

Received: 01.08.2018

Accepted: 06.03.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.449984

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3 (1), 10-20, 2019

Göller Bölgesi Göllerinde Ağır Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi

Kadir Oruçoğlu¹, Mehmet Beyhan^{1*}

Özet: Bu çalışmada Türkiye'nin Göller Bölgesi olarak adlandırılan ve Devlet Su İşleri (DSİ)18. Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan göllerde 2016 yılı içerisinde aylık olarak alınan su örneklerinde Zn, Cr, Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Al, As, Mo, B, Ti, V ve Ba ağır metal türlerinin mevcudiyeti araştırılmıştır. Bu ağır metal türlerinin yıllık ortalama konsantrasyonları, ülkemizde yürürlükte olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin, Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nin, Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartlarına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme neticesinde araştırmanın yapıldığı 15 gölün ağır metaller bakımından kirlilik durumu ortaya konulmuştur. Bunun yanında kirlenme söz konusu olan göllerle ilgili çeşitli öneriler sunulmuştur. Çalışma kapsamında Eğirdir, Kovada, Gölcük, Akşehir, Eber, Karamık, Burdur, Acıgöl, Salda, Yarıklı, Karataş, Gölhisar, Yazır, Gököl ve Karakuyu göllerinde numune alma işlemleri ve ağır metal analizleri DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından koordine edilmiştir.

Çalışma sonucu yapılan değerlendirmelere göre çalışma alanında tespit edilen en yüksek ağır metal birikiminin Burdur Havzası göllerinde, en düşük birikimin de Antalya Havzası göllerinde olduğu tespit edilmiştir. 15 gölde yapılan 14 farklı ağır metal türünün değerlendirmesinde insan kaynaklı nedenlerden dolayı en fazla birikim yapan metallerin Akarçay Havzasında yer alan Eber gölünde, Cr ve As olduğu tespit edilmiştir. Doğal nedenlerden dolayı göllerde en çok rastlanan metaller ise Burdur Havzasında yer alan göllerde tespit edilen Zn, Cr, Cu, Co, Ni ve As'dir.

Keywords: Göller Bölgesi, Göl, Yüzeysel sular, Ağır metal, Kirlilik, Su kalitesi

Assessment of Heavy Metal Pollution in The Lakes of Lakes District- Turkey

Abstract: In this study, the presence of heavy metals such as Zn, Cr, Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Al, As, Mo, B, Ti, V and Ba in the water samples taken monthly by 18th Regional Directorate of State Hydraulic Works, in the year 2016 were investigated in the lakes that take place in "Region of Lakes" in Turkey. The annual average concentrations of these heavy metals have been evaluated according to the Quality Criteria According to Classes of Inland Water Resources of Water Pollution Control Regulation, and the Specific Pollutants and Environmental Quality Standards for Surface Water Sources of the Regulation of Surface Water Quality, which are in force in our country. In addition, various proposals have been made concerning the polluted lakes. Sampling procedures and heavy metal analyzes were coordinated by DSİ 18th Regional Directorate in Eğirdir, Kovada, Gölcük, Akşehir, Eber, Karamık, Burdur, Acıgöl, Salda, Yarıklı, Karataş, Gölhisar, Yazır, Gököl and Karakuyu lakes.

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye
*Corresponding author (İletişim yazarı): mehmetbeyhan@sdu.edu.tr

Citation (Atf): Oruçoğlu, K., Beyhan, M. (2019). Assessment of Heavy Metal Pollution in The Lakes of Lakes District-Turkey. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (1): 10-20.

According to the results of the study, it was determined that the highest heavy metal accumulation in the study area is found in the lakes of Burdur Basin and the lowest accumulation is found in the lakes of Antalya basin. In the assessment of 14 different heavy metal species in 15 lakes, it was determined that the metals which accumulate the most due to human reasons are Cr and As in Eber lake located in Akarçay Basin. The most common metals in lakes due to natural causes are Zn, Cr, Cu, Co, Ni and As detected in lakes located in Burdur Basin.

Keywords: Lakes District, Lake, Surface waters, Heavy Metal, Pollution, Water quality

1. Giriş

Hızlı nüfus artışı, sanayinin gelişmesi, kentleşme sonucunda ortaya çıkan altyapı eksikliği, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile evsel ve endüstriyel atıksularda artış ile plansız yapılan çalışmalar çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Çevre kirliliğinin sonucunda alıcı ortam olan göl, gölet ve akarsuların su kalitesinin ve doğal dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Alıcı ortamlar için başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tozlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri vb. dir (Ellis vd., 1989).

Göl ekosistemleri, çeşitli antropojenik etkiler, ötrofikasyona neden olan besinlerin aşırı artması, endüstriyel, zirai ve evsel kökenli kirlilik, su toplama alanı ve atmosfer yoluyla göllere ulaşan kirlilikler gibi etmenlerden sürekli etkilenmektedir. Bu nedenlerle uzunca bir zamandır ağır metal kirlenmesi bilimsel ve çevresel anlamda ilgiyi üzerine çekmiştir. İnsan faaliyetlerinin tipik sonucu olarak yüzeysel sularda özellikle ağır metal konsantrasyonları da giderek artmaktadır. Ağır metaller su habitatlarında biriken en toksik, kalıcı ve bol miktardaki kirleticilerdendir ve konsantrasyonları biyolojik birikim ile de artmaktadır (Atıcı vd., 2010, Sin vd., 2001, Kische vd., 2003, Ahmed vd., 2005).

Fe, Zn, Co, Cu, Ni, Mn gibi ağır metallerin pek çoğu, az miktarda da olsa canlılarda önemli yaşamsal faaliyetler için gerekli olsa da yüksek konsantrasyonları oldukça tehlikelidir. Bununla birlikte, ağır metallerin sucul ortamda yüksek konsantrasyonlarda bulunması, canlılar için toksisite riski oluşturmaktadır. Rüzgar, akarsu, atmosferik taşınım ve kayaç-su etkileşim süreçlerine bağlı olarak sucul ortama doğal yollarla giren ağır metallerin, sucul ortamlardaki konsantrasyonu hızlı bir artış göstermiştir (Dereli E. vd., 2017, Nadal M. Vd., 2004, Ochieng E. Z., vd., 2007, An Y. J., 2006).

