

## ULUABAT GÖLÜNÜN MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİ

*Ayşe ELMACI\**

*Arzu TEKSOY\**

*F. Olcay TOPAÇ\**

*Nihan ÖZENGİN\**

*Hüseyin S. BAŞKAYA\**

**Özet:** Bu çalışmada, Uluabat Gölü'nde Şubat 2003 – Ocak 2004 tarihleri arasında 5 farklı istasyondan alınan örneklerde gölün mikrobiyal kalitesinin mevsimsel değişimi izlenmiştir. Aylık olarak alınan örneklerde sıcaklık, pH, göl derinliği, Secchi disk derinliği, iletkenlik, çözülmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, nitrat azotu, amonyum azotu, orto-fosfat fosforu, klorofil-*a* ve toplam koliform bakteri sayısı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sıcaklığın en yüksek olduğu Haziran ayında toplam koliform bakteri sayısının en yüksek ( $9,6 \times 10^3$  EMS/100 ml) seviyede olduğunu göstermiştir. Ayrıca toplam koliform bakteri sayısının yüksek olduğu bu dönemde BOİ konsantrasyonlarının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. Minimum toplam koliform bakteri sayısı ise Nisan ayında ( $1,43 \times 10^2$  EMS/100 ml) belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Uluabat Gölü'nde göle giren kirlilik yükü ve sıcaklığın toplam koliform bakteri sayısını önemli ölçüde artırdığını ve gölün mikrobiyal kalitesinin değişiminde büyük rol aldığını ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Uluabat Gölü, Toplam Koliform Bakteri, Besin Elementleri, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı.

### Monitoring of Seasonal Variation of Microbial Quality in Lake Uluabat

**Abstract:** In this research, the seasonal variation of microbial quality was monitored between February 2003 and January 2004 in 5 different stations at Lake Uluabat. Temperature, pH, depth, Secchi disc depth, conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, orto-phosphate phosphorus, chlorophyll *a* and total coliform were examined monthly in collected samples. The results of the study showed that the total coliform bacteria count was maximum ( $9,6 \times 10^3$  MPN/100 ml) in June when the maximum temperature value was observed. In addition, it was found that BOD concentrations were also higher in this month. Minimum total coliform bacteria count was determined in April ( $1,43 \times 10^2$  MPN/100 ml). Findings of this research indicated that pollution load and temperature significantly increased total coliform bacteria count, and played an important role in variation of microbial quality of lake.

**Key Words:** Uluabat Lake, Total Coliform Bacteria, Nutrients, Biochemical Oxygen Demand.

### 1.GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde endüstriyel büyüme ve nüfus artışına bağlı olarak pek çok çevre sorunu ortaya çıkmaktadır. Özellikle de içme suyu, sulama ve rekreasyonel amaçlı kullanılan göl suyu kalitesinin bozulması üzerinde önemle durulan bir sorun olmuştur. Yerleşim alanları ve endüstrilerden yapılan atıksu deşarjları, zirai amaçlı kullanılan gübre ve tarım ilaçları, rekreasyon aktiviteleri, septik sızıntılar göl suyu kalitesinin bozulmasına neden olan başlıca kirletici kaynaklardır. Bu kirletici kaynaklar vasıtası ile yüzeysel sularda pek çok patojen ve patojen olmayan mikroorganizmalar bulunmaktadır (Elmanama ve diğ., 2006).

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

Yüzeysel sularda patojen mikroorganizmaların izlenmesinde laktozu fermente edebilen gram (-) koliform bakteriler indikatör olarak kullanılmaktadır (Chao ve diğ., 2003, Sullivan ve diğ., 2005). Sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, yerel mikroorganizma popülasyonu ile azot, fosfor gibi besin elementleri koliform bakterileri seviyelerinin değişiminde rol oynayan faktörlerdir (An and Breindenbach, 2005).

Göl suyunun kullanımını sınırlamaları, sucul ekosistemi olumsuz yönde etkilemeleri ve pek çok salgın hastalığa yol açmaları nedeniyle mikroorganizmaların dağılımının ve sonradan çoğalmasının belirlenmesi halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, son yıllarda pek çok ülkede göl suyunun mikrobiyal kalitesinin izlenmesine yönelik çalışmalar büyük önem kazanmıştır.

Uluabat Gölü, Marmara Bölgesinde yer alan, gerek plankton ve dip canlıları, gerek sucul bitkileri, gerekse balık ve kuş popülasyonları açısından ülkemizin en zengin göllerinden birisidir. 1998 yılında Çevre Bakanlığı tarafından RAMSAR koruma bölgesi olarak belirlenip koruma altına alınmış, ardından 4<sup>th</sup> Uluslararası EXPO 2000 konferansında Uluslararası yaşayan göller arasına dahil edilmiştir (Aksoy ve Özsoy 2002). Nüfus ve sanayi yoğunluğunun yüksek olduğu bir konumda yer alması sebebiyle kirlenici faktörlerin etkisi altında kalmakta ve doğal yapısı zamanla bozulmaktadır. Göl çevresindeki yerleşim ve tarım alanları, mezbahalar, süt ve balık ürünleri işleyen çeşitli tesisler Uluabat Gölü'nün kirlenici kaynaklarını oluşturmaktadır (Anonim, 1999).

Bu çalışmada pek çok aktiviteden dolayı tehdit altında olan Uluabat Gölü'nün mikrobiyal kalitesinin belirlenmesi ve bazı fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar pek çok canlı için yaşam alanı oluşturan Uluabat Gölü'nün su kalitesinin korunmasına yönelik çalışmalara temel oluşturacaktır.

