

Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nın Suyunda ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi

Ozan Güldiren¹, Selda Tekin-Özan^{2,*}

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

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Isparta
*seldaozan@sdu.edu.tr

Geliş tarihi : 25.07.2017, Kabul tarihi : 28.11.2017

ÖZET

Ekim 2014 ile Temmuz 2015 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda ve sedimentindeki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Suda yapılan analizler sonucunda Cd sonbahar, ilkbahar ve kış mevsimlerinde belirlenememiştir. Suda en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Cd olduğu belirlenmiştir. Sudaki metal miktarlarının genel olarak yaz mevsiminde arttığı saptanmıştır. Sediment örneklerinde yapılan analizler sonucunda tüm metaller her mevsimde belirlenmiştir. Sedimentte en fazla biriken metal Fe iken, en az biriken metalin ise Cd olduğu saptanmıştır. Sedimentteki metal miktarları genelde yaz mevsiminde artış göstermiştir. Suda belirlenen metal konsantrasyonları, Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği, Çevre ve Orman Bakanlığı ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığının belirlediği suda kabul edilebilir ağır metal miktarları ile kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Su, Sediment, Seyhan Baraj Gölü

The Seasonal Variations of Some Heavy Metals in Water and Sediment of Seyhan Dam Lake (Adana)

ABSTRACT

This study which was carried out between October 2014–July 2015 aimed to determine the seasonal variations of some heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se and Zn) in water and sediment of Seyhan Dam Lake. As a result of analysis in water, Cd was not determined in autumn, spring and winter. Fe was the highest and Cd was the lowest in water. It had been determined that the metal levels in water increased in summer. All metals were determined in all seasons as a result analysis. Heavy metals levels in sediment was increased in summer generally. Fe was the highest and Cd was the lowest in sediment. The heavy metal concentrations which was determined in water compared with acceptable metal levels in water given by the World Health Organization, The European Union, The Ministry of Environment and Forestry and the Ministry of Agriculture and Welfare.

Keywords: Heavy metal, Water, Sediment, Seyhan Dam Lake

GİRİŞ

Özellikle 20. yüzyıl içerisinde artan nüfusla birlikte su kaynaklarına olan ihtiyaç, sosyo-ekonomik gelişim, kentleşme, endüstrinin gelişimi, tarımsal aktivitelerin artmasıyla gün geçtikçe önem kazanırken (Jurdi vd., 2002), sanayi devrimiyle birlikte sucul ekosistemlerde görülen kirlilik, hızla artmaya başlamış ve çağımızın en önemli çevre sorunlarından birisi haline gelmiştir (Mason,1991).

Çevre kirliliğinin en önemli sebepleri; tarım faaliyetleri, endüstriyel ve evsel atıklar, ulaşım, rafineri atıkları, fosil yakıtlarının yakılması, madencilik gibi antropojenik faktörlerdir (Bergman vd., 1986; Moss, 1988; Chen ve Chen, 2001). Bu faktörlerin neden olduğu kirlilik, su kitlelerinde ötrofikasyon, asidifikasyon, alüvyon birikmesi ve ağır metal kirliliği gibi çok farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir (Henderson-Sellers ve Markland, 1987; Vollenweider, 1989; Kira, 1993; Straskraba ve Tundisi, 1999). Özellikle bu kirleticilerden ağır metaller; sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri, bırakıldıkları ortamda uzun süre kalmaları ve besin zincirinde birikmek suretiyle insan sağlığını tehlikeye sokması nedeniyle oldukça önemlidir (Kankılıç vd., 2013).

Ağır metaller farklı yollarla göl, nehir ve denizlere karışmaktadır. Sucul ortamlarda metaller organik veya inorganik bileşikler, serbest iyonlar ve partikül maddeler tarafından absorbe edilmiş şekilde bulunmaktadır (Engel vd., 1981). Sularda bulunan ağır metallerin toksik etkileri iyon halinde buldukları zaman artmaktadır. Bu toksik iyonlar onların tüketicilerine veya direk organizmalara zarar vermektedir. Ağır metaller, suya girdikten sonra ilk olarak sedimente taşınmakta, bazıları ise canlının kendisi tarafından alınmaktadır (Türkmen ve Türkmen, 2004).

Metaller, organik kirleticiler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmamakta ve farklı bir bileşiğe dönüşse bile metal iyonu ortamdaki kaybolmamaktadır (Rainbow, 1995; Taylan ve Özkoç, 2007).

