

Eğirdir Gölü'nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Hüseyin Kaptan², Selda Tekin-Özan^{1*}

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji A.B.D., Isparta, Türkiye

*Yazışılan yazar e-mail: seldaozan@sdu.edu.tr

Alınış: 21.02.2014 Kabul: 31.10.2014

Özet: Eylül 2011-Şubat 2012 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada Eğirdir Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma süresince göl suyunun bazı fiziko-kimyasal parametreleri ölçülmüştür. Suda yapılan analizler sonucunda Pb dışında tüm metaller tespit edilmiştir. Suda en fazla biriken metalin Mn, en az biriken metalin ise Cr olduğu belirlenmiştir. Sedimentte ve balık dokularında tüm metaller belirlenmiş ve sedimentte en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Cd olduğu tespit edilmiştir. Metallerin karaciğer dokusunda kas ve solungaca göre daha fazla birikim gösterdiği belirlenmiştir. Balıklardaki metal seviyeleri ile balıkların ağırlık ve boyları arasında genel olarak negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Balık dokularında tespit edilen metal düzeyleri Dünya Sağlık Örgütü,(WHO) Avrupa Birliği ve Türk Standartları Enstitüsü'nün balık dokuları için verdiği değerler ile kıyaslanarak balıkların besin olarak tüketilmesinde sakınca olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Eğirdir Gölü, Sazan, ağır metal, birikim, su kirliliği

Determination of the Heavy Metals Levels in Some Tissues and Organs of Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) Living in Water, Sediment of Eğirdir Lake

Abstract: This study was carried out between September 2011-February 2012. In this work, aimed to determine the concentrations of some heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se and Zn) in some tissues and organs of the carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) living in water, sediment of Eğirdir Lake and muscle, liver and gill of carp inhabiting the lake and to compare with the water and sediments. During the study, some physico-chemical parameters had been measured. As a result of analysis in water, all of the metals except Pb were determined in water. Mn was the highest and Cr was the lowest in water. All of the metals were determined in sediment and fish tissues, and Fe was the highest and Cd was the lowest in sediment. The highest metal levels were found in liver compared with gill and muscle. Negative relationships were determined between metal levels in fish with fish weight and length. The metal levels which were detected in fish tissues was compared with acceptable levels for fish tissues given by World Health Organization(WHO), European Commission and Turkish Standart Institute and determined if there is a threat to use these fish as a food.

Key words: Eğirdir Lake, Carp, heavy metal, accumulation, water pollution

1. Giriş

Su, insanoglu ve diğ er varlıklar için hayatsal değ ere sahip önemli bir maddedir. İç me suyu, temizlik, evsel ve tarımsal amaçlarla kullanılmaktadır. Günümüzde teknolojinin çok hızlı geliş mesi sonucunda endüstriyel ve sanayi kaynaklı atıkların yer aldığı kanalizasyon sularının boş aldığı baraj ve doğal göllerde insanogluunun kullanabildiği su kaynakları gittikçe azalmakta ve kirlenmektedir [1].

Sucul ortamlarda, kimyasal kirlilik kaynağı olan ağır metaller çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve kolayca besin zincirine katılarak doğada bulunan canlıların vücutlarında artan miktarlarda birikmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler içerisinde ilk sırada bulunmaktadır [2].

Metaller, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgârın taşıdığı tozlarla, volkanik faaliyetlerle, orman yangınlarıyla ve bitki örtüsü vasıtasıyla sulara taşınır. Çok sayıda nehrin denize dökülmesi sonucunda, ağır metaller denizlerde birikir. Denize karışan bu nehirler, endüstriyel ve kentsel bölgelerden geçerken içerisine çok fazla atık madde alabilir. Suda çözülmüş şekilde olan metaller, suyun dibine çökerek sedimente katılır ve bu şekilde metaller sedimentte birikirler. Genellikle denizlerin ve nehirlerin birleştiği geniş alanlarda ağır metal birikimi daha çoktur [3].

Balıklar ağır metalleri dış ortamdan besin, su, solungaçlar ve deri vasıtasıyla alırlar [4]. Balık tarafından alınan ağır metaller, taşıyıcı proteinlere bağlı halde kan yolu vasıtasıyla doku ve organlara taşınır ve dokularda bulunan metal bağlayıcı proteinler tarafından bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşır [5].

Balıkların farklı dokularında biriken ağır metallerin düzeyi ortamda bulunan ağır metal miktarına, ağır metalin türüne, balığın ağır metal ile etkileşim sürecine, yaşına, metabolik aktivitelerine, gelişimin hangi evresinde bulunduğuna, doku ve organlar ile suyun fizikokimyasal özelliklerine göre değişir [6]. Ağır metaller toksik etkilerini genel olarak, hücre zarları, enzimler ve hücre organelleri üzerinde gösterirler. Metallerin toksisitesi, toksikolojik hedef ile serbest halde bulunan metal iyonu arasındaki etkileşimi kapsar. Ayrıca görevleri esnasında metal transferi yapan hücreler (karaciğer, renal tübüler, gastrointestinal) toksik etkiye en hassas hücrelerdir [7].

Ülkemizde ve yurtdışında ağır metallerin su, sedimentte ve balıklardaki birikimini araştırmaya yönelik pek çok çalışma yapılmıştır [8-23].

Bu çalışmada Isparta ili sınırları içinde kalan Eğirdir Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) konsantrasyonlarının belirlenmesi, suda ölçülen bazı fiziko-kimyasal parametrelerle sudaki ağır metal düzeyleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesi, balık boyu ve ağırlığı ile balıkların doku ve organlarındaki ağır metal miktarları arasındaki ilişkilerin saptanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma Alanı

Eğirdir Gölü, Türkiye'nin güneyindeki Isparta ili sınırları içerisinde yer almakta ve Göller Bölgesi'nin doğal zenginliklerinin başında gelmektedir. Eğirdir, Senirkent, Yalvaç ve Gelendost ilçe sınırları ile çevrilidir. 37°50'-38°16' kuzey enlemleri ve 30°57'-30°44' doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 1.). Göl 457 km² yüzölçümü ile Türkiye'nin 4. büyük gölü, aynı zamanda 2. büyük tatlı su gölüdür. Gölün, deniz seviyesinden yüksekliği 918 m olup, kuzey-güney uzanımlı büyük bir

çöküntü alanının kuzey sınırında graben tektoniğine bağlı olarak oluşmuştur. Dik kayalara, düz ve sıg bir tabana sahip olan gölün kuzey-güney doğrultusundaki uzunluğu 50 km, kıyı uzunluğu 150 km, en geniş yeri ise 16 km'dir [24, 25].



