

ŞANLIURFA BALIKLIGÖL SUYUNUN BAZI KİMYASAL PARAMETRELERİNİN MEVSİMLERE GÖRE DEĞİŞİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet DİŞLİ, Fatih AKKURT ve Ahmet ALICILAR

Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe 06570 Ankara,
fakkurt@gazi.edu.tr, alicilar@gazi.edu.tr

ÖZET

Su çeşitli faaliyetler sonucunda kirlenmekte, bu kirlilik suda yaşayan canlılar ve suyun kullanım amaçları açısından önem arz etmektedir. Doğal bir akvaryum ortamı olan Balıklıgöl'ün su kalitesi bazen çevresel etkiler sonucunda bozularak içerisinde yaşayan balıkların sağlığı yönünden zararlı olmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak Balıklıgöl'deki balıklarda zaman zaman ölümlere rastlanmaktadır. Bu çalışma ile Şanlıurfa Balıklıgöl sularının kalite yönüyle değerlendirilmesi amaçlandı. 2 ayda bir gölün giriş, orta ve çıkış kısımlarından numuneler alınarak birçok kimyasal parametre analiz edildi. Mevsimlere göre incelenen söz konusu kirlilik parametrelerinin standartlara uygun olduğu görüldü. Daha önce gerçekleştirilen fiziksel analizlerin ışığında çalışmaların bakteriyolojik alanda yoğunlaştırılması gereği vurgulandı.

Anahtar Kelimeler: Su kirliliği, Balıklıgöl, su kalitesi, kimyasal kirlilik

EVALUATION ON WATER OF ŞANLIURFA BALIKLIGÖL CONCERNING CHEMICAL PARAMETERS

ABSTRACT

Water may be polluted with several activities and this pollution is important especially for water-born creatures and use of water. The Balıklıgöl in Şanlıurfa is a natural aquarium. Its water quality is deteriorated by circumferential factors, which could damage the health of fishes in the water. As a result, fish deaths have been encountered from time to time in this lake. In this study, it was aimed to evaluate the water quality of Şanlıurfa Balıklıgöl. Samples were collected from entrance, middle and exit of the lake for two months intervals and various chemical parameters were analyzed. They were compared to the standard values and it was observed that they confirm well with standards. In the light of our previous physical analysis, it was concluded that the studies have to concentrate on bacteriological point of view.

Keywords: Water pollution, Balıklıgöl, water quality, chemical pollution.

1. GİRİŞ

Sularda bulunabilecek her türlü madde belirli bir derişimin üzerinde sağlık için zararlıdır. Ancak bunlardan bir kısmı için bu sınır derişim oldukça yüksektir (örneğin sülfat iyonları için 300 g/m^3). Zehirli maddeler ise suda çok küçük derişimlerde bulunmaları halinde bile (örneğin $1,0 \text{ g/m}^3$) insan sağlığına zarar vererek hastalıklara ve hatta ölümlere neden olabilirler. Eser miktarda bile sakıncalı olabilen bu maddeler arasında en önemli grubu "ağır metaller" diye adlandırılan Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se ve Zn gibi elementler oluşturur [1].

Bu tarzdaki su kirliliği açısından önemli parametreler birçok araştırmaya konu olmuştur. Srinivasan ve Viraraghavan [2], Pepe ve arkadaşları [3] ve Öztürk [4]'ün çalışmaları literatürde bu çalışmalara örnek olarak verilebilir. Şanlıurfa Balıklıgöl suları ile ilgili olarak ise Ünlü [5], Çetin [6] ve Taş [7] tarafından yapılan araştırmalar literatürde yer almaktadır. Dişli ve arkadaşlarının son yıllarda yaptıkları çalışmada [8] ise Şanlıurfa Balıklıgöl sularının kalitesi fiziksel parametreler yönüyle değerlendirilmiştir.

Balıklıgöl üzerine literatürde yapılan çalışma sayısı sınırlı olmakla beraber başka göl suları için benzer

tarzda yapılan çalışma sayısı fazladır. Bu kapsamdaki son yıl çalışmalarının bazıları aşağıda verilmiştir.

Lahr ve arkadaşları [9] Hollanda göl sularında araştırma yapmışlar; sediment ve askıdaki maddelerdeki toksikliğini çeşitli kimyasal analizlerle belirlemeye çalışmışlardır. Guzzella ve arkadaşları [10] tarafından gerçekleştirilen çalışmada göl sularından toksik ve mutajenik organik mikrokirleticilerden giderilmesi amaçlanmıştır. Tokaloğlu ve Kartal [11] yaptıkları çalışmada Kayseri yakınlarındaki Sultansazlı göl suyunu değerlendirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Birbir ve arkadaşları [12] Türkiye'nin en önemli tuz kaynağı olan Şereflikoçhisar gölünü incelemişler; kimyasal analizlerle tuz gölü suyunun içeriğini belirlemişlerdir. Balıklıgöl, Şanlıurfa şehir merkezinin güneybatısında ve yerleşim alanı içerisinde yer alan 18×152 m² kesitli ve derinliği 1-3 m arasında değişen bir göldür. Bu göl, tabandan kaynayan su ile beslenmektedir. Göl suyunun fazlası, kanallar yoluyla Karakoyun deresine akmakta; Karakoyun deresi ise Culap deresi ile birleşerek Fırat nehrine katılmaktadır.