Sediment, sucul ekosistemlerin temel bileşeni olarak, çoğu sucul organizma için yaşama alanı oluşturmanın yanında yumurta bırakma, yerleştirme alanı ve beslenme alanı olarak da rol oynamaktadır. Atık maddeler, insan kaynaklı kimyasallar, inorganik ve organik bileşikler sucul sistemlerde sedimentte birikme özelliğindedirler ve sediment kirleticiler için depo görevi yapmaktadır. Sucul sistemlere bırakılan ağır metaller genellikle partikül maddelere bağlanarak çöker ve sonra sedimentle birleşir. Ağır metaller ve diğer kirleticiler tarafından, sediment kontaminasyonunun sucul ekosistemleri tehdit eden temel noktalardan biri olduğu dikkate alınır (Pham vd., 2007; Peng vd., 2008). Sediment, su kalitesi ve dolaylı olarak suda yaşayan organizmalar üzerinde önemli bir etkiye sahip olan, biyolojik çeşitliliğin ve ekolojik durumun belirleyicisi olması nedeniyle, kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde, rutin su örneklemeleri sırasında önemli istasyonların seçiminde, sediment analizleri anahtar rol oynamaktadır (Gale vd., 2006).

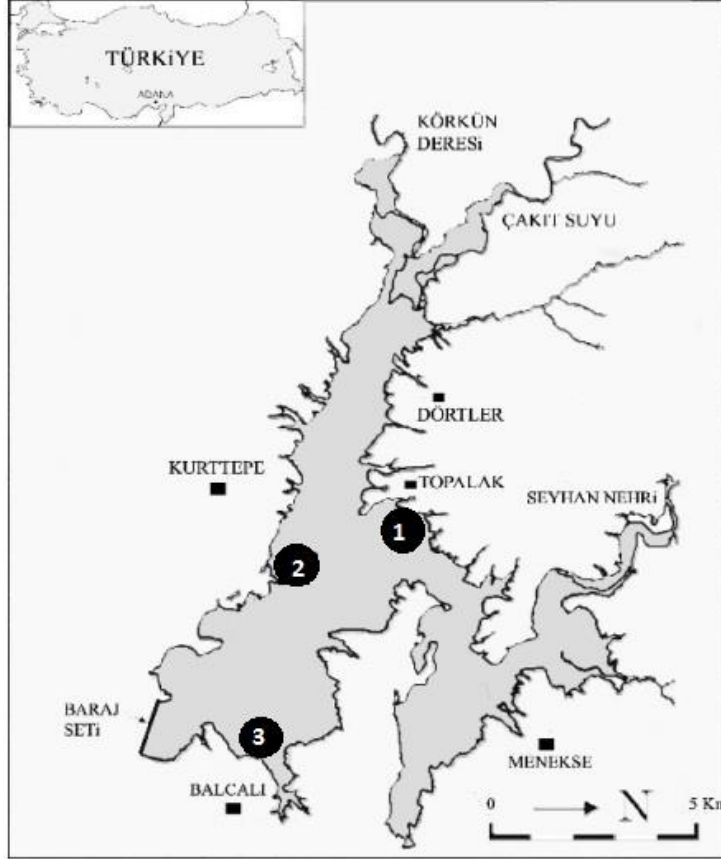
Ülkemizde ve yurtdışında farklı sucul sistemlerin metal kirliliğini saptamak üzere yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Özmen vd., 2004; Tao vd., 2011; Şener vd., 2011; Kankılıç vd., 2013; Kalyoncu vd., 2016; Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017).

Bu çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda ve sedimentindeki ağır metallerin mevsimsel değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Seyhan Baraj Gölü (37003'38"N, 35019'32"E) 51.960.135 m² yüzey alanı, bahar aylarında maksimum derinliği 45 m, denizden ortalama yükseliği ortalama 67 m olan Akdeniz Bölgesi'nin önemli su rezervlerinden biridir (Şekil 1).

Araştırma alanı, irili ufaklı çok sayıda derelerin döküldüğü kıyı şeridinde sahip olup; gölü besleyen en büyük su kaynakları kuzeybatısında bulunan Korkün Deresi ve Çakıt Suyu, kuzeyde ise Seyhan Nehri'dir (Çevik, 1999).



Şekil 1. Seyhan Baraj Gölü, örnekleme istasyonları

Bu çalışma Ekim 2014-Temmuz 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ekim 2014'ten itibaren her mevsimin ikinci ayında araziye çıkılmış toplamda 4 kez arazi çalışması yapılmıştır. Örnekler Seyhan Baraj Gölü'nün farklı bölgelerinden tespit edilen 3 istasyondan alınmıştır. İstasyonlardan alınan su örnekleri 500 ml'lik polipropilen kaplara konarak üzerlerine pH'ı düşürmek amacıyla 5 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Su örnekleri 0.45 µm Whatman cam filtreden geçirilmiş ve analiz yapıluncaya kadar +4 °C muhafaza edilmiştir (APHA, 2005). Ekman kepçesi yardımıyla aynı bölgelerden alınan sediment örnekleri de yine polipropilen kaplara konularak laboratuvara götürülmüştür.