Göllerde ağır metal kirliliğine neden olan faktörler genel olarak evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, tarımsal gübre ve zirai ilaç kullanımını, göllerin bulunduğu topoğrafya yapısına bağlı olarak parçalanma, ufanma ve çözünme gibi doğal yollarla oluşabilen kaynaklardır.

Ülkemizde ve dünyada ağır metallerin göl ve akarsular gibi yüzeysel su kütlelerinde, sediment ortamlarında ve sucul canlılarda birikimini araştırmaya yönelik pek çok çalışma yapılmıştır.

Kır vd. (2007), Kovada Gölü su ve sediment örneklerinde bazı ağır metallerin mevsimsel değişimini incelemiştir. Suda yaptıkları ağır metal analizlerinde Fe her mevsimde, Zn ilkbahar ve kış mevsimlerinde, Al yaz mevsiminde ve Ni ise sadece ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. Sediment üzerinde yapılan ağır metal analizlerinde Cr, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni tüm mevsimlerde belirlenmiştir.

Beyhan vd. (2007), Burdur Gölü su kalitesinin belirlenmesi için analizler yapıp elde ettikleri sonuçları 1986 yılı verileri ile karşılaştırmışlar, göl seviyesindeki düşüşün suyun genel kimyasal yapısında fazla bir etkiye sahip olmadığını, ancak seviye düşüşü ile birlikte göl suyundaki ağır metal konsantrasyonunun hızlı bir şekilde artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kaptan ve Tekin-Özan. (2014), Eğirdir Gölü su ve sedimentinde ve gölde yaşayan sazanların (*Cyprinus carpio* L.,1758) kas, karaciğer ve solungaçlarında bazı ağır metal türlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada Pb dışında tüm metalleri tespit etmişler ve suda en fazla biriken metalin Mn, en az biriken metalin ise Cr olduğunu; sedimentte ve balık dokularında ise tüm metallerin bulunduğunu, sedimentte en fazla biriken metalin Fe, en az biriken metalin ise Cd olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Göller Bölgesinde yer alan farklı su kalitesi özelliklere sahip doğal göl sularının ağır metal kirlilik durumlarını ülkemizde

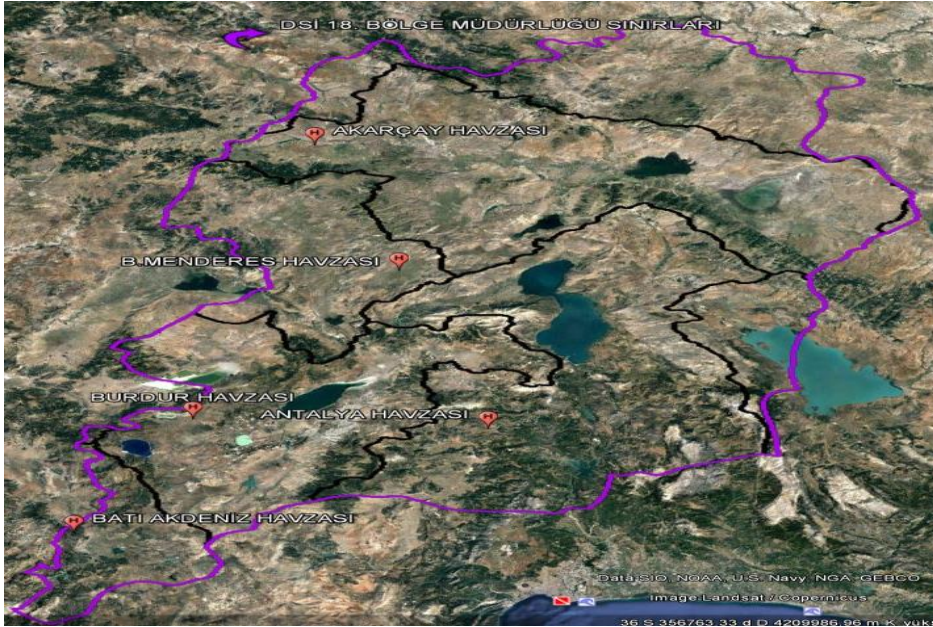
yürürlükte olan mevzuatlardan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ile Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY)'de belirtilen su kalite sınıfları ve çevresel kalite kriterlerine göre tespit etmek, değerlendirmek ve göllerle ilgili genel öneriler sunmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

DSİ 18. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanı 7 farklı havza sınırları içerisine girmekte olup bunlardan 6 tanesinde doğal göl bulunmaktadır. Sakarya havzasına giren kısmında doğal göl bulunmadığı için ve Konya Havzası'nda yer alan Beyşehir Gölü su kalitesi izleme çalışmaları DSİ 4. Bölge Müdürlüğüne gerçekleştirildiğinden bu iki havza çalışma kapsamına alınmamıştır.

Çalışma kapsamında incelenen 5 farklı havza içerisindeki göllerden Eğirdir, Kovada ve Gölcük gölleri Antalya Havzası'nda; Burdur, Acıgöl, Karataş, Yarıslı ve Salda gölleri Burdur Kapalı Havzası'nda; Akşehir, Eber ve Karamık gölleri Akarçay Kapalı Havzası'nda; Karakuyu sazlığı ve Gököl gölleri Büyük Menderes Havzası'nda; Gölhisar ve Yazır gölleri ise Batı Akdeniz Havzası'nda yer almaktadır. DSİ 18. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alan sınırları ve çalışma yapılan göller aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu göllere, birbirine yakın konumlarda olmaları ve Türkiye'nin coğrafi bölgelerinden Akdeniz Bölgesi'nin Göller Bölgesi olarak bilinen kısmında bulunmaları nedeniyle "Göller Bölgesi Gölleri" denmiştir.



