



Investigation of water quality of Apa dam lake (Çumra-Konya) and according to the evaluation of PCA

Betül YILMAZ ÖZTÜRK *, Cengiz AKKÖZ

Selçuk University, Science Faculty, Department of Biology, Konya, Turkey

Abstract

This study was conducted to identify physico-chemical features of water Apa Dam Lake, between March 2010 to March 2012. Results were compared with according to water pollution Control Regulation (WPCR), water intended human consumption standards (TS 266), eutrophication limit value and step organic pollution. Also according to Pearson Correlation Matrix analysis of physico-chemical parameters relationships with each other were determined. During the study, the water samples were taken periodically from five chosen stations in every month. The measured data were given as following (minimum, maximum, average); water temperature values were (4.5-29.3-16.36°C), pH (7.83-9.66-8.49), dissolved oxygen (4.36-11.3-8.59 mg/l), BOD₅, (1.3-27-10.38 mg/l), ammonium (0.032-3.157-0.64 mg/l), nitrite (0-0.338-0.05 mg/l), nitrate (0.082-6.715-1.64 mg/l), total phosphates (9-78-27.038 µg/l), sulphates (10.3-41.7-22.82 mg/l), chloride (2.11-25.8-6.22 mg/l), potassium (0-2.68-0.77), total hardness (15.1-23-18.04 FS°), suspended solid content (23-88-53.19 mg/l), calcium (43.7-65-53.53 mg/l), magnesium (8.16-15.8-10.78 mg/l), conductivity (151.1-218-185.05 µS/cm) and turbidity (1.02-74.5-20.52 NTU). Apa Dam Lake applied according to the PCA physico-chemical parameters as their relationships with each other, all indicate that was a correlation in the positive direction. According to the results it was identified that Apa Dam Lake has warm and good quality water without serious pollution problem and that alkaline properties is a dam lake. All of the relationship of physico-chemical parameters with each other show that a positive correlation according to the PCA on the Apa dam lake. At the end of study, the dam lake was determined as alkaline property, there were not a significant pollution factor and water quality can be considered as good.

Key words: Apa dam lake, physico-chemical features, water quality, water quality standards, PCA

----- * -----

Apa baraj gölü (Çumra-Konya)'nün su kalitesi ve PCA analizine göre değerlendirilmesi

Özet

Bu çalışma, Mart 2010 ve Mart 2012 tarihleri arasında, Apa baraj gölü'nün su kalitesinin, fiziko-kimyasal parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Sonuçlar kıta içi su kaynakları kalite kriterleri, insanî tüketim amaçlı suların standartları, ötrofikasyon sınır değerleri ve organik kirlenme basamağı ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Pearson Korelasyon Matrix analizine göre fiziko-kimyasal parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri belirlenmiştir. Çalışma süresince tespit edilen beş istasyondan her ay su örnekleri alınmış ve elde edilen değerler (minimum, maksimum, ortalama); su sıcaklığı (4.5-29.3-16.36°C), pH (7.83-9.66-8.49), çözülmüş oksijen (4.36-11.3-8.59 mg/l), BO₅ (1.3-27-10.38 mg/l), amonyum (0.032-3.157-0.64 mg/l), nitrit (0-0.338-0.05 mg/l), nitrat (0.082-6.715-1.64), toplam fosfat (9-78-27.038 µg/l), sülfat (10.3-41.7-22.82 mg/l), klorür (2.11-25.8-6.22 mg/l), potasyum (0-2.68-0.77), toplam sertlik (15.1-23-18.04 FS°), askıda katı madde (23-88-53.19 mg/l), kalsiyum (43.7-65-53.53 mg/l), magnezyum (8.16-15.8-10.78 mg/l), elektriksel iletkenlik (151.1-218-185.05 µS/cm) ve bulanıklık (1.02-74.5-20.52 NTU) şeklinde bulunmuştur. Apa Baraj Gölü'nde uygulanan PCA analizine göre fiziko-kimyasal parametrelerin birbirleriyle olan ilişkilerinin tamamı pozitif yönde bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Çalışma sonunda alkali özellikte bir baraj gölü olduğu, önemli bir kirlilik unsurunun olmadığı ve barajın iyi sayılabilecek bir su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Apa baraj gölü, fiziko-kimyasal özellik, su kalitesi, su kalitesi standartları, PCA

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +093322413450; Fax.: +093322413450; E-mail: bybetul@hotmail.com

1. Giriş

Dünyadaki tatlı su rezervlerinin çoğunu sığ göller oluşturur ve bu göllerde litoral komuniteler baskındır. Sığ göller derin göllere göre daha üretken ve daha fazla kullanım alanına sahiptirler. (Moss, 1998). Yeryüzündeki tatlı su rezervinin önemli bir kısmını barındıran göllere ilaveten yapay rezervuarlar olan baraj gölleri, yapısal özellikleri ve konumları dolayısıyla oldukça özel ekosistemlerdir. Baraj gölleri; içme suyu eldesi, enerji üretimi, taşkın önleme ve sulama gibi amaçlarda kullanılmak üzere, akarsuların önüne inşa edilen setlerin ardında toplanan durgun su kütleleridir. Baraj gölleri de diğer göller gibi kara içinde yer almalarına ek olarak, baraj göllerinin inşası, su seviyesi ve su dinlenme zamanı gibi bazı faktörlerinin insanlar tarafından kontrol edilmesiyle doğal göllerden ayrılmaktadır. Baraj göllerinin ekosisteminin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin incelenmesi, ayrıca oluşumu sırasında bazı bitki ve hayvan türleri ortadan kalkabilmekte ya da hem su içerisinde hem de su çevresinde populasyonlarda bir takım değişiklikler olabilmektedir. Bu yüzden sürekli takip edilmelidir. Baraj göllerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri doğal göllere göre daha değişkendir (Wehr ve Sheath, 2003). Uzun süre izlenen değişimler ekolojik açıdan daha anlamlıdır (Baykal ve Yıldız, 2006). Ayrıca baraj göllerini daha da özel yapan, kendilerine özgü insan kaynaklı değişimleri de barındırmasıdır. Ülkemizdeki toplam baraj sayısı tabii göller dışında Türkiye’de 706 adet baraj gölü bulunmaktadır. Bunlardan bazılarının yüzey alanı doğal göllerinkinden daha fazladır. Örneğin; Atatürk Barajı 817 km² ve Keban Barajı 675 km² yüzey alanı ile Türkiye’nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir gölünden daha büyüktür. Türkiye’de işletmede olan barajların toplam sayısı 285’dir. Araştırma alanımızı oluşturan Apa baraj gölü işletme yılına bakılarak en eski 13. baraj gölümüzdür (DSİ, 2014a; DSİ, 2014b).

Baraj gölleri, setin gerisindeki akarsular tarafından sürekli beslendiği için doğal göllerdeki değişimlerden farklı yapılar oluşturmaktadır. Sistemi ve biyolojik olayları izlemek için periyodik olarak inceleme yapmak gerekir. Çalışmamızın amacı da bu değişiklikleri iki yıl boyunca incelemek ve sonuçları istatistiksel olarak değerlendirmektir.

Araştırma sahası olarak seçtiğimiz Apa Baraj Gölü Ocak 2001 ve Ocak 2002 tarihleri arasında bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri çalışılmış (Mert vd., 2008) aynı zamanda Akköz vd., (2008) bakteriyolojik açıdan incelemiştir. Çalışmamızda sürekliliğin devamı için ve iki yıl boyunca fiziksel ve kimyasal özellikleri gelişen bilgisayar teknolojilerinden de faydalanılarak istatistikî çalışmalarla desteklenmesi yönünden PCA analizi uygulanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı ve istasyonların tanımı

Apa Baraj Gölü Konya-Bozkır arasında olup Konya iline 70 km, Çumra ilçesine 25 km uzaklıktadır. Apa Baraj Gölü 37°35'97" Kuzey 32°54'54" Doğu boylamları arasında Çarşamba suyu üzerinde Apasaraycık Köyü ile Apa Kasabası arasında 29.83 metre yüksekliğinde zonlu toprak dolgu tipinde %90 sulama %10 taşkınları önlemek için inşa edilmiştir. Baraj Gölü 1963 yılında işletmeye açılmıştır. Toprak dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1.327.000 m³, normal su kotunda göl hacmi 169 hm³, normal su kotunda göl alanı 12.60 km²'dir. 97.015 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. Maksimum derinliği 26 m, denizden yüksekliği 1013 m dir (Şekil 1). Baraj bulunduğu yer itibarıyla alüvyonlardan, kireç taşlarından ve killerden oluşmaktadır. Alüvyon ve kireç taşlarının fazla olması sonucu su kaçağı çok fazladır. Baraj gölü çevresi kısmen ağaçlandırılmıştır. Bilhassa gövdeye yakın kısımda her iki yakada ağaçlandırma yapılmıştır. Baraj gölü etrafında balıkların yumurta bırakabilecekleri sazlık veya kamışlık alan yoktur. Fakat omnivor beslenme özelliğine sahip olan balıklar için bol miktarda su altı bitkisi mevcuttur (Mert vd., 2006).



