

## ULUABAT GÖLÜ FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN YÖNETMELİKLER ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

*Ayşe ELMACI\**

*Fatma Olcay TOPAÇ\**

*Arzu TEKSOY\**

*Nihan ÖZENGİN\**

*Hüseyin Savaş BAŞKAYA\**

**Özet:** Uluabat Gölü zengin tür çeşitliliğine sahip bir sulakalan olmasından ötürü, Türkiye’de koruma altına alınan on iki RAMSAR alanından biri olarak kabul edilmiştir. Göl suyunun zengin besin elementi içeriği Uluabat Gölü’nün biyolojik üretkenliği yüksek bir göl olarak karakterize edilmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, belirlenen fizikokimyasal parametreler su kalite standartlarını içeren çeşitli ulusal ve uluslar arası yönetmeliklerin sınır değerleriyle kıyaslanarak, Uluabat Gölü su kalitesi bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Uluabat Gölü su kalitesinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’ne (SKKY) göre IV. sınıf kalitede bir su olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliği (SÜY) ile karşılaştırıldığında; gölde belirlenen amonyum iyonu, magnezyum, bakır, kadmiyum ve çinko değerlerinin kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA) Su Kalite Kriterlerine göre; kadmiyum, bakır, çinko, krom ve kurşun değerlerinin tatlı sular için belirtilen maksimum konsantrasyon kriterlerinin ve sürekli konsantrasyon kriterlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen parametrelerin dışında kalanların kıyaslanan yönetmelik limitlerinin altında olduğu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fizikokimyasal parametreler, sulakalan, Uluabat Gölü, yönetmelikler.

### Evaluation of Physicochemical Characteristics of Lake Uluabat in Accordance with Guidelines

**Abstract:** Lake Uluabat was designated as one of the twelve RAMSAR Convention sites in Turkey, due to being an important wetland with its rich biodiversity. High nutrient content of lake water enables Lake Uluabat to be characterized by fairly high biological productivity. In this study, the overall evaluation of lake water quality was done by comparing the determined physicochemical parameters and the limit values from several national and international legislations implementing water quality standards. The water quality of Lake Uluabat appears to be fourth class water quality according to Turkish Water Pollution Control Regulations (TWPCR). The determined values of ammonia ion, magnesium, copper, cadmium and zinc are higher than the acceptable values of Fishery Products Guidelines (FPG) of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. According to United States Environmental Protection Agency (USEPA) Water Quality Criteria, the values of cadmium, copper, zinc, chromium and lead are higher than the criteria maximum concentration and the criterion continuous concentration for freshwater. Determined parameters other than the above mentioned ones are lower than the limit values of the compared guidelines.

**Key Words:** Guidelines, Lake Uluabat, physicochemical parameters, wetland.

## 1. GİRİŞ

Sulak alanlar ekolojik oluşumları açısından önemli fonksiyonlara sahiptirler ve çevrelerinde yaşayan insanlar için çeşitli değerler taşırlar. Su kuşlarına barınma, üreme, beslenme, konaklama ve kışlama ortamı olması yanında; su akışının düzenlenmesi, sulak ortamların beslenmesi, besin zincirinin kontrolü, biyolojik çeşitliliğin korunması, balıkçılık ve avcılığın sürdürülmesi, dinlenme, turizm ve

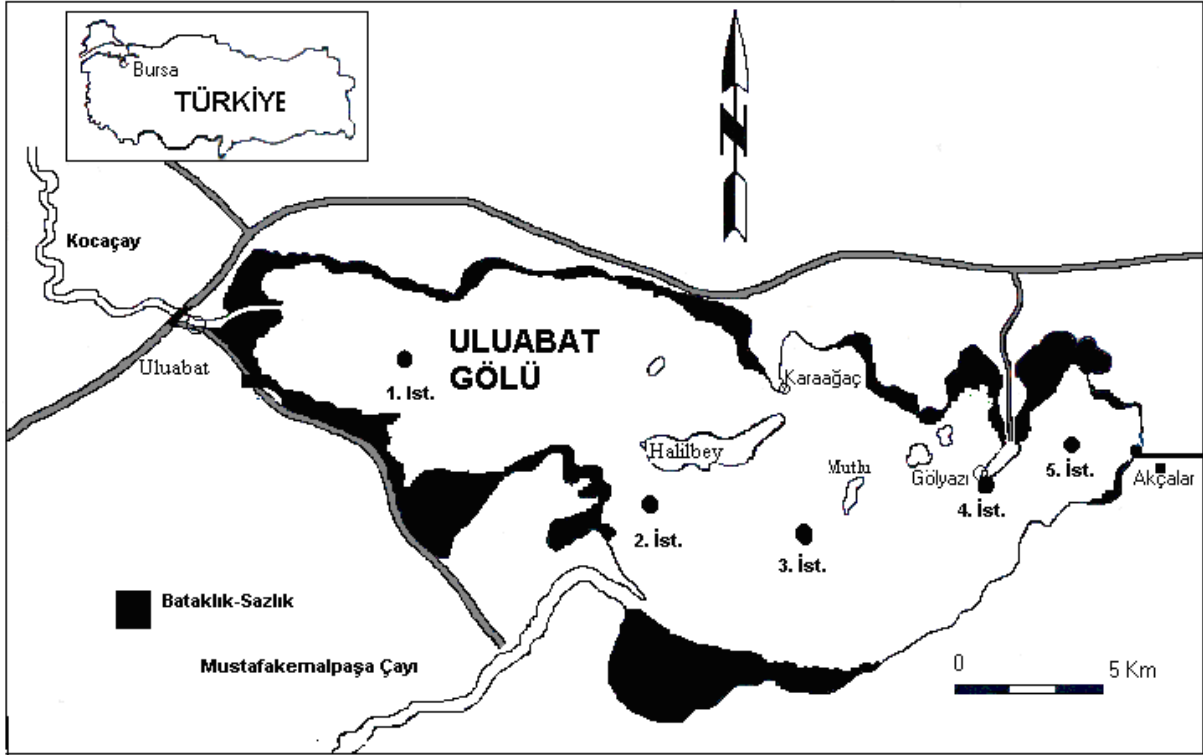
\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, BURSA.