Göl, yerleşim birimleri arasında yer almakta ve dinlenme alanı olarak hizmet vermektedir. Gölün hukuki sorumluluğu Şanlıurfa Belediyesi'ne ait olup bakımı Çevre Düzenleme Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Göl suları doğrudan alıcı ortam durumunda olmamakla birlikte, bulunduğu çevre ve zaman zaman gözlenen balık ölümleri dikkate alındığında kirlenmeye açık olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada Şanlıurfa Balıklıgöl suları kimyasal kalite yönüyle değerlendirildi. Bu amaçla periyodik olarak gölün değişik kısımlarından alınan su numunelerinin analizi yapıldı ve standartlarla karşılaştırıldı. Sonuçta göl sularının fiziksel ve kimyasal parametreler yönüyle standartlara uygunluk sağladığı; balık ölümlerinin açıklanabilmesi için çalışmaların bakteriyolojik alanda yoğunlaştırılması gerektiği vurgulandı.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2001 yılı boyunca iki ay aralıklarla Balıklıgöl'ün giriş, orta ve çıkış bölümlerinden su numuneleri alındı. Giriş numunesi kaynak suyun biriktirildiği depodan, orta bölümün numunesi gölün tam ortasından ve 15 cm derinlikten, çıkış numunesi ise göl suyunun deşarj edildiği kanaldan anlık numune olarak alındı. Sıcaklık ve pH gibi parametreler yerinde tayin edildi. Diğer analizler için alınan numuneler, tam dolduracak ve hava ile teması kesilecek şekilde plastik kaplara aktarıldı ve analizi hemen gerçekleştirmek üzere laboratuvara gönderildi [13]. Analizler Şanlıurfa DSİ 15. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarlarında yapıldı. Ölçüm teknikleri Tablo 1'de görülmektedir. Tekniklerle ilgili detaylar Günay ve arkadaşlarının yayınından bulunabilir [14]. Bütün

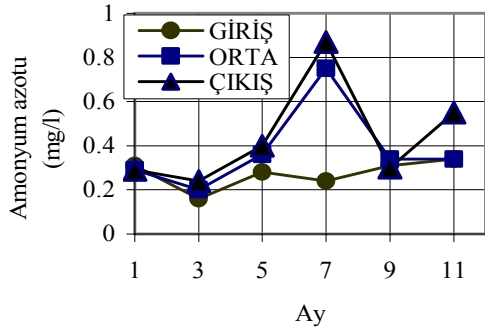
Tablo 1. Ölçüm teknikleri

Parametre	Yöntem
pH	pH metre
Klorür, mg/l	Spektrofotometre (Gümüş Nitrat)
Amonyak azotu, mg/l	Spektrofotometre (Nessler)
Nitrat azotu, mg/l	Spektrofotometre (Brusin Sülfat)
Toplam alkalinite (CaCO ₃), mg/l	Asit titrasyonu
Çözünmüş oksijen, mg/l	İyodimetrik titrasyon
Permanganat sarfıyatı, mg/l	Titrasyon
Ortofosfat, mg/l	Kalay klorür
Toplam çözünmüş katılar, mg/l	Buharlaştırma
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, mg/l	İyodimetrik titrasyon
Sülfat, mg/l	Kolorimetre
Sodyum, mg/l	Alevfotometre
Potasyum, mg/l	Alevfotometre
Toplam sertlik, mg/l	EDTA Titrasyon
Kalsiyum, mg/l	EDTA Titrasyon
Magnezyum, mg/l	EDTA Titrasyon
Florür, mg/l	Spektrofotometre (Alizarin kırmızısı)

ölçümler üç farklı ölçümün ortalaması olarak verilmiştir.

3. SONUÇLARIN KATYONLAR YÖNÜYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

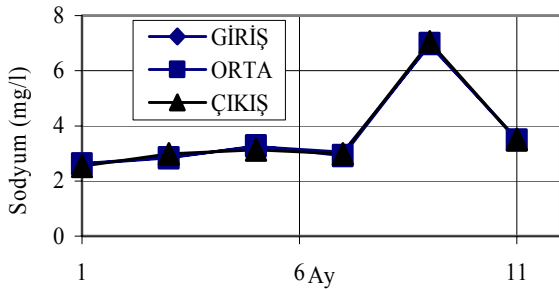
Amonyum iyonu, suda yaşayan organizmalar için önemli ölçüde toksik (zehirleyici) değildir. Kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltması ve boğucu etkisi nedeniyle balıklar yüksek amonyak derişimini tolere edemezler. Amonyakın toksik etkisi oksijen eksikliği, sıcaklık artışı ve diğer toksik maddelerin bulunması ile daha da artar. Bu nedenle balık yaşayan sularda amonyak için tolerans sınırı 0,10 mg/l'dir. Şekil 1'de amonyum azotu konsantrasyonunun aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre en düşük amonyum azotu miktarı Mart ayında gölün giriş kısmında 0,2 mg/l, en yüksek miktarı ise Temmuz ayında gölün çıkış kısmında 0,87 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen amonyum azotu miktarı kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri temel alınarak değerlendirildiğinde I. veya II. Sınıf kalite su olarak nitelendirilebilir [15]. İçme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde Avrupa Topluluğu'na (AT) uygun bir değer aralığındadır. Grafikten görüldüğü gibi amonyum azotu Ocak ayında giriş, orta ve çıkış kısımlarında eşit iken, Temmuz ayında giriş ve çıkış arası fark maksimum boyuta erişmektedir. Bu sonuç sıcak aylarda göldeki oksijen yetersizliğinin ve bu yetersizlikle oluşan indirgen ortamda NO₃⁻ azotunun NH₄⁺ azotuna dönüştüğünün göstergesi olarak kabul edilebilir. Oksijen yetersizliği ise sıcak aylarda



Şekil 1. Amonyum azotunun zamana göre değişimi

hızlanan kimyasal aktiviteye bağlı olarak oksijen tüketiminin artması, buna karşılık sıcaklık artışına bağlı olarak göl suyundaki oksijen çözünürlüğünün azalması şeklinde açıklanabilir.

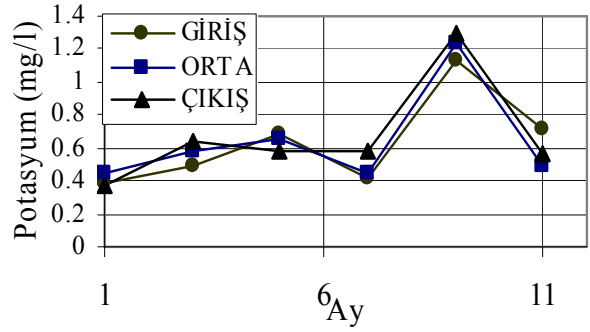
Sodyum pek çok sularda rastlanan bir elementtir. 1-500 mg/l arasında değişir. Daha yüksek miktarları, tuzlu atıklarda ve yumuşatıcıdan çıkmış sularda görülür. Sodyumun toplam katyonlara oranı patolojik ve tarımsal açıdan da önemlidir. Birinci kalite bir suda 125 mg/l'den fazla sodyum bulunmaması gerekir. Sodyum içeriği yüksek sularla sulama yapıldığında sodyum, kalsiyum ve magnezyumla yer değiştirerek toprağın yapısını ve geçirirliğini olumsuz yönde etkiler ve alkali toprakların oluşmasına yol açar.