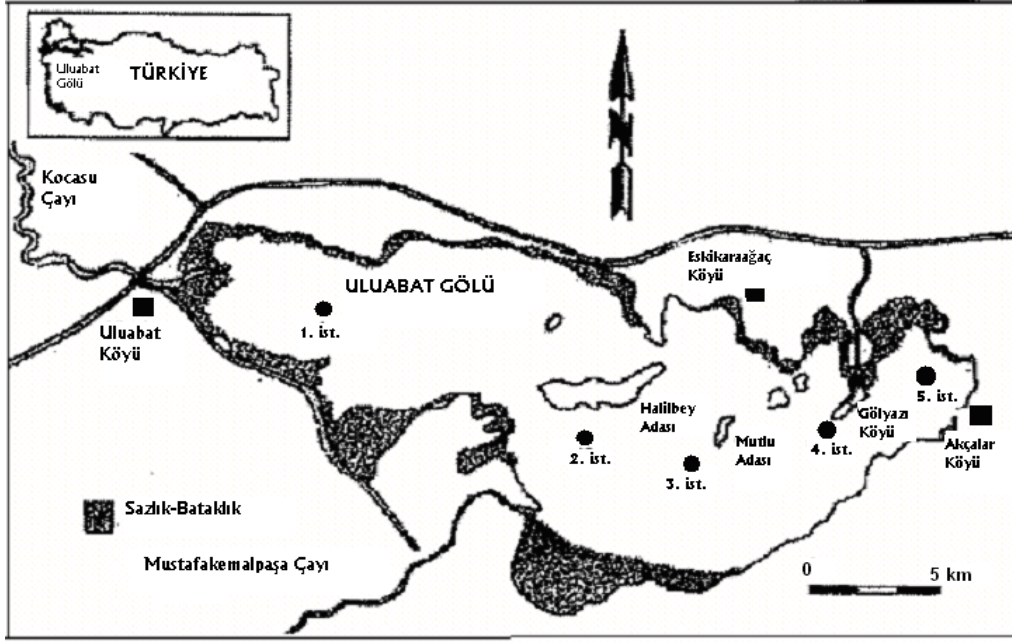
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Örnekleme noktaları ve örneklerin alınması

Gölün mikrobiyal kalitesini ve kirlilik düzeyini belirlemek amacıyla gölü temsil edebilecek 5 farklı istasyondan su örneği alınmıştır (Şekil 1).

1. istasyon, gölün kuzeybatı ucunda yer alan Uluabat Gölüyağı açıklarından seçilmiştir. Bu istasyon yaz aylarında yoğun su otları ile kaplanmaktadır. Gölün drenajı, Uluabat'tan başlayan Gölüyağı (Kocasu) deresi ile Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. Kocasu Deresi; Simav Çayı, Karadere ve Nilüfer Çayı'nı da aldıktan sonra denize dökülmektedir. Ancak, kış aylarında yükselen dere tersine akarak, kirlilik yükünü Uluabat Gölü'ne taşımaktadır (Torunoğlu ve diğ., 1989). 2. istasyon hayvancılık yapılan gölün en büyük adası olan Halilbey Adası'nın güneyindedir. Bu istasyon aynı zamanda pek çok atıksu deşarjının yapıldığı Mustafakemalpaşa Çayı'nın göle karıştığı bölgenin yakınlarındadır. Su bitkileri yönünden zengin olup *Vallisneria spiralis* L. ve *Chara* spp. yaygın olarak görülmektedir. 3. istasyon Mutlu Adası'nın güneybatısında yer alan bir bölgeden seçilmiştir. 4. istasyon çeşitli süt ve deniz ürünleri işleyen tesislerin bulunduğu Gölyazı Köyü açıklarında yer almaktadır. 5. istasyon ise gölün doğusunda yer alan ve çeşitli mezbahaların bulunduğu Akçalar Köyü açıklarından seçilmiştir.

Fiziksel ve kimyasal analizler için alınan su örnekleri 1 litrelik plastik numune kaplarına, mikrobiyolojik inceleme için alınan su örnekleri 100 ml lik steril koyu renkli cam şişelere konulmuştur. Tüm örnekler göl yüzeyinden alınmış ve hemen analizlerin yapılacağı U.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına ulaştırılmıştır.



Şekil 1:  
Uluabat Gölü örnek alma noktaları  
(Aksoy and Özsoy, 2002'den alınarak uyarlanmıştır)

## 2.2. Analizler

Uluabat Gölü fiziksel su kalitesi özelliklerini belirlemek amacıyla alınan örneklerde sıcaklık, pH, göl derinliği, Secchi disk derinliği (SDD) ve iletkenlik ( $EC_{25^{\circ}C}$ ) ölçülmüştür. Sıcaklık ve pH Metrohm marka pH-metre ile Secchi disk derinliği (SDD) ise Windaus marka Secchi diski ile örnek alma sırasında; iletkenlik ölçümü laboratuvarında Jenway marka iletkenlik ölçer ile yapılmıştır. Su örneklerindeki çözülmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonları Winkler yöntemine göre belirlenmiştir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) seviyeleri, seyrelme metoduna göre 5 günlük inkübasyon süresince tüketilen oksijen miktarları belirlenerek; amonyum ( $NH_4-N$ ) ve nitrat ( $NO_3-N$ ) azotu konsantrasyonları, MgO ve devarda alaşımı kullanılmak sureti ile su buharı destilasyonu yöntemiyle; orto-fosfat fosforu ( $PO_4-P$ ) konsantrasyonu askorbik asit yöntemi ile; klorofil-*a* (*kl-a*) konsantrasyonu GF/C filtre kağıdından süzülen suyun aseton ile ekstraksiyonundan sonra 630, 645, 665 nm dalga boylarında absorpsiyonları okunarak spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Toplam koliform (TK) bakteri sayısı çoklu tüp yöntemi ile belirlenmiştir (APHA, 1998).

Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik reaktif yeterliliğine sahip olup (Merck, Germany) deiyonize suyla hazırlanmıştır. Çalışmadaki bütün hesaplamalar Minitab (sürüm 15) istatistik programı kullanılarak yapılmıştır (Minitab, 2006).

