularında yaptığımız analizlerin doğruluğunun teyidi için standart referans materyal olarak ERA-WasteWatR Trace Metals kullanılmış ve sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. ERA-WasteWatR Trace Metals ile ölçülen su değerleri

Metaller	Standart veri (mg/L)	Hesaplanan veri (mg/L)	Uyumları (%)
Cu	0.744	0.762	102
Ni	1.39	1.623	116
Co	0.255	0.299	117
Zn	1.52	1.32	86
Cd	0.184	0.217	117
Pb	0.631	0.688	109

Dicle Nehri su örneklerinde ölçülen ağır metal değerlerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimleri ise Tablo 5'te verilmiştir. Yapılan çalışmada sudaki Cu birikimi incelendiğinde I. istasyonda yaz mevsiminde 0.03 mg/L yoğunlukta ölçülmüştür. II. istasyonda ise en büyük ölçüm sonbahar-2014 mevsiminde 0.029 mg/L, en düşük ölçüm yaz mevsiminde 0.026 mg/L olarak çıkmıştır. Diğer mevsimlerde ise iki istasyonda da Cu yoğunluğu cihazın analiz sınırının altında kaldığı için ölçülemezdir.

Sulardaki Ni birikimleri incelendiğinde sadece I. istasyonda sonbahar-2013 mevsiminde 0.114 mg/L olarak ölçülmüştür. Ni yoğunluğu diğer mevsim ve istasyonlarda ICP-OES cihazının analiz sınırının altında kalmıştır.

Sularda Zn birikimi incelendiğinde I. istasyonda en yüksek değeri yaz mevsiminde 0.066 mg/L, en düşük değeri ise ilkbahar mevsiminde 0.028 mg/L olarak ölçülmüştür. II. istasyonda ise 0.052 mg/L ile en yüksek değerin yazın, 0.027 mg/L ile en düşük değerin sonbahar-2014 te olduğu görülmüştür. Diğer iki mevsimde ise tespit edilememiştir.

Co, Cd ve Pb metalleri iki istasyonda da tüm mevsimlerde ICP-OES cihazının analiz sınırının altında kalmıştır.

Tablo 5. Dicle Nehri'nde çalışılan istasyon sularında ölçülen ağır metal miktarlarının mevsimlere göre değişimi (mg/L)

İstasyon	Mevsim	Cu	Zn	Cd	Ni	Pb	Co
I. İstasyon	Sonbahar-2013	ASA	0.056	ASA	0.114	ASA	ASA
	İlkbahar	ASA	0.028	ASA	ASA	ASA	ASA
	Yaz	0.03	0.066	ASA	ASA	ASA	ASA
	Sonbahar-2014	ASA	0.03	ASA	ASA	ASA	ASA
II. İstasyon	Sonbahar-2013	ASA	ASA	ASA	ASA	ASA	ASA
	İlkbahar	ASA	ASA	ASA	ASA	ASA	ASA
	Yaz	0.026	0.052	ASA	ASA	ASA	ASA
	Sonbahar-2014	0.029	0.027	ASA	ASA	ASA	ASA
Ulusal/Uluslararası Standartlara göre sulardaki ölçüm değerleri	I. Kalite	0.02	0.2	0.003	0.02	0.01	0.01
	II. Kalite	0.05	0.5	0.005	0.05	0.02	0.02
	III. Kalite	0.2	2	0.01	0.2	0.05	0.2
	IV. Kalite	>0.2	>2	>0.01	>0.2	>0.05	>0.2
	Türk/TSE	1	5	0.005	0.05	0.05	--
	Avrupa Birliği	--	--	0.005	0.05	0.01	--
	WHO	1	5	0.005	0.02	0.05	--
	EPA/USA	1	5	0.005	--	--	--

ASA: Veriler ICP-OES cihazının analiz sınırının altında. Bu değer Cu: 0.016, Ni: 0.013, Co: 0.009, Zn: 0.011, Cd: 0.012, Pb: 0.022 mg/L olarak bulunmuştur.

3.2. *Unio tigridis* türünde elde edilen veriler

Referans materyal olarak köpekbalığı karaciğeri (NRC-CNRC DOLT-3) kullanılarak midye türünde yapılan çözündürme ve analiz sonuçlarının doğruluğu teyit edilmiş [9] ve sonuçlar Tablo 6’te verilmiştir. Türün istasyonlar arasındaki farklılığı parametrik bir test olan t-test ile yapılmıştır.