Şekil 2. Sodyum miktarının zamana göre değişimi

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) sulama suyu sınıflamasında kullanılan önemli bir parametredir. Şekil 2'de sodyum miktarının aylara göre değişimi belirtilmiştir. Buna göre; en düşük sodyum miktarı Ocak ayında gölün çıkış kısmında 2,54 mg/l, en yüksek sodyum miktarı Eylül ayında çıkış kısmında 7,04 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen sodyum miktarı I. Sınıf su kalite değeri olan 125 mg/l'nin altındadır [15]. AT ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından tavsiye edilen değerden daha düşük olduğu görülür. Özellikle Eylül ayında sudaki sodyum seviyesinde artış gözlenmektedir.

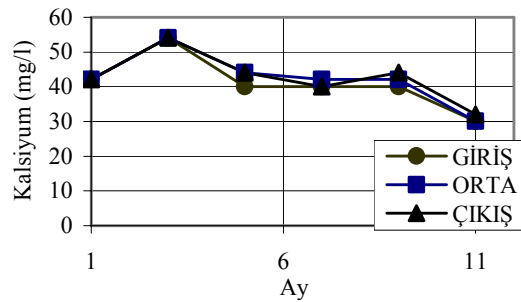
Potasyum miktarı da sodyuma benzer tarzda değerlendirilebilecek bir kirlilik parametresidir. Şekil 3'te potasyum miktarının aylara göre değişimi sunulmuştur. En düşük miktar Ocak ayında gölün çıkış kısmında 0,37 mg/l, en yüksek potasyum miktarı ise Eylül ayında çıkış kısmında 1,3 mg/l olarak belirlenmiştir. Ölçülen potasyum miktarı AT tavsiye



Şekil 3. Potasyum miktarının zamana göre değişimi

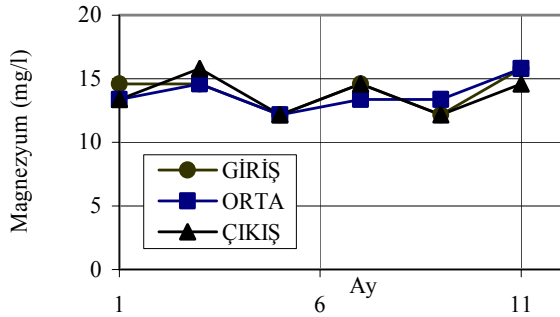
değerlerinin altındadır. Burada sodyumdakinden farklı olarak giriş, orta ve çıkış değerlerinin farklı olduğu düşünülebilir. Ancak düşey eksen değerlerine baktırsa, bu farklılıkların en fazla 0,1 mertebesinde olduğu, dolayısıyla yaklaşık eşit alınabileceği görülür. Bu şartlarda potasyum kirliliği için de, bir önceki bölümde sodyum için yapılan yorumlara benzer bir yorum söz konusudur.

Genellikle sudaki kalsiyum iyonu kaynağı karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleridir. Bu nedenle sularda çok değişik konsantrasyonlarda kalsiyum bulunabilir. Kalsiyum miktarının aylara göre değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre en düşük kalsiyum miktarı Kasım ayında gölün giriş ve orta kısmında 30,06 mg/l, en yüksek derişim ise Mart ayında yine giriş ve orta kısımlarda 54,10 mg/l olarak ölçülmüştür. Grafikten görüldüğü gibi 5. aydan itibaren gölün giriş, orta ve çıkış konumlarındaki değerler farklı boyuttadır ve değişken etkiler söz konusudur. Bu farklılık göl dışından göle kirlilik transferi, mevcut kalsiyumun bazı anyonlarla çözünmeyen bileşikler oluşturarak çökmesi gibi zıt etkilerle açıklanabilir.



Şekil 4. Kalsiyum miktarının zamana göre değişimi

Magnezyum ve kalsiyum sularda sertliği oluşturan ana iyonlardır. Yüksek derişimleri suyun içme, endüstri veya sulama suyu olarak kullanımını kısıtlamaktadır. Magnezyum miktarının aylara göre değişimi Şekil 5'de görülmektedir. Buna göre; en düşük magnezyum miktarı Mayıs ayında gölün giriş ve orta kısmında 12,16 mg/l olarak belirlenmiştir. En yüksek magnezyum miktarı da Kasım ayında giriş ve orta kısımda 15,80 mg/l olarak ölçülmüştür. Grafikten görüldüğü gibi burada da konuma ve döneme bağlı olarak karmaşık etki söz konusudur. Dolayısıyla bir

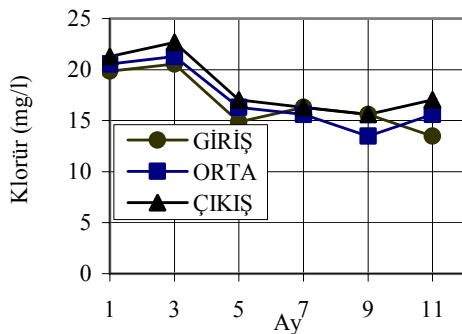


Şekil 5. Magnezyum miktarının zamana göre değişimi

önceki bölümde kalsiyum için yapılan açıklama burada da geçerlidir denilebilir.