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uluabat Gölü'nden Şubat 2003-Ocak 2004 tarihleri arasında aylık olarak 5 noktadan alınan su örneklerinin incelendiği bu çalışmada göle ait bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Göl ile ilgili daha ayrıntılı bilgiler yazarların diğer çalışmalarından elde edilebilir (Elmacı ve diğ., 2006, Elmacı ve diğ., 2008).

Çalışma sonucunda elde edilen veriler Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosuna göre değerlendirilmiştir. Buna göre, Uluabat Gölü yıllık ortalama su sıcaklığı ( $16,36 \pm 7,47$  °C) ve nitrat azotu konsantrasyonu

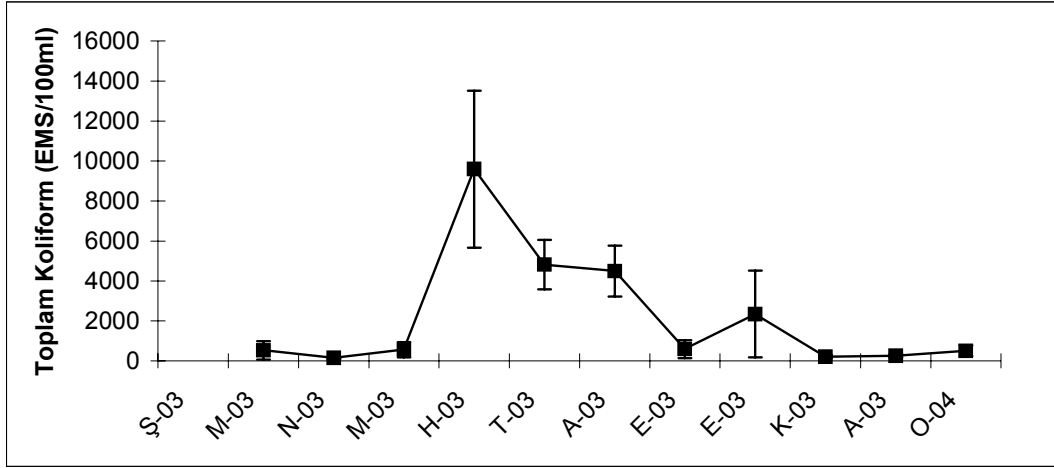
(0,63±0,50 mg/l) açısından I. Sınıf su kalitesine, çözülmüş oksijen (7,62±1,99 mg/l), amonyum azotu (0,52±0,49 mg/l) ve toplam koliform ( $2,03 \times 10^2 \pm 12,56 \times 10^2$  EMS/100ml) açısından II. Sınıf su kalitesine, pH (8,69±0,16) açısından III.Sınıf su kalitesine, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (21,21±6,60 mg/l) açısından ise IV. Sınıf su kalitesine sahiptir (SKKY, 2004).

**Tablo I.**  
**Uluabat Gölü'ne ait bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin 5 istasyonun aylık ortalaması olarak en düşük, en yüksek ve genel ortalama değerleri.**

Parametre	En düşük	En yüksek	Genel Ortalama
Sıcaklık, °C	6,84± 0,08	27,10± 0,25	16,36±7,47
pH	8,57±0,017	8,83±0,035	8,69±0,16
Derinlik, cm	163,00±6,62	414±10,28	268,40±106,80
SDD, cm	16,00±0,99	80,60±8,72	54,42±21,47
EC <sub>(25°C)</sub> , µS/cm	459,60±17,07	690,40±21,36	555,75±68,16
ÇO, mg/l	5,12 ±0,66	10,30±0,55	7,62±1,99
BOİ, mg/l	12,61±0,04	31,74±2,47	21,21±6,60
NO <sub>3</sub> -N, mg/l	0,073 ±0,04	1,238±0,57	0,63±0,50
NH <sub>4</sub> -N, mg/l	0,134±0,08	1,26±0,23	0,520±0,49
PO <sub>4</sub> -P, mg/l	0,008 ±0,008	0,251±0,00	0,070±0,00
KI-a, mg/m <sup>3</sup>	7,13±1,70	98,00±8,15	30,36±33,91
TK, EMS/100 ml	$1,43 \times 10^2 \pm 39,02$	$9,60 \times 10^3 \pm 39,23 \times 10^3$	$2,03 \times 10^3 \pm 12,56 \times 10^3$

Yüzeysel sulardaki toplam koliform bakteri sayısı, suyun kirlenme derecesinin ve mikrobiyolojik kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Mack, 1977; US EPA, 2002; Davis ve diğ., 2005). Bu çalışmanın sonuçları, göldeki toplam koliform bakteri sayısının mevsimsel değişimden önemli ölçüde etkilendiğini ortaya çıkarmaktadır. 5 istasyonun ortalaması alınarak toplam koliform bakteri sayısının aylık değişiminin verildiği Şekil 2'de görüldüğü gibi, toplam koliform bakteri sayısı Haziran-Ağustos ayları arasındaki sıcak dönemde diğer aylara göre daha yüksektir. Alınan örneklerdeki maksimum toplam koliform bakteri sayısı Haziran ayında  $9,6 \times 10^3$  EMS/100 ml, minimum toplam koliform bakteri sayısı ise Nisan ayında  $1,43 \times 10^2$  EMS/100 ml olarak belirlenmiştir. Yağış alan mevsimlerde yüzeysel akış ile göl çevresinden göle (tarım alanlarından fekal kaynaklı olmayan) toplam koliform bakteri girişi söz konusu olmakta ve bunların sayısı bu dönemlerde artabilmektedir (Davis ve diğ., 2005; Karafistan ve Arık-Çolakoğlu, 2005). Ancak yüzeysel akışla bakteri girişinin olmadığı durumlarda, yağmur ile göl içerisindeki mevcut toplam koliform bakteri sayısının seyrelmesi muhtemeldir (Hadas ve diğ., 2004). Bu çalışmada, Nisan ayında toplam koliform bakteri sayısının minimum olması, yüzeysel akış ile göl çevresinden göle bakteri girişi olmadığı ve göl içerisindeki toplam koliform bakterilerin seyreltiği izlenimini vermektedir.