Şekil 1. DSİ 18. Bölge Müdürlüğü sınırları, yer aldığı havzalar ve çalışma yapılan göllerin genel görünümü (Google Earth, 2018)

Göller Bölgesi miktar ve kalite yönünden büyük öneme sahip tatlı su rezervlerini, ekonomik ve turistik açıdan faydalanılan su kaynaklarını, ulusal ve uluslararası öneme sahip sulak alanları içerisinde bulundurmaktadır. Bu bölgede yer alan göllerde su kirliliğini oluşturan unsurlardan biri de ağır metallerdir. Ağır metaller doğal kaynakların yanı sıra artan kentsel ve endüstriyel kaynaklı noktasal baskılar ve tarımsal faaliyet kaynaklı yayılı baskılarla da bu su kaynaklarına ulaşmaktadır.

Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan 15 göl için konumları DSİ uzmanları tarafından önceden belirlenmiş toplamda 30 örnekleme istasyonundan 01.01.2016-31.12.2016 tarihleri arasında bir yıl boyunca aylık örnekleme yapılmıştır. Örnekleme istasyonlarının göllere göre dağılımı; Gölcük-2, Eğirdir-3, Kovada-3, Karamık-2, Eber-2, Akşehir-2, Acıgöl-2, Burdur-2, Salda-2, Yarıslı-2, Karataş-2, Yazır-1, Gölhisar-2, Karakuyu-2, Gököl-1 şeklindedir.

2.2. Laboratuvar Analizleri

Çalışma kapsamında örnekleme istasyonlarından, SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'nde belirtildiği şekilde, 1 litrelik polietilen şişelere koruyucu kimyasal madde ilave edilerek alınan örneklerin, Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite İzmir DSİ 2. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Laboratuvarında Agilent Technologies Inc. Marka 7500a model yüksek performanslı ICP-MS cihazında analizi yapılmıştır.

Su örnekleri analizden önce katı partiküllerin giderilmesi amacıyla filtrelenmiş ve nitrik asit ile pH değerleri 2'ye ayarlandıktan sonra ICP-MS cihazına verilmiştir. Analiz yapılan her parametre için stok standart kalibrasyon çözeltileri kullanılarak ölçüm aralığına uygun kalibrasyon standart çözeltileri hazırlanmıştır. Okutulan her ağır metal türü için önce kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve ardından örnekler cihaza verilerek sonuçlar alınmıştır. Aşağıda Çizelge 1'de ICP-MS cihazı ağır metal saptama alt sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 1. ICP-MS cihazı ağır metal saptama alt sınır değerleri (LOQ; limit of quantification)

Ağır Metal	Saptama Alt Sınırı; LOQ (µg/L)
Zn	0,500
Cr	0,500
Mn	0,020
Fe	8,800
Cu	0,150
Co	0,030
Ni	0,050
Al	0,330
As	0,080
Mo	0,310
B	0,010
Ti	0,260
V	0,020
Ba	0,050

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada, göllerde tespit edilen ağır metallere Zn, Cr, Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Al, As, Mo, B, Ti, V ve Ba parametrelerine ait yıllık ortalama konsantrasyon değerleri ülkemizde yürürlükte olan SKKY'de yer alan Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosuna

(Çizelge 2'nin sonunda renklendirilerek gösterilmiştir) ve YSKY'de yer alan Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları kriterlerine göre (Çizelge 3'ün sonunda renklendirilerek gösterilmiştir) incelenip yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) ve maksimum izin verilebilir çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında analizi yapılan ağır metallerin yıllık ortalama konsantrasyonları ve SKKY Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre mukayesesi aşağıda Çizelge 2'de, YSKY'ye göre değerlendirilmesi ise aşağıda Çizelge 3'te verilmiştir. Parametre bazında su kaynaklarının kalite sınıfları ve çevresel kalite standartları kapsamında elde edilen yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) ve maksimum izin verilebilir çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) konsantrasyonlarına ait bulgular aşağıda parametre bazında verilmiştir.

Çinko, (Zn)

Yıllık en yüksek ortalama Zn konsantrasyonuna sahip göl 388,67 µg/L ile Acıgöl, en düşük ortalama Zn konsantrasyonuna sahip göl ise 3,45 µg/L ile Kovada Gölü'dür.

SKKY'ye göre Acıgöl ve Burdur Gölü suları yıllık Zn miktarı 200 µg/L'yi aştığı için 2. sınıf sular, diğer göller ise kalite bakımından 1. sınıf sular özelliğindedir.

YSKY bakımından ortalama Zn konsantrasyonları; Akşehir, Eğirdir, Kovada, Gölcük, Gölhisar ve Gököl için her iki ÇKS sınır değerlerini aşmamıştır. Ancak Eber, Karamık Bataklığı, Karakuyu Sazlığı, Karataş, Yarışlı, Yazır ve Salda gölleri için 5,9 µg/L YO-ÇKS sınır değeri aşılmış durumdadır. Burdur ve Acıgöl göl suları için de 231 µg/L MAK-ÇKS sınır değeri aşılmıştır.

Krom, (Cr)

Yıllık en yüksek ortalama Cr konsantrasyonu 28,48 µg/L ile Salda Gölü'nde, en düşük ortalama konsantrasyon ise 3,71 µg/L ile Gölcük Gölü'nde tespit edilmiştir.

SKKY'ye göre Karakuyu Sazlıkları, Karamık Bataklığı, Akşehir, Eğirdir, Kovada, Gölcük, Burdur, Karataş, Yarışlı, Gölhisar, Yazır ve

Gökgöl gölleri için yıllık ortalama Cr konsantrasyon değerleri 20 µg/L'nin altında bulunduğu için Cr açısından bu göllerdeki su kalitesi 1. sınıf, Eber, Acıgöl ve Salda Gölü yıllık ortalama Cr konsantrasyonları 20-50 µg/L aralığında değiştiği için söz konusu göl suları 2. sınıf kalite özelliğindedir. Öte yandan Yarışlı Gölü'nün yıllık ortalama Cr konsantrasyonu 19,14 µg/L ile 3. Sınıf su kalitesi sınırı olan 20 µg/L değerine çok yaklaşmış durumdadır.