4. SONUÇLARIN ANYONLAR YÖNÜYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

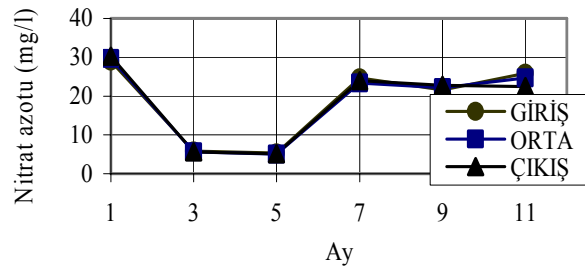
Sulardaki klorür iyonu, hidrolojik çevrim sırasında iyi korunabilen iyonlardandır. Bu nedenle iyi bir izleyici olarak bilinir. Zamanla artan klorür derişimleri suların endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmesine işaret eder. İçme sularında tat için sınır klorür derişimi sudaki diğer iyonlara bağlı olarak 200-300 mg/l arasında değişir. Şekil 6'da klorür konsantrasyonunun aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre; en düşük klorür konsantrasyonu Eylül ayında gölün orta kısmında 13,47 mg/l, en yüksek klorür konsantrasyonu Mart ayında gölün çıkış kısmında 22,68 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen klorür değerleri kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri temel alınarak değerlendirildiğinde göl suyunun I. sınıf su kalitesi değerlerini rahatlıkla sağladığı görülmüştür [15]. Avrupa Topluluğu (AT), Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ve Türk Standartları'nda (TS) tavsiye edilen minimum değerler çok altındadır. Grafikten görüldüğü üzere çıkıştaki klorür konsantrasyonları, genellikle giriş ve orta kısım değerlerinden daha yüksektir. Bu durum gölün dış etkenler sonucu klorür kirliliğine maruz kaldığını gösterir.



Şekil 6. Klorür miktarının zamana göre değişimi

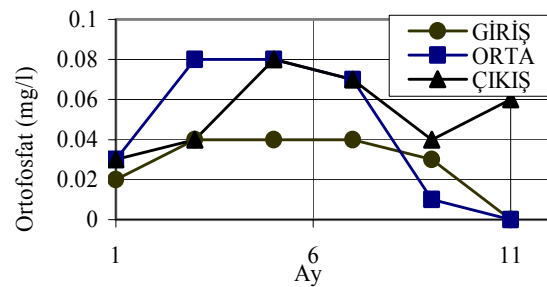
Nitrat azotu, azotun en son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotunun kendisi fizyolojik bakımdan zararlı olmamakla beraber nitrite dönüştüğünde çok tehlikeli olur. Nitratın insan sağlığı üzerine etkileri göz önünde tutulduğunda WHO içme suyu standartlarında nitrat

azotu derişiminin 50 mg/l'den az olması istenmiştir. Şekil 7'de Nitrat azotu konsantrasyonunun aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre en düşük nitrat azotu derişimi Mayıs ayında gölün orta kısmında 5 mg/l, en yüksek derişim ise Ocak ayında gölün çıkış kısmında 30,25 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen nitrat azotu değerleri, değerlendirildiğinde göl suyu bazen I., bazen IV. sınıf su kalitesi niteliğindedir [15]. AT, WHO, ve TS'da verilen standart değerlere uygun olduğu görülür. En yüksek NO_3^- değerleri ocak ayında gözlenmiştir. Bu sonuç oksijen bolluğu şeklinde düşünülebilir ve yükseltgen ortamın etkisiyle NO_3^- oluşumu en üst düzeydedir denilebilir. Temmuz ayındaki yüksek değerleri de bu tarzda açıklamak mümkün değildir. Çünkü bu aylarda hem NH_4^+ azotu (Şekil 1'e bakınız), hem de NO_3^- azotu yüksek miktardadır. Her iki iyonun da yüksek konsantrasyonda bulunması, göl dışından göle sürüklenen azot kirliliğine işaretir. Bu bakımdan bu tarzdaki yüksek ikili sonuçlar yorumlanırken, ortamın yükseltgeyici veya indirgeyici etkilerinin yanı sıra, gölde oluşan veya gölün maruz kaldığı dış kirlilikler de dikkate alınmalıdır.



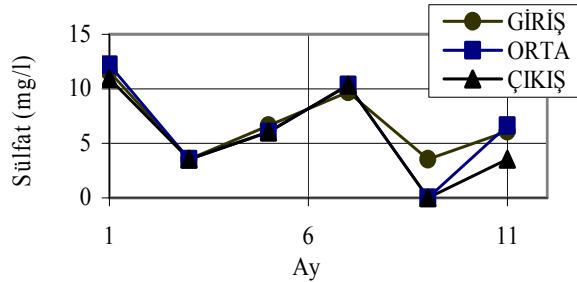
Şekil 7. Nitrat azotu konsantrasyonunun zamana göre değişimi

Fosfor, su ortamlarında çok yönlü ve karmaşık kimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biridir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Ortofosfatlar pek çok bitki ve mikroorganizma tarafından kullanılabilen tek fosfat bileşikleridir. Şekil 8'de ortofosfat değerinin aylara göre değişimi bulunmaktadır. Buna göre ölçülen en düşük ortofosfat miktarı Kasım ayında gölün giriş ve orta kısmında 0 mg/l olarak ölçülmüştür. En yüksek ortofosfat miktarı ise Mart ve Mayıs aylarında gölün orta ve çıkış kısmında 0,08 mg/l olarak ölçülmüştür. Grafikten de görüldüğü gibi gölün farklı kısımlarındaki fosfat miktarları değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla



Şekil 8. Ortofosfat miktarının zamana göre değişimi

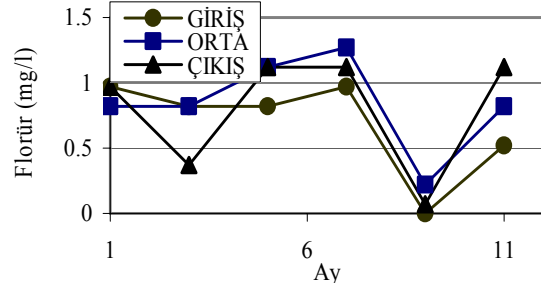
göldeki fosfat dengesi üzerinde farklı etkilerin olduğu, genel bir çerçevenin çizilemeyeceği söylenebilir. Kükürt indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve kayalarda yaygın olarak bulunur. Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçer. Kükürt bitki ve hayvan yaşamı ile ilgili süreçlerde önemli rol oynar. Şekil 9'da sülfat konsantrasyonunun aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre; en düşük sülfat miktarı Eylül ayında gölün orta ve çıkış kısmında yok denecek boyutta, en yüksek sülfat miktarı ise Ocak ayında gölün orta kısmında 12,18 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen sülfat miktarı göl suyunun I. ve II. Sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir [15]. Ayrıca bu parametre yönüyle AT, WHO ve TS değerlerine uygun büyüklükte gözlemlendiği söylenebilir. Grafikten görüldüğü gibi yılın ilk bölümünde gölün giriş, orta ve çıkış kısımlarında ölçülen kısımlar yaklaşık eşittir. Yani bu zaman zarfında göl giriş suyunun dışındaki faktörlerden kaynaklanan bir sülfat kirliliği görünmemektedir. Ancak Eylül ve Kasım ayında gölün girişinde yüksek seviyede bulunmasına rağmen göl çıkışında düşük seviyede gözlenen ve büyük farklılığa sebep olan diğer sonuçları, mikrobiyolojik etkilerle sülfat giderimi veya birtakım kationların etkisiyle çözünmeyen sülfat bileşiklerinin oluşumu tarzında yorumlamak mümkündür.



Şekil 9. Sülfat konsantrasyonunun zamana göre değişimi

Kirlenmiş doğal sularda florür çoğunlukla 10 mg/l'den düşük derişimlerde bulunur. Yüzeysel sularda florür derişimi bölgenin iklimine bağlı olarak ta değişir. Yağışlı bölgelerde 10 mg/l'den düşük florür derişimleri görülürken, yarı kurak ve kurak bölgelerde derişim birkaç yüz mg/l düzeyine ulaşabilir. Sulardaki florür iyonu, hidrolojik çevrim sırasında iyi korunabilen iyonlardanır, bu nedenle iyi bir izleyici olarak bilinir. Sularda zamanla artan florür derişimleri kıyı akiferlerinde deniz suyu girişimine veya yüzey ve yeraltı sularının endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmesine işaret eder. Periyodik florür analizleri sulardaki kirlenmenin gözlemlenmesinde kullanılabilir. Yüksek florür içeren suların, içme sularındaki tat derişimine olumsuz etkisi vardır. Florür derişimi sucul hayatı etkileyebilir [16]. Yüksek miktardaki florür, kalsiyum ve magnezyumun da bulunması durumunda suyun korozyon etkisini artırır. Şekil 10'da florür miktarının aylara göre değişimi

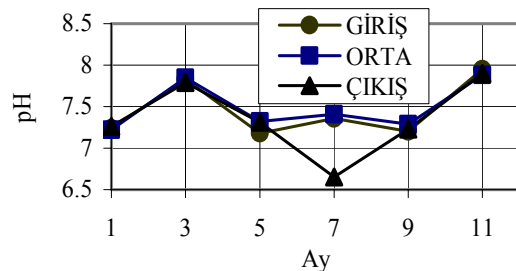
verilmiştir. Buna göre; en düşük değer Eylül ayında gölün giriş noktasında 0 mg/l, en yüksek değer ise Temmuz ayında orta kısımda 1,27 mg/l olarak tespit edilmiştir. Ölçülen florür derişimleri incelendiğinde I. Sınıf su kalitesi değerinden çok daha iyi bir değerde olduğu görülür. Buradaki karmaşık etki de önceki bölümlere benzer şekilde açıklanabilir.



Şekil 10. Florür miktarının zamana göre değişimi

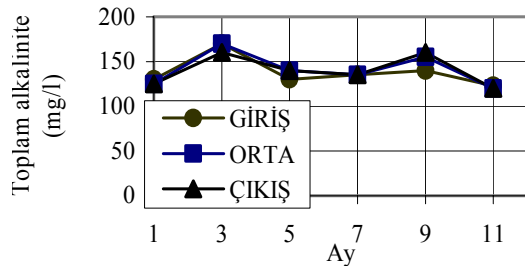
5. SONUÇLARIN DİĞER KİMYASAL PARAMETRELER YÖNÜYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

pH sudaki hidronyum iyonunun bir ölçüsüdür ve sudaki asit-baz arasındaki dengeyi gösterir. Sudaki karbonat, hidroksit bikarbonat iyonları suyun bazikliğini; serbest mineral asitler ve karbonik asit ise suyun asitliğini artırır. Yüksek pH değeri içme sularında hafif koku oluşturur. Suların renk yoğunluğu pH'nın yükselmesi ile artar. Suyun mikrobiyolojik entegrasyonu pH'a bağlıdır. Bu da klorla dezenfeksiyon işleminin etkinliğini değiştirir. Suların pH'ı ortamdaki maddelerin bileşimini, besi maddelerinin varlığını ve eser elementlerin göreceli zehirliliklerini etkiler. Ölçülen pH değerlerine bakılırsa (Şekil 11) Temmuz ayı hariç diğer aylarda giriş, orta ve çıkış kısımlarında ölçülen pH'ların yaklaşık birbirine eşit olduğu görülecektir. Temmuz ayında göl çıkışındaki pH, diğer ikisine kıyasla oldukça küçük değerdedir. Göl giriş ve orta kısmındaki değerlerin büyük olması, çıkış kısmında ani bir etki sonucu düşme gösterdiği şeklinde yorumlanabilir. Gölün tamamını etkileyen kalıcı bir etki söz konusu olsa idi diğer aylarda olduğu gibi üç değerlerin veya en azından orta ve çıkış değerlerinin yaklaşık eşit olması beklenirdi. Ölçülen pH değerlerinin WHO (Dünya Sağlık Örgütü), AT (Avrupa Topluluğu) ve TS (Türk Standartları)'de belirtilen tavsiye değerlere uygun olduğu görülür.