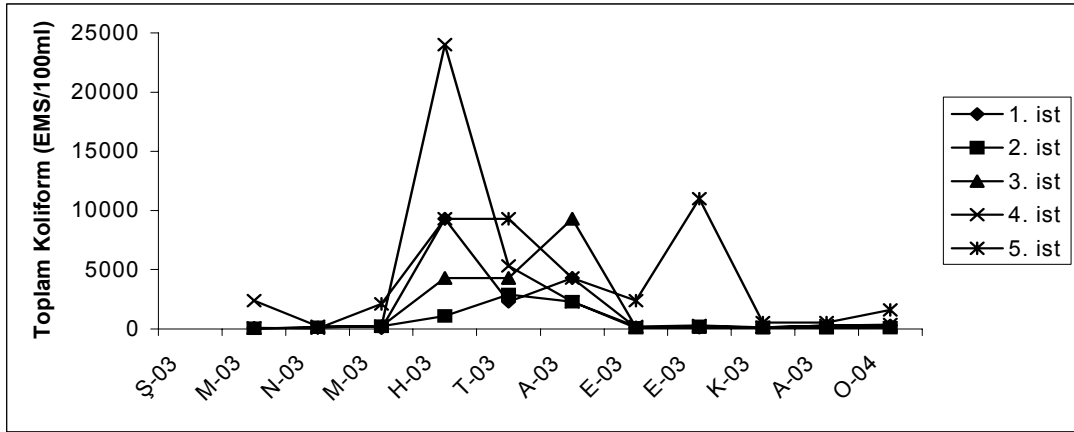
Gölde örnek alma noktalarında toplam koliform bakteri sayısının mevsimsel değişimi incelendiğinde (Şekil 3), Haziran ayında 4. istasyonda, Ekim ayında 5. istasyonda diğer istasyonlardan dışarıya bağlı olarak farklı bir artış olduğu görülmektedir.



\*Örnek alma döneminde Şubat ayında toplam koliform bakteri sayısı incelenememiştir.

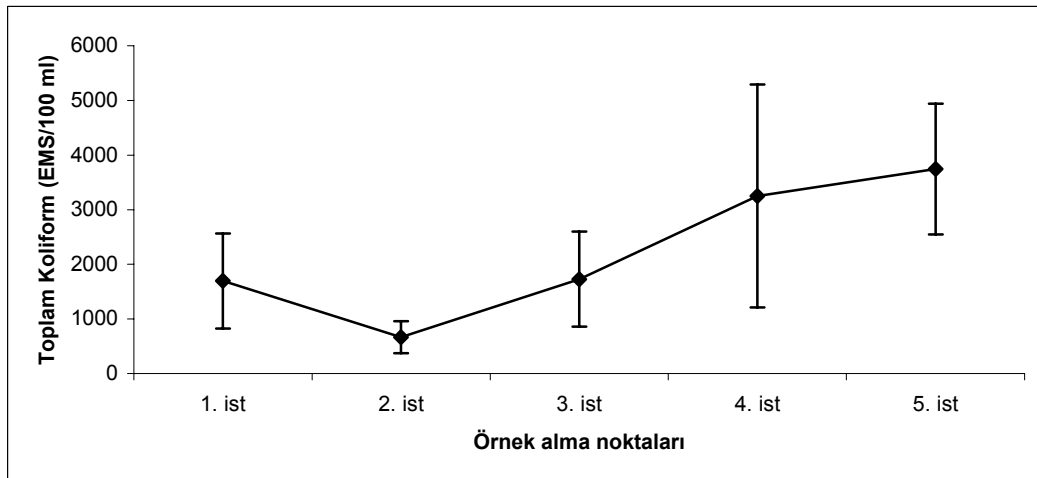
Şekil 2:

Uluabat Gölü'nde 5 istasyonun yıllık ortalama toplam koliform bakteri sayısının mevsimsel değişimi.



Şekil 3:

Uluabat Gölü örnek alma istasyonlarında toplam koliform bakteri sayılarının mevsimsel değişimi.



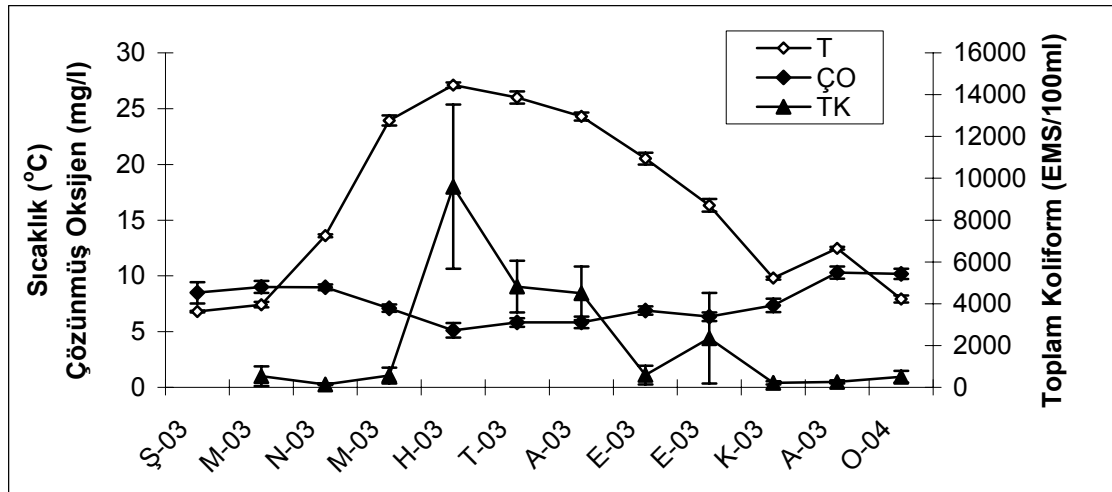
Şekil 4:

Uluabat Gölü örnek alma istasyonlarındaki yıllık ortalama toplam koliform bakteri sayıları.