YSKY bakımından göllerin tamamında yıllık ortalama Cr konsantrasyonu 1,6 µg/L sınır değerini aştığı için tüm göller YO-ÇKS koşulunu sağlayamamaktadır. Ayrıca Cr için MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değerine (142 µg/L) yaklaşan veya aşan bir göl tespit edilmemiştir.

Mangan, (Mn)

Yıllık ortalama Mn konsantrasyonu en yüksek olan göl 52,43 µg/L ile Eber Gölü'dür. En düşük ortalama yıllık konsantrasyon değeri ise 0,40 µg/L değeri ile Gökgöl Gölü'nde belirlenmiştir.

SKKY'ye göre çalışma kapsamında yer alan göllerin hiçbirinde 1. sınıf su kalitesi için sınır değer olan 100 µg/L yıllık ortalama konsantrasyon değeri aşılmamıştır.

YSKY'de Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirlenmeler ve Çevresel Kalite Standartlarında Mn için sınır değer belirtilmemiştir.

Demir, (Fe)

Yıllık ortalama Fe konsantrasyonu en yüksek olan göl Acıgöl olup değeri 242,02 µg/L olarak ölçülmüştür. En düşük yıllık ortalama konsantrasyon değeri 11,84 µg/L ile Eğirdir Gölü'nde belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden hiçbirinde 1. sınıf su kalitesi için sınır değer olan 300 µg/L yıllık ortalama konsantrasyon değeri aşılmamıştır.

YSKY'de ise Gölhisar, Burdur, Karataş ve Eğirdir gölleri dışında tüm göllerde YO-ÇKS sınır değeri olan 36 µg/L konsantrasyon sınır değeri aşıldığı için söz konusu göller çevresel kalite standardını sağlamamaktadır. Acıgöl'de MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değeri de 101 µg/L 'nin üzerinde olup 242,02 µg/L'dir.

Bakır, (Cu)

Yıllık ortalama Cu konsantrasyonu en yüksek olan göl Acıgöl olup konsantrasyonu 56,72 µg/L, en düşük ortalama yıllık konsantrasyon ise Gökgöl Gölü'nde belirlenmiş olup değeri 0,29 µg/L'dir.

SKKY'ye göre Burdur Gölü'nde 20 µg/L, Acıgöl'de ise 50 µg/L sınır konsantrasyon değerleri aşılmış olup bu nedenle Burdur ve Acıgöl göl suları sırasıyla 2. ve 3.sınıf sular, çalışma kapsamındaki diğer göllerde ise Cu bakımından 1. sınıf sular özelliği taşımaktadır.

Karakuyu sazlıkları, Eğirdir, Kovada, Gölcük, Gölhisar, Yazır, Gökgöl göllerinde YO-ÇKS sınır değeri aşılmadığı için bu göllerde çevresel kalite standardı Cu bakımından sağlanmaktadır. Fakat Eber ve Akşehir, göllerinde 1,6 µg/L olan YO-ÇKS sınır değeri konsantrasyonu aşıldığı için söz konusu göller çevresel kalite standardını sağlamamaktadır. Karamık Bataklığı'nda da bu sınır değere yaklaşılmıştır. Öte yandan Acıgöl, Burdur, Karataş, Yarışlı ve Salda göllerinde ise 3,1 µg/L olan MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değeri aşılmıştır.

Kobalt, (Co)

En yüksek yıllık ortalama Co konsantrasyonu 10,21 µg/L değeri ile Acıgöl Gölünde tespit edilmiştir. En düşük yıllık ortalama konsantrasyonuna sahip göl ise 0,05 µg/L ile Gölcük Gölü olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden hiçbirinde Co konsantrasyonları SKKY'de belirtilen sınır değeri aşmamıştır. Bu nedenle tüm göl suları Co konsantrasyonu açısından 1. sınıf sular özelliği taşımaktadır.

Co için Eber, Akşehir, Acıgöl ve Burdur göllerinde YO-ÇKS sınır değeri olan 0,3 µg/L konsantrasyonu aşıldığı için söz konusu göller çevresel kalite standardını sağlayamamaktadır. Çalışma kapsamında yer alan diğer göllerde ise bu standart sağlanmaktadır. Ayrıca Acıgöl 10,42 µg/L yıllık ortalama Co değeri ile 2,6 µg/L olan MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değerini aşmaktadır.

Çizelge 2. Ağır metallerin yıllık ortalama konsantrasyonlarının SKKY'ye göre değerlendirilmesi