Şekil 1. Apa Baraj Gölü'nün coğrafik konumu ve örnek alma istasyonları
Figure 1. Geographic location of Apa Dam Lake and sampling stations

Apa Baraj Gölü'nün fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmek amacıyla gölden beş örnek alma istasyonu belirlenmiştir. Arazi çalışması iki yıl boyunca (Ocak ve Şubat aylarında iklim şartlarından dolayı örnek alınamamıştır) örnekleme yapılarak tamamlanmıştır.

İstasyonların araştırma alanındaki konumları şu şekildedir.

İstasyon-1: Koordinatı 37°20'42" K enlemi, 32°27'31" D boylamındadır. Çarşamba çayının giriş yaptığı kısımdır.

İstasyon-2: Koordinatı 37°22'11" K enlemi, 32°28'55" D boylamındadır. Apasaraycık köyünün sınırı olduğu bölgedir.

İstasyon-3: Koordinatı 37°22'28" K enlemi, 32°29'36" D boylamındadır. Apasaycık Köyüne 10 km uzaklıktaki taşlık bölgedir.

İstasyon-4: Koordinatı 37°21'22" K enlemi, 32°32'10" D boylamındadır. Apa Barajı dinlenme tesisinin karşı tarafında olan boğaz şeklindeki bölgedir aynı zamanda barajın su depolama olan kısmıdır.

İstasyon-5: Koordinatı 37°21'49" K enlemi, 32°32'21" D boylamındadır. Apa Barajı dinlenme tesisinin olduğu bölgedir, aynı zamanda barajın su depolama olan kısmıdır.

2.2. Fiziksel ve kimyasal analizler

Apa Baraj Gölü'nün sıcaklık (°C), pH, çözülmüş oksijen (ÇO, mg/ l) ve iletkenlik (µS/ cm) istasyonlarda her ay düzenli olarak çalışma sırasında yerinde yapılmıştır. Örnek alımı sırasında, yüzey suyu için gerçekleştirilen bu ölçümlerde Hach Lange marka HQ40d modellenli multiparametre ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüm sırasında ilgili cihaza ait elektrotlar su içerisine daldırılarak sabit değerler elde edilinceye kadar beklenilmiş ve daha sonra elde edilen bu değerler kaydedilmiştir. Bulanıklık (NTU) ölçümleri laboratuvarında Hach Lange 2100 AN marka turbidimetre cihazıyla yapılmıştır.

AKM tayini için beş istasyondan 1'er litre su örneği alınmıştır. Örnek su filtre işleminden önce çalkalanarak, 1 saat 105°C'de etüvde bekletilmiş ve hassas olarak tartımı alınmıştır. 0.45 µm göz açıklığındaki Whatman GF/C marka filtre kâğıdından milipore filtre sistemi yardımı ile süzülmüştür. Filtre kâğıdı üzerinde kalmış muhtemel tuz kristallerini çözmek için 1 ml saf su kullanılmıştır. Daha sonra filtre çıkarılarak alüminyum bir plaka üzerine alınmış ve etüvde 105°C'de 1 saat kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde 15 dakika soğutulup hassas terazide tartılmıştır. Aşağıdaki formül kullanılarak AKM miktarı ölçülmüş, sonuç mg/l cinsinden hesaplanmıştır. Eğer su bulanık ve kirli ise 250 veya 500 ml su örneği filtre edilmiştir (APHA, 1985).

AKM (mg/l) = [(A-B) x 1000] / örnek hacmi (ml)

A: Filtre + kalıntı ağırlığı (mg)

B: Filtre ağırlığı (mg)

Kimyasal analiz ölçümleri için su numuneleri 1 lt' lik plastik şişelere kıyıya yakın bölgeden ve suyun yüzey kısmından alınmıştır. Alınan su örneklerinden amonyum (NH₄⁺ -N, mg/l), toplam fosfat (µg/l), klorür (Cl⁻, mg/l), magnezyum (Mg⁺⁺ mg/l), kalsiyum (Ca⁺⁺ mg/l), nitrat (NO₃-N mg/l), nitrit (NO₂-N mg/l), potasyum (K⁺, mg/l), sülfat (SO₄ mg/l) ve su sertliği (CaCO₃ mg/l) ölçümleri Hach Lange DR 2800 markalı spektrofotometrede uygun kitler kullanılarak yapılmıştır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅, mg/l) 20 °C'ye sabitlenmiş Velp Scientifica FTC 90 markalı soğutmalı etüvde 5 gün boyunca manyetik karıştırıcılarla karıştırılan suda Velp Scientifica markalı B.O.D. sensör cihazlarıyla kayıt edilmiştir.

Elde edilen su analiz sonuçları kıta içi su kaynakları kalite kriterlerine (SKYY, 2008) göre sınıflandırılmış, insanî tüketim amaçlı sular standartları (TS 266, 2005), ötrofikasyon sınır değerleri (Tablo 1) ve organik kirlenme basamağı (Barlas, 1995) ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Fiziko-kimyasal parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için, SPSS 15.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Bu program üzerinde Pearson Corelasyon Matrix –PCA analizi uygulanmıştır.

Tablo 1. Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri

Tablo 1. Lakes, ponds, marshs and dam reservoir of eutrophication limit values

İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
pH	6.5-8.5	6-10.5
ÇO (mg/l)	7.5	5
AKM (mg/l)	5	15
Toplam azot (mg/l)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/l)	0.005	0.1

3. Bulgular

Çalışma süresince, tespit edilen beş istasyondan her ay periyodik olarak su örnekleri alınmış ve su sıcaklığı, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, nitrit, nitrat, amonyum, klorür, sülfat, toplam fosfat, kalsiyum, magnezyum, potasyum, toplam sertlik, BOİ₅, AKM değerleri tayin edilmiştir. Bu parametrelerin her bir istasyon için

minimum maksimum ve ortalama değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen’in araştırma süresi boyunca mevsimsel değişimi Şekil 2’de verilmiştir. Amonyum, nitrit ve nitratın araştırma süresi boyunca mevsimsel değişimi Şekil 3’de, Kalsiyum, magnezyum ve toplam sertliğin mevsimsel değişimi Şekil 4’de verilmiştir.

Tablo 2 de çıkan sonuçlar aynı zamanda Pearson Corelasyon Matrix –PCA analizi uygulanmış ve çıkan sonuçlar Tablo 3 de verilmiştir. Tablo 3 $p < 0.05$ ve $p < 0.01$ önem düzeylerine göre fiziko-kimyasal parametrelerin birbirleriyle pozitif veya negatif ilişkileri ve bu ilişkilerin önem düzeyleri görölmektedir. Tablo 3’e göre; sonuçların tamamı pozitif yönde bir korelasyon olduğunu göstermektedir. İstatistik olarak 0.70 üzerinde olan ilişkiler güçlü olarak değerlendirilir.

3.1. Sıcaklık

Su sıcaklığı, suyun viskozitesini ve yoğunluğunu değiştirmesi, su ortamında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonların hızını ve gazların çözünlürlüğünü etkilemesi bakımından sucul yaşam için çok önemli bir parametredir. Sucul organizmaların üreme, beslenme ve metabolik faaliyetlerini de etkiler. Örneğin sazan, öriterm olduğu halde, ancak belirli sıcaklıklardan sonra beslenmeye (8 - 10 °C) ve üremeye (15 °C) başlamaktadır (Nikolsky, 1963).

Tablo 2. Fiziko-kimyasal özelliklerin istasyonlardaki yıllık ortalama değerleri.

Table 2. Physico-chemical properties of the stations are annual averages.