Örnek alma noktalarındaki yıllık ortalama toplam koliform bakteri sayılarının değişiminin ve rildiği Şekil 4’de bu artış daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu alanlardan göle karışan deşarjların göl suyunun toplam koliform bakteri sayısının artmasında önemli bir etken olduğu düşünülmektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada, 4. istasyona yakın olan Gölyazı Köyü’nde deniz ürünleri işleyen ve süt ürünleri imal eden küçük işletmelerden göle atıksu deşarj edildiği bildirilmiştir. 5. istasyona yakın olan Akçalar Köyü’deki bazı mezbahanelerin atık sularının Musa Deresi’ne deşarj edildiği ve dolayısı ile Uluabat Gölü’ne ulaştığı belirtilmiştir. Buna ilaveten, göl civarındaki yerleşim birimlerindeki evsel atıksular fosseptik çukurlarında biriktirilmektedir. Yöredeki toprak yapısının kumlu olmasından dolayı fosseptik çukurlarından sızan sular yeraltı sularına dolayısıyla göle ulaşmaktadır (Anonim, 1999). Tüm bu bilgiler doğrultusunda, örnek alma noktalarında bakteri seviyelerinde görülen salınının bu noktalardaki kirlilik yüklerinin farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

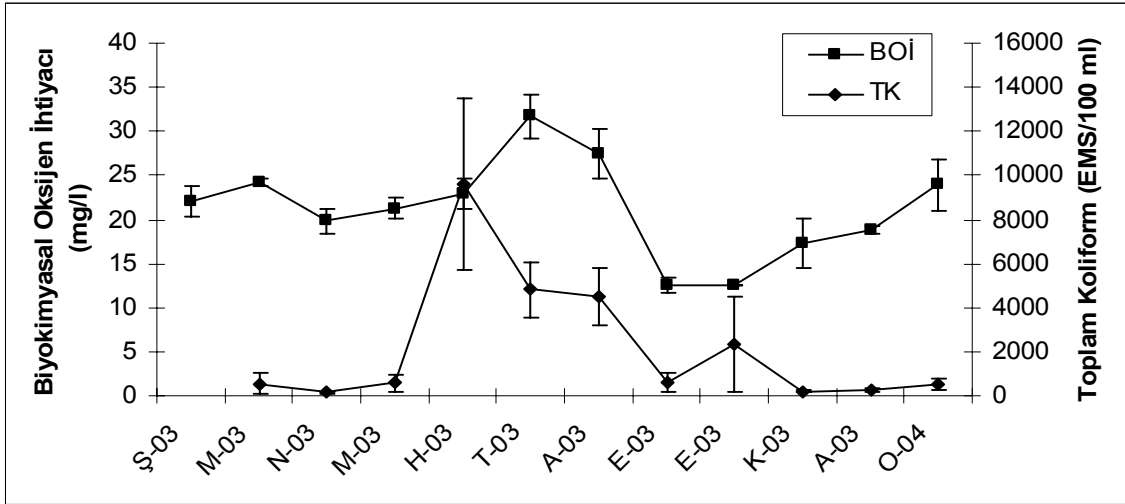
Genel olarak, toplam koliform sayısının yağış alan ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde arttığı bilinmektedir. Öte yandan yaz aylarında güneş ışınlarının inaktive edici etkisi yüksek olduğundan bu dönemlerde toplam koliform sayısının nispeten düşük olması beklenmektedir (McCambridge and McMeekin, 1984; An ve diğ., 2002). Bu çalışmada ise, toplam koliform bakteri sayısının yaz aylarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mikroorganizmaların çoğalmasında önemli faktör olan sıcaklığın bu dönemde yüksek olması, buna ilaveten göldeki kirlilik yükünün artması, bir başka ifade ile ortamda yeterli besin elementlerinin bulunması toplam koliform bakteri sayısındaki artışın sebebini açıklamaktadır. Şekil 5’te sıcaklık, çözünmüş oksijen ve toplam koliform bakterilerinin mevsimsel değişimi görülmektedir.

Göl suyu sıcaklığının maksimum olduğu (27,10<sup>0</sup>C) Haziran ayında toplam koliform bakteri sayısı en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Çalışmada sıcaklığın minimum olduğu aylarda toplam bakteri seviyesi minimum değerde olmasa da düşük sıcaklığa sahip aylarda genel olarak koliform bakteri sayısı azalmıştır. Bu bulgular, Texoma Gölü ve sedimentinde toplam koliform ve *E. coli* seviyelerini inceleyen An ve diğ. (2002) tarafından bildirilen sonuçlarla uyum sağlamaktadır. Araştırmacılar yaz aylarında toplam koliform bakteri sayılarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Karakoç ve diğ. (2003), Eymir ve Mogan Gölü’nde su kalitesi ve kirlenici kaynaklarının etkisini inceledikleri çalışmalarında, yaz aylarında toplam koliform bakteri sayısının en yüksek seviyede olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 5:  
Uluabat Gölü’nde yıllık ortalama sıcaklık, çözünmüş oksijen ve toplam koliform bakteri sayısının mevsimsel değişimi.