0.5 ile 1 gr sediment örnekleri ısıya dayanıklı petri kabın içine konularak etüvde kurumaya bırakılmıştır. Sediment örnekleri 70 °C'de 48 saat bekletilerek kurutulmuştur. Sediment örneklerinin üzerine 5 ml derişik HNO₃ (nitrik asit) eklenerek 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örnekler daha sonra çeker ocak üzerinde bulunan ısıtıcı üzerinde 120 °C'de ortalama 2 saat boyunca renkli buharı kayboluncaya kadar ısıtılmış ve tamamen mineralize olması sağlanmıştır. Yapılan işlemler sonucu tamamen mineralize olan örneklerin üzerine 1 ml H₂SO₄ (sülfürik asit) eklenmiştir. Sülfürik asitle çözünen örnekler 50 ml'lik

polipropilen kaplara aktarılmıştır ve üzerlerine 25 ml'ye tamamlayacak şekilde distile su eklenmiştir. Kapların içine 1-2 damla HNO₃ (nitrik asit) eklenerek çözeltiler analize hazır hale getirilmiştir. Analiz işlemi yapılmadan önce sediment örneklerinin çözeltileri filtre kağıtlarından geçirilerek süzölmüştür. Bu işlem sediment örneklerinin bulunduğu çözeltide çözünmeyen sediment tortularını ortamdan uzaklaştırmak için yapılmıştır (UNEP, 1984).

Analizi gerçekleştirilen ağır metallerin dalga boyları sırasıyla şu şekildedir; Cd için 228.802 λ, Cr için 267.716 λ, Cu için 324.753 λ, Fe için 238,304 λ, Mn için 257.61 λ, Mo için 202.03 λ, Ni için 231.604 λ, Se için 220,353 λ, Pb için 196.026 λ ve Zn için 213.856' dır. Ayrıca cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) sertifikalı referans materyallerden de aynı şekilde çözeltiler hazırlanarak metal analizi yapılmıştır.

İstatistiksel hesaplamalar için SPSS 15t programı kullanılmıştır. Su ve sedimentteki metal seviyelerinin mevsimsel değişimini değerlendirmek için Duncan Testi yapılmıştır (Duncan, 1955).

BULGULAR

Çalışmamızda HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) standart referans materyalinden metal analizi yapılarak, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile kıyaslanmıştır (Çizelge 1).

Tablo 1 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	0.028±0.05	116
Cr	30.0±6.8	31.2±7.25	104
Cu	2.29±0.37	2.24±0.07	97
Fe	-	-	-
Mn	66.1±4.2	63.2±3.2	95
Mo	-	-	-
Ni	2.16±0.29	2.14±0.30	99
Pb	3.13±0.40	3.20±0.05	102
Se	0.050±0.007	0.056±0.007	112
Zn	4.94±0.79	5.2±0.60	105

Tablo 1.'de görüldüğü gibi HISS-1 (Marine Sediment Reference Materials For Trace Metals and Other Constituents) için Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile tarafımızdan tespit edilen değerler birbirine oldukça yakındır. Hassasiyet derecesi %95 ile %116 arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek hassasiyet derecesi Cd'da, en düşük hassasiyet derecesi ise Mn'da tespit edilmiştir.

Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda yapılan metal analizlerinin sonucu Çizelge 2.'de görülmektedir. Çizelgeye göre Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda Cd (<0.0004) yaz dışındaki mevsimlerde analiz limitinin altında kalmıştır. Göl suyunda en fazla biriken metal Fe olmuştur.

Sudaki Cd miktarı sadece yaz mevsiminde analiz limitlerinin üzerine çıkarak 0.05 ppb ile 0.06 ppb arasında değişmiştir. Cr konsantrasyonu 0.3 ppb ile 40.00 ppb arasında değişim göstermiştir. Ortalama Cr konsantrasyonunun kış mevsiminde 38.12 ppb ile en yüksek düzeye, ilkbahar mevsiminde ise 0.42 ppb ile en düşük düzeye ulaştığı saptanmıştır. Cu miktarı 0.7 ppb ile 12.30 ppb arasında değişirken, ortalama Cu düzeyi en yüksek sonbahar

mevsiminde 7.50 ppb olarak, en düşük ise kış mevsiminde 0.82 ppb olarak belirlenmiştir. Fe'in Seyhan Baraj Gölü'nün suyundaki miktarı 126.99 ppb ile 1674.98 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Fe miktarının yaz mevsiminde en yüksek (1051.88 ppb), kış mevsiminde ise en düşük seviyede (277.31 ppb) olduğu saptanmıştır. Mn miktarı 10.46 ppb ile 280.00 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Mn miktarı en yüksek 271.24 ppb ile kış mevsiminde, en düşük ise 25,41 ppb sonbahar mevsiminde belirlenmiştir. Göl suyunda belirlenen Mo miktarı 1.32 ppb ile 4.18 ppb arasında değişim gösterirken, en yüksek değeri (3.56 ppb) yaz, en düşük değeri ise (2.10 ppb) sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Ni düzeyi 2.66 ile 112.77 ppb arasında değişim göstermiştir. En yüksek düzeye yaz (45.42 ppb) ve en düşük düzeye (6.70 ppb) ise kış mevsiminde ulaşmıştır. Pb miktarı 4.69 ppb ile 21.35 ppb arasında değişirken, ortalama Pb düzeyi en yüksek yaz mevsiminde 15.15 ppb olarak, en düşük ise kış mevsiminde 8.55 ppb olarak belirlenmiştir. Se miktarı 5.63 ppb ile 32.80 ppb arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama Se miktarının sonbahar mevsiminde en yüksek (25.87 ppb), ilkbahar mevsiminde ise en düşük seviyede (5.63 ppb) olduğu saptanmıştır. Zn miktarı ise 19.06 ppb ile 171.19 ppb arasında değişmiş, en yüksek değeri (146.93 ppb) sonbahar mevsiminde, en düşük değeri ise (21.45 ppb) ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir.