Su örneği Alınan Yer	ÇİNKO (µg/L)	KROM (µg/L)	MANGAN (µg/L)	DEMİR (µg/L)	BAKIR (µg/L)	KOBALT (µg/L)	NİKEL (µg/L)	ALUMİNYUM (µg/L)	ARSENİK (µg/L)	MOLİBDEN (µg/L)	BOR (µg/L)	TİTANYUM (µg/L)	VANADYUM (µg/L)	BARYUM (µg/L)
Eğirdir Gölü	3,47	5,26	0,90	11,84	0,87	0,08	2,15	9,68	5,41	4,63	0,05	0,68	0,84	20,24
Kovada Gölü	3,45	6,10	3,81	36,85	0,53	0,10	2,04	35,28	6,14	2,76	0,06	1,62	1,19	20,18
Gölcük Gölü	3,64	3,71	0,74	46,41	0,72	0,07	1,48	32,88	4,29	9,24	0,02	0,74	0,89	220,88
Akşehir	3,47	18,41	0,51	40,17	2,29	0,52	12,71	18,88	2,79	3,21	0,01	1,43	1,64	31,83
Eber Gölü	6,43	21,61	52,43	63,09	2,23	0,72	11,79	25,83	102,63	2,97	0,86	4,75	6,36	44,81
Karamık Sazlığı	12,63	4,28	0,47	51,96	1,38	0,10	2,57	29,37	2,62	0,50	0,04	1,02	2,54	27,71
Acıgöl	388,67	26,74	51,10	242,02	56,72	10,22	110,61	48,43	627,28	3,10	56,99	80,25	524,15	62,00
Burdur Gölü	309,86	13,25	1,62	28,21	38,92	1,03	5,49	9,57	171,53	35,59	17,39	19,48	127,01	28,31
Karataş Gölü	60,93	8,75	1,11	33,02	5,36	0,17	4,33	29,03	5,39	1,78	0,12	3,10	13,24	29,68
Salda Gölü	30,78	28,49	0,66	77,78	3,18	0,16	1,27	29,36	17,95	1,99	0,13	2,38	22,07	3,26
Yarışlı Gölü	124,75	19,14	0,79	79,57	16,49	0,52	7,65	45,22	131,15	37,37	10,36	25,64	115,16	7,57
Göhlisar Gölü	5,16	7,37	0,73	31,31	0,78	0,25	10,96	42,06	2,36	2,34	0,09	2,31	4,71	30,24
Yazır	5,91	8,85	0,59	44,14	0,48	0,20	7,10	24,23	1,29	0,72	0,02	1,17	0,60	17,58
Karakuyu Sazlığı	6,13	5,80	0,67	51,94	0,37	0,17	5,23	27,59	1,31	1,70	0,01	1,15	2,01	28,73
Gökgöl	5,43	5,35	0,40	57,02	0,30	0,18	5,03	27,32	1,04	1,13	0,01	1,23	1,18	39,05
SKKY 1.Sınıf	<200	<20	<100	<300	<20	<10	<20	<300	<20	-	<1000	-	-	<1000
SKKY 2.Sınıf	<500	<50	<500	<1000	<50	<20	<50	<300	<50	-	<1000	-	-	<2000
SKKY 3.Sınıf	<2000	<200	<3000	<5000	<200	<200	<200	<1000	<100	-	<1000	-	-	<2000
SKKY 4.Sınıf	>2000	>200	>3000	>5000	>200	>200	>200	>1000	>100	-	>1000	-	-	>2000

Çizelge 3. Ağır metallerin yıllık ortalama konsantrasyonlarının YSKY'ye göre değerlendirilmesi

Su örneği Alınan Yer	ÇİNKO (µg/L)	KROM (µg/L)	MANGAN (µg/L)	DEMİR (µg/L)	BAKIR (µg/L)	KOBALT (µg/L)	NİKEL (µg/L)	ALUMİNYUM (µg/L)	ARSENİK (µg/L)	MOLİBDEN (µg/L)	BOR (µg/L)	TİTANYUM (µg/L)	VANADYUM (µg/L)	BARYUM (µg/L)
Eğirdir Gölü	3,47	5,26	0,90	11,84	0,87	0,08	2,15	9,68	5,41	4,63	0,05	0,68	0,84	20,24
Kovada Gölü	3,45	6,10	3,81	36,85	0,53	0,10	2,04	35,28	6,14	2,76	0,06	1,62	1,19	20,18
Gölcük Gölü	3,64	3,71	0,74	46,41	0,72	0,07	1,48	32,88	4,29	9,24	0,02	0,74	0,89	220,88
Akşehir	3,47	18,41	0,51	40,17	2,29	0,52	12,71	18,88	2,79	3,21	0,01	1,43	1,64	31,83
Eber Gölü	6,43	21,61	52,43	63,09	2,23	0,72	11,79	25,83	102,63	2,97	0,86	4,75	6,36	44,81
Karamık Sazlığı	12,63	4,28	0,47	51,96	1,38	0,10	2,57	29,37	2,62	0,50	0,04	1,02	2,54	27,71
Acıgöl	388,67	26,74	51,10	242,02	56,72	10,22	110,61	48,43	627,28	3,10	56,99	80,25	524,15	62,00
Burdur Gölü	309,86	13,25	1,62	28,21	38,92	1,03	5,49	9,57	171,53	35,59	17,39	19,48	127,01	28,31
Karataş Gölü	60,93	8,75	1,11	33,02	5,36	0,17	4,33	29,03	5,39	1,78	0,12	3,10	13,24	29,68
Salda Gölü	30,78	28,49	0,66	77,78	3,18	0,16	1,27	29,36	17,95	1,99	0,13	2,38	22,07	3,26
Yarışlı Gölü	124,75	19,14	0,79	79,57	16,49	0,52	7,65	45,22	131,15	37,37	10,36	25,64	115,16	7,57
Göhlisar Gölü	5,16	7,37	0,73	31,31	0,78	0,25	10,96	42,06	2,36	2,34	0,09	2,31	4,71	30,24
Yazır Gölü	5,91	8,85	0,59	44,14	0,48	0,20	7,10	24,23	1,29	0,72	0,02	1,17	0,60	17,58
Karakuyu Sazlığı	6,13	5,80	0,67	51,94	0,37	0,17	5,23	27,59	1,31	1,70	0,01	1,15	2,01	28,73
Gökgöl	5,43	5,35	0,40	57,02	0,30	0,18	5,03	27,32	1,04	1,13	0,01	1,23	1,18	39,05
Mavi renk YSKY'de her iki ÇKS standardı da sağlayan göl sularını ifade eder.								Renksiz alanlar yönetmelikte söz konusu metal için sınır değeri belirtilmediğini ifade eder.						
YO-ÇKS (µg/L)	5,90	1,60	-	36,00	1,60	0,3	4,00	2,20	53,00	-	707,00	26,00	1,60	680,00
MAK-ÇKS (µg/L)	231,00	142,00	-	101,00	3,10	3,60	34,00	27,00	53,00	-	1472,00	42,00	97,00	680,00

Nikel, (Ni)

Yıllık ortalama Ni konsantrasyonu en yüksek olan göl Acıgöl olup konsantrasyonu 110,61 µg/L, en düşük yıllık ortalama konsantrasyon değeri ise Salda Gölü'nde 1,27 µg/L olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden sadece Acıgöl'de SKKY'de Ni için belirtilen 20 µg/L sınır konsantrasyon değeri aşılmıştır. Acıgöl dışında tüm göller 1. sınıf sular özelliği taşımakta olup Acıgöl Ni bakımından 3. sınıf sular özelliğindedir.