bilimsel araştırma gibi çok yönlü fonksiyonlara sahip olan sulak alanlar; kirlenme, aşırı ve plansız kullanım nedenleriyle en çok tehdit altında olan doğal sistemlerdir. Bu özellikleri itibari ile buldukları bölgenin ve ülkenin doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilmekte ve mutlak korunması gereken ekosistemlerin başında gelmektedirler (Anonim, 2007a).

Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Marmara Bölgesi'nde, 40°10' kuzey ve 28°35' doğu koordinatları arasında yer alan Uluabat Gölü sucul ekosistem yönünden Türkiye'nin en zengin göllerinden biridir. Önceki yıllarda yapılan çalışmalara göre gölün, 1984'de 133,1 km<sup>2</sup>, 1993'de 120,5 km<sup>2</sup> ve 1998'de 116,8 km<sup>2</sup> yüzey alanına sahip olduğu belirtilmektedir (Aksoy ve Özsoy, 2002). Gölü besleyen kaynak Mustafakemalpaşa Çayı'dır ve gölün güneyinden giriş yapar. Gölün çıkışı ise Koca Çay ile gölün batısından gerçekleşmektedir ve nihayetinde Marmara Denizi'nde son bulur. Ancak, boşalım ayağı her zaman gölü drene edemez, bazı özel hallerde Koca Çay'ın akışı, gölü besler yönde ters doğrultudadır. Uluabat Gölü, Türkiye'nin en geniş nilüfer yataklarına sahip olup, bu yataklar özellikle gölün kuzeydoğu kıyılarında ve Mustafakemalpaşa Çayı'nın göle giriş ağzında çok geniş alanları kaplamaktadır (Anonim, 2001). Uluabat Gölü doğal ötrofik ve sığ bir göldür. Mevsimlere bağlı olarak değişen bir su seviyesine sahiptir. Bu değişimin ana sebebi Mustafakemalpaşa Çayı'nın debisindeki değişimlerdir. Bunun yanında yüksek orandaki buharlaşma, yağış rejimi ve göl suyunun sulama amaçlı kullanımı da mevsimsel olarak göl seviyesinde yüksek salınım gözlenmesinin diğer nedenlerindedir (Anonim, 2007a). Anadolu'ya kuzeybatıdan giren kuş göç yolu üzerinde yer alması, önemli kuş alanlarından Manyas Gölü'ne çok yakın mesafede bulunması, besin maddelerince oldukça zengin olması ve uygun iklim koşullarının var oluşuyla değişik türden kalabalık kuş gruplarının alanda beslenmesine, kışlamasına ve üremesine olanak sağlaması Uluabat Gölü'nü yalnızca ülkemizin değil, Avrupa ve Ortadoğu'nun da en önemli sulakalanlarından birisi yapmaktadır (Salihoğlu ve Karaer, 2004; Welch ve Gem, 2009). Bu öneminden dolayı, 1998 yılında Çevre Bakanlığı tarafından RAMSAR koruma bölgesi olarak belirlenip koruma altına alınmış, ardından 4. Uluslararası EXPO 2000 konferansında Uluslararası Yaşayan Göller Ağı arasına dahil edilmiştir (Karaer ve diğ., 2009; Anonim, 2007b).

Uluabat Gölü üzerine çeşitli alanlarda yapılan araştırmalar literatürde yer almaktadır. Schot ve diğ. (1998) Uluabat Gölü'nün hidrolojisi ve ekolojisini, Alkan ve diğ. (1999) mikrobiyolojik kirlilik seviyesini, Karacaoğlu (2000) ve Dalkıran (2000) fitoplanktonunun ve epipelik, epifitik ve epilitik alglerinin mevsimsel değişimini, Altınsacılı ve Griffiths (2001) Ostracoda faunasını incelemişlerdir. İnan ve diğ. (1997) ile Demir ve diğ. (1998) gölün çevresel sorunları ve çözüm önerilerini, Salihoğlu ve Karaer (2004) gölün ekolojik risk değerlendirmesini ve problemlerin çözümlerini araştırmışlardır. Yenilmez ve Aksoy (2007), WASP7.2 modelini kullanarak Uluabat Gölü su kalite modellemesini çalışmışlardır. 2003-2007-2011 yıllarına kapsayan Uluabat Gölü Sulakalan Yönetim Planı hazırlanmıştır (Anonim, 2007a). Welch ve Gem (2009) ile Karaer ve diğ. (2009) Uluabat Gölü yönetim planını değerlendirerek gölün sorunlarını ve gölün kirlilik durumunu ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada, daha önce gerçekleştirilen çalışma sonuçlarımızdan (Elmacı ve diğ., 2007; Elmacı ve diğ., 2008) da faydalanılarak, Uluabat Gölü'nde belirlenen fizikokimyasal parametreler su kalite standartlarını içeren ulusal ve uluslararası yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılarak gölün durumu bir bütün halinde değerlendirilmiştir.