Şekil 1. Çalışma alanı, Eğirdir Gölü [26]

2.2. Arazi Çalışmaları

Bu çalışma Eylül 2011- Şubat 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışması esnasında YSI marka portatif multiparametre ölçüm cihazı kullanılarak göl suyunun sıcaklığı, pH'ı, elektriksel iletkenliği ve çözülmüş oksijen miktarı ölçülmüştür. İstasyonlardan alınan su örnekleri 500 ml'lik polipropilen kaplara konarak üzerlerine pH'ı düşürmek amacıyla 5 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Su örnekleri analiz yapıncaya kadar +4 °C muhafaza edilmiştir. Gölden alınan sediment ve balık örnekleri de yine polipropilen kaplara konularak laboratuvara götürülmüştür.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları ve Metal Analizi

Laboratuvara getirilen balık örneklerinin standart, çatal ve total boyları ± 1 mm hataya hassas ölçme tahtasında, ağırlıkları ise hassas terazide ölçülmüş, örneklerle ilgili kayıtların tutulduğu forma yazılarak, balıklardan solungaç, karaciğer ve kas örnekleri alınmıştır. Balık dokuları ve sediment örnekleri ısıya dayanıklı petrilere konularak etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kas ve sediment örnekleri 70 °C'de 48 saat, karaciğer 70 °C'de 24 saat ve solungaç 70 °C'de 36 saat bekletilerek kurutulmuştur. Etüvde kurutulmuş balık dokusu örnekleri ve sediment örneklerinin ağırlıkları belirlenmiş, uygun yöntemler kullanılarak ağır metal analizi için çözeltiler hazırlanmış [27] ve analiz işlemine kadar +4 °C 'de bekletilmiştir. Analiz işlemi yapılmadan önce balık dokuları ve sediment örneklerinin çözeltileri filtre kağıtlarından geçirilerek süzölmüştür. Su örnekleri analiz işleminden hemen önce, Whatman marka 47 mm GF/C cam filtre ile süzölmüş ve analiz işlemi gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin metal analizi Vista marka ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer) cihazında yapılmıştır. Ayrıca cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla DORM-3 (Dogfish Protein Certified Reference

Material For Trace Metals), DOLT-4 (Dogfish Liver Reference Materials for Trace Metals) ve HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) sertifikalı referans materyallerden de aynı şekilde çözeltiler hazırlanarak metal analizi yapılmıştır.

2.4. İstatistiksel Analizler

Sonuçların, minimum değeri, maksimum değeri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Suyun fizikokimyasal parametreleri ile ağır metal miktarları arasındaki ilişkiyi, su, sediment ve balık dokuları arasında ağır metal miktarlarının nasıl değiştiğini, ağır metal miktarları bakımından balık dokuları arasında istatistiki bir değişiklik olup olmadığını ve balıkların ağırlıkları ve boyları ile biriken ağır metal miktarları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla One-Way Anova, Duncan Testi, Pearson Testi ile Linear Regression Analizi yapılmıştır. Örnek sonuçlarının tüm istatistiksel hesaplaması SPSS 15t programı ile yapılmıştır.

3. Bulgular

Bu çalışmada, DORM 3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals), DOLT 4 (Dogfish Liver Reference Material For Trace Metals) ve HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) standart referans materyallerden ağır metal analizi yapılarak, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 1-3). Her 3 referans materyal için de, tarafımızdan tespit edilen değerler ile sertifika değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Referans materyal DORM 3'ün sertifika değerleri, belirlenen değerleri ve hassasiyet dereceleri

Element	DORM 3 (Sertifika değerleri)	DORM 3 (Belirlenen değerler)	Hassasiyet Derecesi (%)
Cd	0.29±0.020	0.27±0.01	93
Cr	1.89±0.17	1.79±0.25	94
Cu	15.5±0.63	17.61±7.56	113
Fe	347±20	340.50±7.54	97
Mn	-	-	-
Mo	-	-	-
Ni	1.28±0.24	1.10±0.33	85
Se	-	-	-
Pb	0.395±0.05	0.43±0.003	108
Zn	51.3±3.1	49.99±2.43	97

Tablo 2. Referans materyal DOLT 4'ün sertifika değerleri, belirlenen değerleri ve hassasiyet dereceleri

Element	DOLT 4 (Sertifika değerleri)	DOLT 4 (Belirlenen değerler)	Hassasiyet Derecesi (%)
Cd	24.3±0.8	26.44±0.08	108
Cr	-	-	-
Cu	31.2±1.1	33.36±2.36	106
Fe	1833±75	1779.59±6.35	97
Mn	-	-	-
Mo	-	-	-
Ni	0.97±0.11	0.92±0.02	94
Se	8.3±1.3	8.87±0.45	106

Pb	-	-	-
Zn	116±6	106.35±3.56	91

Tablo 3. Referans materyal HISS 1'in sertifika değerleri, belirlenen değerleri, ve hassasiyet dereceleri

Element	HISS 1 (Sertifika değerleri)	HISS 1 (Belirlenen değerler)	Hassasiyet Derecesi(%)
Cd	0.024±0.009	0.025±0.04	104
Cr	-	-	-
Cu	2.29±0.37	2.42±0.78	105
Fe	-	-	-
Mn	66.1±4.2	71.94±0.27	108
Mo	-	-	-
Ni	2.16±0.29	1.97±0.23	91
Pb	3.13±0.40	3.08±0.04	98
Se	0.05±0.007	0.045±0.11	90
Zn	4.94±0.79	4.16±1.10	84

Çalışma süresince Eğirdir Gölü suyunun sıcaklığı, pH değeri, çözülmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenliği ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4.'te verilmiştir. Buna göre en yüksek sıcaklık değeri 22.02°C, en düşük sıcaklık değeri 4.62°C ve ortalama sıcaklık değeri 10.73°C olarak ölçülmüştür. pH değerleri 7.23-8.95 arasında değişmiş ve ortalama pH değeri 8.10 olarak saptanmıştır. Çözülmüş oksijen miktarı ise 6.11-13.59 mg/lt arasında değişiklik gösterirken, ortalama değer 9.23 mg/lt olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen en düşük elektriksel iletkenlik değeri 262 µs/cm, en yüksek değeri 352 µs/cm, ortalama değer ise 297.66 µs/cm olarak ölçülmüştür.