Tablo 6. DOLT-3 ile bulunan veriler

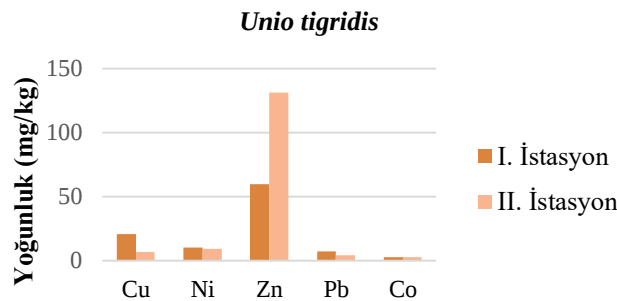
Ağır metaller	Standart veri (mg/kg)	Hesaplanan veri (mg/kg)	Uyumları (%)
Zn	86.6 ± 2.4	94.4±1.05	109
Cd	19.4 ± 0.6	16.25±0.19	83
Ni	2.72 ±0.35	2.42±0.007	89
Cu	31.2 ±1.0	30.53±0.22	97

Örnekleme alanlarından toplanan *Unio tigridis* türünde tespit edilen ağır metal yoğunlukları (ortalama, std sapma, min- mak değerleri ile istatistiksel farklılıkları) Tablo 7’de, metal yoğunluklarının istasyonlar arasındaki değişimi ise Şekil 3’deki grafik ile gösterilmiştir. *Unio tigridis* üzerinde yapılan çalışmada ağır metal birikimleri istasyonlar arasındaki farklılıkları şu şekilde yorumlanabilir. Cu, Ni ve Pb yoğunlukları I > II; Co ve Zn yoğunluğu II > I şeklinde bulunmuştur. Ni ve Co’nun ortalama yoğunluk değerlerinde istatistiki açıdan farklılık olmadığı ($p>0.05$); Zn, Pb ve Cu yoğunluklarında istatistiki açıdan farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). *Unio tigridis* türünde istasyonlarda ölçülen ağır metal yoğunluklarındaki bu fark şu şekildedir: Zn için $F=1.338$; $P= 0.000$, Cu için $F=3.646$; $P= 0.000$ ve Pb için $F= 0.650$; $P= 0.001$.

Tablo 7. *Unio tigridis*’te bulunan ağır metal yoğunluklarının istasyonlar arasındaki değişimi (Ortalama ± Std sapma, Min-Mak)

Tür sayısı		Cu	Cd	Ni	Pb	Zn	Co
15	I. İstasyon	20.75±10.86 ^a (10.28-50.2)	ASA	10.20±6.41 ^a (4.58-29.2)	7.33±2.12 ^a (4.28-11.7)	59.75±28.73 ^a (40.6-155.5)	2.49±1.12 ^a (1.33-5.1)
15	II.İstasyon	6.95±4.59 ^b (3.65-21.76)	ASA	9.11±10.04 ^a (2.05-40.1)	4.05±2.49 ^b (2.32-12.6)	131.38±34.4 ^b (72.6-195.8)	2.69±2.78 ^a (1.08-6.8)

Unio tigridis’te aynı sütunda yer alan farklı harfler istasyonlar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu göstermektedir ($p< 0.05$). ASA: Veriler ICP-OES’in analiz sınırının altında çıkmıştır. Sınır değer Cd=0.012 mg/L’dir.



Şekil 3. *Unio tigridis*’te ölçülen ağır metal yoğunluklarının istasyonlar arasındaki değişimi

Karakaya Baraj Gölü’nde Şahin ve arkadaşları [14]’nın *Unio* cinsi midye türünde yaptıkları ağır metal çalışmasında referans istasyon Arguvan ve kirliliğe maruz kalan Battalgazi bölgesinde yaptıkları ölçümlerde, ağır metal miktarı düzeylerini canlıların kas kütlesinde Arguvan’da Cd, Pb, Ni, Zn ve Cu