Şekil 1:  
Uluabat Gölünün ve örnekleme istasyonlarının genel görünümü  
(Aksoy ve Özsoy 2002'den alınarak uyarlanmıştır).

## 2. ULUABAT GÖLÜ

### 2.1. Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Uluabat Gölü'nde Şubat 2003-Ocak 2004 tarihleri arasında tespit edilmiş olan 5 istasyondan (Şekil 1) aylık olarak alınan su örneklerinde belirlenen parametrelerin ortalama değerleri ile karşılaştırılan yönetmeliklerin kalite sınıf ve kabul edilebilir tolere değerleri Tablo I'de verilmektedir.

Yüzeysel sularında sıcaklık parametresi, birçok tür için kritik sıcaklık değeri farklı olduğundan önemli bir değişkendir. Örnekleme süresi boyunca, Uluabat Gölü'nün sıcaklık değerleri beklenen mevsimsel değişimi göstermiş, istasyonlar arasında belirgin sıcaklık farkı gözlenmemiştir. Kagalou ve diğ. (2001) ve Sivri ve diğ. (2007)'nin çalışmalarında da Uluabat Gölü'ndekine benzer bir sıcaklık değişimi görülmüştür. Göl suyu pH değerinin 7'den büyük olması gölde alkali koşulların dominant olduğunu göstermektedir (Karafistan ve Arık-Colakoglu, 2005). Uluabat Gölü'nde pH'nın 7'den yüksek olarak belirlenmesi (8,69±0,16) muhtemelen karbonat ve bikarbonat içeriğinden kaynaklanmaktadır. Göl derinliğinin ortalama değeri 268,4±106,8 cm'dir. Mustafakemalpaşa havzasında ve göl havzası çevresinde göl suyunun sulama suyu olarak kullanılması, su seviyesinin özellikle yaz aylarında azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, buharlaşmadaki artış ve yağış yoğunluğundaki azalış da su seviyesinin düşmesine neden olan diğer iki faktördür (Anonim, 2007a). Gölün yıllık ortalama seki disk derinliği 54,42±21,47 cm olarak ölçülmüştür. Suyun elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi suda bulunan çözülmüş madde miktarı hakkında güvenilir bilgi sağlamaktadır. Uluabat Gölü'nün elektriksel iletkenlik değeri (555,75±68,16  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) gölün yumuşak sular ile sert sular sınıfı arasında yer aldığını göstermektedir (Hütter, 1992). Toplam çözülmüş madde miktarı ise 309,74±130,4  $\text{mg l}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Askıda katı maddeler güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyerek fotosentezi etkiler ve sudaki çözülmüş oksijenin azalmasına neden olurlar. Ayrıca dibe çökerek tabanda yaşayan bentik canlıların yaşam ortamlarını olumsuz etkilerler (Ünlü ve diğ., 2008). Uluabat Gölü'nün askıda katı madde miktarı (38,27±40,69  $\text{mg l}^{-1}$ ) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Tablo II'de verilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5-15  $\text{mg l}^{-1}$ ) üzerinde çıkmıştır (Anonim 2004).

**Tablo I. Uluabat Gölü fizikokimyasal parametreleri ve karşılaştırılan yönetmelik değerleri.**

Parametreler	Yıllık ort. $\pm$ SS <sup>a</sup>	SKKY 2004 <sup>b</sup>				SKKY, Tek. Usül. Teb., 1991 <sup>c</sup>					SÜY 2005 <sup>d</sup>	USEPA 2006 <sup>e</sup>	
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	Tolere değer	CMC	CCC
Sıcaklık (°C)	16,36 $\pm$ 7,47	25	25	30	> 30	30	30	35	40	>40	-	-	-
pH	8,69 $\pm$ 0,16	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,0	<6 - >9	-	-	-
Derinlik (cm)	268,4 $\pm$ 106,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seki disk derinliği (cm)	54,42 $\pm$ 21,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektriksel iletkenlik ( $\mu$ S $\text{cm}^{-1}$ )	555,75 $\pm$ 68,16	-	-	-	-	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000	-	-	-
Çözünmüş oksijen (mg l <sup>-1</sup> )	7,62 $\pm$ 1,99	8	6	3	< 3	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam azot (mg l <sup>-1</sup> )	84,94 $\pm$ 66,13	0,5	1,5	5	>5	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrat iyonu (NO <sub>3</sub> ) (mg l <sup>-1</sup> )	2,79	-	-	-	-	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50	4.2	-	-
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N) (mg l <sup>-1</sup> )	0,63 $\pm$ 0,50	5	10	20	> 20	-	-	-	-	-	-	-	-
Amonyum iyonu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	0,66	-	-	-	-	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50	0.02	-	-
Amonyum azotu (NH <sub>4</sub> -N) (mg l <sup>-1</sup> )	0,52 $\pm$ 0,49	0,2	1	2	> 2	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam fosfor (mg l <sup>-1</sup> )	1,11 $\pm$ 3,01	0,02	0,16	0,65	> 0,65	-	-	-	-	-	-	-	-
Orto-fosfat iyonu (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-
Orto-fosfat fosforu (PO <sub>4</sub> -P) (mg l <sup>-1</sup> )	0,07 $\pm$ 0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalsiyum (Ca <sup>++</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	44,17 $\pm$ 21,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	-	-
Magnezyum (Mg <sup>++</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	37,83 $\pm$ 9,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-
Sodyum (Na <sup>+</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	9,64 $\pm$ 2,78	125	125	250	> 250	-	-	-	-	-	85	-	-
Potasyum (K <sup>+</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	3,28 $\pm$ 0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
Klorür (Cl <sup>-</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	20,45 $\pm$ 4,59	25	200	400	> 400	0-142	142-249	249-426	426-710	>710	170	-	-
Karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	45,03 $\pm$ 20,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	181,07 $\pm$ 47,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (mg l <sup>-1</sup> )	54,80 $\pm$ 29,97	200	200	400	> 400	0-192	192-336	336-575	575-960	>960	90	-	-
Sertlik (mg l <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	140,94 $\pm$ 14,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biyolojik oksijen ihtiyacı (mg l <sup>-1</sup> )	21,21 $\pm$ 6,60	4	8	20	> 20	0-25	25-50	50-100	100-200	>200	-	-	-
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg l <sup>-1</sup> )	35,74 $\pm$ 10,66	25	50	70	> 70	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam çözünmüş madde (mg l <sup>-1</sup> )	309,74 $\pm$ 130,4	500	1500	5000	>5000	-	-	-	-	-	-	-	-
Askıda katı madde (mg l <sup>-1</sup> )	38,27 $\pm$ 40,69	-	-	-	-	20	30	45	60	>100	-	-	-
Toplam tuz konsantrasyonu (mg l <sup>-1</sup> )	333,45	-	-	-	-	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100	-	-	-
Sodyum adsorpsiyon oranı	1,50	-	-	-	-	<10	10-18	18-26	>26	-	-	-	-
Bor (B) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	959,2 $\pm$ 30	1000	1000	1000	> 1000	0-500	500-1120	1120-2000	> 2000	-	3000	-	-
Bakır (Cu) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	141 $\pm$ 50	20	50	200	> 200	200				10	13	9	
Kurşun (Pb) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	25 $\pm$ 3	10	20	50	> 50	5000				100	65	2,5	
Krom (Cr) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	21 $\pm$ 24	20	50	200	> 200	100				100	16	11	
Kadmium (Cd) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	40 $\pm$ 20	3	5	10	> 10	10				10	2	0,25	
Nikel (Ni) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	22 $\pm$ 7	20	50	200	> 200	200				300	470	52	
Çinko (Zn) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	130 $\pm$ 50	200	500	2000	> 2000	2000				3	120	120	
Arsenik (As) ( $\mu$ g l <sup>-1</sup> )	45 $\pm$ 10	20	50	100	> 100	100				100	340	150	

