



## KARAKUYU GÖLÜ (AFYON) YÜZEY SUYU KALİTESİNDEKİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Cafer BULUT<sup>1</sup>, Ramazan ATAY<sup>1</sup>, Kazim UYSAL<sup>2</sup>, Esengül KÖSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Eğirdir/Isparta

<sup>2</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kütahya

E-mail: kuysal@dumlupinar.edu.tr; Tel: +90-274-265-2031

Geliş Tarihi:02.03.2010

Kabul Tarihi:08.03.2011

### ÖZET

Bu çalışmada, Karakuyu Gölü (Afyon) yüzey suyu kalitesindeki mevsimsel değişimler değerlendirilmiştir. Örnek alınan bütün istasyonlarda yıl boyu (2004-2005) göl suyunun berrak ve kokusuz, tuzluluğun % 0.0, hidroksil ve karbonat parametrelerinin 0 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen diğer parametrelerin minimum ve maksimum değerleri sırası ile; bulanıklık 0.40-1.09 NTU, kondüktivite 337.3-373.3 µmhos/cm, pH 7.01-7.85, sıcaklık 6.90-19.57 °C, çözülmüş oksijen 3.30-7.18 mg/L, klorür 4.78-11.12 mg/L, organik madde 12.00-24.33 mg/L, bikarbonat 165.7-254.9 mg/L, toplam sertlik 24.33-29.65 °F, kalsiyum 56.11-126.92, magnezyum 12.96-32.41 mg/L, nitrat 0.86-1.97 mg/L, sülfat 0-84.91 mg/L, fosfat 0-0.26 mg/L, amonyak 0.46-2.46 mg/L, asit bağlama gücü 2.40-4.77 ml asit, toplam asidite 0-25.3 mg/L, karbondioksit 0-0.61mg/L olarak bulunmuştur. Ölçümü yapılan fizikokimyasal parametreler Karakuyu Gölü yüzey suyu organik kirliliğinin bazı aylarda, özellikle 3. istasyonda, yüksek olduğunu, ancak bu durumun göldeki organizmalar için şimdilik herhangi bir risk oluşturmadığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Karakuyu Gölü, Su kirliliği, Fizikokimyasal parametreler*

### ASSESSMENT OF SEASONAL VARIATIONS IN SURFACE WATER QUALITY OF KARAKUYU LAKE (AFYON)

#### ABSTRACT

In this study, seasonal variations in surface water quality of Karakuyu Lake (Afyon) were evaluated. In the all sampling stations, it was determined that the lake water was clear and odorless, salinity 0.0 %, hydroxyl and carbonate parameters 0 mg/L in year around (2004-2005). Minimum and maximum values of other measured parameters were determined in the following ranges (respectively): turbidity, 0.40-1.09 NTU; conductivity, 337.3-373.3 µmhos/cm; pH, 7.01-7.85; temperature, 6.90-19.57 °C; dissolved oxygen, 3.30-7.18 mg/L; chloride, 4.78-11.12 mg/L; organic matter, 12.00-24.33 mg/L; bicarbonate, 165.7-254.9 mg/L; total hardness, 24.33-29.65 OF; calcium, 56.11-126.92; magnesium, 12.96-32.41 mg/L; nitrate, 0.86-1.97 mg/L; sulphate 0-84.91 mg/L; phosphate, 0-0.26 mg/L; ammonium, 0.46-2.46 mg/L; acid binding ability, 2.40-4.77 ml acid; total acidity, 0-25.3 mg/L; carbondioxide, 0-0.61mg/L. Measured physicochemical parameters indicated that the organic pollution in the lake water was high in some months, especially 3. station, but that this situation dint pose any risk for the organisms in the lake for the present.

**Keywords:** *Karakuyu Lake, Water pollution, Physicochemical parameters*

## 1. GİRİŞ

Dünya yüzeyinin yaklaşık 2/3'ünü kaplayan su kütlesi bitmez bir kaynak gibi görülebilir. Oysa tatlı sular hidrosferin yalnızca %2.7'sini oluşturmaktadır. Bu miktarın da %75'i kutup buzulları ve %23'ü de yeraltı suları olarak bulunur [1]. Kullanabileceğimiz su miktarı ise görüldüğü gibi çok sınırlı olup tatlı suların %2'sinden bile azını oluşturmaktadır. Bu sınırlı miktardaki kullanılabilir tatlı su kaynağımız da her geçen gün hızlı nüfus artması, gelişen endüstri ve teknolojiye bağlı olarak kirlenmektedir. Su kaynaklarımızın kirlenmesi ile kalitesi düşmekte, bu da hem o ekosistemde yaşayan sucul canlıları hem de insan sağlığını tehdit etmektedir. Özellikle sucul ekosistemlerin kirlenmesi öncelikle hassas türleri etkilemekte, biyoçeşitliliği azaltmaktadır [2]. Akarsular ve göller evsel ve endüstriyel gereksinimler için en uygun ve en ucuz kaynaqlardır [3]. Bu nedenle yerleşim yerleri ve sanayi alanları daha ziyade bu kaynaklar etrafında lokalize olmakta ve insan kaynaklı kirlenmelerden de ilk bu kaynaklar etkilenmektedir. Kirlenmiş, ekolojik dengeleri bozulmuş herhangi bir sucul kaynağın tekrar eski haline dönmesi ya mümkün olmamakta ya da fazla masraf ve uzun zaman gerektirmektedir. Bundan dolayı sucul kaynaklarımızın kirlilik seviyelerinin tespit edilerek gerekli önlemlerin zamanında alınması gerekmektedir. Karakuyu Gölü yaklaşık 1.200 hektarlık yüzey alanına ve ortalama 1 m derinliğe sahip tektonik orijinli bir göldür. Gölde baskın olarak turna ve sazan (*Esox lucius* L, 1758 ve *Cyprinus carpio* L, 1758) [4] balıkları bulunur. Göç zamanı her türlü yaban kuşunun ara konaklama alanıdır. Karakuyu Gölü ve çevresi yaban hayatı bakımından çok önemli bir sulak alan olduğundan 1990'lı yıllarda koruma altına alınmıştır [5 ve 6]. Bu çalışmanın amacı; Karakuyu Gölü'nün bazı fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel incelenmesi ile gölün yüzey suyu kalitesinin değerlendirilmesidir.