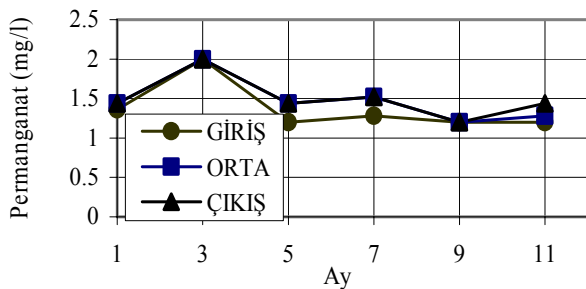
Şekil 11. pH değerinin zamana göre değişimi

Alkalinite; karbonat, bikarbonat veya hidroksit içeriğinin yanı sıra borat, fosfat gibi diğer bazların da bir göstergesidir [17]. Doğal suların alkalinitesi nadir olarak 500 mg/l' yi aşar. Yüksek alkaliniteye sahip sular, sertliklerinin yüksek olması nedeniyle içme suyu olarak istenmez. 30-500 mg CaCO₃/l aralığındaki alkalinite değerleri genellikle kabul edilmektedir. Sucul hayatın korunması için alkalinite ani değişimler göstermeden doğal düzeyini korumalıdır. Şekil 12'de toplam alkalinite değerinin aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre; en yüksek toplam alkalinite değeri Mart ayında gölün orta kısmında 170 mg CaCO₃/l, en düşük toplam alkalinite miktarı ise Kasım ayında gölün çıkış kısmında 120 mg CaCO₃/l olarak ölçülmüştür. Grafikten görüldüğü gibi gölün giriş, orta ve çıkış kısımlarındaki alkalinite değerleri, değişik aylarda değişik boyutlarda seyretmekte ve karmaşık bir tablo oluşturmaktadır. Dolayısıyla alkalinite üzerine farklı etkiler söz konusudur denilebilir. Bu etkiler yağmur, göl suyuna dış karışmalar, göl içinde katı madde çökmesi vb. şeklinde verilebilir.



Şekil 12. Toplam alkalinite değerinin zamana göre değişimi

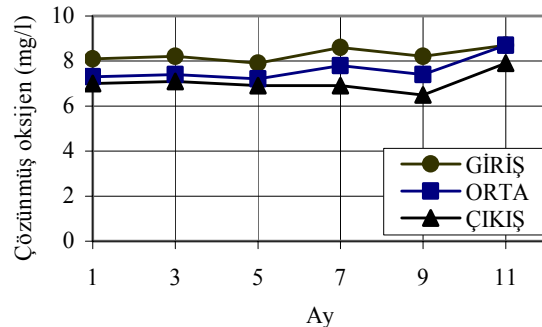
Sularda bulunan organik maddelerin parçalanması sırasında oksijen harcanmaktadır. Harcanan oksijenin yeniden kazanılması yüzey sularında oldukça yavaştır. Sularda bulunan organik maddeler renk oluşumu, tat ve koku problemleri, oksijen miktarının azalması, suların arıtılması işlemlerinde girişim, suları klorlama sırasında oluşturdukları klorlu bileşikler gibi bazı problemler ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle organik maddelerin oksidasyonu için gereken oksijen miktarının bilinmesi önemlidir. Permanganat sarfiyatı sularda mevcut organik madde miktarının ve gerekli oksijen miktarının bir ölçüsüdür. Şekil 13'te permanganat (organik madde eşdeğeri) sarfiyatının



Şekil 13. Permanganat sarfiyatının zamana göre değişimi

aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre, ölçülen en düşük organik madde miktarı Kasım ayında gölün giriş kısmında 1,2 mg/l, en yüksek organik madde miktarı ise Mart ayında her 3 kısımda 2 mg/l olarak ölçülmüştür. Grafikten görüldüğü gibi giriş için permanganat sarfiyatı genellikle orta ve çıkış kısımlarından daha düşüktür. Bu sonuç organik madde birikiminin göl girişinden değil giriş sonrası etkilerden kaynaklandığını ve bu etkiler sonucunda gerekli oksijen miktarının arttığını gösterir.

Çözünmüş oksijenin suda varlığı, sucul hayatın devamı ve suyun estetik kalitesi açısından temel öneme sahiptir. Bu önemden dolayı, oksijen en çok kullanılan su kalitesi parametresidir. Kirleticilerin gölün oksijeni üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi su kalitesi yönetimi planının geliştirilmesinde temel faktördür. Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı; sıcaklık, tuzluluk, sudaki karışıma ve atmosferik basınç gibi fiziksel şartlara bağlı olarak değişir. Sıcaklık, tuzluluk arttıkça suda çözünen oksijen azalır. Sudaki çözünmüş, süspansiyon ve çökelmiş haldeki organik maddelerin kullanıldığı reaksiyonlarla çözünmüş oksijen miktarı azalır. İçme sularında, çözünmüş oksijen doygunluk derişiminin %80'den aşağıya düşmesi suda tat, koku ve renk problemleri meydana getirir. Dolayısıyla içme suyunun oksijene doymuş olması tercih edilir. Balıkların ve diğer sucul canlıların yaşayabilmesi için suda yeterli miktarda çözünmüş oksijenin bulunması gerekmektedir. Birçok aerobik canlı, belli bir oksijen düzeyinin altında yaşayamamaktadır. Gerekli oksijen miktarı, sıcaklık ve canlı cinslerine göre değişim gösterir. Oksijen miktarının aşırı düşük derişimlere doğru dalgalanma göstermesi sudaki canlılara zararlıdır. Minimum kabul edilebilir oksijen miktarlarını belirtmek uygun olmamakla birlikte 4 mg/l' den düşük derişimlerin sudaki canlılar üzerinde tahripkar etki yaptığı söylenebilir. Şekil 14'te çözünmüş oksijen değerinin aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre; en düşük çözünmüş oksijen değeri Eylül ayında gölün çıkış kısmında 6,5 mg/l, en yüksek çözünmüş oksijen değeri Kasım ayında gölün giriş ve orta kısmında 8,7 olarak ölçülmüştür. Ölçülen çözünmüş oksijen değeri kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri temel alınarak değerlendirildiğinde I. sınıf veya II. sınıf su kalitesi niteliğine uygun olduğu kabul