sırasıyla 0.146, 0.089, 2.67, 1.13 ve 0.22 mg/kg, Battalgazi’de Cd, Pb, Co, Ni, Cu, Zn metallerinde sırasıyla 0.136, 0.062, 0.68, 2.31, 0.96, 0.34 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Aksu ve ark. [15]’nin Keban Baraj Gölü’nde *Unio* cinsi midye türünde yaptıkları çalışmada, doku örneklerinde ağır metal birikimlerini Cd (0.174 mg/kg), Cu (0.004 mg/kg) ve Pb (0 mg/kg) şeklinde ölçmüşlerdir. *Unio crassus* türü üzerinde çalışma yapan (Dipsiz Çine Çayı) Yılmaz [16], türün toplam metal yoğunluğunu mg/kg cinsinden Zn, Ni, Cu, Cd ve Pb’da sırasıyla 24.24, 1.32, 0.72, 0.23 ve 0.29 şeklinde ölçmüştür. Çalışmamızda ölçmüş olduğumuz değerler verilen literatür çalışmalarında tespit edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Buda bize Purina ve ark. [17]’in, Letonya’da 6 farklı göl ve akarsudan topladıkları *Anodonta* sp. ve *Unio* sp. türlerinde metalotiyonein konsantrasyonlarını analiz ederken ortaya koydukları yumuşakçaların fizyolojik durumuna göre ağır metal birikim oranlarının farklı olabileceği görüşünü desteklemektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada su örneklerindeki ağır metal birikimi incelendiğinde Cu, Ni ve Zn metallerinde ölçüm yapılabilmişken; Co, Cd ve Pb metallerinde ise ölçümler ICP-OES’in analiz sınırının altında çıktığı için hiçbir mevsimde belirlenememiştir. Cu, Diyarbakır (I. istasyon) istasyonunda yaz mevsiminde en yüksek değerdeyken Hasankeyf (II. istasyon) suyunda 2014 yılının sonbahar mevsiminde en yüksek düzeyde ölçülmüştür. Ni sadece I. lokalitede 2013 yılının sonbahar mevsiminde tespit edilebilmiştir. İki istasyonda da en fazla ölçülen metal Zn olmuş ve en yüksek değerin yaz mevsiminde olduğu görülmüştür.

Dicle Nehri’nde çalışılan istasyon sularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda bulunan değerlerin (I. istasyon suyunda sonbaharda (2013) ölçülen Ni hariç) TSE, WHO, EC ve EPA-USA tarafından belirlenen limit değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ile [18] bivalvialarda Pb, Cd, Cu ve Zn gibi ağır metallerde sınır mg/kg yaş ağırlık olarak sırasıyla 1.5, 1, 20 ve 50 olarak belirlenmiştir. Ni ve Co ağır metallerinde ise sınırlayıcı bir bilginin olmadığı görülmüştür. Bu durum çalışmaların artırılması gerektiğini göstermektedir. Uluslararası kuruluşlardan biri olan EPA bivalvialarda ağır metal limit değerlerinin Cd, Co, Cu, Ni ve Zn da sırasıyla 1.4, 27, 54, 27 ve 410 mg/kg [19]; FAO ise yumuşakçalarda kuru ağırlık yoğunluk değerlerini Cd, Cu, Pb ve Zn için sırasıyla 10, 50-150, 5-30 ve 200-500 mg/kg olması gerektiğini belirtmiştir [20]. Çalışmamızda *Unio tigridis* türünde ölçülen ağır metal yoğunlukları t-test ile karşılaştırıldığında Cu ($F=3.646$; $P=0.000$), Zn ($F=1.338$; $P=0.000$), Pb ($F=0.650$; $P=0.001$) olarak anlamlı olduğu görülmüştür. I. istasyonda Zn (59.75 mg/kg) > Cu (20.75 mg/kg) > Ni (10.20 mg/kg) > Pb (7.33 mg/kg) > Co (2.49 mg/kg), II. istasyonda Zn (131.38 mg/kg) > Ni (9.11 mg/kg) > Cu (6.95 mg/kg) > Pb (4.05 mg/kg) > Co (2.69 mg/kg) şeklinde bir sıralama görülmüştür. Zn metali yoğunluğu en fazla II. istasyonda (131.38 mg/kg) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar yönetmeliğimize göre kabul edilen değerlerin üstünde çıkarken, FAO ve EPA gibi kuruluşların belirlediği sınır değerlerin ise altında çıkmıştır.

Sonuç olarak hem sucul ortam canlıları hem de bölge halkı tarafından kullanılan su kaynaklarından biri olan Dicle Nehri önemli kirlilik etkenlerinden biri olan ağır metallerin etkisi altındadır. Ağır metaller bulundukları ortamda yok olmadıkları gibi, çeşitli yollarla insanlara geçebilmekte ve sağlıklarını tehdit edebilecek tehlikeli boyutlara varabilmektedir [21]. Sucul ekosistemler için büyük öneme sahip bu tarz çalışmaların belirli aralıklarla yapılması sistemin geleceği açısından oldukça değerlidir.