PAREMETRELER	1.istasyon Ort (Min-Max)	2.istasyon Ort (Min-Max)	3.istasyon Ort (Min-Max)	4.istasyon Ort (Min-Max)	5.istasyon Ort (Min-Max)
Su sıcaklığı	16.28 5.7-28.2	16.27 5.1-28.3	16.35 4.7-28	16.52 4.5-29.3	16.49 4.6-28.4
pH	8.42 7.83-9.06	8.45 7.8-9.66	8.54 7.95-9.04	8.54 8.05-8.88	8.54 8.01-8.98
Ç.O	8.23 4.44-10.61	8.25 4.94-10.65	8.63 4.36-10.9	8.95 4.43-13.16	8.89 4.36-11.3
İletkenlik	188.65 15.1-218	187.85 151.4-211	183.22 163.9-210	185.18 166.4-207.8	182.34 166.4-205.6
Bulanıklık	21.02 3.78-45.45	23.21 1.76-55.9	23.15 2.1-74.5	19.01 4.41-52.9	16.19 1.02-40.8
BOİ	10.14 2.16-27	10.27 1.9-26	10.51 2.2-26.78	10.67 1.3-25.9	10.30 1.8-27.52
AKM	53.68 26-82.2	53.33 24-84	53.23 23-88	52.80 26-87	53.33 25-81
Amonyum	0.604 0.032-2.129	0.625 0.032-3.097	0.674 0.032-3.157	0.639 0.034-3.112	0.623 0.035-2.306
Toplam fosfat	26.70 9-78	27.88 9.876-74.3	26.98 10.5-75.5	26.90 9-74.87	26.61 10-75.14
Klorür	6.05 2.38-19.1	6.36 3.35-23.7	6.43 2.8-25.8	5.95 2.11-21.5	6.29 3.1-22.1
Nitrat	1.82 0.34-5.65	1.44 0.082-5.6	1.65 0.387-4.69	1.62 0.099-6.715	1.702 0.395-5.728
Nitrit	0.068 0-0.329	0.065 0-0.334	0.054 0-0.338	0.021 0-0.326	0.056 0-0.332
Potasyum	0.678 0-2.63	0.605 0-2.58	0.594 0-2.55	0.564 0-2.68	0.581 0-2.41
Sülfat	23.16 12.6-39.9	22.74 12.1-38.4	22.78 11.7-38.7	22.90 11.3-40.4	22.51 10.3-41.7
Sertlik	18.11 15.2-22.1	17.65 15.1-20.1	18.08 15.1-21.4	18.64 15.3-23	17.71 15.3-22.1
Kalsiyum	54.37 45.6-65	52.57 43.7-63.7	53.27 46.2-58.7	52.97 45.24-59.5	54.45 47.67-63.8
Magnezyum	11.02 8.16-14.2	10.60 8.34-13.1	10.48 8.42-13.1	11.12 8.28-15.8	10.68 8.3-15

Apa Baraj Gölü’nde araştırma süresince ölçülen en düşük su sıcaklığı 2010 Aralık ayında 4.5 °C, en yüksek su sıcaklığı 2010 Temmuz ayında 29.3 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama su sıcaklığı ise 16.36 °C olmuştur. Yaz ve kış ayları arasında sıcaklık farkı oldukça fazla olmaktadır. Bunun sebebi de tipik karasal iklim özelliğinden kaynaklanmaktadır. Sıcaklığı PCA analiz tablosuna göre değerlendirdiğimizde (Tablo 3), su sıcaklığının askıda katı madde, amonyum ve magnezyum ile önem düzeyinin altındadır ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Tabloda, sıcaklığın $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olan parametreler sırasıyla; bulanıklık, nitrat ve toplam fosfat olduğu belirlenmiştir.

3.2. pH

Göl suyunun pH değerleri 7.83–9.66 arasında değişmiştir. En düşük değer 2010 Mart ayında 7.83, en yüksek değer ise 2011 Eylül ayında 9.66 olarak ölçülmüştür. Ortalama pH ise 8.49'dur. Bu değer gölün bazik özellikte olduğunu göstermektedir. pH'ı PCA analiz tablosuna göre değerlendirdiğimizde (Tablo 3) pH'ın askıda katı madde, amonyum ve magnezyum ile önem düzeyinin altındadır ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Tabloda, pH'ın $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olan parametreler sırasıyla; potasyum, çözülmüş oksijen ve nitrit olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Fiziko-kimyasal parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisini gösteren Pearson Korelasyon Matrix tablosu (** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ önem düzeyine göre)

Tablo 3. Physico-chemical parameters as their relationships with each other indicate that is Pearson Corelasyon Matrix table (** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ according to its importance)

	°C	pH	Ç.O	EC	NTU	BOI	AKM	NH ₄	TP	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	K ⁺	SO ₄ ⁻²	Ca ⁻²	Mg ⁻²
°C	1															
pH	.767(**)	1														
Ç.O	.855(**)	.974(**)	1													
EC	.856(**)	.738(**)	.776(**)	1												
NTU	.940(**)	.780(**)	.855(**)	.943(**)	1											
BOI	.659(**)	.554(**)	.689(**)	.664(**)	.796(**)	1										
AKM	0,203	0,195	0,332	0,228	0,377	.860(**)	1									
NH ₄	0,382	0,326	.474(*)	0,365	.528(**)	.934(**)	.982(**)	1								
TP	.925(**)	.692(**)	.828(**)	.717(**)	.836(**)	.744(**)	0,409	.567(**)	1							
Cl ⁻	.778(**)	.570(**)	.691(**)	0,363	.575(**)	.483(*)	0,22	0,371	.876(**)	1						
NO ₃ ⁻	.935(**)	.715(**)	.823(**)	.645(**)	.785(**)	.585(**)	0,207	0,381	.962(**)	.943(**)	1					
NO ₂ ⁻	.881(**)	.977(**)	.990(**)	.798(**)	.859(**)	.611(**)	0,209	0,362	.818(**)	.691(**)	.839(**)	1				
K ⁺	.867(**)	.981(**)	.991(**)	.832(**)	.876(**)	.647(**)	0,253	0,4	.801(**)	.633(**)	.800(**)	.995(**)	1			
SO ₄ ⁻²	.896(**)	.811(**)	.845(**)	.938(**)	.978(**)	.708(**)	0,269	.416(*)	.727(**)	.478(*)	.705(**)	.861(**)	.880(**)	1		
Ca ⁻²	.787(**)	.642(**)	.737(**)	.812(**)	.928(**)	.914(**)	.626(**)	.735(**)	.716(**)	.457(*)	.623(**)	.702(**)	.733(**)	.902(**)	1	
Mg ⁻²	0,243	0,226	0,362	0,259	.418(*)	.881(**)	.998(**)	.987(**)	.430(*)	0,244	0,236	0,242	0,285	0,317	.669(**)	1

3.3. Çözülmüş oksijen (ÇO mg/l)

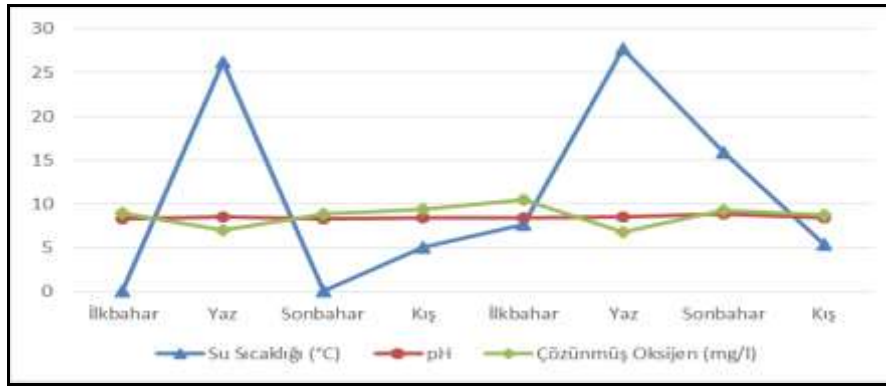
Suda yaşayan canlılar ve su kalitesi için oldukça önemli bir değer olan çözülmüş oksijenin sıcaklıkla ters orantılıdır (Şekil.2). Apa Baraj Gölü yüzey suyunda en yüksek sıcaklık Temmuz 2011 de 5. istasyonda 28.4°C iken en düşük çözülmüş oksijen değeri 4.36 mg/l olarak, en düşük sıcaklık Aralık 2010 da 4. istasyonda 4.5°C'de iken çözülmüş oksijen miktarı 9.9 mg/l olarak ölçülmüş ve ortalama değeri 8.38 mg/l olarak hesaplanmıştır. Çözülmüş oksijen miktarının sıcaklıkla ters orantılı olduğu ve sıcaklık arttıkça çözülmüş oksijen miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Araştırma alanında ortalama sıcaklık değeri 16.33 °C ölçülürken, ortalama çözülmüş oksijen değeri 8.59 mg/l olarak ölçülmüştür. Çözülmüş oksijeni PCA analiz tablosuna göre değerlendirdiğimizde (Tablo 3) çözülmüş oksijenin, askıda katı madde ve magnezyum olan ilişkisi ile önem düzeyinin altındadır. Amonyum ile olan ilişkisi $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitifdir ve diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Tabloda, çözülmüş oksijenin $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olan parametreler sırasıyla; potasyum ve nitrit olduğu belirlenmiştir.