Seyhan Baraj Gölü suyunda tespit edilen metallerin Duncan testi ile istatistiki değerlendirilmesinde Cr miktarının kış ve yaz mevsimlerinde, Mn miktarının kış mevsiminde, Zn miktarının ise sonbahar ve kış mevsimlerinde diğer mevsimlere göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir (<0.05). Cd, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Se miktarlarının istatistiki değerlendirilmesinde ise mevsimler arasında önemli bir farklılık gösterdiği tespit edilememiştir (>0.05).

Tablo 2. Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının minimum değerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri (ppb) ve standart sapmaları

*ALA: Analiz limitinin altında

Mevsim	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Sonbahar	ALA*	0,94-0,96 0,95±0,01 ^{a**}	2,48-12,30 7,389±6,93 ^a	243,05-1674,98 871,87±731,70 ^a	17,04-33,79 25,41±11,84 ^a	1,32-2,64 2,10±0,68 ^a	6,03-18,30 13,19±6,38 ^a	8,79-15,37 11,709±3,35 ^a	15,06-32,80 25,87±9,48 ^b	122,68-171,19 146,93±34,301 ^b
Kış	ALA	37,00-39,00 38,12±1,02 ^b	0,7-0,9 0,82±0,11 ^a	126,99-446,01 277,31±160,30 ^a	260,00-280,00 271,24±10,12 ^b	1,87-3,52 2,69±1,16 ^a	2,66-12,75 6,70±5,33 ^a	4,69-15,02 8,53±5,64 ^a	7,6-7,8 7,71±0,10 ^a	130,00-140,00 135,03±5,0003 ^b
İlkbahar	ALA	0,3-0,5 0,42±0,11 ^a	4,1-9,5 7,50±2,96 ^a	589,08-1436,19 1013,01±423,55 ^a	10,46-53,08 27,15±22,76 ^a	2,21-4,18 3,12±0,99 ^a	15,63-18,42 17,23±1,44 ^a	13,14-15,34 13,99±1,17 ^a	5,63-9,01 5,63-9,01 ^a	19,06-23,86 21,45±3,39 ^a
Yaz	0,05-0,06 0,05±0,002	20,00-40,00 30,23±10,007 ^b	5,00-7,00 6,04±1,00 ^a	207,23-1652,66 1051,88±752,94 ^a	27,84-31,75 29,90±1,96 ^a	3,08-4,03 3,56±0,47 ^a	9,03-112,7 45,42±58,3 ^a	10,92-21,35 15,15±5,47 ^a	16,66-22,66 20,6±3,41 ^b	40,00-60,00 51,43±10,30 ^a

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

Seyhan Baraj Gölü'nün sedimentinde yapılan metal analizlerinin sonuçları, Tablo 3.'te verilmiştir. Sedimentte yapılan analizler sonucunda tüm metaller her mevsimde belirlenmiştir. Sedimentte en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur.