Tablo 4. Eğirdir Gölü'nün bazı fiziko-kimyasal parametrelerinin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri

	Sıcaklık (°C)	pH	Çözülmüş Oksijen (mg/lt)	Elektriksel iletkenlik (µs/cm)
Minimum	4.62	7.23	6.11	262
Maksimum	22.02	8.95	13.59	352
Ortalama	10.73	8.10	9.23	297.66
Standart sapma	0.62	0.35	0.19	2.78

Eğirdir Gölü'nün suyunda yapılan metal analizlerinin sonuçları Tablo 5.'de verilmiştir. Bu çalışma sonucunda Eğirdir Gölü suyunda en fazla biriken metali Mn olduğu, bunu Mo'nun takip ettiği saptanmıştır. Pb ise analiz limitinin (<0.003) altında kalmıştır. Çalışma sonucunda suda bulunan Cd miktarı 0.62-3.29 ppb arasında değişirken, Cr konsantrasyonunun 0.04-0.09 ppb arasında olduğu belirlenmiştir. Cu düzeyi 0.26-0.88 ppb arasında değişmiştir.

Fe miktarı 0.24-4.70 ppb arasında iken, Mn miktarı ise 6.83-336.45 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Mo konsantrasyonu 39.13-61.50 arasında değişirken, Ni konsantrasyonunun ise 0.28-3.03 arasında olduğu saptanmıştır. Se düzeyi 1.14-3.58 ppb arasında değişim göstermiş, Zn'nun miktarı ise 3.58-39.46 ppb arasında seyretmiştir. Pb ise analiz limitlerinin altında kalmıştır. Eğirdir Gölü'nün suyunda tespit edilen metal miktarlarının istatistiki değerlendirilmesinde metal birikimi açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir (<0.05).

Çalışma boyunca Eğirdir Gölü suyu ölçülen sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen miktarı ve elektriksel iletkenlik miktarı ile göl suyunda tespit edilen ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se ve Zn) düzeyleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Pearson Testi yapılmış ve bu testin sonuçları Tablo 6.'da verilmiştir. Tabloya göre sıcaklık değişimi ile pH ve çözünmüş oksijen miktarı arasında negatif, elektriksel iletkenlik arasında ise pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Sıcaklık artarken elektriksel iletkenliğin arttığı, buna karşılık pH ve çözünmüş oksijen miktarının sıcaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. pH ile çözünmüş oksijen miktarı arasında ise pozitif bir ilişki vardır. Sıcaklık ile Ni ve Zn arasında pozitif, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo ve Se arasında ise negatif bir ilişki tespit edilmiştir. pH miktarı ile Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Se ve Zn arasında pozitif bir ilişki bulunurken, Cd ve Mn arasında ise negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen miktarı ile Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Se arasındaki ilişkinin pozitif, Fe, Mn ve Zn arasındaki ilişkinin ise negatif olduğu saptanmıştır. Elektriksel iletkenliğin artışı ile Cd, Fe, Mn, Se ve Zn miktarının arttığı, Cr, Mo, Cu ve Ni miktarının ise azaldığı belirlenmiştir. Sudaki Cd-Ni arasında (<0.01), Cu-Cr arasında (<0.01), Cu-Mn arasında (<0.01), Cu-Ni arasında (<0.05) ve Mo-Ni arasında (<0.05) istatistiki açıdan önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Eğirdir Gölü'nden alınan sediment örneklerinde belirlenen ağır metal miktarları Tablo 7.'de verilmiştir. Sedimentte yapılan analizler sonucunda en fazla biriken metal Fe iken, en az biriken metalin ise Cd olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda sedimentte bulunan Cd miktarı 0.003-0.08 mg/ kg arasında değişirken, Cr konsantrasyonunun 0.03-7.20 mg/ kg arasında olduğu belirlenmiştir. Cu seviyesinin 0.66-21.75 mg/ kg arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Fe miktarı ise 59.68-3496.51 mg/ kg arasında seyrederken, Mn miktarının 25.92-224.59 mg/ kg arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Mo konsantrasyonu 0.03-0.86 arasında değişirken, Ni konsantrasyonu ise 1.37-15.17 arasında değişmiştir. Se miktarının 0.07-2.95 mg/ kg arasında, Zn miktarının ise 10.21-60.31 mg/ kg arasında olduğu belirlenmiştir. Pb miktarı ise 0.25-6.53 mg/ kg arasında değişmiştir. Eğirdir Gölü'nün sedimentinde belirlenen metal düzeylerinin istatistiki değerlendirmesinde metal miktarları açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir (<0.05).

Tablo 5. Eğirdir Gölü'nün suyunda ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının minimum değerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri (ppb) ve standart sapmaları
* ALA: Analiz limitinin altında.

	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Minimum	0.62	0.04	0.26	0.24	6.83	39.13	0.28	ALA*	1.14	3.58
Maksimum	3.29	0.09	0.88	4.70	336.45	61.50	3.03		5.96	39.46
Ortalama	2.25 ^{a**}	0.06 ^b	0.50 ^b	1.44 ^{ab}	111.14 ^c	51.65 ^{bc}	1.11 ^a		3.37 ^b	17.23 ^b
Standart sapma	0.17	0.01	0.19	0.37	2.4	2.59	0.22		0.99	2.51

** Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

Tablo 6. Eğirdir Gölü'nün suyunda ölçülen bazı fiziko-kimyasal parametreler ve metallerin pearson testine göre belirlenen değerleri

	Sıcaklık (°C)	pH	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	E.İ. (µs/cm)	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Se	Zn
Sıcaklık	1	-0.171	-0.399	0.297	-0.335	-0.105	-0.097	-0.089	-0.148	-0.107	0.179	-0.114	0.208
pH		1	0.243	-0.279	-0.034	0.379	0.184	0.392	-0.153	0.210	0.131	0.052	0.365
Çözünmüş Oksijen (mg/l)			1	-0.330	0.041	0.373	0.148	-0.373	-0.081	0.230	0.078	0.512*	-0.006
E.İ. (µs/cm)				1	0.310	-0.294	-0.097	0.157	0.078	-0.332	-0.280	0.082	0.417
Cd					1	-0.336	-0.276	0.262	-0.069	-0.185	-0.820**	0.303	0.440
Cr						1	0.618**	-0.155	0.050	0.351	0.460	-0.034	-0.115
Cu							1	-0.028	0.614**	0.451	0.491*	-0.001	-0.079
Fe								1	0.201	0.211	-0.065	-0.240	0.511*
Mn									1	0.356	0.171	-0.015	-0.199
Mo										1	0.524*	-0.125	0.067
Ni											1	-0.334	-0.171
Se												1	-0.051
Zn													1