a: Elmacı ve diğ., 2007; Elmacı ve diğ., 2008

b: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), Tablo I., (Anonim, 2004).

c: SKKY Teknik Usüller Tebliği, Tablo IV. ve Tablo V., (Anonim, 1991).

d: Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliği (SÜY), Ek 5., (Anonim, 2005).

e: Amerika Çevre Koruma Ajansı (USEPA) Su Kalite Kriterleri, (Anonim, 2006).

Çözünmüş oksijenin sudaki varlığı, sucul hayatın devamı ve suyun estetik kalitesi açısından temel öneme sahiptir (Dişli ve diğ., 2004). Tablo I'de görüldüğü gibi, Uluabat Gölü'nün ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg l<sup>-1</sup>'nin üzerinde olup sucul yaşamı desteklemek için yeterlidir. ÇO değerlerinin doğal olarak yaz aylarında azalırken kış aylarında arttığı gözlenmiştir.

Genel olarak yüzeysel sulardaki nitrat konsantrasyonunun 0,4-8 mg l<sup>-1</sup> arasında (Nitrat-N olarak 0,09-1,8 mg l<sup>-1</sup> arasında) olduğu literatürden (Hütter, 1992) bilinmektedir. Uluabat Gölü'nde ölçülen nitrat azotu değerleri bu limit değerler arasında yer almaktadır ve bu da su kütlesinde önemli derecede nitrat kirliliği riskinin olmadığını göstermektedir. Uluabat Gölü'nde belirlenen amonyum azotu değerinin (0,52 $\pm$ 0,49 mg l<sup>-1</sup>) genel olarak yüzeysel sularda belirlenen NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N konsantrasyonunun (<0,1 mg l<sup>-1</sup>) (Hütter, 1992) üzerinde olması göl çevresindeki yerleşim yerlerinden ve tarım arazilerinden evsel veya tarımsal kökenli bir bulaşmanın olduğunu düşündürmektedir. Fosfor, su ortamlarında

çok yönlü ve karmaşık kimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biridir. Özellikle fotosentez yapan ototrof ve heterotrof organizmaların büyümelerinde sınırlayıcı olan fosfor suda yeterli miktarda bulunmuyorsa büyümelerini engeller (Ünlü ve diğ., 2008). Sularda fosfor çeşitli fosfor türleri şeklinde bulunur. Ortofosfat çoğu göllerdeki temel fosfat kaynağıdır, ayrıca pek çok bitki ve mikroorganizma tarafından kullanılabilen tek fosfat bileşiğidir (Dişli ve diğ., 2004; Taş, 2006). Uluabat Gölü'nde ölçülen ortofosfat fosforu konsantrasyonu  $0,07 \pm 0,003 \text{ mg l}^{-1}$ 'dir. Yıllık ortalama toplam fosfor konsantrasyonu ise  $1,11 \pm 3,01 \text{ mg l}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Göldeki toplam fosfor miktarının SKKY Tablo II'deki ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerini ( $0,005-1,0 \text{ mg l}^{-1}$ ) aştığı görülmektedir (Anonim, 2004). Bunun başlıca sebebinin; göl çevresindeki yerleşim yerlerinden göle bırakılan evsel atıksular, tarımsal atıklar ve fosseptiklerden gelen sızıntı suları olabileceği düşünülmektedir.