3.4. BOI₅

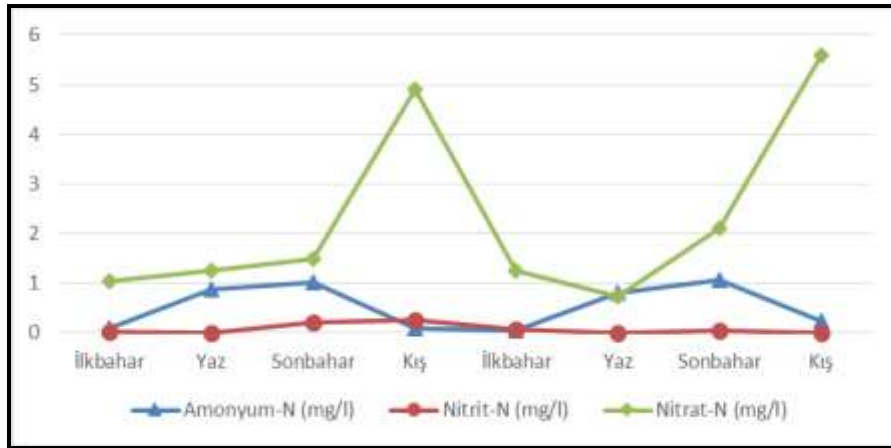
Apa Baraj Gölü'nde en yüksek BOI₅ değeri 2011 Eylül ayında 27 mg/l olarak ölçülmüştür. En düşük BOI₅ değeri ise 2011 Nisan ayında 1.3 mg/l olarak ölçülmüştür. Ortalama BOI₅ değeri ise 10.38'dir. PCA analizine göre (Tablo 3) BOI₅ diğer parametrelerle olan ilişkisi $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Tabloda, BOI₅ $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olan parametreler amonyum ve kalsiyumdur.

3.5. Nitrit, nitrat ve amonyum

Nitrit, azot döngüsünün ara ürünüdür, ortamda birikirmez, hemen nitrata dönüşür. Nitrit de nitrat gibi plankton gelişiminde önemli katkısı olan bir maddedir. Nisbet ve Verneaux (1970) sudaki nitrit miktarının 1 mg/l'yi geçmesi halinde kirlenmenin başlamış olduğunu ileri sürmektedir. Apa Baraj Gölü'nde ortalama nitrit azotu değeri 0.05 mg/l , nitrat azot değeri 1.64 mg/l ve Amonyum azotu 0.64 mg/l olarak ölçülmüştür. Apa Baraj Gölü'nde nitrit, nitrat ve amonyumun çalışma süresi boyunca mevsimsel değişimi Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijenin mevsimsel değişimleri
Figure 2. Water temperature, pH and dissolved oxygen of the seasonal changes



Şekil 3. Amonyum, nitrit ve nitratın mevsimsel değişimleri
Figure 3. Ammonium, nitrite and nitrate of the seasonal changes

PCA analizine göre (Tablo 3) nitratın magnezyum ile olan ilişkisi önem düzeyinin altındadır ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitiftir. Nitrit de tıpkı nitrat gibi magnezyum ile önem düzeyinin altındadır ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitiftir. Amonyum ise klor, nitrat, nitrit ve potasyumla ilişkisi önem düzeyinin altındadır. Sülfatla ile olan ilişkisi $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitiftir ve diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitiftir.

3.6. Fosfat, sülfat ve klorür

Araştırma alanımızda en düşük fosfat 2011 Aralık ayında $9 \mu\text{g/l}$, en yüksek fosfat ise 2011 Temmuz ayında $78 \mu\text{g/l}$ olarak kaydedilmiştir. Ortalama fosfat $27.038 \mu\text{g/l}$ 'dir. PCA analizine göre toplam fosfat magnezyum ile olan ilişkisi $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitiftir ve diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitiftir. Tabloda, toplam fosfatın $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olduğu parametre, nitrat olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanımızda en düşük sülfat değeri 2010 Haziran ayında 10.3 mg/l kaydedilirken, en yüksek değer 2010 Aralık ayında 41.7 mg/l olarak ölçülmüştür. Ortalama sülfat değeri 22.82 mg/l 'dir. PCA analizine göre sülfat magnezyum ile olan ilişkisi önem düzeyinin altındadır ancak kalsiyum ile olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitiftir ve çok güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir.

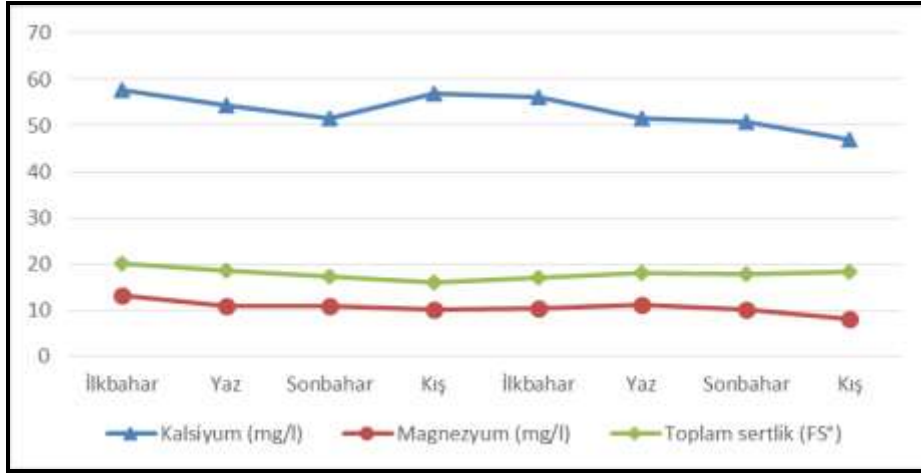
Araştırma alanımızda Klorür en düşük değer Haziran 2010'da 2.11 mg/l , en yüksek değer Aralık 2011'de 25.8 mg/l ve ortalama olarak 6.22 mg/l belirlenmiştir. PCA analizine göre klorürün magnezyum ile olan ilişkisi önem düzeyinin altındadır. Kalsiyum ve sülfat ile olan ilişkisi $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitiftir ve diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitiftir.

3.7. Kalsiyum, magnezyum, potasyum ve toplam sertlik

En düşük kalsiyum değeri 43.7 mg/l ile 2011 Haziran ayında, en yüksek kalsiyum değeri ise 65 mg/l ile 2010 Nisan ayında ölçülmüştür. Ortalama kalsiyum değeri 53.53 mg/l 'dir. Apa Baraj Gölü'nde ortalama Mg^{++} değeri 8.16

mg/l ile 2011 Aralık ayında, en yüksek magnezyum değeri ise 15.8 mg/l ile 2010 Nisan ayında ölçülmüştür. Ortalama magnezyum değeri 10.78 mg/l'dir. Apa Baraj Gölü'nde potasyum değeri ortalama en düşük potasyum 2010 Nisan ve Mayıs aylarında 0 mg/l, en yüksek potasyum ise 2011 Temmuz ayında 2.68 mg/l olarak kaydedilmiştir. Ortalama potasyum 0.77 mg/l'dir. Apa Baraj Gölü suyunun toplam sertlik değeri en yüksek 2010 Mart ayında 23 FS°, en düşük 2010 Eylül ayında 15.1 FS° ortalama olarak 18.04 FS° olarak ölçülmüştür. Apa Baraj Gölü'nde kalsiyum, magnezyum ve toplam sertliğin çalışma süresi boyunca mevsimsel değişimi Şekil 4'de verilmiştir.

PCA analizine göre kalsiyum diğer parametrelerle $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Magnezyum ise bulanıklıkla ve toplam fosforla $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitifdir, BOİ, AKM ve amonyum ile $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi önem düzeylerinin altındadır. PCA analizine göre potasyumun sadece magnezyum ile olan ilişkisi önem düzeyinin altındadır ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir.