Uluabat Gölü'nde yıllık ortalama çözülmüş oksijen seviyeleri 5,12 mg/l (Haziran) ile 10,30 mg/l (Ocak) arasında değişmektedir. Düşük su sıcaklığında aerobik bakteriler ve zooplanktonlar gibi organizmaların daha az aktivite göstermesi oksijen tüketim hızını azaltmaktadır (Shakweer, 2005). Çalışma süresince kış aylarında daha yüksek, yaz aylarında daha düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının belirlenmesi göl suyundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunu kontrol eden en önemli faktörün sıcaklık olduğunu göstermektedir. Yaz aylarında atıksu deşarjlarına bağlı olarak artış gösteren organik madde konsantrasyonu ve bakteri sayılarının da göldeki çözülmüş oksijen seviyesinin azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Shakweer (2005) tarafından yapılan çalışmada da, Manzalah Gölü'nün güneyinde deşarj edilen organik maddenin parçalanmasına bağlı olarak oksijen tüketim hızının arttığı ve bu bölgedeki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun gölün diğer bölgelerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6'da Uluabat Gölü'ndeki BOİ konsantrasyonunun ve toplam koliform bakteri sayısının mevsimsel değişimi görülmektedir. BOİ konsantrasyonunun diğer aylara göre yüksek olduğu dönemlerde toplam koliform bakteri seviyeleri artmış, kirlilik yükünün azalmaya başlaması ile ortalama toplam koliform değerleri de azalmıştır. Elde edilen bulgular, göl suyundaki kompleks organik bileşiklerin artışının, bu bileşikleri parçalayan bakterilerin gelişimini de arttırdığını, öte yandan göle yapılan atıksu deşarjları ile toplam koliform bakteri girişi olduğunu işaret etmektedir. Benzer olarak Elmanama ve diğ. (2006), Gaza sahilinde 2002-2003 yılları arasında su kalitesi parametrelerinin değişimini inceledikleri çalışmada, BOİ konsantrasyonunun yüksek olduğu dönemde özellikle fekal kaynaklı koliform bakteri sayısının yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, kirlenmemiş doğal sularda BOİ konsantrasyonunun 5 mg/l veya daha az olması gerektiğini, bu konsantrasyonun üzerinde mikrobiyal çoğalmanın meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada tüm örnek alma noktalarında ölçülen BOİ konsantrasyonları bu değer üzerindeydi (Şekil 6). Araştırma sonuçları Uluabat Gölü'nün mikrobiyal çoğalmayı arttırabilecek organik madde potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 6:  
Uluabat Gölü'nde biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam koliform bakteri sayısının mevsimsel değişimi.

Azot, fosfor ve karbon bakteri hücrelerinin önemli bir kısmını oluşturan besin elementleridir. Besin elementlerinin değişimi sucul ortamlardaki mikroorganizma sayısının değişimini etkilemektedir. Su kaynaklarında artan çözülmüş organik karbon, fosfor ve azot miktarları bakteri sayısının artmasına neden olmaktadır (Pennington ve diğ., 2001). Şekil 7'de Uluabat Gölü'ndeki 5 istasyonun yıllık orta-

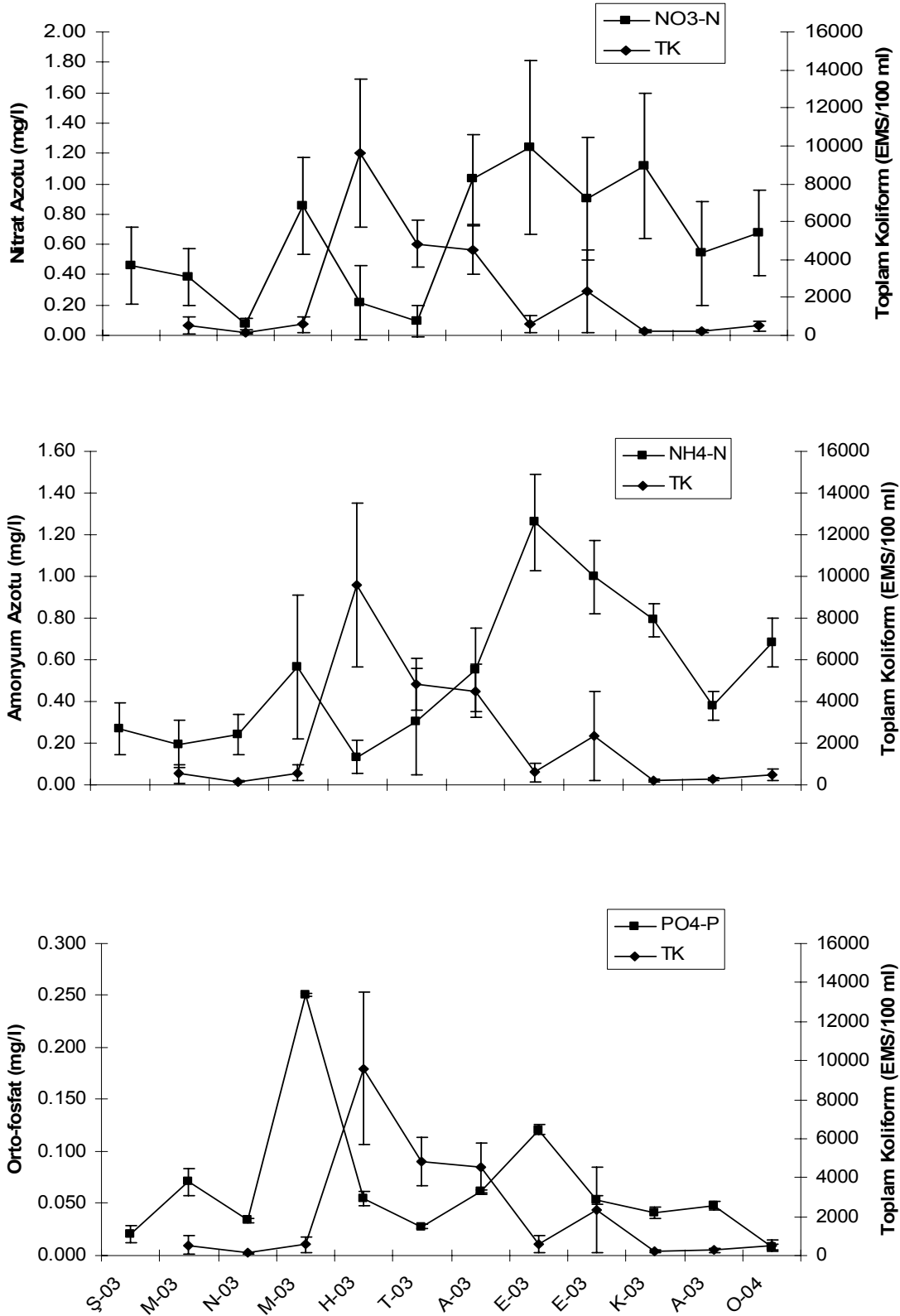
lama besin elementleri konsantrasyonlarının toplam koliform bakteri sayısı ile birlikte mevsimsel değişimleri görülmektedir. Elde edilen sonuçlar en düşük nitrat azotu konsantrasyonunun (0,070 mg/l) Nisan ayında, en yüksek nitrat azotu konsantrasyonunun (1,240 mg/l) Ekim ayında ölçüldüğünü göstermektedir. Literatürde, göllerdeki nitrat azotu konsantrasyonunun 0,09-1,80 mg/l arasında değiştiği belirtilmektedir (Hütter, 1992). Bu çalışmada ölçülen yıllık ortalama nitrat azotu konsantrasyonu  $0,63 \pm 0,50$  mg/l olup bu sınırların arasında yer almaktadır (Tablo 1).