* 0.05 düzeyinde önemli ** 0.01 düzeyinde önemli

Tablo 7. Eğirdir Gölü sedimentinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının minimum değerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri (mg/ kg) ve standart sapmaları

	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Minimum	0.003	0.3	0.66	59.68	25.92	0.03	1.37	0.25	0.07	10.21
Maksimum	0.08	7.20	21.75	3496.51	224.59	0.86	15.17	6.53	2.95	60.31
Ortalama	0.04 ^{a*}	2.64 ^b	7.14 ^{ab}	1369.97 ^c	114.15 ^b	0.22 ^a	6.67 ^{ab}	1.49 ^{ab}	1.76 ^c	27.82 ^b
Standart sapma	0.002	0.14	0.62	9.21	5.97	0.002	0.24	0.42	0.24	1.71

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

Çalışmamızda kullanılan sazan örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokusunda biriken ağır metallerin miktarları Tablo 8.'de verilmiştir. Analizi yapılan tüm metaller bütün dokularda tespit edilmiştir. Kas dokusunda en fazla Fe, karaciğer ve solungaçta ise en fazla Zn birikim yapmıştır. Tüm dokularda en az biriken metal Cd olmuştur. Cd miktarının kasta 0.0016-3.19 mg/ kg (ort. 0.22 mg/ kg), karaciğerde 0.0041-6.22 mg/ kg (ort. 0.22 mg/ kg) ve solungaçta ise 0.0016-0.38 mg/ kg (ort. 0.06 mg/ kg) arasında değiştiği belirlenmiştir. Cd'un birikimi açısından kas ve solungaç arasında herhangi bir fark yokken (>0.05), karaciğerdeki birikim diğer dokulardan istatistiki anlamda farklıdır (<0.05). Cr miktarı kasta 0.06-3.85 mg/ kg (ort. 0.74 mg/ kg), karaciğerde 0.04-6.53 mg/ kg (ort. 1.90 mg/ kg) ve solungaçta 0.08-3.33 mg/ kg (ort. 0.88 mg/ kg) olarak tespit edilmiştir. Cr'un birikimi açısından tüm dokular arasında yapılan istatistiki değerlendirmede metal miktarları açısından önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir (>0.05). Cu miktarının kasta 1.38-98.14 mg/ kg (ort. 14.21 mg/ kg), karaciğerde 3.64-244.96 mg/ kg (ort. 33.31 mg/ kg) ve solungaçta 2.48-77.01 mg/ kg (ort. 24.35 mg/ kg) arasında değiştiği belirlenmiştir. Cu birikiminin dokular arasında farklılık göstermediği tespit edilmiştir (>0.05). Fe konsantrasyonunun kasta 11.28-533.02 mg/ kg (ort. 85.06 mg/ kg), karaciğerde 86.82-1486.60 mg/ kg (ort. 494.46 mg/ kg) ve solungaçta 26.35-741.41 mg/ kg (ort. 250.69 mg/ kg) arasında değiştiği saptanmıştır. İstatistiki açıdan Fe düzeyinin dokular arasında birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir (<0.05). Mn düzeyi kasta 0.01-3.23 mg/ kg (ort. 0.96 mg/ kg), karaciğerde 0.14-8.60 mg/ kg (ort. 2.32 mg/ kg) ve solungaçta 1.06-26.51 mg/ kg (ort. 11.61 mg/ kg) olarak belirlenmiştir. Mn düzeyi dokular arasında önemli farklılıklar göstermiştir (<0.05). Mo'in kasta 0.003-1.99 mg/ kg (ort. 0.27 mg/ kg), karaciğerde 0.06-2.71 mg/ kg (ort. 0.66 mg/ kg) ve solungaçta 0.01-3.07 mg/ kg (ort. 0.29 mg/ kg) arasında biriktiği belirlenmiştir. Mo'nun birikimi açısından kas ve solungaç arasında herhangi bir fark yokken (>0.05), karaciğerdeki birikim diğer dokulardan istatistiki anlamda farklıdır (<0.05). Ni miktarının kasta 0.12-7.76 mg/ kg (ort. 1.47 mg/ kg), karaciğerde 0.35-10.86 mg/ kg (ort. 2.51 mg/ kg) ve solungaçta 0.17 -23.54 mg/ kg (ort. 3.02 mg/ kg) arasında değiştiği belirlenmiştir. Ni'in birikimi açısından tüm dokular arasında istatistiki bir fark tespit edilememiştir (>0.05). Pb düzeyi kasta 0.01-0.11 mg/ kg (ort. 0.04 mg/ kg), karaciğerde 0.02-0.26 mg/ kg (ort. 0.11 mg/ kg) ve solungaçta 0.0003-0.40 mg/ kg (ort. 0.16 mg/ kg) arasında değişmiştir. Pb'un birikimi açısından dokular arasında önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir (>0.05). Se miktarının kasta 0.21-3.20 mg/ kg (ort. 1.21 mg/ kg), karaciğerde 0.21-6.51 mg/ kg (ort. 3.20 mg/ kg) ve solungaçta 0.04-4.84 mg/ kg (ort. 1.75 mg/ kg) arasında değiştiği belirlenmiştir. Se seviyesi dokulara göre önemli değişiklikler göstermiştir (<0.05). Zn konsantrasyonunun kasta 18.06-394.49 mg/ kg (ort. 90.93 mg/ kg), karaciğerde 59.91-3490.29 mg/ kg (ort. 598.94 mg/ kg) ve solungaçta 80.81-1808.41 mg/ kg (ort. 691.57 mg/ kg) arasında değiştiği belirlenmiştir. Zn'un birikimi açısından kas ve solungaç arasında herhangi bir fark yokken (>0.05), karaciğerdeki birikim diğer dokulardan istatistiki anlamda farklıdır (<0.05). Bu çalışmanın sonucunda dokuların metal biriktirme kapasiteleri değerlendirilmiştir. Buna göre: Cd, Cr, Cu ve Fe miktarlarının karaciğer $>$ kas $>$ solungaç şeklinde, Mn, Mo, Ni ve Pb miktarlarının solungaç $>$ karaciğer $>$ kas şeklinde ve Se ve Zn miktarlarının ise karaciğer $>$ solungaç $>$ kas şeklinde değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 8. Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'a ait farklı dokularında tespit edilen bazı ağır metallerin maksimum, minimum, ortalama değerleri (mg/ kg) ve standart sapmaları