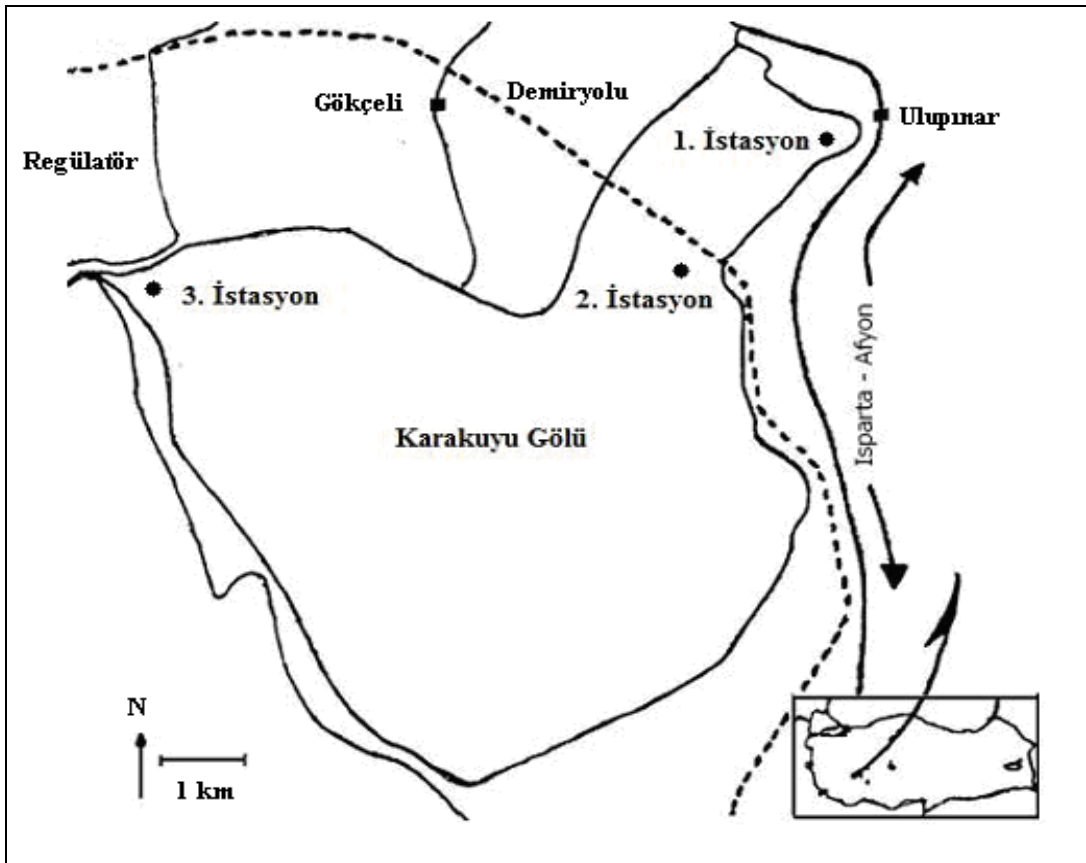
## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Çalışma alanı

Karakuyu Gölü (38° 05'K - 30° 09'D) Akdeniz Bölgesi'nde, Afyon–Isparta karayolu üzerinde yer alır. Deniz seviyesinden yüksekliği 950'm dir (Şekil 1). Bu çalışmada, fizikokimyasal parametre ölçümleri, gölü en iyi karakterize eden 3 istasyonda Temmuz 2004' den Temmuz 2005'e kadar aylık yapılmıştır.

### 2.2. Fizikokimyasal parametre ölçümleri

Kondüktivite, sıcaklık, pH, renk, koku, tuzluluk ve suda çözülmüş oksijen parametreleri istasyonlarda, diğer parametreler (Bulanıklık, klorür, organik madde, hidroksil, bikarbonat, karbonat, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, total asidite, karbondioksit, nitrat, amonyak, sülfat, fosfat ve asit bağlama gücü) ise Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü laboratuvarlarında ölçülmüştür. Fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık, pH, kondüktivite, tuzluluk, çözülmüş oksijen, amonyak parametreleri WTW multi 340 marka arazi seti ile; bulanıklık Hach marka türbidimetre ile; renk ve koku gözlemsel yol ile; sülfat WTW Spectral Lab-12 spektrofotometre ile; organik madde permanganat metodu ile; klorür, kalsiyum, magnezyum ve fosfat WTW Spectral Lab-12 spektrofotometre ile; alkali tayini asidimetrik metodu titrimetrik tayin ile; sertlik kompleksyon yöntemi titrimetrik tayin ile; asit bağlama gücü, asidimetrik metodu titrimetrik tayin ile ölçülmüştür.