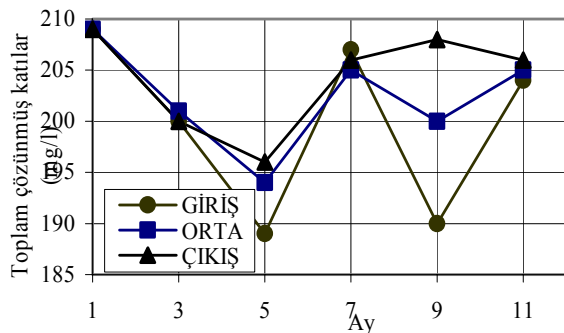


Şekil 14. Çözünmüş oksijen miktarının zamana göre değişimi

edilebilir [14]. Grafikten görüldüğü gibi çözülmüş oksijen miktarları; göl girişine kıyasla orta kısımda, göl ortasına kıyasla çıkış kısmında daha düşüktür. Aslında hava ile yakın temasta olma özelliği dikkate alırsa bu sonucun tersi bir sonuç beklenebilirdi. Ancak atmosferik oksijene en yakın olmasına rağmen, çözülmüş oksijenin çıkışta en düşük olması göldeki büyük oksijen tüketimine işaretler. Grafikten de anlaşılacağı üzere giriş ve çıkış arası çözülmüş oksijen farkı sıcak aylarda daha büyük boyuttadır. Bu sonuç daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi sıcak aylarda gaz çözünürlüğünün azalmasının ve reaksiyon hızlarının artmasının doğal bir sonucu olarak görülebilir.

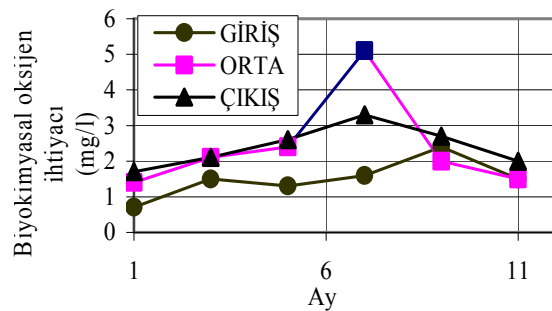
Toplam çözülmüş katılar doğal kaynaklardan evsel ve endüstriyel atık sularından ve tarımsal alanlardan kaynaklanır. Toplam çözülmüş katı madde miktarına katkıda bulunan başlıca iyonlar karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum vb.dir. Ayrıca silt, kil, organik yapıdaki küçük partiküller, inorganik maddeler, çözünebilir organik bileşikler, planktonlar ve diğer mikroskobik organizmalar toplam çözülmüş katıları oluştururlar. Toplam çözülmüş katı madde miktarı içme sularının tat, sertlik, korozyon gibi özelliklerini etkiler. Şekil 15'de toplam çözülmüş katı madde miktarının aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre ölçülen en düşük toplam çözülmüş madde miktarı Mayıs ayında gölün giriş kısmında 189 mg/l, en yüksek katı miktarı ise Ocak ayında gölün giriş, orta ve çıkış kısımlarında 209 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen toplam çözülmüş madde miktarı I. Sınıf su kalitesine uygundur [15]. TS'de 500 mg/l'lik değerin altında olduğu görülür. Grafikten de gözlemlendiği gibi çözülmüş madde miktarı bazı aylarda gölün farklı kısımlarında eşit iken, Mayıs ve Eylül gibi bazı aylarda farklı değerlerdedir. Özellikle Eylül ayında göl girişi ve çıkışı arasında çözülmüş madde miktarı açısından büyük fark bulunmaktadır. Bu sonuç, göl dışından göle büyük miktarda kirletici unsurun sürüklendiğini göstermektedir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) yapının bozulan inorganik bileşenlerine ayrılması ve nitrifikasyon basamağı (azot içeren organik bileşenler nitrit ve nitrat formunu oluştururken oluşan amonyumun



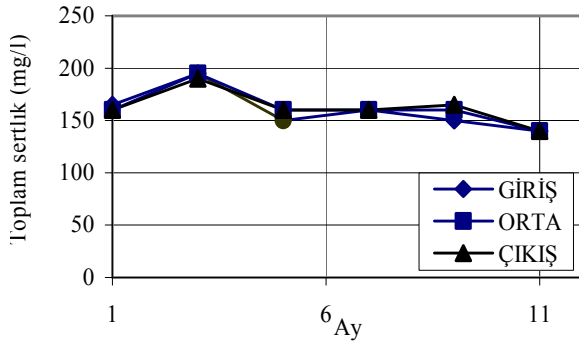
Şekil 15. Toplam çözülmüş katı miktarının zamana göre değişimi

oksitlenmesi) olmak üzere iki basamakta ele alınabilir. BOİ analizlerinde istenilen basamak birinci basamaktır. Organik maddelerin tam oksidasyonu için oksijen ihtiyacının %98'ini optimum şartlar altında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), %70'ini (BOİ), %25'ini potasyum permanganat ile oksitlenebilirlik testleri verir. BOİ'nin büyüklüğü organik maddelerin yüksek konsantrasyonu, inkübasyon süresi, sıcaklık, ışık etkisi, toksik etkilere sahip maddeler gibi birçok faktörden etkilenir. Birinci kalite bir suyun BOİ değeri en fazla 4 mg/l olmalıdır. Düşük BOİ değerleri suyun temiz olduğunu ve mikroorganizmaların suda organik maddeyi kullanmadığını ifade eder. Yüksek BOİ konsantrasyonları sudaki doymuş oksijen değerlerinin anaerobik koşullar oluşuncaya kadar düşmesi durumunda tehlikeli olmaktadır. BOİ değerleri genellikle KOİ değerlerinden düşüktür. Kirletilmemiş suların BOİ değeri genellikle 2 mg/l ve daha altındadır. Kirletilmiş sulara ise 10 mg/l'ye kadar, hatta kirletici kaynağı çıkış BOİ'sine yakın değerlere kadar ulaşabilir. Şekil 16'da BOİ değerinin aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre, ölçülen en düşük BOİ değeri Ocak ayında gölün giriş kısmında 0,7 mg/l, en yüksek BOİ değeri Temmuz ayında orta kısımda 5,1 mg/l olarak ölçülmüştür. Ölçülen biyokimyasal oksijen ihtiyacı maksimum değer hariç I. sınıf su kalitesine yakındır [15]. Grafikten görüldüğü gibi giriş kısmındaki değerler, hemen hemen orta ve çıkış kısmı değerlerinden daha düşüktür. Bu sonuç giriş suyundan kaynaklanmayan, göl içi veya göl dışı unsurların sebep olduğu kirlenmeye işaret sayılabilir. Temmuz ayında göl ortası oksijen ihtiyacında büyük artış gözlenmiştir. Bunun izahı, çözülmüş oksijen kısmında yapıldığı gibi yapılabilir. Yani artan sıcaklıkla oksijen çözünürlüğünün azalmasına ve/veya reaksiyon hızlarındaki artışa bağlanabilir.