Sulama sularında genellikle sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları bulunur. Sodyum içeriği yüksek sularla sulama yapıldığında sodyum, kalsiyum ve magnezyumla yer değiştirerek toprağın yapısını ve geçirimliliğini olumsuz yönde etkiler ve alkali toprakların oluşmasına yol açar (Ünlü ve diğ., 2008; Uslu ve Türkman, 1987). Sodyum tuzu konsantrasyonu doğal sularda  $2-100 \text{ mg l}^{-1}$  arasında değişmektedir (Tepe, 2009). Uluabat Gölü'nde ölçülen yıllık ortalama sodyum değeri  $9,64 \pm 2,78 \text{ mg l}^{-1}$ 'dir. Göl suyunun sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde en uygun parametre sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)'dır. Uluabat Gölü'nde bu oran 1,50 olarak hesaplanmıştır. SAR'nın 8'den küçük olması bu açıdan göl suyunun sulama suyu olarak kullanılmasında sakınca olmadığını göstermektedir (Uslu ve Türkman, 1987). Potasyum miktarı da sodyuma benzer olarak değerlendirilebilecek bir kirlilik parametresidir. Potasyum doğal sularda  $1-10 \text{ mg l}^{-1}$  arasında değişim gösterir (Tepe, 2009) ve Uluabat Gölü'nde yıllık ortalama potasyum değeri  $3,28 \pm 0,76 \text{ mg l}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Nispeten yüksek potasyum konsantrasyonlarının ( $>1-2 \text{ mg l}^{-1}$ ) belirlenmesi, öncelikle civardaki arazilerden yağışlarla potasyumlu gübrelerin yıkanmasıyla açıklanabilir (Hütter, 1992). Kalsiyum birçok canlı iskeletinin temelini oluşturduğu için biyolojik açıdan önem taşır. Magnezyum ise klorofil molekülünün önemli bir bileşeni olması bakımından ayrıca önemlidir (Taş, 2006). Düşük magnezyum derişimi gölün fitoplankton verimliliğini önemli ölçüde etkiler (Egemen, 2006). Araştırma alanında ortalama  $\text{Ca}^{++} 44,17 \pm 21,79 \text{ mg l}^{-1}$  ve  $\text{Mg}^{++} 37,83 \pm 9,04 \text{ mg l}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bu iki iyon birlikte suyun sertliğini oluşturan başlıca elementlerdir ve suda önemli bir kalite faktörünü oluştururlar (Taş, 2006). Yüksek derişimleri içme, endüstri ve sulama suyu olarak kullanımını kısıtlamaktadır (Dişli ve diğ., 2004). Uluabat Gölü'nün sertliği  $140,94 \pm 14,61 \text{ mg l}^{-1} \text{ CaCO}_3$  değeriyle orta sert su olarak sınıflandırılabilir (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005).

Klorür içeriği, sularda mineral içeriğinin fazla olması anlamına gelir. Doğal sularda bulunan klorür anyonu suyun temasta olduğu jeolojik formasyonlardan kaynaklanmaktadır. Öte yandan sudaki klorür endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan kirliliğin göstergesi olabilir ya da tuzlu suların tatlı sulara, akiferlere karışması sonucu artabilir (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005; Ünlü ve diğ., 2008; Dişli ve diğ., 2004). Uluabat Gölü'nde ölçülen klorür değeri ( $20,45 \pm 4,59 \text{ mg l}^{-1}$ ) doğal sularda kirliliğin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Yalçın ve Sevinç, 1993). Sulardaki tuzluluk klorürden, esas olarak da sodyum klorürden kaynaklanır. Sulama sularında yüksek konsantrasyonda tuz bulunması istenmez, çünkü çoraklaşmayı hızlandırır (Taş 2006). Uluabat Gölü'nde hesaplanan toplam tuz konsantrasyonu ( $333,45 \text{ mg l}^{-1}$ ) göl suyunun orta tuzlulukta olduğunu göstermektedir (Uslu ve Türkman, 1987; Anonim, 1991).

Doğal sularda biyolojik verimin artması için ortamda sülfatın bulunması gerekir. Sülfatın ortamda yeterince bulunmaması fitoplankton gelişimini engeller ve bitkilerin büyümesini yavaşlatır. Doğal göllerin sülfat değerleri  $3-30 \text{ mg l}^{-1}$  arasındadır (Taş, 2006; Atıcı ve diğ., 2005). Uluabat Gölü'ndeki ortalama sülfat iyonu konsantrasyonu ( $54,80 \pm 29,97 \text{ mg l}^{-1}$ ) gölün çevresinin ziraate ve yerleşime açık olması nedeniyle buralardan göle sülfat girişi olduğunu düşündürmektedir.

Bazı durumlarda doğal sular, önemli miktarda karbonat ve hidrosit alkalinitesi içerebilir. Bu duruma özellikle alglerin ürettiği yüzeysel sularda rastlanır. Algler sudaki serbest veya iyonize haldeki karbondioksiti kullanırlar ve dolayısı ile suyun pH'sını 9-10'a kadar yükseltirler (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005). Mansour ve Sidky (2003) çalıştıkları değişik göllerin ortalama pH 8'le hafif alkali olduklarını tespit etmişlerdir. Quarun Gölü'nde karbonat anyonlarının bikarbonatlardan daha düşük seviyede olduğu saptanmıştır. Suları alkali reaksiyon gösteren göllerde genellikle yaygın olarak gözlenen bu durum Uluabat Gölü'nde de geçerlidir (Tablo I).