Şekil 1: Karakuyu Gölü [5]

### 2.3. İstatistiksel analizler

Karakuyu Gölü'nde fizikokimyasal parametrelerin aylık değişimi; üç istasyondan elde edilen verilerin ortalaması olarak verilmiştir. İstasyonlarla ilgili fizikokimyasal parametrelerin ise yıllık minimum, maksimum ve ortalama değerleri verilmiştir. Çizelgelerde ortalama değerlerin sağında standart hataları ( $\pm$ ) belirtilmiştir. Elde edilen verilere SPSS 11.5 paket programı kullanılarak varyans analizi uygulandıktan sonra Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır [7].

### 3. BULGULAR VE TARTIřMA

Karakuyu Gölü'nde yapılan bu çalışmada, 2004–2005 yılları arasında aylık olarak ölçülen fizikokimyasal parametrelerin üç istasyonun ortalaması alınarak elde edilen aylık değerler Çizelge 1'de, seçilen istasyonların yıllık minimum, maksimum ve ortalama değerleri ise Çizelge 2'de verilmiştir. Bütün aylarda ve istasyonlarda göl suyunun berrak ve kokusuz, tuzluluğun % 0.0, hidroksil ve karbonat değerlerinin ise 0 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1: Karakuyu Gölü'nde fizikokimyasal parametrelerin aylara göre değişimi<sup>⊛</sup>