Eğirdir, Kovada, Gölcük ve Salda göllerinde YSKY, YO-ÇKS sınır değeri olan 4 µg/L konsantrasyon değeri aşılmamış olup çevresel kalite standardı bu göllerde sağlanmıştır. Eber, Akşehir, Acıgöl, Burdur, Karataş, Yarışlı, Gölhisar, Yazır, Karakuyu Sazlıkları ve Gökçöl Göllerinde YO-ÇKS sınır değeri olan 4 µg/L sınır değeri aşıldığı için söz konusu göller çevresel kalite standardını sağlamamaktadır. Diğer taraftan Acıgöl'de MAK-ÇKS sınır değeri olan 34 µg/L konsantrasyon değeri de aşılmıştır.

Alüminyum, (Al)

Yıllık ortalama Al konsantrasyon değeri en yüksek olan göl 48,42 µg/L ile Acıgöl'dür. En düşük yıllık ortalama konsantrasyon değeri ise Burdur Gölü'nde 9,29 µg/L olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden hiçbirinde Al bakımından birinci sınıf su kalitesi için belirlenmiş olan 300 µg/L sınır değeri aşılmamıştır.

Çalışma yapılan göllerin tamamında YO-ÇKS sınır konsantrasyon değeri olan 2,2 µg/L aşıldığı için çevresel kalite standardı bu göllerde sağlanmamaktadır. Eber, Akşehir, Eğirdir, Burdur ve Yarışlı gölleri dışındaki tüm göllerde MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değeri (27 µg/L) de aşılmıştır.

Arsenik, (As)

Yıllık ortalama As konsantrasyonu en yüksek göl Acıgöl (627,28 µg/L), en düşük göl ise Gökçöl Gölü (1,04 µg/L) olarak tespit edilmiştir.

Eber, Acıgöl, Burdur ve Yarışlı göllerinde SKKY'de 1. sınıf kalitedeki sular için belirtilen 20 µg/L sınır değeri aşılmış Salda Gölü'nde ise bu sınır değere çok yaklaşmış durumdadır. Söz

konusu göllerde yıllık ortalama As konsantrasyonları sırasıyla 71,63 µg/L, 618,67 µg/L, 155,04 µg/L ve 136,10 µg/L olarak tespit edildiği için Eber Gölü 3. sınıf, Acıgöl, Burdur ve Yarışlı göl suları ise 4. sınıf su kalitesi özelliğindedir.

Eber, Acıgöl, Burdur ve Yarışlı göllerinde YSKY, YO-ÇKS sınır konsantrasyon değeri olan 53 µg/L aşılmış olup çevresel kalite standardı bu göllerde sağlanmamaktadır. Diğer taraftan bu göllerde MAK-ÇKS sınır değer konsantrasyonu (53µg/L) aşılmıştır.

Molibden (Mo)

Yıllık ortalama Mo konsantrasyon değeri en yüksek göl Yarışlı Gölü (37,37 µg/L) olup, en düşük konsantrasyon değeri ise Karamık Bataklığı'nda (0,49 µg/L) tespit edilmiştir.

SKKY'de Mo için herhangi bir sınır değer belirtilmediği için değerlendirme yapılamamıştır.

YSKY bakımından Mo için herhangi bir sınır değer belirtilmediği için değerlendirme yapılamamıştır.

Bor, (B)

Yıllık ortalama B konsantrasyon değeri en yüksek göl (56,99 µg/L) Acıgöl olup, en düşük yıllık ortalama ise Akşehir Gölü'nde (0,01 µg/L) belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden hiçbirinde SKKY'de belirtilen 1. Sınıf su kalite sınır değeri aşılmamıştır. Dolayısıyla Göller Bölgesi Gölleri'nin tamamı B açısından 1. sınıf kalite sular özelliğindedir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden hiçbirinde YSKY'de belirtilen sınır değerler aşılmamış olup tüm göllerde B bakımından çevresel kalite standardı sağlanmaktadır.

Titanyum, (Ti)

Yıllık ortalama Ti konsantrasyonu en yüksek olan göl (80,24 µg/L) Acıgöl'dür. En düşük yıllık ortalama Ti konsantrasyonu ise Eğirdir Gölü'nde 0,67 µg/L olarak belirlenmiştir.

SKKY'de Ti için herhangi bir sınır değer belirtilmediği için değerlendirme yapılamamıştır.

Acıgöl dışında hiçbir gölde YSKY’de belirtilen YO-ÇKS sınır konsantrasyon değeri olan 26 µg/L aşılmamış olup çevresel kalite standardı sağlanmaktadır. Acıgöl Gölü’nde MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değeri olan 42 µg/L aşılmıştır.

Vanadyum, (V)

Yıllık ortalama V konsantrasyonu en yüksek olan göl (524,15 µg/L) Acıgöl’dür. En düşük yıllık ortalama V konsantrasyonu (0,60 µg/L) Yazır Gölü’nde tespit edilmiştir.

SKKY’de V için herhangi bir sınır değeri belirtilmediği için değerlendirme yapılmamıştır.

Eğirdir, Kovada, Gölcük, Yazır ve Gökgöl göllerinde YO-ÇKS sınır konsantrasyon değeri olan 1,6 µg/L aşılmamış olup çevresel kalite standardı bu göllerde sağlanmıştır. Ancak Acıgöl, Burdur, Yarışlı ve Salda göllerinde MAK-ÇKS sınır konsantrasyon değeri (97 µg/L) aşılmıştır.

Baryum, (Ba)

Yıllık ortalama Ba konsantrasyonu en yüksek olan göl Gölcük Gölü’nde (220,87 µg/L), en düşük yıllık ortalama ise Salda Gölü’nde (3,26 µg/L) olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan göllerden hiçbirinde SKKY’de ve YSKY’de belirtilen Ba sınır değerleri aşılmamıştır.