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) parametresi, alıcı sular üzerindeki organik kirlilik etkisinin genel bir ölçümü olarak kabul edilmektedir. Uluabat Gölü'nün yüksek BOİ değeri ( $21,21 \pm 6,60 \text{ mg l}^{-1}$ ), göle önemli derecede organik kirlilik yükü girişi olduğuna işaret eder (Usha ve diğ., 2006). Ayrıca yüksek BOİ konsantrasyonları, sudaki doymuş oksijen değerlerinin anaerobik koşullar oluşuncaya kadar düşmesi durumunda tehlikeli olmaktadır (Dişli ve diğ., 2004). Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) parametresi, BOİ parametresine benzer ancak ondan farklı olarak organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlarla değil redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır. Uluabat Gölü'nün ortalama KOİ değeri  $35,74 \pm 10,66 \text{ mg l}^{-1}$ 'dir ve genel olarak literatürde de belirtildiği gibi, KOİ değerleri BOİ değerlerinden yüksek olarak gözlemlenmiştir (Dişli ve diğ., 2004). Yüksek KOİ/BOİ oranı organik maddenin mikroorganizmalar tarafından ayrışmayan aşırı miktarının ifadesidir. Uluabat Gölü'nde her bir istasyon için KOİ/BOİ oranının çok farklı olmaması (sırasıyla 1,2; 1,69; 1,09; 1,7 ve 1,62) göle giren organik madde yapısının ve dağılımının benzer olduğunu göstermektedir.

Su örneklerinde belirlenen ortalama ağır metal konsantrasyonları Tablo I'de görülmektedir. Suda krom birikimine neden olan en önemli faktörler plastik, kanalizasyon ve foseptik atıklarıdır (Duman ve diğ., 2007). Tatlı sularda, krom konsantrasyonu  $0,1-117 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  arasında değişmektedir (Shanker ve diğ., 2005). Uluabat Gölü'ndeki yıllık ortalama krom konsantrasyonu  $21 \pm 24 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ 'dir. Bakır ekosisteme evsel aletler, ağaç ve metal işletmeleri, pestisit uygulamaları, gübre ve kanalizasyon atıkları gibi birçok kaynaktan gelmektedir (Duman ve diğ., 2007). Uluabat Gölü'nde bakır değeri  $141 \pm 50 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ 'dir. Nikel temel olarak metal işletmelerinden ve kanalizasyon tanklarından kaynaklanır. Göl ve nehirlerde nikel konsantrasyonunun genelde düşük seviyede bulunduğu belirtilmektedir (Duman ve diğ., 2007). Uluabat Gölü'nde belirlenen nikel konsantrasyonu  $22 \pm 7 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ 'dir. Çinko, organizmalar için önemli bir maddedir. Hücrelerin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünde önemli kritik role sahiptir. Gen ekspresyonunda ve büyümede rol alır (Clearwater ve diğ., 2002). Uluabat Gölü'nde çinkonun  $130 \pm 50 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. Kadmiyum, plastik, fosil yakıtlar, metal işletmeleri, gübre ve foseptik gibi birçok kaynaktan gelmektedir. Kolayca alınıp besin zincirine giren ve eser bir element olan kadmiyum (Jain 2004), çinko gibi besleyici elementlerin alımına engel olabilir (Charles ve diğ., 2001). Uluabat Gölü'nde ölçülen kadmiyum miktarı  $40 \pm 20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ 'dir.

## 2.2. Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Yönetmelikler Çerçevesinde Değerlendirilmesi

Uluabat Gölü'nün belirlenen fizikokimyasal özellikleri SKKY Tablo I. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde yer alan sınır değerlerle kıyaslandığında (Tablo I), gölün yıllık ortalama su sıcaklığı, nitrat azotu, sodyum, klorür, sülfat ve toplam çözünmüş madde konsantrasyonu açısından I. sınıf; çözünmüş oksijen, amonyum azotu ve kimyasal oksijen ihtiyacı açısından II. sınıf; pH açısından III. sınıf; biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam azot ve toplam fosfor açısından ise IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu görülmektedir (Anonim, 2004; Elmacı ve diğ., 2008). Bunun yanı sıra, göl suyu örnekleri ağır metaller açısından değerlendirildiğinde ise; bor, çinko, nikel ve krom açısından I. sınıf; arsenik açısından II. sınıf; bakır ve kurşun açısından III. sınıf; kadmiyum açısından IV. sınıf olduğu ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2004; Elmacı ve diğ., 2007).

SKKY Teknik Usuller Tebliği Tablo IV ve Tablo V'de (Anonim, 1991) yer alan sulama suyu sınıflandırmasına göre (Tablo I); sıcaklık, klorür, sülfat, biyolojik oksijen ihtiyacı, sodyum adsorbsiyon oranı, amonyum ve nitrat iyonu açısından I. sınıf; elektriksel iletkenlik, toplam tuz konsantrasyonu ve bor açısından II. sınıf; askıda katı madde açısından III. sınıf; pH açısından IV. sınıf su kalitesine sahiptir. Göl suyu tuzluluk açısından orta tuzlulukta ve sodyum miktarına göre orta derecede sodyumlu su özelliğine sahip olan II. sınıf ( $\text{C}_2\text{S}_2$ ) sulama suyu sınıfına girmektedir. Ayrıca ağır metallerden bakır, kurşun, krom, nikel, çinko ve arseniğin sulama sularında izin verilen maksimum konsantrasyon değerlerinin altında olduğu, sadece kadmiyumun sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir.