Fizikokimyasal Parametreler	Temmuz Ort±S.E.*		Ağustos Ort±S.E.		Eylül Ort±S.E.		Ekim Ort±S.E.		Kasım Ort±S.E.		Aralık Ort±S.E.		Ocak Ort±S.E.		Şubat Ort±S.E.		Mart Ort±S.E.		Nisan Ort±S.E.		Mayıs Ort±S.E.		Haziran Ort±S.E.		
	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	Berrak	Kokusuz	
Bulanıklık (NTU)	0.53±0.1	0.47±0.0	0.68±0.2	0.47±0.1	0.58±0.2	0.51±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2	0.51±0.2	0.58±0.2
Konduktivite (µmhos/cm)	358.0±12.2	361.0±17.6	375.6±30.6	362.0±26.1	373.3±36.5	355.3±23.0	355.3±23.0	373.3±36.5	355.3±23.0	353.0±16.1	353.0±16.1	355.3±23.0	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1	353.0±16.1
pH	7.04±0.0	7.05±0.0	7.01±0.0	7.62±0.1	7.76±0.0	7.73±0.1	7.73±0.1	7.62±0.1	7.76±0.0	7.84±0.1	7.84±0.1	7.73±0.1	7.84±0.1	7.84±0.1	7.76±0.0	7.76±0.0	7.84±0.1	7.76±0.0	7.76±0.0	7.76±0.0	7.76±0.0	7.76±0.0	7.76±0.0	7.76±0.0	7.85±0.1
Sıcaklık (°C)	17.40±2.0	17.63±2.1	14.70±0.7	14.40±0.7	11.57±0.6	6.90±3.2	6.90±3.2	14.40±0.7	11.57±0.6	9.93±1.8	9.93±1.8	6.90±3.2	9.93±1.8	9.93±1.8	13.83±0.5	13.83±0.5	9.93±1.8	10.17±1.9	10.17±1.9	13.83±0.5	15.87±1.2	15.87±1.2	6.15±2.0	7.18±1.7	
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	5.08±1.5	5.55±1.5	3.54±1.2	3.30±1.4	6.21±1.8	6.0±1.0	6.0±1.0	3.30±1.4	6.21±1.8	0.51±0.0	0.51±0.0	6.0±1.0	0.51±0.0	0.51±0.0	6.88±0.9	6.88±0.9	0.51±0.0	6.80±1.3	6.80±1.3	6.88±0.9	6.15±2.0	6.15±2.0	0.61±0.1	öd	
Karbon dioksit (mg/L)	0.44±0.1	0.31±0.0	0.43±0.1	0.43±0.0	öd	0.40±0.0	0.40±0.0	0.43±0.0	öd	8.75±0.8	8.75±0.8	0.40±0.0	8.75±0.8	8.75±0.8	8.63±0.1	8.63±0.1	0.37±0.01	10.64±1.9	10.64±1.9	8.86±0.0	8.51±0.4	8.51±0.4	10.76±0.3	öd	
Klorür (mg/L)	4.78±0.2	6.75±0.8	8.63±0.4	11.12±0.4	9.70±0.9	9.33±0.4	9.33±0.4	11.12±0.4	9.70±0.9	13.48±3.0	13.48±3.0	9.33±0.4	13.48±3.0	13.48±3.0	13.27±5.2	13.27±5.2	10.64±1.9	10.64±1.9	10.64±1.9	17.80±7.1	20.75±10.4	20.75±10.4	24.33±10.1	öd	
Organik Madde (mg/L)	18.43±6.8	17.27±6.2	16.12±4.7	18.01±3.2	14.42±4.5	202.1±18.7	202.1±18.7	18.01±3.2	14.42±4.5	165.7±72.8	165.7±72.8	202.1±18.7	165.7±72.8	165.7±72.8	208.2±17.3	208.2±17.3	10.64±1.9	10.64±1.9	10.64±1.9	17.80±7.1	20.75±10.4	20.75±10.4	24.33±10.1	öd	
Bikarbonat (mg/L)	235.8±12.6	241.9±16.3	254.9±26.7	254.9±20.8	165.7±72.8	26.67±2.7	26.67±2.7	254.9±20.8	165.7±72.8	202.1±18.7	202.1±18.7	26.67±2.7	202.1±18.7	202.1±18.7	208.2±17.3	208.2±17.3	26.67±2.7	26.67±2.7	26.67±2.7	237.0±28.2	221.6±14.2	254.4±32.7	254.4±32.7	233.0±9.9	
Sertlik (°F)	29.65±3.4	25.0±1.0	26.33±2.4	28.33±0.8	25.30±1.4	26.67±2.7	26.67±2.7	28.33±0.8	25.30±1.4	73.48±12.7	73.48±12.7	26.67±2.7	73.48±12.7	73.48±12.7	65.61±2.7	65.61±2.7	26.67±2.7	26.67±2.7	26.67±2.7	24.33±0.8	27.67±1.4	27.0±4.1	27.0±4.1	28.33±2.6	
Kalsiyum (mg/L)	126.9±15.4	70.8±4.8	80.16±2.3	74.81±9.3	73.49±11.8	73.48±12.7	73.48±12.7	74.81±9.3	73.49±11.8	65.61±2.7	65.61±2.7	73.48±12.7	65.61±2.7	65.61±2.7	25.12±5.3	25.12±5.3	65.61±2.7	65.61±2.7	65.61±2.7	56.11±0.0	69.47±3.5	78.82±8.1	78.82±8.1	74.81±1.3	
Magnezyum (mg/L)	32.41±7.9	17.83±0.8	15.39±7.2	23.50±4.2	23.50±7.4	17.83±2.1	17.83±2.1	23.50±4.2	23.50±7.4	12.96±4.9	12.96±4.9	17.83±2.1	12.96±4.9	12.96±4.9	2.0±0.0	2.0±0.0	12.96±4.9	12.96±4.9	12.96±4.9	24.91±0.3	25.12±4.5	17.83±5.6	17.83±5.6	23.50±5.6	
Nitrat (mg/L)	1.01±0.3	0.86±0.0	1.58±0.3	1.87±0.4	0.86±0.1	2.46±0.0	2.46±0.0	1.87±0.4	0.86±0.1	1.0±0.0	1.0±0.0	2.46±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.80±0.8	1.80±0.8	1.80±0.8	1.80±0.8	1.88±0.4	1.88±0.4	1.97±0.9	öd	
Sulfat (mg/L)	0.15±0.0	0.08±0.0	0.78±0.6	6.24±2.9	4.60±0.8	5.61±3.2	5.61±3.2	6.24±2.9	4.60±0.8	öd	öd	5.61±3.2	4.60±0.8	4.60±0.8	3.10±0.4	3.10±0.4	84.91±0.0	84.91±0.0	84.91±0.0	84.91±0.0	14.64±0.0	14.64±0.0	14.64±0.0	5.60±0.0	
Fosfat (mg/L)	0.04±0.0	öd	1.38±1.3	0.25±0.2	0.05±0.0	0.08±0.0	0.08±0.0	0.25±0.2	0.05±0.0	0.01±0.0	0.01±0.0	0.08±0.0	0.01±0.0	0.01±0.0	0.03±0.0	0.03±0.0	0.26±0.0	0.26±0.0	0.26±0.0	0.26±0.0	0.06±0.0	0.09±0.0	0.09±0.0	0.05±0.0	
Amonyak (mg/L)	0.86±0.4	0.70±0.3	2.46±1.5	0.82±0.1	0.49±0.1	0.65±0.0	0.65±0.0	0.82±0.1	0.49±0.1	1.0±0.5	1.0±0.5	0.65±0.0	1.0±0.5	1.0±0.5	0.70±0.0	0.70±0.0	0.46±0.0	0.46±0.0	0.46±0.0	0.97±0.3	0.46±0.1	0.46±0.1	0.66±0.0	öd	
Asit Bağlama Gücü (ml asit)	3.63±0.1	3.90±0.1	4.35±0.5	2.40±1.4	4.30±0.2	4.67±0.0	4.67±0.0	2.40±1.4	4.30±0.2	3.93±0.2	3.93±0.2	4.67±0.0	3.93±0.2	3.93±0.2	4.10±0.2	4.10±0.2	4.77±0.3	4.77±0.3	4.77±0.3	3.90±0.0	3.90±0.2	3.90±0.2	4.17±0.1	öd	
Toplam Asitide (mg/L)	22.0±5.0	15.33±3.5	21.33±8.3	20.67±4.6	öd	20.0±2.3	20.0±2.3	20.67±4.6	öd	25.33±2.9	25.33±2.9	20.0±2.3	25.33±2.9	25.33±2.9	15.33±3.3	15.33±3.3	9.33±0.3	9.33±0.3	9.33±0.3	9.67±1.2	15.33±3.1	15.33±3.1	220±5.0	öd	

⊛ Aylara ait fizikokimyasal parametre değerleri üç istasyonun ortalaması alınarak elde edilmiştir.