Metal	KAS				KARACİĞER				SOLUNGAÇ			
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Cd	0.0016	3.19	0.22 ^{a*}	0.07	0.0041	6.22	1.17 ^b	0.46	0.0016	0.38	0.06 ^a	0.009
Cr	0.06	3.85	0.74 ^a	0.02	0.04	6.53	1.90 ^a	0.21	0.08	3.33	0.88 ^a	0.06
Cu	1.38	98.14	14.21 ^a	3.25	3.64	244.96	33.31 ^a	4.56	2.48	77.01	24.35 ^a	2.13
Fe	11.28	533.02	85.06 ^a	1.06	86.82	1486.60	494.46 ^c	2.98	26.35	741.41	250.69 ^b	1.64
Mn	0.01	3.23	0.96 ^a	0.07	0.14	8.60	2.32 ^b	0.17	1.06	26.51	11.61 ^c	0.75
Mo	0.003	1.99	0.27 ^a	0.04	0.06	2.71	0.66 ^b	0.069	0.01	3.07	0.29 ^a	0.05
Ni	0.12	7.76	1.47 ^a	0.18	0.35	10.86	2.51 ^a	0.27	0.17	23.54	3.02 ^a	0.49
Pb	0.01	0.11	0.04 ^a	0.003	0.02	0.26	0.11 ^a	0.007	0.0003	0.40	0.16 ^a	0.015
Se	0.21	3.20	1.21 ^a	0.08	0.21	6.51	3.20 ^c	0.14	0.04	4.84	1.75 ^b	0.12
Zn	18.06	394.49	90.93 ^a	6.31	59.91	3490.29	598.94 ^b	6.10	80.81	1808.41	691.57 ^b	4.06

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

Çalışmamızda kullanılan sazanın bazı doku ve organlarında tespit edilen metal miktarları ile balıkların boy ve ağırlıkları arasındaki ilişkiler lineer regression analizi kullanılarak belirlenmiş ve Tablo 9 ve 10'da verilmiştir. Kastaki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Se, Zn, karaciğer ve solungaçtaki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se ve Zn miktarları ile balık boyu arasındaki ilişkilerin negatif yönde olduğu belirlenmiştir. Kastaki Ni, karaciğer ve solungaçtaki Pb miktarları ile balık boyu arasındaki ilişkilerin pozitif yönde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kastaki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn miktarı ile balık boyu arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemsiz olduğu, buna karşın Se, Mo ve Mn konsantrasyonu ile balık boyu arasındaki ilişkinin ise 0.05 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Karaciğerdeki Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Se, Pb ve Zn miktarı ile balık boyu arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemli olmadığı, Cr miktarı ile balık boyu arasındaki ilişkinin ise 0.01, Mo ile 0.05 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Solungaçta ise Cd, Fe, Mn, Mo, Se, Pb ve Zn konsantrasyonu ile balık boyu arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemli olmadığı, Cr miktarı ile balık boyu arasındaki ilişkinin ise 0.01, Cu ve Mo ile 0.05 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 9). Kastaki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb ve Se, karaciğer ve solungaçtaki Cd, Cr, Cu, Mn, Mo ve Ni miktarları ile balığın ağırlığı arasındaki ilişkilerin negatif yönde olduğu belirlenmiştir. Kastaki Ni ve Zn, karaciğer ve solungaçtaki Fe, Pb, Se ve Zn miktarları ile balığın ağırlığı arasındaki ilişkilerin pozitif yönde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kastaki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni ve Zn miktarı ile balığın ağırlığı arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemsiz olduğu, buna karşın Mo konsantrasyonu ile balığın ağırlığı arasındaki ilişkinin ise 0.05 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Karaciğer ve solungaçtaki Cd, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn miktarı ile balığın ağırlığı arasındaki ilişkinin 0.05 düzeyinde önemli olmadığı, Cr ve Cu miktarı ile balığın ağırlığı arasındaki ilişkinin ise 0.01, düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 10).

Tablo.9. Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'in boyu ve ağır metal konsantrasyonu arasındaki ilişkiler

Doku		Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kas	Denklem	^a X=1.737-0.034Y	X=26.794-0.552Y	X=551.71-11.196Y	X=437.09-7.983Y	X=5.779-0.109Y	X=3.606-0.076Y	X=-73.604+1.820Y	X=-0.282+0.008Y	X=6.783-0.127Y	X0356.187-5.481Y
	R Değeri	-0.032	-0.127	-0.209	-0.176	-0.359	-0.402	0.137	-0.033	-0.347	-0.100
	P Değeri	^b ALA	ALA	ALA	ALA	^c *	*	ALA	ALA	*	ALA
Karaciğer	Denklem	X=8.571-0.168Y	X=-5.120-0.137Y	X=59.277-0.589Y	0.783+11.196Y	X=10.320-0.183Y	X=5.651-0.113Y	X=1.515+0.023Y	X=0.569-0.010Y	X07.440-0.096Y	X=-32.746+14.32Y
	R Değeri	-0.313	-0.450	-0.426	-0.298	-0.038	-0.335	0.005	0.200	-0.179	-0.160
	P Değeri	ALA	^d **	ALA	ALA	ALA	*	ALA	ALA	ALA	ALA
Solungaç	Denklem	X=0.622-0.013Y	X=3.330-0.055	X=-22.652+1.066Y	1128.319-19.903Y	X=5.375+0.142Y	X=5.413-0.116Y	X=-11.727+0.335Y	X=-0.935+0.025Y	X=5.889-0.094Y	X=1697-22.81Y
	R Değeri	-0.308	-0.192	-0.114	-0.285	-0.047	-0.457	0.160	0.344	-0.125	-0.132
	P Değeri	ALA	**	ALA	ALA	ALA	*	ALA	ALA	ALA	ALA

^a Denklemlerde; X: Metal konsantrasyonu (mg/kg) ve Y: Balığın boyu (cm). Yıldızlar önemli sonuçları gösterir.