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı SÜY Ek 5'de (Anonim, 2005) yer alan alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler listesi ile karşılaştırıldığında (Tablo I); Uluabat Gölü'nde nitrat iyonu, kalsiyum, sodyum, potasyum, klorür, sülfat ve ortofosfat iyonu değerlerinin kabul edilebilir değerlerden düşük; amonyum iyonu ve magnezyum değerlerinin kabul edilebilir değerlerden yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Ağır metal değerleri karşılaştırıldığında ise; bor, krom, kurşun, nikel ve arsenik açısından kabul edilebilir değerlerden düşük; bakır, kadmiyum ve çinko açısından ise kabul edilebilir değerlerden yüksek olduğu görülmektedir.

USEPA (Anonim, 2006) Su Kalite Kriterlerine göre (Tablo I) Uluabat Gölü'nde belirlenen kurşun, nikel ve arseniğin ortalama değerleri tatlı sular için belirtilen maksimum konsantrasyon kriterlerinin (CMC) altında; kadmiyum, bakır, çinko ve kromun ise üzerinde olduğu ortaya çıkmaktadır. Sürekli konsantrasyon kriterlerine (CCC) göre, arsenik ve nikel değerlerinin düşük; kadmiyum, bakır, çinko, kurşun ve krom değerlerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2006; Elmacı ve diğ., 2007).

Göl ekosistemlerinin tanımlanması, sorunlara akılcı ve kalıcı çözümlerin üretilmesi ancak, ekolojik yaklaşımla mümkün olabilir. Bir su kaynağının amaçlara uygun olarak kullanılabilmesi için periyodik olarak izlenmesi; doğal yollar ve insan etkisi ile su kalitesinin nasıl etkilendiğini ve tarımsal sulama, su ürünleri yetiştiriciliği gibi faaliyetlerde kullanılan suyun uygunluğunu ortaya koyabilmektedir. RAMSAR alanı olarak belirlenip koruma altına alınmış olan Uluabat Gölü'nde belirlenen fizikokimyasal parametrelere göre su kalitesi dinlenince, sulama, su ürünleri vb. amaçlar için kullanılabilir olarak görülmesine rağmen (Elmacı ve diğ., 2008), bazı ağır metal değerlerinin yüksek oluşu (Elmacı ve diğ., 2007) su kullanımını sınırlamaktadır. SKKY'ne göre o gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirlediğinden Uluabat Gölü'nün, SKKY'nde yer alan Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablosu ve Teknik Usuller Tebliğinde yer alan Sulama Suyu Sınıflandırmasına göre IV. sınıf kalitede bir su olduğu ortaya çıkmaktadır. Sucul ortamlar dinamik sistemlerdir ve zamanla hidrolojik rejim ve çevresinde meydana gelen değişiklikler nedeni ile yapısı ve özellikleri değişmektedir; dolayısıyla sınıflandırmaların da güncellenmesi gerekmektedir. Bundan sonra yapılacak araştırmalarda, Uluabat Gölü bir bütün olarak ele alınmalı, havzadaki noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar belirlenmeli ve kontrol altına alınmalıdır. Bunun yanında, su kalite değişimlerini izleme ve değerlendirme amacıyla modelleme çalışmalarının yapılması alınacak tedbirlerin belirlenmesinde önemli rol oynayacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya 2001-31 nolu proje ile maddi destek sağlayan U.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığına ve makaleyi değerlendirerek katkılarını sunan hakemlere teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Aksoy, E. ve Özsoy, G. (2002) Investigation of multi-temporal land use/cover and shoreline changes of the Uluabat Lake RAMSAR Site using RS and GIS, *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, Çanakkale-Türkiye, 318-325.
2. Alkan, U., Çalışkan, S. ve Mescioğlu, Ü. (1999) Uluabat Gölü'nün mikrobiyolojik kirlilik seviyesinin belirlenmesi, *Ekoloji*, 33(9), 3-5.
3. Altınsacı, S. ve Griffiths, H. I. (2001) Ostracoda (Crustacea) of lake Uluabat (Apoloyont Golu) (Bursa Province, Turkey), *Limnologica*, 31, 109-117.
4. Anonim, (1991) *Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği*, 07.01.1991 tarihli Resmi Gazete No: 20748.
5. Anonim, (2001) *Doğal Hayatı Koruma Derneği, Nihai Rapor: Uluabat Gölü Yönetim Planı*. T.C. Çevre Bakanlığı, Ankara, 50 s.
6. Anonim, (2004) *Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği*, 31 Aralık 2004 tarihli Resmi Gazete No: 25687.
7. Anonim, (2005) *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığından Su Ürünleri Yönetmeliği*, 09.08.2005 tarihli Resmi Gazete No: 25901.
8. Anonim, (2006) *USEPA National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water*, EPA 822-z-99-001, p. 25.
9. Anonim, (2007a) *Uluabat Gölü Sulakalan Yönetim Planı (2003-2007-2011)*, Bursa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Doğa Koruma ve Milli Parklar Şube Müdürlüğü, 172s.
10. Anonim, (2007b) *Ramsar Convention, Handbooks for the Wise Use of Wetlands*, 3rd edn, 17 volumes. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, p.30.
11. Atıcı, T., Obalı, O. ve Elmacı, A. (2005) Abant Gölü (Bolu) bentik algleri, *Ekoloji*, 14(56), 9-15.