Uluabat Gölü'nde en düşük amonyum azotu konsantrasyonu (0,134 mg/l) Haziran ayında, en yüksek amonyum azotu konsantrasyonu ise (1,260 mg/l) Eylül ayında ölçülmüştür (Şekil 7). Gölün yıllık ortalama amonyum azotu konsantrasyonu ise  $0,52 \pm 0,49$  mg/l'dir (Tablo 1). Bu konsantrasyon genel olarak yüzeysel sulara belirlenen amonyum azotu konsantrasyonunun ( $< 0,1$  mg/l) (Hütter, 1992) üzerinde olup göl çevresindeki yerleşim yerlerinden ve tarım arazilerinden evsel veya tarımsal kökenli bir bulaşmanın olduğunu düşündürmektedir. Davis ve diğ. (2005), sıcak dönemlerde amonyum azotu konsantrasyonunun 1,8 mg/l'ye kadar çıkabildiğini vurgulamıştır.

Uluabat Gölü'nde ölçülen orto-fosfat fosforu konsantrasyonları genel olarak çok yüksek seviyelerde değildir. Ancak Mayıs ayında orto-fosfat fosforu konsantrasyonunun diğer aylara göre oldukça yüksek (0,250 mg/l) olduğu gözlenmiştir. Sulardaki orto-fosfat fosforu konsantrasyonları genellikle göl çevresindeki tarım arazilerinin gübrenmesinden sonra artmaktadır. Ayrıca arıtma tesisleri ve kanalizasyon suları yoluyla suya fosfat geçişi olabilmektedir (Elmanama ve diğ., 2006). Öte yandan sıcaklığın artışı ile birlikte göl sedimentinden suya fosfor geçişi sudaki orto-fosfat konsantrasyonunu arttırabilmektedir (Polatsü ve Topçu, 2006). Minimum orto-fosfat konsantrasyonu ise Şubat ayında 0,008 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 7). US EPA (1986), mikrobiyal çoğalma ve ötrofikasyonun önlenmesi için rezervuarlarda orto-fosfat fosforu konsantrasyonlarının 0,020 mg/l'yi geçmemesi gerektiğini vurgulamıştır. Uluabat Gölü yıllık ortalama orto-fosfat fosforu konsantrasyonu  $0,070 \pm 0,00$  mg/l olup bu değer üzerinde (Tablo 1). Davis ve diğ. (2005) ise, orto-fosfat ( $PO_4-P$  olarak) seviyelerinin yaz döneminde 0,7 mg/l ye kadar çıkabildiğini belirtmiştir.

Şekil 7'den görüldüğü üzere, toplam koliform bakteri sayısının maksimum olduğu dönemde besin elementleri konsantrasyonlarının diğer aylara göre daha düşük seviyelerde olması bu dönemde besin elementlerinin toplam koliform bakterileri tarafından kullanılmış olduğunu göstermektedir. Ancak tüm örnek alma dönemi göz önüne alındığında, besin elementleri konsantrasyonlarının değişiminde toplam koliform bakterilerinin pek etkili olmadığı görülmektedir. Dolayısı ile, Uluabat gölünde besin elementlerinin mevsimsel değişiminde göl suyunun karışımı, sedimentasyon, fitoplankton populasyonunun artışı, atıksu deşarjı ve yüzeysel akış gibi diğer faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Yüzeysel sulara azot ve fosfor yüklerinin artması mikrobiyal çoğalmanın yanı sıra ötrofikasyon kontrolü açısından da önem taşımaktadır. Mikrobiyal değişimler, alg ve diğer su bitkilerinin artışı su kalitesinin bozulmasına neden olmakla birlikte suyun balıkçılık, endüstri ve rekreasyonel amaçlı kullanımını da sınırlamaktadır.





Şekil 7: Ulubat Gölü'nde nitrat azotu, amonyum azotu ve orto- fosfat konsantrasyonları ve toplam koliform sayısının mevsimsel değişimi.