Ağır metallerin yıllık ortalama konsantrasyonlarının SKKY’ye göre değerlendirilmesinde göllerin ağır metaller bakımından 2016 yılı için sahip oldukları su kalite sınıfları aşağıda Çizelge 4’te verilmiştir. Bu kapsamda yapılan değerlendirme göllerde 2016 yılı için tespit edilen en düşük su kalite sınıfını o gölün su kalite sınıfı olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4. Ortalama yıllık ağır metal konsantrasyonlarına göre göllerde 2016 yılı için tespit edilen SKKY su kalite sınıfları

Su Kalite Sınıfı	Yer
I Sınıf	Eğirdir, Kovada, Gölcük, Karamık, Akşehir, Karataş, Gölhisar, Yazır, Karakuyu ve Gökgöl
II Sınıf	Salda
III Sınıf	
IV Sınıf	Acıgöl, Burdur, Eber, Yarışlı

Gölcük, Eğirdir, Kovada, Karamık, Akşehir, Karataş, Gölhisar, Yazır, Karakuyu ve Gökgöl göllerinde elde edilen tüm değerler göl sularının ağır metaller bakımından I. Sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında değerlendirilmesi yapılan göllerden göl sularının Acıgöl’de; As için IV. Sınıf, Ni ve Cu için III. Sınıf ve Zn, Cr, Co için II. Sınıf, Burdur Gölü için de As için IV. Sınıf, Zn ve Cu için III. Sınıf olduğu belirlenmiştir. Acıgöl ve Burdur göllerinin yanı sıra, Eber ve Yarışlı göllerinde de Arsenik konsantrasyonlarının SKKY’ye göre IV. Sınıf olduğu belirlenmiştir.

Ağır metallerin yıllık ortalama konsantrasyonlarının YSKY’ye göre değerlendirilmesinde havza bazında göllerde hangi ağır metal sınır değerlerinin aşıldığı aşağıda Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Havza ve göl bazında YSKY'ye göre ortalama yıllık konsantrasyonların aşıldığı ağır metal türleri

	YO-ÇKS	MAK-ÇKS
Antalya Havzası		
Gölcük Gölü	Cr, Ni	Al
Eğirdir Gölü	Cr, Al	
Kovada Gölü	Cr, Fe	Al
Akarçay Havzası		
Karamık Gölü	Zn, Cr, Fe	Al
Eber Gölü	Zn, Cr, Fe, Cu, Co, Ni, Al, V	As
Akşehir	Cr, Fe, Cu, Co, Ni, Al	Al
Burdur Havzası		
Burdur Gölü	Cr, Fe, Co, Ni, Al	
Acıgöl	Cr, Ti	Zn, Fe, Cu, Co, Ni, Al, As, V
Salda Gölü	Zn, Cr, Fe, V	Cu, Al
Yarışlı Gölü	Zn, Cr, Fe, Co, Ni	Cu, Al, As, V
Karataş Gölü	Zn, Cr, Fe, Ni, V	Cu, Al
Batı Akdeniz Havzası		
Göhlisar Gölü	Cr, Fe, Ni, V	Al
Yazır Gölü	Zn, Cr, Fe, Ni, Al	
Büyük Menderes Havzası		
Karakuyu Sazlığı	Zn, Cr, Fe, Ni, V	Al
Gökgöl Gölü	Cr, Fe, Ni, V	Al

4. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma sonucunda Göller Bölgesi göllerinin SKKY bakımından durumu genel olarak tatlısu özelliğinde olan göller bakımından (Eğirdir, Kovada, Gölcük, Akşehir, Karamık Sazlığı, Karataş, Göhlisar, Yazır, Karakuyu Sazlığı ve Gökgöl gölleri) I. Sınıf su kalitesine sahiptir. Salda gölü Cr için II. Sınıf, Eber Gölü Cr için II. Sınıf, As için IV. Sınıf, Yarışlı Gölü As için IV. Sınıf, Burdur Gölü Zn ve Cu için II. Sınıf, As için IV.

Sınıf ve Acıgöl ise Zn, Cr, Co için II. Sınıf, Cu ve Ni için III: Sınıf ve As için IV. Sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Göller Bölgesi göllerini YSKY çevresel kalite standartları bakımından değerlendirdiğimizde genel durum biraz daha olumsuz doğru değişmiştir. Öncelikle göllerden hiçbiri her iki ÇKS standardını birlikte sağlayamamıştır. ÇKS bakımından en olumlu özelliklere sahip olan göl Eğirdir Gölü'dür. Eğirdir Gölü'nde sadece Cr ve Al için YO-ÇKS değeri aşılmıştır. Doğal nedenlerle ÇKS değerleri en çok Burdur Havzası göllerinde aşılmıştır. Analizi yapılan ağır metaller içerisinde Cr tüm göllerde ÇKS standartları bakımından YO-ÇKS sınır değerinin üzerinde, Al ise sadece 5 gölde (Eğirdir, Akşehir, Eber, Burdur ve Yazır) YO-ÇKS sınır değerinin üzerinde, geri kalan göllerde ise MAK-ÇKS sınır değerinin üzerinde tespit edilmiş olup bu iki metal türü tüm göllerde tespit edilen en olumsuz parametre olmuştur. Ayrıca, Cu (Acıgöl, Burdur, Karataş, Salda ve Yarışlı) ve As (Eber, Acıgöl, Burdur ve Yarışlı), Zn (Acıgöl ve Burdur) göllerinde MAK-ÇKS sınır değerinin üzerinde tespit edilmiştir.

Göller Bölgesi göllerinde ağır metal kirliliğine neden olan başlıca faktörler genel olarak evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, tarımsal alanlarda zirai ilaçların kullanımı şeklinde insan kaynaklı faktörler, göllerin bulunduğu topoğrafyanın yapısına bağlı olarak yer kabuğunun parçalanması, ufalanması ve suda çözünmesi gibi doğal yollarla oluşabilen etkileşimlerdir.