^b ALA, 0.05 düzeyinde önemli olmayan, P>0.05

* 0.05 düzeyinde önemli, P<0.05

** 0.01 düzeyinde önemli, P<0.01

Tablo 10. Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'in ağırlığı ve ağır metal konsantrasyonu arasındaki ilişkiler

Doku		Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kas	Denklem	^a X=0.881-0.001Y	X=0.318-0.001Y	X=92.540-0.030Y	X=140.53-0.048Y	X=1.442+0.01Y	X=1.576-0.001Y	X=-2.065+0.008Y	X=-0.037+0.07Y	X=10997-0.001Y	X=37.191+0.067Y
	R Değeri	-0.053	-0.025	-0.072	-0.072	-0.150	-0.342	0.039	-0.013	-0.096	0.083
	P Değeri	^b ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	^c *	ALA	ALA	ALA	ALA
Karaciğer	Denklem	X=4.289-0.003Y	X=-2.429+0.003Y	X=14.529+0.016Y	X=-333.587+0.714Y	X=2.920-0.001Y	X=1.231-0.001Y	X=-0.0620.002Y	X=0.327+0.001Y	X=2.706+0.001Y	X=-871.60+1.268Y
	R Değeri	-0.195	-0.517	-0.490	0.043	-0.088	-0.021	-0.190	0.125	0.073	0.161
	P Değeri	ALA	^d **	**	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
Solungaç	Denklem	X=0.216+0.002Y	X=1.869-0.001Y	X=-15.395+0.034Y	X=186.050+0.056Y	X=12.844-0.001Y	X=1.913-0.001Y	X=-4.648+0.007Y	X=-0.399+0.001Y	X=1.109+0.001Y	X=71.479+0.535Y
	R Değeri	-0.001	-0.001	-0.023	0.174	-0.008	-0.001	-0.005	0.415	0.073	0.422
	P Değeri	ALA	**	**	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA

^a Denklemlerde; X: Metal konsantrasyonu (mg/kg) ve Y: Balığın ağırlığı (gr). Yıldızlar önemli sonuçları gösterir.

^b ALA, 0.05 düzeyinde önemli olmayan, P>0.05 * 0.05 düzeyinde önemli, P<0.05 ** 0.01 düzeyinde önemli, P<0.01

5. Tartışma

Eylül 2011 ile Şubat 2012 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada Eğirdir Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın kas, karaciğer ve solungaç dokusundaki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn) miktarları incelenmiştir.

Çalışma süresince göl suyunun bazı fiziko-kimyasal parametreleri ölçülmüş ve sonuçların Abant Gölü, Derbent Baraj Gölü, Yenişehir Gölü, Işıklı Gölü ve Eğirdir Gölü'nde yapılmış farklı çalışmaların sonuçları ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir [15, 22, 28-31]. Eğirdir Gölü'nde tespit ettiğimiz sıcaklık değerlerinin, çalışma periyodu göz önüne alındığında normal değerler olduğu düşünülmektedir. Su sıcaklığını etkileyen çok farklı faktör olması da değişik göller arasındaki bu farklılığın en büyük neden olabilir. Sudaki yüksek pH değeri gölün hidrojeokimyasal yapısı ile ilgili olabilir [32]. Ayrıca pH değeri göl içindeki fotosentez olayının düzeyi ile de yakından ilişkilidir [33]. Eğirdir Gölü'nde belirlediğimiz yüksek oksijen seviyesi çalışmanın sonbahar ve kış aylarında yapılmış olmasından, soğuyan suya karşılık suyun oksijen tutma kapasitesinin artmasından ve yüksek fotosentez oranından kaynaklanabilir. Elektriksel iletkenlik değeri su içindeki çözülmüş madde ve iyon konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterebilen bir parametredir [34].

Eğirdir Gölü'nün suyunda yapılan metal analizlerinin sonucuna göre; Pb analiz limitinin altında kalmış, diğer tüm metaller farklı seviyelerde tespit edilmiştir. Suda en fazla biriken metalin Mn, en az biriken metalin ise Cr olduğu belirlenmiştir. Şener vd. [14], Eğirdir Gölü'nün suyunda en fazla biriken metalin Mn olduğunu belirlemiştir. Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçları ile paralellik göstermektedir. Bu yüksek Mn birikiminin ise göl çevresindeki Mn sıvanmalarını içeren ofiyolitik kayalardan kaynaklanmış olabileceğini bildirilmiştir [14]. Serpantin kayalar Gölün çevresinde de vardır ve bu kayalar Mn bakımından zengindir.

Eğirdir Gölü'nün sedimentinde, suda tespit edilemeyen Pb'da dahil olmak üzere analizi yapılan tüm metaller farklı düzeylerde belirlenmiştir. Tekin-Özan [20], Beyşehir Gölü'nde yaptığı çalışmada suda Cd, Cr ve Cu'a rastlamazken sedimentten aldığı örneklerde bu üç metalinde varlığını tespit etmiştir. Suda tespit edilemeyen metallerin sedimentte tespit edilmesinin sebebi ise; sediment partiküllerinin suda bulunan metalleri bünyesine çekmesi, suyun içindeki metalleri bünyesinde barındıran organik ve inorganik moleküllerin ve molekül ağırlığı yüksek metallerin dibe çökmesi olabilir [35]. Bu çalışmada göl sedimentinde en fazla biriken metalin Fe olduğu, bunu Mn'in takip ettiği görülmüştür. Sedimentte en az rastlanan metal ise Cd olmuştur. Usero vd. [36] Fe'in göl, nehir ve denizlerin sedimentinde bol miktarda bulunmasının sebebinin yerküre kabuğunda en fazla bulunan metalin Fe olmasıyla açıklamışlardır. Çalışmamızda sedimentte en az biriken metal ise Cd olmuştur. Baron vd. [37], sedimentte bulunan organik maddelerin bileşiminde Cd'un düşük oranda bulunduğunu belirtmişlerdir. Şener vd. [15], Eğirdir Gölü sedimentindeki yüksek metal birikiminin hem jeolojik kaynaklı hem de insan etkilerinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Sazan (*Cyprinus carpio*)'ın kas, karaciğer ve solungaçlarında analizi yapılan tüm metaller her dokuda tespit edilmiştir. Metallerin en fazla biriktiği organın karaciğer