Şekil 4. Kalsiyum, magnezyum ve toplam sertliğin mevsimsel değişimleri
Figure 4. Calcium, magnesium and total hardness of the seasonal changes

3.8. Elektriksel iletkenlik, bulanıklık ve AKM

Araştırma alanımızda yapılan iletkenlik ölçümlerinde en düşük değer 2011 Ekim ayında 151.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en yüksek değer ise 2010 Nisan ayında 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak kaydedilmiştir. Ortalama elektriksel iletkenlik ise 185.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Su ürünleri standartları ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki protokolde belirtilen (Uslu ve Türkman, 1987) değer 150–500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir ve elektriksel iletkenlik sonuçları bu değerlerin arasında yer almaktadır. Apa Baraj Gölü'nde yaptığımız ölçümlerde en yüksek bulanıklık değeri 2010 Eylül ayında 74,5 NTU olarak ölçülmüştür. En düşük ölçüm ise 2010 Temmuz ayında 1.02 NTU olarak ölçülmüştür. Ortalama bulanık ise 20.52 NTU'dur. Apa Baraj Gölü'nde En düşük AKM 2012 Mart ayında 23 mg/l, en yüksek AKM ise 2010 Eylül ayında 88 mg/l olarak kaydedilmiştir. Ortalama AKM 53.19 mg/l'dir.

PCA analizine göre (Tablo 3) Elektriksel iletkenliğin (EC), askıda katı madde, amonyum, klorür ve magnezyum ile olan ilişkisi önem düzeyinin altındadır ve diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Çizelgede, Elektriksel iletkenliği (EC) $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olan parametreler sırasıyla; bulanıklık ve sülfat ve olduğu belirlenmiştir.

PCA analizine göre bulanıklık sadece AKM ile olan ilişkisi önem düzeyinin altındadır. Magnezyum ile olan ilişkisi $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitifdir ve diğer parametrelerle olan ilişkisi ise $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir. Çizelgede, bulanıklığın $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif olarak en fazla birbirleriyle ilişkili olan parametreler sırasıyla; sülfat ve kalsiyum olduğu belirlenmiştir.

PCA analizine göre AKM amonyum, kalsiyum ve magnezyumla olan ilişkisi $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitifdir ancak diğer parametrelerle olan ilişkisi önem düzeyinin altında olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuçlar ve tartışma

Apa Baraj Gölü'nde Mart 2010 – Mart 2012 zaman aralığında yüzeysel su örneklerinde yapılan fiziko-kimyasal parametrelerin analiz sonuçları Tablo 2'de iki yıllık ortalama minimum ve maksimum değerleri olarak verilmiştir. Analiz sonuçları, SSKY (2008)'deki kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri, insanî tüketim amaçlı sular standartları, ötrofikasyon sınır değerleri ve organik kirlenme basamağı ile karşılaştırılmıştır. İnsanî tüketim amaçlı sular standartlarında sınıf 2 (kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular) tip 2 (içme ve kullanma suları) değerleri dikkate alınmıştır (TS 266, 2005).

Sıcaklık (Atıcı, 2004); sudaki biyolojik, kimyasal ve fiziksel aktiviteleri etkiler, birçok değişkenin konsantrasyonunu değiştirir. Sıcaklıkla birlikte ortamdaki organizmaların metabolik hızı ve solunum hızı yükselir, böylece oksijen tüketimi çoğalır. Bahar aylarıyla birlikte sıcaklığın ve ısınma süresinin artması ile bakteri faaliyeti sonucu ayrışan besin maddelerinin inorganik maddelere dönüşmesi nedeniyle, fitoplanktonik organizmalar çoğalmaya başlarlar. Yaz aylarının sonuna doğru besin tuzlarının tükenmesiyle gelişme yavaşlar. Hatta bazı türler ortadan kalkabilir (Reynolds, 1993). Sıcaklık SKKY (2008)'ye göre, Apa Baraj Gölü ortalama su sıcaklığı değeri I. sınıf su kalitesindedir. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, yaz ayları su sıcaklığı II. sınıf su kalite sınıfına girmektedir. Yaz aylarında tespit edilen bu sıcaklıkta Cyprinidae familyasına ait balıklar iyi gelişebilmektedir (Yılmaz, 2004).

Suyun asitlik özelliğinin bir göstergesi olan pH (Taş, 2006), canlı yaşamını etkileyen önemli faktörlerdendir. Bir gölün florası suyun pH'ından çok etkilenir. Herhangi bir şekilde kirletilmemiş olan göl sularında pH değeri 6–9 arasında değişir (Tanyolaç, 2009). pH SKKY (2008)'ye göre, I-III. su kalite sınıfına girmektedir. Hafif alkali olan suyun bu özelliği çoğunlukla bikarbonat iyonlarının varlığından kaynaklanmaktadır. Ötrofikasyon sınır değerleri (Tablo 1) arasında olduğu görülmüştür. Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre sınır değerlerinin arasında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda Apa Baraj Gölü'nün pH yönünden su kalitesi ve biyolojik aktivitesi uygun olduğu tespit edilmiştir. Balık üretimi için de uygun bir ortamdır.

Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu suyun kirlenme derecesini, sudaki organik madde konsantrasyonunu ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ifade eder (Ünlü vd., 2008). Sucul canlılar için yaşamsal önemi olan ÇO değeri, sıcaklığın yanında bitkilerin fotosentez hızına ve göllerin trofik düzeyine bağlı olarak farklılık gösterir (Akbulut ve Yıldız, 2001). Kirlenmemiş doğal sularda oksijen konsantrasyonu genellikle 10 mg/l dolayındadır (Anonim, 1998). Sularda biyolojik solunum ve çeşitli organizmaların bozulması çözünmüş oksijen miktarını düşürür. Oksijen konsantrasyonu 5 mg/l'nin altına düştüğü zaman biyolojik toplulukların yaşam fonksiyonları düşmektedir (Atıcı, 2004). Araştırma süresi boyunca elde edilen ortalama çözünmüş oksijen değeri, SKKY (2008)'ye göre I.sınıf su kalitesi grubuna girmektedir ancak ötrofikasyon sınır değerleri (Tablo 1) üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca organik kirlilik derecesi bakımından (Barlas, 1995) az kirlenmiş ve I-II. kalite sınıfı grubundadır.

Sudaki biyolojik aktivitelerin bir göstergesi olan BO₅ (Boztaş vd., 2012)değerleri Apa Baraj Gölü'nde ortalama 10.35 mg/l olduğu bulunmuştur. Apa Baraj Gölü 'nün BO₅ değerleri, SKKY (2008)'ye göre, III. su kalite sınıfına girmektedir ve organik kirlilik derecesi (Barlas, 1995) ortalama değere göre de çok kirli ve kalite sınıfı III şeklinde değerlendirilmiştir.

Doğal sularda en yaygın olarak bulunan azotlu bileşikler nitrit, nitrat, amonyum ve organik azottur (Taş, 2011). Bu bileşikler ölçülerek suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Bu azotlu maddelerin kaynağı yağmur suyu ile taşınan atmosferik azot, toprak yapısında bulunan nitrat tuzları olabildiği gibi, tarımsal faaliyetler sırasında topraktan yıkanan, evsel ve endüstriyel atıklardan suya karışan bileşikler de olabilir. Ayrıca azot bağlayan mavi-yeşil alg ve bitkiler tarafından atmosferik azotun bağlanması da söz konusudur (Taş, 2011). Su ortamına karışan azot bileşikleri birincil üretimi teşvik ederek ötrofikasyona neden olabilir. Ancak ötrofikasyonun asıl kaynağı fosforlu bileşiklerdir (Henry vd., 1984).