Sedimentte tespit edilen Cd değeri 0.11 mg/kg-0.82 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek seviyeye yaz mevsiminde (0.96 mg/kg), en düşük seviyeye ise kış mevsiminde (0.18 mg/kg) ulaşmıştır. Cr miktarları çalışma süresince 5.20 mg/kg ve 114.81 mg/kg arasında değişmiş, en yüksek düzeye 93.34 mg/kg ile yaz mevsiminde, en düşük düzeye ise 32.96 mg/kg ile kış mevsiminde ulaşmıştır. Cu miktarı 3.96 mg/kg ile 34.78 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek yaz mevsiminde (24.56 mg/kg), en düşük ise kış mevsiminde (9.37 mg/kg) tespit edilmiştir. Çalışma süresince Fe düzeyinin 1635.07 mg/kg ile 32568.98 mg/kg arasında değişiklik gösterdiği, en fazla yaz mevsiminde (26379.47 mg/kg), en az ise kış mevsiminde (5642.18 mg/kg) biriktiği belirlenmiştir. Mn miktarının 23.88 mg/kg ile 926.73 mg/kg arasında değiştiği, en yüksek düzeye 702.27 mg/kg ile yaz mevsiminde, en düşük düzeye ise 201.63 mg/kg ile kış mevsiminde ulaştığı saptanmıştır. Seyhan Baraj Gölü'nün sedimentindeki Mo miktarı 0.29 mg/kg ile 1.99 mg/kg arasında değişmiştir. Mo'in en fazla ilkbahar mevsiminde (1.20 mg/kg) ve en az ise sonbahar mevsiminde (0.60 mg/kg) birikim gösterdiği belirlenmiştir. Ni seviyesi 27.31 mg/kg ile 416.71 mg/kg arasında değişiklik göstermiş, en yüksek seviyeye 311.85 mg/kg ile yaz mevsiminde, en düşük seviyeye ise 125.86 mg/kg ile kış mevsiminde ulaşmıştır. Pb miktarı 1.70 mg/kg ile 24.87 mg/kg arasında değişiklik gösterirken, birikim düzeyinin yaz mevsiminde en yüksek (18.83 mg/kg), sonbahar mevsiminde ise en düşük (9.16 mg/kg) olduğu saptanmıştır. Se seviyesinin 1.52 mg/kg ile 175.69 mg/kg arasında değiştiği belirlenirken, en yüksek seviyeye 159.07 mg/kg ile kış mevsiminde, en düşük seviyeye ise 5.35 mg/kg ile ilkbahar mevsiminde ulaştığı tespit edilmiştir. Sedimentteki Zn düzeyi ise 50.68 mg/kg ve 338.80 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. 222.16 mg/kg ile sonbahar mevsiminde en yüksek düzeyde, 159.07 mg/kg ile kış mevsiminde en düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Analizi yapılan metallerin mevsimler arasındaki değişimi duncan testi ile değerlendirildiğinde; Cd, Mn, Ni, Se düzeylerinin sonbahar ve kış mevsimleri arasında farklılık göstermediği, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir (<0.05). Cr ve Cu düzeylerinin sonbahar ve ilkbahar mevsimleri arasında farklılık göstermediği, kış ve yaz mevsimleri arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (<0.05), Fe düzeyinin kış ve yaz mevsimleri arasında farklılık göstermediği, sonbahar ve ilkbahar mevsimleri arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (<0.05). Mo ve Zn metallerinin düzeyleri ise mevsimlere bağlı olarak değişiklik göstermemiştir (>0.05).

Tablo 3 Seyhan Baraj Gölü sedimentinde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının minimum değerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri (mg/kg) ve standart sapmaları

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

Mevsim	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Sonbahar	0,11-0,33 0,22±0,15 ^{a*}	5,20-77,56 40,54±36,21 ^{ab}	3,96-20,77 12,25±8,40 ^{ab}	1635,07-20695,66 11025,33±9533,38 ^{ab}	23,88-456,89 234,967±216,70 ^a	0,31-0,79 0,60±0,25 ^a	27,31-228,08 129,51±100,43 ^a	1,70-17,51 9,16±7,94 ^a	1,52-5,68 9,16±7,94 ^a	50,68-338,80 222,16±151,68 ^a
Kış	0,13-0,22 0,18±0,05 ^a	20,34-54,57 32,96±18,79 ^a	6,70-11,74 9,37±2,53 ^a	4876,65-6930,63 5642,18±1122,40 ^a	98,41-360,20 201,63±139,39 ^a	0,39-1,07 0,76±0,34 ^a	111,27-154,65 125,86±24,93 ^a	7,60-12,60 9,37±2,79 ^a	141,82-175,69 159,07±16,94 ^a	141,82-175,69 159,07±16,94 ^a
İlkbahar	0,11-0,45 0,33±0,19 ^{ab}	56,13-107,16 84,65±26,03 ^{ab}	17,07-25,70 20,01±4,92 ^{ab}	19094,73-23329,36 21276,46±2120,24 ^{bc}	334,09-594,35 442,61±135,40 ^{ab}	0,77-1,99 1,20±0,68 ^a	173,01-416,71 278,34±125,15 ^{ab}	14,29-21,33 17,41±3,43 ^a	3,90-7,02 5,35±1,57 ^{ab}	186,02-208,13 198,13±11,20 ^a
Yaz	0,32-0,82 0,96±0,60 ^b	67,58-114,81 93,34±23,91 ^b	15,82-34,78 24,56±9,56 ^b	16932,24-32568,98 26379,47±8311,82 ^b	366,49-926,73 702,27±296,24 ^b	0,29-1,46 0,96±0,60 ^a	277,75-373,68 311,85±53,63 ^b	14,04-24,87 18,83±5,51 ^a	5,28-12,80 8,91±3,76 ^b	193,66-244,35 218,91±25,34 ^a