olduğu, bunu solungaç ve kas dokusunun takip ettiği belirlenmiştir. Balıklar ağır metallere uzun süre maruz kaldığında bu metaller özellikle metabolik olarak aktif olan organlarda daha çok birikirler. Metaller vücuda girdiğinde önce metaller ile kompleks oluşturabilen metallothionein proteinlerine bağlanır ve karaciğer çok sayıda metallothionein proteini içermektedir [38, 39]. Karaciğerde tespit edilen yüksek metal konsantrasyonları bu organlardaki bazı biyokimyasal parametrelerin düşüşüne ve balığın sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olabilir [40]. Solungaçlar, bir balığın tüm dış yüzey alanının yarısından fazlasını oluşturan önemli bir dokudur. Bu nedenle balıkların solungaçları dış ortamdaki metaller için ilk hedef dokudur ve metalin vücuda girişinde önemli bir yere sahiptir [41]. Ayrıca balıklarda metallerin toksik etkileri ilk olarak solungaçlarda görülür. Bunun en önemli sebebi ise; solungaçların lameller yapıları nedeniyle geniş bir yüzey alanına sahip olması, dış ortamla doğrudan doğruya temas halinde olması ve su ile kan arasındaki difüzyon aralığının kısa olması olarak açıklanmıştır [42, 43]. Kas dokusundaki düşük metal konsantrasyonu ise bu dokunun aktif bir organ olmamasından kaynaklanabilir [44].

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara genel olarak bakıldığında balık boyu ve ağırlığı ile dokulardaki metal miktarları arasındaki ilişkilerin negatif olduğu, daha küçük balıklardaki metal miktarının büyük balıklara oranla daha az olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçları tespit eden Başyigit [35], bu durumu küçük balıkların büyük balıklara göre hem metabolik hem de beslenme açısından daha aktif olmalarına ve bağışıklık sistemlerinin tam olarak gelişmemiş olmasına bağlamıştır. Ayrıca küçük balıkların solungacındaki yüksek metal birikimi, bu balıkların daha çok oksijene ihtiyaç duymalarından dolayı solungaçlardan geçen solunum suyu miktarının fazla olmasıyla ilgili olabilir. Küçük balıkların daha aktif olması sonucunda küçük balıklarda daha fazla metal birikimi söz konusu olmuştur [35].

5. Sonuç

Dünya Sağlık Örgütü, Çevre ve Orman Bakanlığı ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın belirlediği suda kabul edilebilir ağır metal miktarları ile Eğirdir Gölü'nün suyunda biriken metal miktarları kıyaslanmış ve Zn'un miktarının Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından verilen kabul edilebilir değerlerin üstüne çıktığı saptanmıştır [45-48].

Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği, Türk Standartları Endüstrisi ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın belirlediği balık dokularında kabul edilebilir ağır metal miktarları ile çalışma sonucunda balık dokularında belirlenen ağır metal miktarları kıyaslanmıştır. Buna göre Cr, Cu, Mn ve Pb miktarları balık dokuları için verilen kabul edilebilir değerlerin altında çıkmıştır. Buna karşılık Cd miktarı Avrupa Birliği'nin, Fe miktarı Dünya Sağlık Örgütü'nün, Zn miktarı ise Dünya Sağlık Örgütü, Türk Standartları Enstitüsü ve Tarım ve Köy İşleri ve Bakanlığı'nın verdiği balık dokularında kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır [48-51].

Su ve balık dokularında belirlenen metal miktarlarına bakıldığında Fe ve Zn'un göl suyunda tehlikeli boyutlarda olduğu görülmektedir. Gölün etrafında bol miktarda tarım arazisi bulunmaktadır. Bu arazilerin gübrenmesi ve gübrelerin bol miktarda Cd, Pb, Fe ve Zn içermesi önemli bir sorundur. Gübreli topraklar yüzey akışı vasıtasıyla göle karışmaktadır. Yalvaç arıtma tesisinin atık suları Yalvaç Deresine bırakılmaktadır. Yine

Büyükabaca'ya ait kanalizasyon sistemi de Pupa Çayı'na bırakılmakta ve bu atıklar Eğirdir Gölü'ne karışmaktadır. Yalvaç Deri Sanayii'nin atıkları; ayrıca göl çevresinde bulunan yerleşim merkezlerinin kanalizasyon ve evsel atıkları da göre karışmaktadır. Bu konularda özellikle hem çevre halkının hem de Eğirdir İlçesi yerel halkı ve yetkililerinin bilinçlendirilmesi, kullanılan gübrelerin içeriklerinin dikkate alınması, atıkların artırılması konusunda bilgiler verilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje no: 2857-YL-11) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- [1] Çalışkan E., 2005. Asi Nehri'nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinu* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, 75 s..
- [2] Uzunoglu O., 1999. Gediz Nehri'nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 59 s..
- [3] Fergusson, F.E., 1990. The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health. Effect Pergamon Press, Oxford, 614 pp..
- [4] Dökmeci, G., 1988. Çevre kirlenmesinde rol oynayan toksik maddeler. 488-489 s..
- [5] Cicik B., 2003. Bakır-çinko etkileşiminin sazan (*Cyprinus carpio* L.)'ın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri, *Ekoloji*, 12 (48): 32-36.
- [6] Köse E., Uysal K., 2008. Cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların kas, deri ve solungaçlarındaki ağır metal akümülyasyon oranlarının karşılaştırılması, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17: 19-26.
- [7] Özdamar K., 2001. SPSS ile Biyoistatistik, *Kaan Kitapevi*, Ankara, 452 s..
- [8] Cataldo D., Colombo J.C., Boltovskoy, D., Bilos, C., Andon, P., 2001. Environmental toxicity assessment in the Paraná River Delta (Argentina): simultaneous evaluation of selected pollutants and mortality rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) early juveniles, *Environmental Pollution*, 112: 379-389.
- [9] Al-Saadi H.A., Al-Lami A.A., Hassan F.A., Al-Dulymi A.A., 2002. Heavy metals in water, suspended particles, sediments and aquatic plants of Habbaniya Lake, Iraq. *Intern. J. Environ. Studies*, 59 (5): 589-598.
- [10] Özmen H., Kulaççi F., Çukurovalı A., Doğru M. 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*. 55: 401-408.
- [11] Tekin-Özan S., Kır İ., Tuncay Y., 2007. Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi, *E.Ü. Su ürünleri Dergisi*, 24 (1-2): 155-158.
- [12] Tao Y., Yuan Z., Wei M., Xiaona H., 2011. Characterization of heavy metals in water and sediments in Taihu Lake, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184 (7): 4367-4382.
- [13] Aydın Ş., Küçüksezgin F., 2011. Distribution and chemical speciation of heavy metals in the surficial sediments of the Bakırçay and Gediz Rivers, Eastern Aegean, *Environmental Earth Science*, 65 (3): 789-803.
- [14] Şener, Ş., Elitok, Ö., Şener, E., Davraz, A., 2011. An investigation of Mn contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey, *Journal of Engineering Science and Design*, 1 (3): 145-149.
- [15] Şener Ş., Davraz A., Karagüzel R., 2013. Assessment of trace metal contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey *Environmental Earth Sciences* (Baskıda).
- [16] Farkas A., Salanki J., Varanka I., 2000. Heavy metal concentrations in fish of Lake Balaton, Hungary, *Water Research*, 5: 276 271 .
- [17] Alam M.G.M., Tanaka A., Allinson, G., Laurenson, L, J, B., Stagnitti, F., 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53: 348-354.