SKKY (2008)'ye göre suda nitrit azotu 0,002 mg/l ise I.sınıf yüksek kaliteli su, 0.01 mg/l ise II. sınıf az kirlenmiş su ve 0.05 mg/l ise III. sınıf kirli su ve >0.05 mg/l ise IV. çok kirlenmiş su sınıfında yer almaktadır. Apa Baraj Gölü'nde ortalama nitrit azotu değeri 0.05 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu değer, Apa Baraj Gölü'nün nitrit azotu bakımından III. sınıf, yani kirli su sınıfında olduğunu göstermektedir. Apa Baraj Gölü kıyı bölgelerine yakın yerlerde tarım yapılması organik materyal birikimine sebep olmaktadır ve yaz aylarında sıcaklığın artması ve çözünmüş oksijenin azalmasıyla beraber ayrışma olaylarının artması sudaki nitrit miktarını artırmıştır. Organik kirlilik derecesi (Barlas, 1995) ortalama değere göre II-III. kirlenme basamağındadır. Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Nitrat, oksijence zengin sularda çok yaygın olup, algal büyümeyi sınırlayabilen veya arttırabilen önemli bir mineraldir. Yüzey sularında nitrat miktarı genellikle düşüktür. Oligotrofik sularda azot miktarı düşük, ötrofik sularda ise oldukça yüksektir (Taş, 2011). SKKY (2008)'ye göre, suda nitrat 5 mg/l ise I.sınıf yüksek kaliteli su, 10 mg/l ise II. sınıf az kirlenmiş su, 20 mg/l ise III. sınıf kirli su ve >20 mg/l ise IV. sınıf çok kirlenmiş su sınıfında yer almaktadır. Yapılan analizler sonucu Apa Baraj ortalama nitrat azotu değeri 1.69 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu parametreye göre göl suyu kalitesi I. sınıftır. Ötrofikasyon sınır değerleri için toplam azotun 1.0 mg/l olması gerekirken sadece nitrat azotunun bu değer üzerinde olduğu görülmektedir. Organik kirlilik derecesi (Barlas, 1995) ortalama değere göre II-III. kirlenme basamağındadır. Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Amonyum iyonu suda yaşayan organizmalar için önemli ölçüde toksik değildir. Ancak yüksek pH ve sıcaklığa bağlı olarak amonyum amonyağa dönüşerek su ortamı içindeki balık yaşamı ve diğer canlılar için toksik hale gelebilmektedir (Ünlü vd., 2008). SKKY (2008)'ye göre bu değer Apa Baraj Gölü'nün su kalitesinin I. sınıf olduğunu göstermektedir. Organik kirlilik derecesi (Barlas, 1995) ortalama değere göre kritik kirlenmiş ve kalite sınıfı II-III şeklinde değerlendirilmiştir. Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. İlkbaharda diğer mevsimlere göre artış olmuş ve yaz ortasında en düşük değerler ölçülmüştür. Amonyum iyonu sucul canlıların atık maddesi olup, tekrar organizmalar tarafından absorblanırlar. Bol oksijenli sularda amonyum iyonuna çok az miktarda rastlanır. Aynı durum nitrit azotu için de geçerlidir. Bu madde de çabucak nitrate dönüşür (Cirik ve Cirik, 1995). Baraj gölünde amonyum azalmasının iki nedenle olabilmektedir. Birincisi alglerin yoğun olarak amonyum

azotunu tüketmesinden, ikincisi ise suda gerek fitoplankton tarafından fotosentez sonucu sentezlenen ve yüzeyden dalga hareketleriyle oksijenle zenginleşen su içerisinde, amonyum oksijenle tepkimeye girerek nitrite, ve nitrit tekrar oksijenle tepkimeye girerek hızlı bir şekilde nitrata dönüşmesinden kaynaklanabilmektedir.

Fosfat, doğal suların verimliliğini etkileyen besleyici minerallerin en önemlisidir. Göllerde ve akarsularda çözülmüş inorganik fosfat, çözülmüş organik fosfat ve organik partiküler fosfat şeklinde bulunur. Çözülmüş inorganik fosfat fotoototrof üreticiler tarafından alınır, organik olarak bağlanır ve besin zincirine katılır (Schwörbel 1987). Fosfatın evsel ve organik atıklarla artması sonucu sularda istenmeyen alg artışı ve ötrofikasyon olayı görülebilir. Fosfat miktarı 0.3 mg/l'den yüksek ise kirlenmeden söz edilebilir. Doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu; havzanın morfolojisine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde olup olmadığına ve sudaki organik metabolizmaya bağlıdır (Tanyolaç, 2009). Fosfat su depolarında alglerin üremesini kolaylaştırır. Bu nedenle içme suyunda koku ve tad problemlerine yol açabilir. Bu sebepten içme suyunda fazla bulunması istenmez (Giritlioğlu 1975). Apa Baraj Gölü fosfat yönünden SKKY (2008)'ye göre II. sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir. Ötrifikasyon sınır değerleri için ise, göllerde rekreasyon ve doğal koruma amacı için fosforun sınır değerinin 0.005 mg/l ve çeşitli kullanımlar içinse 0.1 mg/l olması istenmektedir. Apa Baraj Gölü'nde ortalama toplam fosfat değeri 27.038 µg/l olarak ölçülmüştür ve sınır değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Suyun doğal anyonlarından olan sülfat, biyolojik verimin artması için doğal sularda bulunmalıdır. Sülfatın ortamda yeterince bulunmaması fitoplankton gelişimini engeller ve bitkilerin büyümesini yavaşlatır. Doğal göllerin sülfat değerleri 3-30 mg/l arasındadır (Atıcı ve Obalı, 1999). Sucul ortamlarda çeşitli endüstri atıkları, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların neden olduğu sülfat artışı kirliliğin bir göstergesidir. Sülfat içeriğinin 250 mg/l'den fazla olması ciddi derecede kirlenmeye işaret etmektedir (Nisbet ve Verneaux, 1970). Araştırma süresi boyunca elde edilen ortalama sülfat değerine göre gölün su kalitesi I. sınıf kaydedilmiştir (SKKY, 2008). Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Tüm doğal suların önemli bir kimyasal bileşeni olan klorür iyonunun konsantrasyonu genellikle düşüktür. Klorür konsantrasyonunun alacağı değerler gerek içme ve endüstriyel su kalitesi gerekse de sulama suyu kalitesi açısından doğrudan önem taşımaktadır (Ünlü vd., 2008). Klorür iyonlarının miktarları sağlıklı su için de bir göstergedir. Pek çok içme suyunda klorür miktarı 30 mg/l' yi geçmez. Deniz ve kaya tuzu yataklarına yakın sularda klorür konsantrasyonu yükselir (Mutluay ve Demirak, 1996). Klorür miktarının yüksek olması aynı zamanda amonyum, nitrat, nitrit ve ortofosfatın da yüksek olmasını ifade eder ve kirlenmiş sularda klorür miktarı 30-300 mg/l arasında değişim gösterir (Kalyoncu vd., 2005). Araştırma süresince elde edilen ortalama klorür değeri SKKY (2008)'ye göre, I. su kalite sınıfına girmektedir. Organik kirlilik derecesi (Barlas, 1995) ortalama değere göre I. kirlenme basamağındadır. Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Besin tuzlarının tüm organizmaların fizyolojik aktivitelerinde önemli olduğu bilinmektedir. Herhangi birinin eksikliği organizmanın gelişmesine olumsuz etki yapmaktadır. Besin tuzlarını oluşturan minerallerinin başında kalsiyum (Ca⁺⁺) iyonu yer almaktadır. Kalsiyum (Ca⁺⁺) doğal sularda en bol bulunan elementlerden biridir. Algler ve yüksek bitkiler için önemlidir. Kalsiyum alglerin normal metabolizmasında büyümelerini sağlayan önemli bir elementtir (Egemen ve Sunlu, 1999). Doğal suların Ca⁺⁺ içeriği 150 mg/l'ye kadar ulaşabilirken, 25 mg/l civarında iken üretkenliğe maksimuma ulaşır, 12 mg/l'nin altında ise üretkenliğin iki kat azalacağı belirtilmektedir (Nisbet ve Verneaux, 1970; Bremond ve Vuichard, 1973). Apa Baraj Gölü'nde ortalama kalsiyum değeri 53.53 mg/l bulunmuştur ve normal değerler arasında yer almaktadır. Genellikle sudaki Ca⁺⁺ iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder. Bu nedenle sularda, çok değişik konsantrasyonlarda Ca⁺⁺ bulunabilir. Ca⁺⁺ suya sertlik özelliği veren en önemli iyonudur (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Apa Baraj Gölünde ortalama kalsiyum miktarına göre TS 266'nın maksimum değerinin altındadır. TS 266'da müsaade edilen maksimum kalsiyum değeri 200 mg/l'dir.