\* Ort±S.E.: Ortalama±standart hata

öd: Ölçülemeyecek düzeyde

**Çizelge 2.** Karakuyu Gölü'nde seçilen istasyonlarda ölçülen fizikokimyasal parametrelerin yıllık minimum, maksimum ve ortalama değerleri<sup>⊛</sup>

<b>Fizikokimyasal Parametreler</b>	<b>1. İstasyon Min-Mak Ort±S.E.*</b>	<b>2. İstasyon Min-Mak Ort±S.E.</b>	<b>3. İstasyon Min-Mak Ort±S.E.</b>
Bulanıklık (NTU)	0.12-0.35 0.20±0.0 <sup>a</sup>	0.42-0.93 0.73±0.0 <sup>a</sup>	0.38-23.0 2.81±1.8 <sup>a</sup>
Kondüktivite (µmhos/cm)	321-342 331.50±2.1 <sup>a</sup>	333-371 346.17±3.1 <sup>a</sup>	350-445 395.83±7.3 <sup>b</sup>
pH	7.01-7.87 7.54±0.0 <sup>a</sup>	7.01-8.13 7.60±0.1 <sup>a</sup>	7.00-8.08 7.58±0.1 <sup>a</sup>
Sıcaklık (°C)	12.90-13.80 13.28±0.0 <sup>a</sup>	5.80-19.80 13.83±1.2 <sup>a</sup>	1.90-25.50 12.92±2.1 <sup>a</sup>
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	4.03-8.30 6.73±0.3 <sup>a</sup>	3.95-9.89 6.94±0.5 <sup>a</sup>	0.48-7.62 3.08±0.5 <sup>b</sup>
Karbondioksit (mg/L)	0.20-0.60 0.36±3.1 <sup>a</sup>	0.24-0.40 0.33±0.0 <sup>a</sup>	0.36-0.84 0.56±0.0 <sup>b</sup>
Klorür (mg/L)	5.06-10.64 8.57±0.4 <sup>a</sup>	5.06-12.05 8.90±0.5 <sup>a</sup>	4.22-14.18 9.15±0.7 <sup>a</sup>
Organik Madde (mg/L)	6.32-12.01 8.06±0.5 <sup>a</sup>	8.22-18.96 13.45±0.9 <sup>a</sup>	19.27-44.24 27.76±2.3 <sup>b</sup>
Bikarbonat (mg/L)	176.90-225.70 205.96±5.3 <sup>a</sup>	22.70-244 203.09±17.2 <sup>a</sup>	213.50-319.64 266.77±9.1 <sup>b</sup>
Sertlik (°F)	21-30 24.49±0.8 <sup>a</sup>	23-32 25.51±0.7 <sup>a</sup>	26-35 30±0.8 <sup>b</sup>
Kalsiyum (mg/L)	52.10-96.19 67.81±3.6 <sup>a</sup>	56.11-140.28 75.17±6.2 <sup>ab</sup>	56.11-144.29 87.19±6.3 <sup>b</sup>
Mağnezyum (mg/L)	4.86-34.04 20.33±2.8 <sup>a</sup>	12.15-43.76 20.87±2.6 <sup>a</sup>	12.15-36.47 23.78±2.2 <sup>a</sup>
Nitrat(mg/L)	0.54-3.57 1.82±0.2 <sup>a</sup>	0.47-2.32 1.12±0.2 <sup>ab</sup>	0.86-1.05 0.97±0.0 <sup>b</sup>
Sülfat (mg/L)	2.09-3.60 2.85±0.7 <sup>a</sup>	0.15-12.03 5.11±1.7 <sup>a</sup>	0.08-84.91 13.95±10.2 <sup>a</sup>
Fosfat (mg/L)	0.02-0.08 0.06±0.0 <sup>a</sup>	0.03-4.10 0.62±0.5 <sup>a</sup>	0.003-0.68 0.16±0.0 <sup>a</sup>
Amonyak (mg/L)	0.33-1.72 0.75±0.1 <sup>a</sup>	0.02-5.61 1.23±0.6 <sup>a</sup>	0.003-0.68 0.16±0.0 <sup>a</sup>
Asit Bağlama Gücü (ml asit)	1.0-4.70 3.68±0.2 <sup>a</sup>	1.0-4.50 3.76±0.6 <sup>a</sup>	3.50-5.50 4.51±0.1 <sup>a</sup>
Toplam Asitide (mg/L)	9-26 14.60±1.5 <sup>a</sup>	8-20 13.70±1.2 <sup>a</sup>	9-38 24±2.8 <sup>b</sup>

<sup>⊛</sup>Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalama değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05)

\* Min-Mak: Minimum-Maksimum  
Ort±S.E.: Ortalama±standart hata

Karakuyu Gölü'nde bulanıklığın aylık ortalama değerleri en düşük Ocak ayında (0.40 NTU) en yüksek ise Mart ayında (7.99 NTU) bulunmuştur. Aralık ve Mart ayları bulanıklık değerleri arasında istatistiksel bir fark olduğu (p<0.05) diğer aylarda ölçülen bulanıklık değerleri arasında ise önemli bir fark olmadığı (p>0.05) tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yıllık ortalama bulanıklık en yüksek 2. İstasyonda (0.42 NTU) en düşük ise 1. İstasyonda (0.12 NTU) bulunmuştur. İstasyonlar arası bulanıklık değerleri arasında önemli bir fark (p>0.05) belirlenmemiştir (Çizelge 2). Göl sularında bulanıklık arttıkça fotosentez azaldığından suyun oksijen oranı azalır, plankton üretimi düşer, ekolojik dengeler bozulur. 200 NTU lük bulanıklık değerinin balıklar için öldürücü