Şekil 16. BOİ Değerinin zamana göre değişimi

Sularda karbonat ve bikarbonatların oluşturduğu sertlik karbonat sertliği, bunun dışındakiler ise karbonat olmayan sertlik olarak adlandırılır. Sularda sertlik suyun evsel ve endüstriyel kullanıma uygunluğunun belirlenmesi için önemlidir. Şekil 17'de toplam sertlik değerinin aylara göre değişimi verilmiştir. Buna göre en düşük miktar Kasım ayında giriş, orta ve çıkış kısmında 140 mgCaCO₃/l olarak ölçülmüştür. En yüksek sertlik değeri ise 195 mg/l olarak tespit edilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere



Şekil 17. Toplam sertliğin zamana göre değişimi

gölün farklı kısımlarındaki sertlik değerleri genellikle birbirine yakın değerdedir. Sadece Mayıs ve Eylül ayı giriş değerleri diğer ikisine kıyasla kısmen küçüktür. Bu farklılık, söz konusu dönemlerde göl dışından göl içine kirlilik transferine işaretler. WHO tarafından tavsiye edilen değer 10 Fr° (Fransız sertlik derecesi) olarak verilmiştir. TS’de ise tavsiye edilen maksimum değer maksimum 10 Fr°’dir. 1 Fr° = 10 mg/l CaCO₃ olarak standartlarda kabul edilmiştir. Buna göre ölçtüğümüz değer yaklaşık 15 ile 20 Fr° arasında değişmektedir. Bu da suyun orta sertlikte veya sert olarak kabul edilebilirliğini gösterir.

6. YORUM

2001 yılı boyunca iki ay aralıklarla gölün üç farklı konumundan alınarak gerçekleştirilen kimyasal su analiz sonuçlarının ve daha önce gerçekleştirilen fiziksel analiz çalışmasının [8] ışığında şu söylenebilir ki: Şanlıurfa Balıklıgöl suları fiziksel ve kimyasal parametreler yönüyle standartlara uygunluk sağlamaktadır. Balık ölümlerinin açıklanabilmesi için çalışmaların bakteriyolojik alanda yoğunlaştırılarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Eckenfelder, W.W., **Industrial Water Pollution Control**, McGraw-Hill, Singapore, 2000.
2. Srinivasan, P.T. ve Viraraghavan T., “Characterization and Concentration Profile of Aluminium During Drinking-Water Treatment”, **Water SA**, Cilt 28, No 1, 99-106, 2002.
3. Pepe, M., Giardino, C., Borsani, G., Cardoso, A.C., Chiaudani, G., Premazzi, G., Rodari, E. ve Zilioli E., “Relationship Between Apparent Optical Properties and Photosynthetic Pigments in The Sub-Alpine Lake Iseo”, **Science of the Total Environment**, Cilt 268, No 1-3, 31-45, 2001.
4. Öztürk, N., **Küçükçekmece Gölü ile Denize Bağlantı Bölgesindeki Deniz Sularında Biyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Karşılaştırılması**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1995.

5. Ünlü, E., “Şanlıurfa Balıklıgöl’de Bulunan Balık Türleri Üzerine Toksik Bir Çalışma”, **İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi**, 1987.
6. Çetin, E., **Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreler Yönünden Değerlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
7. Taş, H., “Şanlıurfa Halilürrahman Gölü Balıklarının Balık Hastalıkları Yönünden Değerlendirilmesi”, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa, TÜRKİYE, 1998.
8. Dişli, M., Akkurt, F. ve Alicılar, A., “Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Fiziksel Parametreler Yönüyle Değerlendirilmesi”, **G.Ü.M.M.F. Dergisi**, Cilt 18, No 4, 81-88, 2003.
9. Lahr, J., Maas-Diepeveen, J.L., Stuijzand, S.C., Leonards, P.E.G., Druke, J.M., Lucker, S., Espeldoorn, A., Kerkum, L.C.M., van Stee, L.L.P. ve Hendriks, A.J., “Responses in sediment bioassays used in the Netherlands: can observed toxicity be explained by routinely monitored priority pollutants?”, **Water Research**, Cilt 37, No 8, 1691-1710, 2003.
10. Guzzella, L., Feretti, D. ve Monarca S., “Advanced oxidation and adsorption technologies for organic micropollutant removal from lake water used as drinking-water supply”, **Water Research**, Cilt 36, No 17, 4307-4318, 2002.
11. Tokaloğlu, Ş. ve Kartal, Ş., “Chemometrical interpretation of lake waters after their chemical analysis by using AAS, flame photometry and titrimetric techniques”, **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, Cilt 82, No 5, 291-305, 2002.
12. Birbir, M., Kalli, N., ve Johannson, C., “Examination of salt quality of Sereflikoşisar Lake used in the Turkish leather industry”, **Journal of the Society of Leather Technologies and Chemists**, Cilt 86, No 3, 112-117, 2002.
13. Dişli, M., **Şanlıurfa Balıklıgölü’nün Su Kalitesi Yönüyle Değerlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
14. Günay, Y., Tabuman, C. ve Çötert, F., **İçme Suyu ve Pis Sularda Standart Rutin Analiz Yöntemleri Kılavuzu**, İller Bankası Yayınları, Ankara, 1977.
15. **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**, 4 Eylül 1998 tarih ve 19919 sayılı resmi gazete.
16. Hammer, M.J. and Hammer, M.J.Jr., **Water and Wastewater Technology**, Prentice Hall, USA, 2001.
17. Viesmann, W. And Hammer, M.J., **Water Supply and Pollution Control**, Addison Wesley, USA, 1998.