Magnezyum iyonu (Mg⁺⁺) suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Mg⁺⁺ klorofilin bileşiminde bulunduğu klorofilli bitkiler için yaşamsal önem taşır. Alg, mantar ve bakterilerde fosfor metabolizmasını düzenler. Göllerde Mg⁺⁺ oranının düşük olması gölün fitoplankton verimliliğini önemli ölçüde etkiler, bunun sonucunda göl oligotrofik özellik kazanır (Egemen, 2006). Doğal sularda Mg⁺⁺ 10-50 mg/l arasında değişir. Ortalama magnezyum değeri 10.78 mg/l'dir ve normal değerler arasındadır. TS 266'da Mg sınırı ise 50 mg/l'dir. Bu parametreye göre Apa Baraj Gölü balıkçılık açısından da uygundur. Kalsiyum/magnezyum oranı kirlenmemiş sularda 4-5/1'dir ve kirlenme durumunda bu oranda bozulmalar görülür (Hütter, 1984). Apa Baraj Gölü'nde de bu iki iyonun ortalama değerleri oranına bakıldığında 2010 yılının mart, nisan, mayıs, temmuz, ağustos aylarında ve 2011 temmuz ve ekim aylarında bu oran bozulmamış fakat diğer aylarda oran bozulmuştur. Bu oranın bozulması jeolojik kaynaklı olabileceği gibi yüzey sularının ve kirlenmeden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Potasyum suya tat veren inorganik tuzlardan biridir. Su ortamında K₂SO₄ şeklinde bulunan potasyum minerali, bitkisel organizmaların gelişmesinde rol oynayan besleyici bir elementtir. Planktonun gelişmesini hızlandırır. Balıkların beslenmesinde dolaylı olarak fayda sağlar (Özdemir, 1994). Doğal sularda potasyum konsantrasyonu genellikle 1-10 mg/l arasında değişim gösterir. TS 266'da belirtilen K⁺ değeri 12 mg/l'dir (TS 266, 2005). Potasyum tuzları fazla olunca balıklara toksik etki eder (Özdemir, 1994). Apa Baraj Gölü'nde potasyumun toksisitesi söz konusu değildir.

Suların önemli özelliklerinden biri olan sertlik, buldukları yerin jeolojik yapılarına göre değişir. Suların sertliği, başta kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları olmak üzere, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir (Güler ve

Çobanoğlu, 1997). Yapılan sertlik sınıflandırmasına göre (Yaramaz, 1992) Apa Baraj Gölü orta sert su özelliği göstermektedir.

Nisbet ve Verneaux (1970) elektriksel iletkenliğin tatlı sularda iyi bir üretim için 100-150 µmhos/cm arasında olmasının uygun bir durum olacağını tespit etmişlerdir. Diğer taraftan Boyd (1979) elektriksel iletkenlik için doğal sulardaki kriteri 20-1500 µmhos/cm olarak vermektedir. Welch (1952) ötrofik göllerin oligotrofik göllere göre elektrolit madde bakımından daha zengin olduğunu belirtmiştir. Çözünmüş mineral fazlalığı iletkenliğin değerini yükseltir. Özellikle Cl⁻ ve Na⁺ iyonlarının varlığı iletkenliği belirler. Katyon ve anyonların varlığı aynı zamanda alglerin büyüme ve gelişmesinde sınırlayıcı faktör olarak önemlidir. Tuzluluk değerlerinin artması, özellikle klorür yoğunluğunun fazla olması halinde tatlı su alglerinin ortadan kalktığı görülür (Morgan vd., 1995). Apa Baraj Gölünde ortalama EC miktarına göre TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. Fiziko-kimyasal sonuçların değerlendirilmesi
Table 4. Evaluation of Physico-chemical results

Parametreler	SKKY (2008)	Ötrofikasyon Sınır Değerleri	Organik Kirlenme Basamağı (Barlas 1995)	TS 266 (2005)
Sıcaklık	I. sınıf		-	
pH	I-III. sınıf	sınır değerinde	-	sınır değerinde
Çözünmüş Oksijen	I. sınıf	sınır değerinde	az kirlenmiş I-II. kalite sınıfı	
BOİ ₅	III. sınıf		çok kirli III. kalite sınıfı	
Nitrit	III. sınıf	sınır değerinin üzerinde	II-III. kirlenme basamağı	maksimum sınır değerinin altında
Nitrat	I. sınıf		II-III. kirlenme basamağı	maksimum sınır değerinin altında
Amonyum	I. sınıf		kritik kirlenmiş II-III. kalite sınıfı	maksimum sınır değerinin altında
Fosfat	II. sınıf	sınır değerinin altında	-	
Sülfat	I. sınıf		-	maksimum sınır değerinin altında
Klorür	I. sınıf		I. kirlenme basamağı	maksimum sınır değerinin altında
Kalsiyum	-		-	maksimum sınır değerinin altında
Magnezyum	-		-	maksimum sınır değerinin altında
Elektriksel İletkenlik EC	-		-	maksimum sınır değerinin altında
Bulanıklık	-		-	maksimum sınır değerinin üzerinde
Askıda Katı Madde AKM		sınır değerinin üzerinde	-	
Potasyum			-	maksimum sınır değerinin altında

Suyun şeffaflığı fitoplankton yoğunluğundan etkilense de, çamur ve organik enkazın suya karışmasının ve rüzgarlarla karıştırılmasının da etkili olduğu belirtilmiştir (Temponeras vd., 2000). Sulardaki bulanıklık öncelikle fitoplankton üretimini dolayısıyla da besin zincirini engellemektedir. Sularda 25 mg/l'nin altındaki değer normal temiz su olarak kabul edilir. 25-80 mg/l arasındaki süspansiyon halde madde bulunduran suların verimi düşmeye başlar. 80-400 mg/l arasında balık sayısı belli bir şekilde azalır. 400 mg/l'nin üzerinde ise balık verimi son derece düşüktür (Egemen ve Sunlu, 1999). Apa Baraj Gölü'nde yaptığımız ölçümlerde en yüksek bulanıklık değeri 2010 Eylül ayında 74.5 NTU olarak ölçülmüştür. En düşük ölçüm ise 2010 Temmuz ayında 1.02 NTU olarak ölçülmüştür. Ortalama olarak 20.52 NTU olarak ölçülmüştür. Bu değer normal değerler arasında gösterilmektedir ancak dönem dönem 25-80 mg/l arasında da olmuştur. Bu değişim mevsim değişimleri ile açıklanabilir. Ayrıca TS 266 (2005)'ya göre maksimum sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Suda bulunan askıda katı madde (AKM) miktarına etki eden faktörler fitoplankton yoğunluğu ve göle ulaşan sel sularıdır. AKM alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularda taşınır. Bunun sonucunda suyun bulanıklığı artar, ışık geçirgenliği azalır, fotosentez olayı olumsuz yönde etkilenir. Sedimentasyon sonucu tabanda yaşayan bentik canlıların substratları olumsuz etkilenir. AKM miktarının aşırı artması balıklarda solungaç gibi hassas dokuların zarar görmesine, yavru ve yumurta ölümlerine yol açmaktadır (Alabaster ve Lloyd, 1980). AKM değerinin 25-80 mg/l arası normal olduğu, 80 mg/l'nin üstündeki değerlerin sudaki canlılar açısından sakıncalı olabileceği belirtilmektedir.

Elde edilen bu değerlerin SKKY (2008)'de belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5-15 mg/l) çok üstünde olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak; Yeryüzünün herhangi bir noktasında bir yıl içinde hidrolojik döngü tarafından sağlanan su, o bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı olarak sınırlı bir miktardadır. Artan su ihtiyacı nedeniyle hızlanan su kirliliği, bu sınırlamayı etkilemektedir. Bunun sonucunda, insan yaşamı için vazgeçilmez bir unsur olan suyun, kullanıma uygun olan kısmı giderek azalmaktadır. Bu olumsuz gelişmenin önlenmesi için, su kirliliğinin ciddi bir biçimde kontrol edilmesi ve kullanım sonucunda niteliği bozulan suların artırılarak hidrolojik döngüye iade edilmesi gerekmektedir (Shelknanloymlan., vd, 2012). Apa Baraj Gölü, ekolojik özellikleri ve su kalitesi ile önemli bir tatlı su potansiyeline sahiptir. Baraj Gölünün depolama haznesi suyu berrak, koku yoktur fakat daha sık olan kısımlarda özellikle yaz aylarında bulanıklık ve koku yoğun olarak görülmüştür. Apa Baraj Gölü'nün suyu SKKY (2008), insanî tüketim amaçlı sular (TS 266, 2005) standartları, Ötrofikasyon Sınır Değerleri ve Organik Kirlenme Basamağı (Barlas, 1995) ile karşılaştırılmıştır (Tablo 4). SKKY (2008)'ya göre sıcaklık, çözünmüş oksijen, nitrat, amonyum, sülfat ve klorür I. sınıf (temiz sular) su kalitesindedir. Fosfat II. sınıf (az kirli sular), pH (I-III. sınıf), BOİ₅ ve nitrit III. sınıf (kirli) su kalitesindedir. Ötrofikasyon Sınır Değerlerine göre pH ve çözünmüş oksijen sınır değerinde, fosfat sınır değerinin altında, askıda katı madde (AKM) ve toplam azot (nitrit, nitrat, amonyum) sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Organik Kirlenme Basamağı (Barlas, 1995)'na göre çözünmüş oksijen az kirlenmiş ve I-II. kalite sınıfı, BOİ₅ çok kirli ve III. kalite sınıfı, amonyum kritik kirlenmiş II-III. kalite sınıfı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca nitrit ve nitrat II-III. kirlenme basamağı klorür ise I. kirlenme basamağı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). İnsanî tüketim amaçlı sular (TS 266, 2005) standartları bakımından pH sınır değerinde, bulanıklık maksimum sınır değerinin üzerinde ve nitrit, nitrat, amonyum, sülfat, klorür, kalsiyum, magnezyum, elektriksel iletkenlik, potasyum ise maksimum sınır değerinin altında olduğu bulunmuştur (Tablo 4). PCA analizine göre de parametrelerin birbirleriyle pozitif bir korelasyon içinde olduğunu göstermiştir. Gölde mevcut balık türü için su uygun bir ortamdır. Göl çevresinde çeşitli kuşların olduğu gözlemlenmiştir. Göl çevresinde ornitolojik araştırmalar yapılabilir. Apa Baraj Gölü'nde Selçuk Üniversitesinin tesisi bulunmaktadır. Bu tesis geliştirilebilir, ekoturizm kapsamında ve rekreasyonel amaçlı değerlendirilebilir. Yapılan araştırma süresi boyunca genel anlamda su kalitesi bakımından oldukça iyi durumda olduğu ve etrafta kirliliğe sebebiyet verebilecek bir endüstriyel kuruluşunun olmamasının avantajını yaşamakta ancak göl çevresinde tarımsal faaliyetler yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Bu durum ilerleyen zamanda gölün trofik yapısını ve su kalitesini negatif yönde değiştirebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje koordinatörlüğü tarafından 10101003 nolu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca bu çalışma doktora tezimin bir kısmıdır..