olduğu tespit edilmiştir [8 ve 9]. Karakuyu Gölü'nde bütün istasyon ve aylarda bulanıklılığın oldukça düşük olduğu ve sucul canlılar için risk oluşturmadığı belirlenmiştir. Karakuyu Gölü'nde kondüktivite en düşük Mayıs ayında (349  $\mu\text{mhos/cm}$ ) ; en yüksek ise Eylül ayında (375.6  $\mu\text{mhos/cm}$ ) bulunmuştur. Aylık kondüktivite değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). İstasyonların yıllık kondüktivite değerlerine baktığımızda 3. istasyon ile diğer istasyonlar arasında önemli bir farkın olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Su canlıları için kabul edilebilir elektriksel iletkenlik değeri 250-500  $\mu\text{mhos} \times 10 \text{ cm}^{-1}$  ve en fazla 2000  $\mu\text{mhos} \times 10 \text{ cm}^{-1}$  olarak bildirilmiştir [10]. Karakuyu Gölü'nün kondüktivite değerlerinin sucul yaşam için şimdilik herhangi bir risk oluşturmadığı söylenebilir (Çizelge 1 ve 2).

Karakuyu Gölü'nde çözünmüş oksijen miktarı en düşük Ekim ayında (3.30 mg/L) en yüksek ise Haziran ayında (7.18 mg/L) tespit edilmiştir. Aylık çözünmüş oksijen değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). En düşük çözünmüş oksijen miktarı 3. istasyonda ölçülmüştür. Fakat 3. istasyon ile diğer istasyonlar arasında ortalama yıllık çözünmüş oksijen değerleri açısından önemli bir farklılık belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Herhangi bir zamanda suda saptanan çözünmüş oksijen miktarı o andaki suyun sıcaklığına, su yüzeyine temas eden atmosferdeki gazın kısmi basıncına, suda çözünmüş tuz yoğunluğuna ve biyolojik olaylara bağlı olarak değişim göstermektedir [10 ve 11]. Tatlı su balıkları sağlığını korumak için minimum oksijen miktarının Salmonidler için 6 mg/l, Cyprinidler için ise 4 mg/l'den düşük olmaması gerektiği bildirilmiştir [1]. Su kirliliği yönetmeliğine göre [12] Karakuyu Gölü, yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerleri açısından 1. ve 2. istasyon için II. kalite su sınıfında; 3. İstasyon için ise 3.8 mg/L ile III. kalite su sınıfına girmektedir (Çizelge 2). pH, doğal sularda kimyasal ve biyolojik sistemler için en önemli faktördür. Tatlı su canlıları pH 5–9 aralığında fazla etkilenmez. Ancak pH, bazı kimyasal maddelerin toksite değerlerinde etkilidir. Sülfür ve siyanür tuzlarının zehirlilik etkisi pH düştükçe yükselirken, amonyağın zehirlilik etkisi pH yükseldikçe artar. Bundan dolayı pH 4–9 arasındaki sularda sucul canlılar kimyasal kirlenme yoksa ancak zarar görmeden yaşayabilirler [1ve 13]. Karakuyu Gölü'nde en düşük pH değeri Eylül ayında en yüksek ise Haziran ayında tespit edilmiştir ve aylar arasında önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). İstasyonlar arası yıllık ortalama pH değerleri arasında Çizelge 2'de görüldüğü gibi önemli dalgalanmalar görülmemiştir ( $p>0.05$ ). Tüm istasyon ve aylarda ölçülen pH değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Yüzey suları genelde az miktarda karbondioksit ihtiva eder. Sucul ekosistemlerdeki karbondioksitin kaynağını; atmosferden suya çözünerek geçen karbondioksit, sedimentte bulunan organik maddelerin ayrışmasıyla üretilen karbondioksit, mikroorganizmalar, algler ve diğer akuatik bitki ve hayvanların solunumuyla ürettikleri karbondioksit oluşturur. Suda karbondioksit konsantrasyonunun artması suyu asidik yaparak pH'ı düşürür [1]. Karakuyu Gölü'nde karbondioksit Mayıs ayında en yüksek (0.61 mg/L), en düşük ise Kasım ve Haziran aylarında tespit edilmiştir. İstasyonların ortalama karbondioksit değerleri karşılaştırıldığında 3. istasyon ile diğer istasyonlar arasında önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). En düşük klorür miktarı Temmuz ayında (4.78 mg/L) en yüksek klorür miktarı ise Ekim ayında (11.12 mg/L) tespit edilmiştir. İstasyonlar arasında belirlenen klorür değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ( $p>0.05$ ). Sularda bulunan klorür anyonu daha ziyade suyun temas ettiği jeolojik formasyonlardan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte endüstriyel ve evsel atıklardan da kaynaklanabilir ve kirlilik göstergesi olarak da düşünülebilir [14 ve 15]. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne [12] göre klorür değerleri açısından Karakuyu Gölü I. sınıf yani yüksek kaliteli su sınıfına girmektedir.