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ekim 2014 ve Temmuz 2015 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda ve sedimentindeki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn) miktarları belirlenmiştir. Bu çalışmada her mevsimin 2. ayında olmak üzere toplam 4 kere arazi çalışması yapılmış ve sonuçlar mevsimsel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda metal analizinin yapıldığı cihazın güvenilirliğini saptamak amacıyla HISS 1 standart referans materyallerden de metal analizi yapılarak belirlenen değerler ile Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda sertifika değerleri ile tarafımızdan belirlenen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda yapılan metal analizlerinin sonucuna göre Cd; sonbahar, kış, ilkbahar mevsimlerinde analiz limitinin altında kalmıştır. Suda en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Mo olduğu belirlenmiştir. Usero vd. (2003), göre Fe'in deniz, nehir ve göllerin sedimentinde yüksek düzeyde bulunmasının sebebi, yerküre kabuğunda en fazla bulunan metalin Fe olmasıdır. Çalışmamızda sedimentte en az biriken metal ise Cd olmuştur. Baron vd. (1990), sedimentte bulunan organik maddelerin bileşiminde Cd'un düşük oranda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Çalışkan (2005), Asi Nehri (Hatay)'nde suda en fazla metal birikimini (Co, Cd ve Zn hariç) yaz mevsiminde, Cd ve Co en fazla sonbaharda, Zn ise en fazla ilkbaharda tespit etmiştir. Duman (2005), Sapanca Gölü suyunda yaptıkları çalışmalar sonucu suda en az biriken metalin Cd, en az birikenin ise Zn olduğunu saptamıştır. Tekin-Özan vd. (2008), Beyşehir Gölü'nde yaptıkları araştırma sonucunda göl suyunda Fe, Zn, Mn ve Cu metallerini tespit etmişler. Cr, Pb ve Cd'un AAS'nin analiz limitinin altında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca en yüksek metal birikiminin yaz aylarında, en düşük metal birikiminin ise ilkbahar aylarında olduğunu bildirmişlerdir. Kar ve Duman (2011), Yamula Barajı'nda yaptıkları araştırmada Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonları mevsimsel olarak değerlendirdiklerinde su örneklerinde en yüksek metal konsantrasyonlarını yaz mevsiminde belirlemişlerdir. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nün suyunda en fazla tespit edilen metalin Fe, en az belirlenen metalin ise Cd olduğunu saptamışlardır. Ayrıca suda biriken metal miktarlarının ilkbahar mevsiminde artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Şener vd., (2011), Eğirdir Gölü'nün suyunda en fazla biriken metalin Mn olduğunu belirlemiştir. Bu yüksek Mn birikiminin ise göl çevresindeki Mn sıvanmalarını içeren ofiyolitik kayalardan kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir. Tao vd. (2011), Taihu Gölü'nün suyunda Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Sn, Sb, Zn, Mn'in konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Göl suyunda Mn'in oldukça yüksek olduğunu saptamışlardır. Sudaki metal miktarlarının yaz aylarında arttığını, buna karşılık ilkbahar aylarında azaldığını tespit etmişlerdir. Işıklı Gölü'nde yapılan çalışmada suda en fazla biriken metalin Fe olduğu belirlenmiştir (Tekin-Özan ve Aktan, 2013). Kaptan ve Tekin-Özan (2014), Eğirdir Gölü'nün suyunda Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn'nun konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda suda en fazla biriken metalin Mn, en az biriken metalin Cr olduğunu belirlemişlerdir. Buna karşın Pb'un analiz limitinin altında çıktığını tespit etmişlerdir. Sancer ve Tekin-Özan (2016), Kovada Gölü suyunda yaptıkları araştırmalarda Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn'nun konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Göl suyunda en fazla biriken metali Fe, en az biriken metali ise Cd olarak saptamışlardır.

Bu çalışmada ise Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda analizi yapılan metallerden Cd'un sonbahar, kış ve ilkbahar mevsiminde analiz limitinin altında olduğu belirlenmiştir. Buna karşın Cd, Cr, Fe, Mo, Ni ve Pb'un yaz mevsiminde, Se ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Mn'in kış mevsiminde, Cu'nun ise ilkbahar mevsiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Cr, Se ve Zn'nun miktarının ilkbahar mevsiminde, Mn ve Mo'nun miktarının sonbahar mevsiminde,

Cu, Fe, Ni ve Pb'un miktarının ise kış mevsiminde azaldığı saptanmıştır. Metallerin yaz aylarında artış göstermesi, bölgenin jeolojik olarak Toros ofiyolit kuşağında yer alması, tarım amaçlı kullanılan gübrenin göl suyuna karışması, çevre halkının zirai sulama amaçlı bahçe, tarla ve bağlar için göl suyunu kullanması ve göl hacmine kıyasla metal konsantrasyonunun artmasına bağlı olabilir. Metallerin kış mevsiminde azalışı ise yağmur ve kar şeklindeki yağışlar nedeniyle su hacminin artmasından kaynaklanabilir.