Çalışma yapılan göllerde ağır metal kirliliğine neden olan en önemli faktörler tatlı suya sahip Eğirdir, Kovada, Gölcük, Karamık, Akşehir, Eber, Karataş, Yazır, Göhlisar, Karakuyu sazlığı ve Gökgöl gölleri için tarımsal faaliyet kaynaklı ağır metal birikimi ilk sırada yer alırken evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları kaynaklı birikimin ikincil olarak bu gölleri etkilediği söylenebilir. Burdur, Yarışlı, Salda ve Acıgöl göllerinde ise başlıca doğal topoğrafik yapı kaynaklı ağır metal konsantrasyonları yanında yine tarımsal, endüstriyel ve evsel atıksu deşarjları kaynaklı ağır metal birikimi olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında tespit edilen en yüksek ağır metal birikiminin Burdur Havzası göllerinde, en düşük birikimin de Antalya Havzası göllerinde olduğu tespit edilmiştir.

Ağır metallerin değerlendirmesinde insan kaynaklı nedenlerden dolayı en fazla birikim yapan türler Akarçay Havzasında yer alan Eber gölünde, Cr ve As, Antalya havzasında bulunan Kovada gölünde Al ve Cr, Batı Akdeniz Havzasında bulunan Gölhisar Gölü'nde ve Büyük Menderes Havzasında bulunan Gökçöl Gölü ve Karakuyu Sazlığında Al, Burdur Havzası Gölleri için Cr, Zn, Al ve Cu olarak tespit edilmiştir. Akarçay ve Burdur havzalarının kapalı havza olmaları nedeniyle insan kaynaklı ağır metal birikiminin kontrol edilmesi yönünde ciddi tedbirler alınması önem arz etmektedir.

Doğal nedenlerden dolayı göllerde en çok rastlanan ağır metaller ise özellikle Burdur Havzasında yer alan göllerde tespit edilen As ve V'dir.

Ağır metallerin birikmesi, birbiri ile bağlantılı olan Eğirdir ve Kovada gölleri için de önemlidir. Eğirdir Gölü'nün mansabında yer alan Milli Park statüsündeki Kovada Gölü'nde Cr, Mn, Fe, Co, Al, As, Ti ve V konsantrasyonları Eğirdir Gölü'ne göre daha yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bu kapsamda etrafında yoğun tarımsal faaliyet yapılan Eğirdir Gölü ve iki göl arasında bulunan tarım arazileri için alınacak ağır metalleri önleyici tedbirler Kovada Gölü ve devamındaki su kaynakları için de faydalı olacaktır. Benzer bir durum Akarçay havzasında bulunan birbiri ile bağlantılı olan Eber ve Akşehir gölleri için de geçerlidir.

Ülkemizin su kaynakları açısından çok zengin olmadığını göz önünde bulundurarak, ağır metal kirliliğini kontrol etme maksatlı tüm su kaynaklarında uygulanabilecek genel bazı önlemler ise; atıksuların arıtılarak tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerde yeniden kullanımı, yeraltı sularının beslenmesi, dolaylı olarak yangın suyu, tuvaletlerde geri kazanım uygulamalarının yaygınlaştırılması şeklinde olmalıdır. Suları özellikle tarımsal sulama amaçlı kullanılan göllerimiz için; damla sulama ve yağmurlama gibi modern sulama tekniklerinin Göller Bölgesi genelinde yaygınlaştırılarak yüzeysel sulardan sulama suyu kullanma ihtiyacının en aza indirilmesi, bu göllere akan yüzeysel su kaynaklarının göllere daha fazla miktarda su ulaştırmasına imkân verecektir.

Teşekkür

Bu çalışmada veri temininde sağlamış olduğu kolaylıklardan dolayı DSİ 18. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Ahmed, F., Bibi, H. M., Monsur, H. M., Ishiga, H. (2005). Present environment and historic changes from the record of lake sediments, Dhaka City, Bangladesh. *Environ Geol*, 48, 25-36.
- An, Y. J. (2006). Assessment of comparative toxicities of lead and copper using plant assay. *Chemosphere*, 62, 1359-1365.
- Beyhan, M., Şahin, Ş., Keskin, M.E., Harman, B.İ. (2007). Burdur Gölü Uzun Periyotlu Seviye Değişiminin Su Kalitesi ve Ağır Metaller Üzerindeki Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11-2, s:173-179.
- Dereli Emine, M., Ertürk, A., ve Çakmakçı, M. (2017). Yüzeysel Sularda Ağır Metallerin Etkileri Ve Ötrofikasyon İle İlişkisi. *Türkiye Dil Bilimleri Dergisi*. 214-230 (2017)
- DSİ, (2017). DSİ 2. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarı. Ağır Metal Analizleri İçin Deney Talimatı (EPA 200.8 Metodu). 1-5.
- Ellis, K. V., White, G. Adn Warn, A. E. (1989). *Surface Water Pollution and Its Control* Antony Rome Ltd. Chippenham, Wiltshire.
- 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. *SDÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2014, 9 (2), 44-60.
- Kır İ., Tekin-Özan S, Tuncay Y. (2007). Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 24 (1-2), 155-158.
- Kishe, M. A., Machwa, J. F. (2003). Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. *Environ Int.*, 28, 619-625.

- Nadal, M.,Schuhmacher, M., Domingo, J. L., (2004). Metal pollution of soils and vegetation in an area withpetrochemical industry. *Sci Total Environ*, 321, 399-411.
- Ochieng, E. Z., Lalah, J. O., Wangdia, S. O. (2007). Analyses of heavy metals in Water and surface sediment in five Rift Valley Lakes in Kenya for assessment of recent increase in anthropogenic activities. *Bull. Environ Contam. Toxicol.* 79, 570-576.
- Sin, S. N., Chua, H., Lo, W., Ng, L. M., (2001). Assessment of heavy metal cations in

sediments of Shing Mun River, Hong Kong. *Environ Int*, 26, 297-301.

- SKKY, (2008). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği.13 Şubat 2008 Tarih ve 26786 sayılı Resmi Gazete. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- YSKY, (2016). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. 10 Ağustos 2016 Tarih ve 29797 sayılı Resmi Gazete. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.