Teşekkür

Doktora tezinden üretilmiş olan bu çalışmayı maddi olarak destekleyen (Proje No: 12-FF-85) Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı’na teşekkür ederim.

Kaynaklar

- [1] Kaya S., Pirinççi I., Bilgili A. 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No: 36, 112s., Ankara.

- [2] Demirak A., Yılmaz F., Tuna A.L., Özdemir N. 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, 63: 1451–1458.
- [3] Kır İ., Tekin-Özan S., Barlas M. 2006. Heavy metal concentrations in organs of Rudd, *Scardinius erythrophthalmus* L., 1758 populating Lake Karataş–Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15 (1): 25–29.
- [4] Rayms Keller A., Olsan K.E., McGaw M., Oray C., Carlson J.O., Beaty B.J. 1998. Effect of heavy metals on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 39: 41-47.
- [5] Rashed M.N. 2002. Biomarkers as Indicator for Water Pollution with Heavy Metals in Rivers. Seas and Oceans. Egypt: South Valley University, <https://pdfs.semanticscholar.org/2865/29587dc2a86472cbed24f90d21179e45.pdf> (Erişim Tarihi: 08.09.2016).
- [6] Topçuoğlu S., Kırbacıoğlu Ç., Güngör Ç. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish coast of the Black Sea, *Environment International*, 27: 521-526.
- [7] Puente X., Villares R., Carral E., Carballeira A. 1996. Nacreous shell of *Mytilus galloprovincialis* as a biomonitor of heavy metal pollution in Galiza (NW SPAIN). *Science of the Total Environment*, 183: 205-211.
- [8] Jamil A., Lajtha K., Radan S., Ruzsa G., Cristofor S., Postolache C. 1999. Mussels as bioindicators of trace metal pollution in the Danube Delta of Romania. *Hydrobiologia*, 392: 143-158.
- [9] Kaymak Abay Ç. 2018. Dicle Nehri'nden Toplanan *Unio mancus* ve *Anodonta anatina* Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (1): 53-60.
- [10] Ünlü E., Gümgüm B. 1993. Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, 26 (11): 2055-2061.
- [11] Karadede H., Ünlü E. 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41 (9): 1371-1376.
- [12] Rainbow P.S. 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31 (4): 183-192.
- [13] Boening D.W. 1999. An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 55 (3): 459-470.
- [14] Şahin A.G, Sünbül M.R, Küçükyılmaz M, 2016. Karakaya Baraj Gölü'ndeki tatlısu midyesi (*Unio elongatulus eucirrus* Bourguignat 1860)'nin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 28 (1): 13-19.
- [15] Aksu Ö., Yabanlı M., Can E., Kutluyer F., Kehayias G., Can Seyhaneyıldız S., Kocabas M., Demir V. 2012. Comparison of heavy metals bioaccumulation by *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) and *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat, 1860) from Keban Dam Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (7a): 1942-1947.
- [16] Yılmaz Ö. 2011. Dipsiz-Çine Çayı (Muğla, Aydın)'ndan alınan su, sediment ve *Unio crassus* (Bivalvia: Unionidae) örneklerinde ağır metal miktarlarının araştırılması. *Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 129s, Muğla.
- [17] Purina I., Barda I., Rimsa E., Poikane R., Jansons M. 2013. Concentrations of metallothionein in the bivalve molluscs *Anodonta* spp. and *Unio* spp. from Latvian Lakes with different anthropogenic pressure. *E3S Web of Conferences*, 1: 34005.
- [18] Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Yetki Kanunu. 5996 sayılı Resmi Gazete 29.12.2011-28157 (Erişim tarihi: 02.09.2016).
- [19] Anonim, 2005. EPA Region III RBC Table. Erişim: [<http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rbc/rbc0405>] (Erişim tarihi: 01.08.2016).
- [20] Wagner A., Boman J. 2004. Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. *Spectrochimica Acta Part B*, 59: 1125-1132.
- [21] Şeker E., Özmen H., Aksoy Ş. 1998. Investigation of heavy metal accumulation in *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) caught in Elazığ Hazar Lake. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (2): 13-20.