Suda tespit edilen ağır metallerin tamamı Seyhan Baraj Gölü'nün sedimentinde belirlenmiştir. Beyşehir ve Habbaniya Göllerinde yapılan çalışmalarda da sedimentte en fazla biriken metallerin Fe ve Mn olduğu belirlenmiştir (Tekin-Özan, 2008; Al-Saadi vd., 2002). Tekin-Özan (2008), Beyşehir Gölü'nde yaptığı çalışmada sedimentteki metal miktarının yaz aylarında azaldığını, sonbahar ve ilkbahar aylarında arttığını belirlemiştir. Odokuma ve Ijeomah (2003), New Calabar Nehri (Nijerya)'nin sedimentindeki ağır metal konsantrasyonunun yaz ve kış mevsimlerinde, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Keskin (2010), Akkaya Barajı'nda yaptığı çalışmada sedimentte en fazla birikim gösteren metalin As olduğunu ve bu durumun antropojenik etkilerden kaynaklandığını saptamıştır. Çetin (2013), Altinyazı Baraj Gölü'nde yaptığı çalışmada sedimentte en fazla biriken metalin Fe olduğu ve bunu Mn'in takip ettiğini tespit etmiştir. Şener vd. (2013), Eğirdir Gölü'nün sedimentinde Fe'in yüksek oranda olduğunu belirlemişler ve Mn konsantrasyonunun ise 158-1113 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. . Başyığıt ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentte biriken metallerin genelde sonbahar ve kış mevsiminde artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Gülcü-Gür ve Tekin-Özan (2017), Işıklı Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentteki metal seviyesinin ilkbaharda arttığını, kış mevsiminde azaldığını tespit etmişlerdir. Kaptan ve Tekin-Özan (2014), Eğirdir Gölü'nün sedimentinde yaptıkları çalışmada en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Cd olduğunu tespit etmişlerdir. Sancer ve Tekin-Özan (2016), Kovada Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentte en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Cd olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada da sedimentteki metal miktarlarının genel olarak yaz mevsiminde arttığı, kış mevsiminde ise azaldığı belirlenmiştir. Metallerin kış mevsiminde azalış göstermesi kış durgunluğu ile birlikte sudaki metallerin dibe çökmesinden kaynaklanmış olabilir. Yaz mevsimindeki artışın nedeni ise tarım arazilerine ilkbaharda atılan gübrelerin göl suyuna karışması sonucu dibe çöküşü, ilkbaharda eriyen kar nedeniyle ofiyolit kayaçlarından taşınan metallerin dibe çöküşü ve göl etrafında bulunan çok sayıdaki piknik alanı ve işletmelerin çevre kirliliğine yol açması sonucu sedimentteki metal konsantrasyonunun artması olabilir.

Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği, Çevre ve Orman Bakanlığı ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığının belirlediği suda kabul edilebilir ağır metal miktarları ile Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda biriken metal miktarları karşılaştırılmıştır (Dünya Sağlık Örgütü, 1998; 2011; EC, 2006; Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004; Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2002). Çalışma süresince elde edilen değerlere göre, Cd, Cr, Mo, Pb ve Se'un göl suyundaki konsantrasyonları kabul edilebilir değerlerin altındadır. Buna karşın Cu'nun sonbahar ve kış mevsimindeki miktarı, Mn'in sonbahardaki miktarı, Zn'in ilkbahardaki miktarı, Ni ve Fe'in tüm mevsimlerdeki miktarı kabul edilebilir değerlerin üzerindedir. Bu sonuçlara göre Fe ve Ni dışındaki metaller açısından göl suyunun herhangi bir tehlike arz etmediği ancak Fe ve Zn miktarlarının tehlikeli boyutlara ulaştığı söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje no: 4162-YL1-14) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- 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.
- APHA (American Public Health Association). (2005). *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed. Washington, D.C., 1496 pp. ISBN 978-0875530130
- 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. *Environmental Technology*. 11: 151-162.
- Başığit, 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 Environmental Studies*. 22 (3): 633-644.
- Bergman, H.L., Kimerle, R.A., Maki, A.W. (1986). *Environmental hazard assesment of effluents*. Pergamon Press, New York.
- Chen, Y.C., Chen, M.H. (2001). Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters of Ann-Ping, S.W. Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*. 9 (2): 107-114.
- Çalışkan, E. (2005). Asi Nehri'nde su, sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, 64 sayfa, Niğde.
- Çetin, E. (2013). Altınyazı Baraj Gölü'nde (Edirne) Yaşayan Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69s., Edirne.
- Çevik, F. (1999). Seyhan Baraj Gölündeki Alg Toplulukları ve Bazı Su Kalitesi Özellikleri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 114s.
- Duman, F. (2005). Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 253s, Ankara.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*. 11(1): 1-42.
- EC (Commission Regulation). 2006. Council directive 98/83 Ec of 3 November 1998/ on the quality of water intended for human consumption. L 330/32, 3.12.1998. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. No: 1881/2006, 1998.
- Engel, D.W., Sunda, W.G. Fowler, B.A. (1981). Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms. I. Environmental parameters. Verrnberg, J.F. Calabrese, A. Thurberg, F.P. Vernberg, W.B. (Ed.), *Biological monitoring of marine pollutants* (127-144). Academic Press, New York.
- Gale, R.J.B., Gale, S.J., Winchester, H.P.M., (2006). Inorganic pollution of the sediments of the River Torrens, South Australia. *Environ Geol*. 50: 62–75.
- Gülcü-Gür, B., Tekin-Özan, S. (2017). The investigation of heavy metal levels in water and sediment from Işıklı Lake (Turkey) in relation to seasons and physico-chemical parameters. *Journal of Aquaculture Engineering and Fish Research*. 3 (2): 87-96.
- Henderson-Sellers, B., Markland, H.R. (1987). *Decaying lakes. The origins and control of cultural eutrophication*. John Wiley and Sons Publication.
- Jurdi, M., Korfali, S.I., Karahogopian, Y., Davies, B.E. (2002). Evaluation of water quality of the Qaraaoun Reservoir, Lebanon: Suitability for multipurposeusage. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77 (1): 11-30.