- [18] Kalay M., Koyuncu C.E., Dönmez A.E., 2004. Mersin Körfezi'nden yakalanan *Sparus aurata* (L. 1758) ve *Mullus barbatus* (L. 1758)'un kas ve karaciğer dokularındaki kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması, *Ekoloji*, 13 (52): 23-27.
- [19] Uluözlü Ö., Tüzen M., Durali M., Soylak M., 2007. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegen Sea, Turkey, *Food Chemistry*, 104: 835-840.
- [20] Tekin-Özan S., 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey), *Environmental Monitoring and Assessment*, 145: 295-302.
- [21] Kırıcı, M., Taysı M.R., Bengü, A.Ş., İspir, Ü., 2013. Murat Nehri'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da bazı metal düzeylerinin belirlenmesi. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. Tech.*, 3 (1): 85-90.
- [22] Tekin-Özan, S., Aktan, N., 2012. Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1752 from Işıklı Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44 (5): 1405-1416.
- [23] Başıyigit B., Tekin-Özan S., 2013. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size and seasons. *Polish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22 (3): 11-22.
- [24] Mutlutürk M., Karagüzel R., Köseoğlu M., Oran S., Oğlakçı M., Taşdelen S., 1991. Eğirdir Gölü ve havzası kirletici faktörlerin araştırılması, In: Göller Bölgesi Tatlı Su Kaynaklarının Korunması ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Bildiriler kitabı, Isparta, 479-489.
- [25] Karagüzel R., Taşdelen S., Akyol E., Tokgözlü A., Irlayıcı A., Özgül S., 1995. Eğirdir Gölü Hidrolojisi (Ön rapor), Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61 s.
- [26] <http://www.kesfetmekicininbak.com/atlaskitap/kitapdetay.aspx?kitapid=144&parentid=130>. Erişim tarihi: 20.02.2014.
- [27] Canpolat Ö., Çalta M., 2003. Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons, *Fresenius Environmental Bulletin*, 12: 961-966.
- [28] Atıcı T., Obalı O., 2002. Yedigöller ve Abant Gölü (Bolu) fitoplankton'unun mevsimsel değişimi ve Klorofil-a değerlerinin karşılaştırılması, *E.Ü. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19 (3-4): 381-389.
- [29] Taş B., 2006. Derbent Baraj Göl (Samsun) su kalitesinin incelenmesi, *Ekoloji*, 15 (61): 6-15.
- [30] Tepe Y., 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi, *Ekoloji*, 18 (70): 38-46.
- [31] Bozkurt A., Sagal, Y., 2008. Birecik Baraj Gölü zooplanktonunun vertikal dağılımı, *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2 (83): 332-342.
- [32] Garg R.K., Rao R.J., Uchchariya D., Shukla G., Saksena D.N., 2010. Seasonal variations in water quality and major threats to Ramsagar reservoir, India, *Afr. Environ. Sci. Technol.*, 4: 61-76.
- [33] Kocataş, A., 2008. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. *Ege Üniv. Fen Fak. Ders Kitapları Serisi*, 142, İzmir, p. 597.
- [34] Tanyolaç J., 2006. Limnoloji. *Hatipoğlu yayınları*, Ankara, s. 235.
- [35] Başıyigit B., 2011. Burdur İli Karataş Gölü'nde yaşayan sudak balığı (*Sander lucioperca* L., 1758)'nda, göl suyunda ve sedimentinde ağır metal birikiminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s. 86..
- [36] Usero J., Izquierdo C., Morillo J., Gracia I., 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain, *Environmental International*, 1069: 1-8.
- [37] Baron J., Legret M., Astruc M., 1990. Study of interactions between heavy metals and sewage sludge: determination of stability constants and complexes formed with Cu and Cd. *Environ. Technol.*, 11: 151-162.
- [38] Kargin E., Erdem C., 1992. Bakır-çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi, *Doğa Tr. J. of Zoology*, 16: 343-348.
- [39] Ünlü A., Çoban F., Tunç S.M., 2008. Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler açısından incelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Derg.*, 23 (1): 119-127.
- [40] Ferguson H.W., 1989. Systematic Pathology of fish. Ames. IA: Iowa State University Press.
- [41] Tao S., Liu C., Dawson R., Cao J. Li B., 1999. Uptake of Particulate Lead via the Gills of Fish (*Carassius auratus*), *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37: 352-357.

- [42] Kalay M., Erdem C., 1995. Bakırın *Tilapia nilotica* (L)'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametreleri üzerine etkileri, *Turkish Journal of Zoology*, 19: 27-33.
- [43] Kuşatan Z., Cıçık B., 2004. *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da kadmiyumun solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2 (12): 59-66.
- [44] Karadede H., Oymak S.A., Ünlü E., 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey, *Environmental International*, 30: 183-188.
- [45] WHO, 1993. Guidelines for drinking water quality. World Health Organization, 2nd edition, Geneva.
- [46] WHO, 1998. Guidelines for drinking-water quality. Second edition, Vol. 1, Geneva.
- [47] Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği, Resmi gazete, 31.12.2004, No: 25687.
- [48] Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2002. Su ürünleri kanunu ve su ürünleri yönetmeliği, 63-78, Ankara.
- [49] UNESCO/WHO/UNEP, 1992. Water quality assessments, Chapman and Hall Ltd., London, 10-13 pp..
- [50] Commission Regulation (EC), 2006. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. No: 1881/2006.
- [51] TSE, 1997. Institution of Turkish Standards. Annual Progress Report.

Diğer yazar e-posta: huseyinkaptan07@gmail.com