Karakuyu Gölü'nde organik madde miktarının en düşük olduğu ay Ocak, en yüksek olduğu ay ise Haziran ayıdır. Aylar arasında organik madde miktarları arasında önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Üçüncü. istasyonun organik madde konsantrasyonunun diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Sudaki organik madde miktarını; su içinde yaşayan mikro ve makro organizmalar ile yağış suları tarafından alıcı ortama taşınan kara bitkilerinin kalıntıları teşkil eder. Sulardaki organik maddeler oksijen ile parçalanır ve kararlı basit bileşiklere dönüşürler. Su ortamında belli miktarlarda organik maddenin bulunması, su canlıları açısından önemlidir. Çünkü organik madde su canlılarının besin kaynağıdır. Organik madde miktarı belli bir seviyeye ulaştığında sucul canlı popülasyonlarında da artış görülür. Ancak bu belli bir limitin üzerinde olmamalıdır. Sucul ekosistemlerin organik madde miktarı istenmeyen seviyelerde artarsa tür sayısı azalır, hassas türler ortadan kalkarak daha dayanıklı türler hâkim duruma geçerler [16 ve 17]. Balık yetiştirilen sularda organik madde miktarının 31.6 mg/L den az olması gerektiği bildirilmiştir [18]. Üçüncü istasyonun organik madde miktarının zaman zaman tavsiye edilen limiti aştığı tespit edilmiştir.

Su sertliğini su içinde bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları belirler. Suyun bulunduğu alan kireç taşı veya magnezyum içeren kayalardan teşekkül etmişse, böyle sular fazla kalsiyum ve magnezyum içerirler ve sertlikleri yüksektir. Balık yetiştiriciliği için toplam sertlik değerinin 42 °F den az olması gerektiği bildirilmiştir [9]. Karakuyu Gölü sertlik değerlerinde aylar arasında önemli dalgalanma tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). En yüksek sertlik değeri 3. istasyonda (30 °F), en düşük sertlik değeri ise 1. istasyonda (24.49 °F) bulunmuştur. Karakuyu Gölü'nde kalsiyum miktarı en düşük Mart ayında (56.11 mg/L) en yüksek ise Temmuz ayında (126.92 mg/L) bulunmuştur. Temmuz ayı ile diğer aylar arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). İstasyonlarda en yüksek kalsiyum değeri 3. istasyonda en düşük kalsiyum değeri ise 1. istasyonda bulunmuştur. 3. istasyon ile 1. istasyon arasında önemli bir fark olduğu bulunurken ( $p<0.05$ ) 2. istasyonla diğer istasyonlar arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ). Kalsiyum balık ve bitki gelişimi için gereklidir. Alabalık yetiştiriciliğinde suyun kalsiyum değerinin 4-160 mg/L arasında olması istenir [19]. Kalsiyum içeriği bakımından Karakuyu Gölü sularının istenen sınırlar içerisinde olduğu söylenebilir. Magnezyum içeriği açısından aylar ve istasyonlar arasında önemli bir farkın olmadığı bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Normal olarak sularda kalsiyum, magnezyumdan daha fazladır. Kalsiyumun, magnezyuma oranı kirlenmemiş sularda yaklaşık 4-5/1'dir [10]. Karakuyu Gölü'nde kalsiyumun magnezyumdan daha fazla olduğu ve genel olarak 4/1 oranında bulunduğu söylenebilir. Bikarbonat iyonu ( $\text{HCO}_3^-$ ) suyun pH' sını belirleyen iyonlardan biridir. Bikarbonat miktarı en düşük Kasım ayında en yüksek ise Ekim ayında bulunmuştur. Aylar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). 3. istasyonun bikarbonat konsantrasyonunun diğer istasyonlardan önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Azotlu bileşiklerden nitrit, nitrat ve amonyak miktarının yüksek seviyeleri sucul canlılar için toksik etkiler yapar. pH ve sıcaklığın artması ile de toksik etkileri artar. Nitrit ve amonyağa oranla nitratın toksisitesi daha azdır [20]. Yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat kirliliği, topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması ve gübre kullanımı olmak üzere başlıca iki nedenden oluşmaktadır [21]. Su Kirliliği Yönetmeliğine [12] göre; sularda 5 mg/L'nin altında nitrat olursa I. sınıf yüksek kaliteli su olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı Karakuyu Gölü nitrat değeri açısından I. sınıf yüksek kaliteli su sınıfına girmektedir. Karakuyu Gölü amonyak miktarı en yüksek Şubat ayında en düşük ise Mart ayında tespit edilmiştir. Aylar ve istasyonlar arasında amonyak konsantrasyonu açısından önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Göl sularında fosfatlı bileşiklerin artması ötrofikasyona neden olmakta ve gölün daha kısa zamanda yaşlanmasına neden olmaktadır. Sucul ekosistemlerde fosfat miktarı 0.3 mg/L den yüksek ise kirlenmeden söz edilebilir. [1 ve 22]. Karakuyu Gölü'nde fosfat miktarı en yüksek Eylül ayında en düşük ise Temmuz ayında bulunmuştur. Göl suyunun fosfat içeriği açısından aylar ve istasyonlar arasında istatistiksel bir farkın olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Sonuç olarak; Göllerin kirlilik seviyesi ve ekolojik durumları sürekli değişim içindedir. Bu değişim kirletici kaynaklara ve kirlenme durumuna göre bazen çok hızlı bazen de yavaş seyretmektedir. Bundan dolayı belirli aralıklarla sucul ekosistemlerin kirlilik seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma 2004-2005 yılları arasında yapılmıştır. Elde edilen veriler elbette Karakuyu Gölü'nün şu anki durumunu çok yansıtmayacaktır. Ancak mevcut verilerin yayınlanmasının sonraki yapılacak çalışmalarda gölün nasıl bir süreçten geçtiğini belirlemek için oldukça önemli olacağı kanaatindeyiz. Elde edilen verilere göre; üçüncü istasyon hariç diğer istasyonlarda göl ekosistemi için risk oluşturacak bir durum yoktur. Ancak 3. istasyonda organik kirlilik yükünün fazla olduğu ve ilgili parametrelerin de (Oksijen ve karbondioksit içeriği gibi) zaman zaman istenmeyen seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Göl etrafında fazla sanayi ve yerleşim yeri olmaması 3. istasyondaki organik madde artışının zirai uygulamalardan kaynaklanabileceği kanaatini uyandırmaktadır. 3. istasyonda bol miktarda bulunan kamış ve diğer sucul bitkilerin çürümesi de organik organik kirliliği arttıran önemli bir faktör olabilir. Buna uygun önlemlerin alınması, yani göle organik madde, özellikle ötrofikasyona neden olabilecek zirai uygulamalar kaynaklı azotlu ve fosfatlı gübrelerin girdisinin önlenmesi gerekmektedir.