#### 4. SONUÇLAR

Uluabat Gölü'nden bir yıl boyunca 5 örnek alma istasyonundan alınan su örneklerinde yapılan incelemeler sonucunda, özellikle yaz döneminde göle giren kirletici kaynakları ve sıcaklık etkisi ile toplam koliform bakteri sayısının arttığı belirlenmiştir. Bakteri sayısının maksimum seviyeye ulaştığı bu dönemde; orto-fosfat, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonları önemli ölçüde azalmıştır. Ancak azot ve fosfor gibi besin elementlerinin mevsimsel değişiminde bakteriler tarafından kullanımdan ziyade diğer çevresel faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Dolayısı ile göle giren kirlilik yükünün kontrolü, balıkçılık ve rekreasyonel amaçlı kullanılan, pek çok canlı türü için yaşam alanı olan Uluabat Gölü'nün mikrobiyal kalitesinin korunmasında büyük önem taşımaktadır.

#### 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından 2001-31nolu proje ile desteklenmiştir.

#### 6. KAYNAKLAR

1. Aksoy, E. and Gökhan Ö. (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, Turkey. pp. 318-325.
2. An, J. Y., Kampbell, D. H. and Breidenbach, G. P. (2002) *E. coli* and total coliforms in water and sediments at lake marines, *Environmental Pollution*, 120, 771-778.
3. An, J. Y. and Breidenbach, G. P. (2005) Monitoring *E. coli* and total coliforms in natural spring waters as related to recreational mountain areas, *Environmental Monitoring and Assessment*, 102, 131-137.
4. Anonim (1999) Uluabat Gölü Çevre Durum Raporu, Çevre Bakanlığı Bursa Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, Haziran, Bursa.
5. APHA (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20<sup>th</sup> Edn. American Public Health Association, Bultimore.
6. Chao, K. K., Chao, C. C. and Chao, W. L. (2003) Suitability of the traditional microbial indicators and their enumerating methods in the assessment of fecal pollution of subtropical freshwater environments, *J. Mikrobiol. Immunol Infec.*, 36, 288-293.
7. Davis, K., Anderson, M. A. and Yates, M. V. (2005) Distribution of indicator bacteria in Canyon Lake, California, *Water Research*, 39, 1277-1288.
8. Elmacı, A., Teksoy, A., Kocaer, O. ve Başkaya, H. S. (2006) Uluabat Gölü'nde Suda ve Planktonda Bazı Ağır Metal ve İz Elementlerin Kirliliğinin Belirlenmesi, U.Ü., Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı, 2001/31 Nolu Proje Kesin Raporu, Bursa.
9. 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, *J. Environmental Biology*, 29(2), 205-210.
10. Elmanama, A. A., Afifi, S. and Bahr, B. (2006) Seasonal and spatial variation in the monitoring parameters of Gaza Beach during 2002-2003, *Environmental Research*, 101, 25-33.
11. Hadas, O., Corradini, M. G. and Peleg, M. (2004) Statistical analysis of the fluctuating counts of fecal bacteria in the water of Lake Kinneret, *Water Research*, 38, 79-88.
12. Hütter, L. A. (1992) *Wasser und Wasseruntersuchung*, Otto Salle Verlag, Verlag Sauerländer.
13. Karafistan, A. and Arık Colakoglu, F. (2005) Physical, chemical and microbiological water quality of the Manyas Lake, Turkey, *Mitigat. Adap. Strateg. Global Change*, 10, 127-143.
14. Karakoç, G., Ünlü Erkoç, F. and Katircioğlu, H. (2003) Water quality and impacts of pollution sources for Eymir and Mogan Lake (Turkey), *Environ. Int.*, 29, 21-27.
15. Mack W. N. (1977) *Total coliform bacteria. "Bacterial indicators/health hazards associated with water"*, ASTM STP 635, AW Hoadley, BJ Dutka eds., Amecian Society for Testing and Materials, pp.59-64.

16. McCambridge, J. and McMeekin, T. A. (1984) Effect of solar radiation and predacious microorganisms on survival of fecal and other bacteria, *Applied Environmental Microbiology*, 41, 1083-1087.
17. Minitab Inc. (2006) MINITAB Statistical Software, Release 14 for Windows, State College, Pennsylvania. Retrieved from <http://www.minitab.com/products/minitab/14/demo/>.
18. SKKY (2004) *Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği*, 31 Aralık 2004 tarihli Resmi Gazete No: 25687, [http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25687\(2004\)](http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25687(2004))
19. Sullivan, T. J., Snyder, K. U., Gilbert, E., Bischoff, J. M., Wusternberg, M., Moore, J. and Moore, D. (2005) Assessment of water quality in association with land use in the Tillamook Bay watershed, Oregon, USA, *Water, Air and Soil Pollution*, 161, 3-23.
20. Pennington A. T., Harding A. K., Hendricks, C. W. and Campbell, H. M. K. (2001) Evaluating microbial indicators of environmental condition in Oregon rivers, *Environmental Management*, 28 (6), 833-841.
21. Polatsü, S. ve Topçu, A. (2006) Sakaryabaşı Göleti'nde (Türkiye) sedimentten fosfor salınımının tahmini, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23, 119-121.
22. Shakweer, L. (2005) Ecological and fisheries development of Lake Manzallah (Egypt) 1. Hydrography and chemistry of Lake Manzalla, *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 31(1), 251-269.
23. Torunoğlu, T., Erbil, A., Göllü, S., Şentürk, E. ve Öner, H. (1989) Örnek çalışma: Uluabat Gölü ve Havzası. Su Kalite Gözlem ve Denetim Semineri, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü İçme Suyu ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı, 301-387, Ankara.
24. US EPA (1986) *Ambient water quality criteria for bacteria*, US EPA- 440-584-002, US EPA, Washington DC., USA.
25. US EPA (2002) *Implementation guidance for ambient water quality criteria for bacteria*, US EPA-823-B-02-003, US EPA, Washington DC., USA.

Makale 26.12.2007 tarihinde alınmış, 04.03.2008 tarihinde düzeltilmiş, 04.03.2008 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: A. Elmacı (aelmaci@uludag.edu.tr).