12. Charles, S., Yunus, S., Dubois, F. and Vander Donckt, E. (2001) Determination of cadmium in marine waters: on-line preconcentration and flow-through fluorescence detection, *Analytica Chimica Acta*, 440, 37-43.
13. Clearwater, S. J., Farag, A. M. and Meyer, J. S. (2002) Bioavailability and toxicity of dietborne copper and zinc to fish, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C, Toxicology & Pharmacology*, 132, 269-313.
14. Dalkıran, N. (2000) *Uluabat (Bursa) Gölü'nün Epipelik, Epifitik ve Epilitik Alglerinin Mevsimsel Değişimi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 177s.
15. Demir, A. O., Aksoy, E. ve Torunoğlu, T. (1998) *Uluabat Gölü'nün Çevresel Sorunları ve Çözüm Önerileri*, Bursa Büyükşehir Belediyesi Yerel Gündem-21 Genel Sekreterliği Uluabat Çalışma Gurubu, Bursa, 25 s.
16. Dişli, M., Akkurt, F. ve Alıcılar, A. (2004) Şanlıurfa Balıklıgöl suyunun bazı kimyasal parametrelerinin mevsimlere göre değişiminin değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19, 287-294.
17. Duman, F., Sezen, G. and Tug, G. N. (2007) Seasonal changes of some heavy metal concentrations in Sapanca Lake Water, Turkey, *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 25-28.
18. Egemen, Ö. (2006) *Su Kalitesi*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.
19. Elmacı, A., Teksoy, A. Topac, F. O., Ozengin, N., Kurtoglu, S. and Baskaya, H. S. (2007) Assessment of heavy metals in Lake Uluabat, Turkey, *African Journal of Biotechnology*, 6(19), 2236-2244.
20. Elmacı, A., Topac, F. O., Ozengin, N., Teksoy, A., Kurtoglu, S. and Baskaya, H. S. (2008) Evaluation of physical, chemical and microbiological properties of Lake Uluabat, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 29(2), 205-210.
21. Hütter, L. A. (1992) *Wasser und Wasseruntersuchung*, Otto Salle Verlag, Verlag Sauerländer.
22. İnan, M., Bektaş, R., Ergün, B. (1997) *Uluabat Gölü Çevre Durum Raporu*, Bursa Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, Bursa, 30s.
23. Jain, C. K. (2004) Metal fractionation study on bed sediments of River Yamuna, India, *Water Research*, 38, 569-578.
24. Kagalou, I., Tsimarakis, G. and Paschos, I. (2001) Water chemistry and biology in a shallow lake (Lake Pamvotis-Greece), present state and perspectives. *Global Nest: The International Journal*, 3, 85-94.
25. Karacaoğlu, D. (2000) *Uluabat Gölü'nün (Bursa) Fitoplanktonunun Mevsimsel Değişimi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 169s.
26. Karaer, F., Katip, A., Aksoy, E., İleri, S. ve Sarmaşık, S. (2009) Sulak alanların önemi, sorunları ve Uluabat Gölü, *Türkiye Sulak Alanlar Kongresi Bildiriler Kitabı*, 81-87.
27. Karafistan, A. and Arık-Colakoglu, F. (2005) Physical, chemical and microbiological water quality of the Manyas lake, Turkey, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10, 127-143.
28. Monsour, S. A. and Sidky, M. M. (2003) Ecotoxicological studies. 6. The first comparative study between Lake Qarun and Wadi El-Rayan Wetland (Egypt), with respect to contamination of their major components, *Food Chemistry*, 82, 181-189.
29. Salihoglu, G. and Karaer, F. (2004) Ecological risk assessment and problem formulation for Lake Uluabat, a Ramsar State in Turkey, *Environmental Management*, 33(6), 899-910.
30. Schot, P. P., Buijse, A.D. ve Wassen, M. J. (1998) *Uluabat Gölü'nün Hidrolojisi ve Ekolojisi*, 25-30 Ekim 1998 tarihli çalışma raporu, Utrecht Üniversitesi, İçsular ve Atıksu Arıtım Enstitüsü, Hollanda.
31. Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H. ve Avudainayagam, S. (2005) Chromium toxicity in plants. *Environment International*, 31, 739-753.
32. Sivri, N., Kilic, N. and Uçan, O. N. (2007) Estimation of stream temperature in Firtina Greek (Rize-Türkiye) using artificial neural network model, *Journal of Environmental Biology*, 28, 67-72.
33. Şengül, F. ve Müezzinoğlu, A. (2005) *Çevre Kimyası*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
34. Taş, B. (2006) Derbent Baraj Gölü (Samsun) su kalitesinin incelenmesi, *Ekoloji*, 15(61), 6-15.
35. Tepe, Y. (2009) Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi, *Ekoloji*, 18(70), 38-46.
36. Usha, R., Ramalingam, K. and Bharathi Rajan, U. D. (2006) Fresh water lakes a potential source for aquaculture activities for model study on Perumal lake (T.N. Cuddalore), *Journal of Environmental Biology*, 27, 713-722.
37. Uslu, O. ve Türkman, A. (1987) *Su Kirliliği ve Kontrolü*, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd. Yayınları, No:1, Ankara.



38. Ünlü, A., Çoban, F. ve 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.
39. Welch, H. ve Gem, A. (2009) Uluabat Gölü fakat ne zamana kadar?, *Türkiye Sulak Alanlar Kongresi Bildiriler Kitabı*, 43-44.
40. Yalçın, N. ve Sevinç, V. (1993) Kınalı-Sakarya otoyolunun Sapanca Gölüne etkilerinin araştırılması, *Doğa Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*,17, 151-156.
41. Yenilmez, F. ve Aksoy, A. (2007) Uluabat Gölü Su Kalitesinin Wasp7.2 Modeli Kullanılarak Değerlendirilmesi, *7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 24-27 Ekim, İzmir, 56-62.

Makale 14.10.2009 tarihinde alınmış, 10.12.2009 tarihinde düzeltilmiş, 10.12.2009 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: A. Elmacı (aelmaci@uludag.edu.tr).