**Teşekkür:** Bu makalede; 'Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)' tarafından desteklenen "Beşşehir, Eğirdir, Kovada, Çivril ve Karakuyu (Çapalı) Göllerinde Su Kirliliği Projesi"nden elde edilen veriler kullanılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] R. Lloyd, 'Pollution and freshwater fish'. Blackwell scientific Publication Inc. ISBN: 0-85238-187-5, 175 (1992).
- [2] S. Dirican ve M. Barlas, 'Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın fizikokimyasal özellikleri ve balıkları'. Ekoloji, 14-54, 25-30 (2005).
- [3] P. E Odum ve H.G Barrett, (Çeviren: K. Işık). 'Ekolojinin Temel İlkeleri', Palme Yayıncılık, 624 (2008).
- [4] R. Geldiay ve S. Balık, 'Türkiye Tatlısu Balıkları Ege Üniversitesi' Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:40 (1999).
- [5] F. Küçük ve S.S Güçlü, 'Çapalı Gölü (Afyon-Isparta) Turna Balıklarında (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) Üreme' Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, II (XII), 67-71 (2004).
- [6] H. Nergiz, ve A. M. Tabur, 'The Ornithofauna of Lake Karakuyu (Afyonkarahisar, Turkey)'. Turk J Zool, 31 309-315 (2007).
- [7] K. Özdamar, 'SPSS ile Biyoistatistik'. Kaan Kitapevi, Yayın No: 3-4, ISBN: 975-6787-03-1, 452 s. (2001)
- [8] J.R.E. Jones, 'Fish and river pollution', Butterworth & Co. Ltd. ISBN:628.515:597, London. (1964).
- [9] C. Bulut, R. Atay ve K. Uysal, 'Eğirdir Göl'ünde Fizikokimyasal Parametrelerin mevsimsel değişimi ve limnolojik açıdan değerlendirilmesi', Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi ,10:2: 447-454 (2009).
- [10] S. Dirican, 'Kılıçkaya Baraj Gölü (Sivas, Türkiye)'nün su kalitesinin değerlendirilmesi'. H.R.Ü.Z.F Dergisi 12 (4):25-31 (2008).
- [11] C. Tanyolaç, 'Limnoloji (Tatlı Su Bilimi)' Hatipoğlu Basım ve Yayıncılık San. Tic. Ltd., Şti., 4. Baskı, 237 (2006)
- [12] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, , Sayı: 25687 (2004)
- [13] Ö. Egemen, 'Su Kalitesi' Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:14 Bornova, İzmir 147 (2005).
- [14] J. Bartram and R.Ballance, 'Water Quality Monitoring', United Nations Environment Programme E and FN SPON, an imprint of Chapman and Hall.(2004).
- [15] A. Ünlü, F. Çoban, ve M. S. Tunç, 'Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler açısından incelenmesi'. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23, 119-127 (2008).
- [16] M. Yılmaz, M. Akyürek ve İ. Balık, 'Çivril (Işıklı) Gölü Limnolojik Araştırma Projesi Sonuç Raporu', Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir. (1992).
- [17] W. Lampert ve U. Sommer, 'Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams', Oxford University Press. ISBN 0-19-509592-8. (1997).
- [18] M. Z. L. Göksu, 'Su Kirliliği', Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 7. ISBN: 975-8561-24 3. 232 (2003).
- [19] A. Türkmen ve M. Türkmen, 'Karasu Irmağının (Askale Mevkii) bazı su kalitesi parametrelerinin mevsimsel değişimi ve su ürünleri açısından değerlendirilmesi', X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu 22-24 Eylül Adana. (1999).
- [20] Y. Tepe, A. Ateş, E. Mutlu, ve Y. Töre, 'Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri' E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23, 149-154 (2006)
- [21] F. Akkurt, A. Alıcılar ve O. Şendil, 'Sularda bulunan nitratın adsorbsiyon yoluyla uzaklaştırılması' Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 17 (4), 83-91, (2002)
- [22] F. Yılmaz, 'Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-kimyasal Özellikleri'. Ekoloji, 13(50) 10-17 (2004).