- Kalyoncu, H., Özan, C., Tekin-Özan, S. (2016). Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 7(Ek sayı 1): 268-280.
- Kankılıç, G.B., Tüzün, İ., Kadioğlu, Y.K. (2013). Assessment of heavy metal levels in sediment samples of Kapulukaya Dam lake (Kırıkkale) and lower catchment area. Environmental Monitoring and Assessment. 185 (8): 6739-6750.
- Kaptan, H., Tekin-Özan, S. (2014). Eğirdir Gölü'nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan'ın (Cyprinus carpio L., 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. SDU Journal of Science (E-Journal). 9 (2): 44-60.
- Kar, M., Duman, F. (2011). Yamula Barajı Su, Sediment ve *Squalius cephalus* (Tatlı Su Kefali) Örneklerinde Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi. X. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi 04-07 Ekim 2011, Çanakkale.
- Keskin, Ş. (2010). Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Akkaya Dam, Niğde, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 184 (1): 449-460.
- Kira, T. (1993). Major environmental problems in world lakes. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 52: 1-7.
- Mason, C.F. (1991). Biology of Freshwater Pollution. John Wiley and Sons, Inc., NewYork.
- Moss, B. (1967). A note on the estimation of chlorophyll-a in freshwater algal communities, Limnol. Oceanogr., 12: 340-342.
- Özmen, H., Külahçı, 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.
- Peng, K., Luo, C., Lou, L., Li, X., Shen, Z. (2008). Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaianus* Miq. and their potential use for contamination indicators and inwastewater treatment. Science of the Total Environment. 392: 22-29.
- Pham, N.T.T., Pulkownik, A., Buckney, R.T. (2007). Assesment of heavy metals insediments and aquatic organisms in West Lake (Ho Tay), Hanoi, Vietnam. Lake & Reservoirs: Research and Management. 12: 285-294.
- Rainbow, P.S. (1995). Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment, Marine Pollution Bulletin. 31; 183-192.
- Republic of Turkey Ministry of Environment and Forest. (2004). Su kirliliği kontrolü yönetmeliği, Resmi gazete, 31.12.2004, No: 25687.2004.
- Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock. (2002). Su ürünleri kanunu ve su ürünleri yönetmeliği. Ankara.
- Straskraba, M., Tundisi, J.G. (1999). Guidelines of Lake Management, Volume 9, Reservoir water quality management. International Lake EnvironmentCommittee Foundation, Japan.
- Şener, Ş., Davraz, A., Karagüzel, R. (2014). Assessment of trace metal contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey. Environmental Earth Sciences. 71 (6); 2807-2819.
- 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.
- Tao, Y., Yuan, Z., Wei, M. and Xiaona, H. (2011). Characterization of heavy metals in water and sediments in Taihu Lake, China. Environmental Monitoring and Assessment. 184 (7): 4367-4382.
- Taylan, Z.S. ve Özkoç, H.B. (2007). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. BAÜ FBE Dergisi. 9 (2); 17-33.

- 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.
- 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., 1758 From Işikli Lake (Turkey), *Pakistan Journal of Zoology*. 44(5); 1405-1416.
- Türkmen, A., Türkmen, M. (2004). The seasonal variation of heavy metal in the suspended particulate material in the Iskenderun Bay (North-Eastern Mediterranean Sea, Turkey). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 21 (3-4); 307-311.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (1984). Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry Reference Methods for Marine Pollution Studies. No:11, Rev.1.
- 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.
- Vollenweider, R. A. (1989). Global problems of eutrophication and its control. In J. Salanki & S. Herodek (eds), *Conservation and management of lakes*, Akad.Kiad'o, Budapest: 19-42.
- WHO (World Health Organization). (1998). *Guidelines for drinking-water quality*. Second edition, volume 1, Geneva.
- WHO (World Health Organization). (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. Fourth edition, Geneva.