Kaynaklar

- Alabaster, J.S., Lloyd, R., 1980. Water Quality Criteria for freshwater Fish, Butterworths. 297 p, London-Boston.
- APHA, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. American Public Health Association. Washington, DC.
- Akbulut, A., Yıldız, K., 2001. The distribution and planktonic algae except Bacillariophyta of Lake Mogan (Ankara). Gazi University J. İnsti., Sci. Technol. 14 (3). 723-739.
- Akköz, C., Özçelik, M., 2008. The Investigation Of The Water Of The Apa Dam Lake from The Bacteriological and Chemical Aspects, Blacksea International Environmental Symposium. Vol.2,P 370-392. BIES'08, August 25 to 29. Giresun.
- Anonim, 1998. Ankara Kentine İçme Suyu Sağlayan Baraj Gölleri ve Havzasında Su Kalitesi. Araştırma Raporu, Ankara, 86 s.
- Atıcı, T., Obalı, O., 1999. Susuz Göleti (Ankara) Algleri ve Su Kalite Değerlendirmesi: G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 19, Sayı 3, 99-104.
- Atıcı, T., 2004. Sarıyar Barajı Planktonik Algleri Kısım: I – Cyanophyta, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. Cilt II. Sayı XII. 88-98.
- Barlas, M., 1995. Akarsu Kirlenmesinin Biyolojik ve Kimyasal Değerlendirilmesi ve Kriterleri. In: Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Ürünleri Sempozyumu Bildirileri, Erzurum. 465-479.
- Baykal T.,Yıldız K., 2006. Çamlıdere Baraj Gölü Bacillariophyta Dışı Algleri, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 20:63-77.
- Boyd, C.E., 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Craftmaster Printers Inc. Alabama. 401 p.
- Boztuğ, D., Dere, T., Tayhan, N., Yıldırım, N., Danabaş, D., Yıldırım, C, N., Önal, Ö, A., Danabaş, S., Ergin, C., Uslu, G., Ünlü, E., 2012. Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2 (2), 93-106.
- Bremond, R., Vuichard, R., 1973. Parameters de la qualite des eaux: Ministere de la Protection de la Nature et de Environnement. Documentation. Française. Paris.
- Cirik, S., Cirik Ş., 2005. Limnoloji (Ders Kitabı). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın. No: 21. Ege Üniv. Basımevi, Bornova/İzmir.

- DSİ., 2014a, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> [7 Ocak 2014]
- DSİ, 2014b, <http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi-istatistikler> [7 Ocak 2014]
- Egemen, Ö., Sunlu, U., 1999. Su Kalitesi (Ders Kitabı). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. Yayın No:14. E. Ü. Basımevi, Bornova/İzmir.
- Giritlioğlu, T., 1975. İçme Suyu Kimyasal Analiz Metotları. İller Bankası Yayını, No: 18. Ankara.
- Güler, İ., Çobaoğlu, Z., 1997. Su kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. No: 43. 1. Baskı. 92 s. Ankara. ISBN 975-7572-60-8.
- Henry, R., Tundisi, J.G., Curi, P. R., 1984. Effects of phosphorus and nitrogen enrichment on the phytoplankton in a tropical reservoir. *Hydrobiologia*. 118: 177-85.
- Hütter, A. L., 1984. Laborbücher Chemie. Wasser Und Wasseruntersuchung. 2.. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin. München.
- Kalyoncu H., Barlas M., Ertan Ö. O., Çavuşoğlu K., 2005. Aksu Çayının su kalitesi değişimi üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Endüstri Dergisi. 9-1.37-45.
- Mert, R., Bulut, S., Solak, K., 2006. Some Biological Properties Of The *Squalius Cephalus* (L., 1758) Population Inhabiting Apa Dam Lake İn Konya (Turkey). *Afyon Kocatepe University Journal Of Science*, 6 (2): 1-12. Afyonkarahisar.
- Mert, R., Bulut, S., Solak, K., 2008. Apa Baraj Gölü'nün (Konya) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 02, 1-10s.
- Morgan, L.V., Robert, G. and Timoty E.J., 1995. Morphometric Analysis of *Batrachospermum* (Rhodophyta) Type Specimens. *European Journal of Phycology*. 30, 35-55.
- Moss, B., 1998. "Ecology of freshwaters: Man and Medium. Past To Future". Third edition. Blackwell Science. Oxford.
- Mutluay, H., Demirak, A., 1996. Su Kimyası. İstanbul Üniv. Su Ürünleri Fak.. İstanbul.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. 352 p. London.
- Nisbet, M., Verneaux, J. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interpretation des analyses chimiques: *Annales de Limnologie*. 6(2): 161- 190.
- Özdemir, N., 1994. Tatlı ve tuzlu sularda alabalık üretimi. *Fırat Üniversitesi Yayınları*, no: 35. 228 s. Elazığ.
- Reynolds, C.S., 1993. The Ecology of Freshwater Phytoplankton. Chambridge Univ. 384 p.
- Schwörbel, J. 1987. Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag. 269 p. Stuttgart.
- Shelknanloymılan, L., Atıcı, T., Obalı, O., 2012. Sentetik ve Organik maddelerle kirlenmiş Atık Sulardan *Choleralla vulgaris* yardımıyla azot ve fosfatın uzaklaştırılması. *Biological Diversity and Conservation*. 5/2 .89-94.
- SKKY, 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Tanyolaç, J. 2009. Limnoloji (Tatlısu Bilimi). Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.
- Taş, B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji*, 15, 61, 6-15.
- Taş, B., 2011. Gaga Gölü (Ordu. Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi/The Black Sea Journal of Sciences*. İlkbahar/Spring 2011 Yıl/Year: 2 Cilt/Volume: 1 Sayı/Number: 3 Sayfa/Page 43-61.
- Temponeras, M., Kristiansen, J. and Moustaka-Gouni, M., 2000. Seasonal Variation in Phytoplankton Composition and Physical-Chemical Features of The Shallow Lake Doirani. *Macedonia. Greece. Hydrobiologia*. 424. 109-122.
- TS 266., 2005. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik. Sular-içme ve kullanma suları. Türk Standartları. Ankara.
- Uslu, O., Türkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi. 1. Ankara. 364s.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M. S., 2008. Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 23 (1): 119-127.
- Wehr, J. D., Sheath, R. G., 2003. Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Aquatic Ecology Series. Academic Press. 918 pp.
- Welch, P.S., 1952. Limnology. 2nd.ed. McGraw-Hill. Newyork.
- Yaramaz, Ö., 1992. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksek Okulu Yayınları. No:4. Bornova. İzmir.
- Yılmaz, F., 2004. Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Ekoloji*. 13. 50. 10-17.

(Received for publication 26 February 2014; The date of publication 15 August 2014)