

KOVADA GÖLÜ'NÜN (ISPARTA) HİDROJEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Şehnaz ŞENER*¹, Erhan ŞENER²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Kovada Gölü,
Hidrojeokimya,
Su kalitesi,
Ötrofikasyon,*

Özet

Kovada Gölü Göller Bölgesinde ve Isparta il sınırları içerisinde yer almakta olup göl ve çevresi Milli Park ve I. Derecede Doğal Sit Alanı statüsündedir. Bu çalışmada Kovada Gölü'nün hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesi incelenmiştir. Gölden sistematik olarak alınan su örneklerinin fiziko-kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan hidrojeokimyasal diyagramlara göre göl sularında Mg, Ca, HCO₃ iyonlarının hakim olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Kovada kanalının göle boşalım noktalarından alınan su örneklerinde Cl ve SO₄ iyonları oldukça yüksek değerlerde ölçülmüştür. Kovada gölü su kalitesi açısından incelendiğinde gölün antropojenik kirleticilerden olumsuz olarak etkilendiği ve gölün ötrofik seviyede olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, önemli bir su rezervi olan Kovada Gölü'nün sürdürülebilir yönetimi için Kovada Kanalı ile göle taşınan kirliliğin önlenmesi ve ölçümlerin periyodik olarak tekrarlanması zorunlu görülmektedir.

HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE KOVADA LAKE (ISPARTA)

Keywords

*Kovada Lake,
Hydrogeochemistry,
Water Quality,
Eutrophication,*

Abstract

Kovada Lake is located in Lake District and Isparta province and the lake with its surrounding has status of the National Park and First Degree Natural Protected Area. In this study, hydrogeochemical properties and water quality of the Kovada Lake were investigated. According to hydrogeochemical diagrams prepared using physicochemical analysis results of the water samples taken systematically from the lake, the dominant ions are Mg, Ca and HCO₃ in lake water. In addition, Cl and SO₄ ions were measured at very high values in the water samples taken from the discharge points of the Kovada Channel. According to water quality investigations of the lake, anthropogenic contaminants negatively affects the lake and the lake seems to be eutrophic level. It is concluded that, the pollution carried into the lake by the Kovada channel should be prevented and the measurements should be repeated periodically for sustainable management of the Kovada Lake which is an important water reserve.

1. Giriş

Canlılar için en temel yaşam kaynağı olan suyun sürdürülebilir yönetiminin planlanması su kaynaklarının bilinçli bir şekilde korunması ve kullanımlarının yönetilmesi ile mümkündür. Günümüzde artan nüfusa bağlı olarak suya olan gereksinimin artması ve mevcut su kaynaklarının kirlilik tehdidi altında olması sebebiyle su kaynaklarının miktar ve kalite açısından incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde oldukça kısıtlı miktarlarda sahip olduğumuz ve en önemli tatlı su rezervlerimizin başında olan göller doğal güzellikleri, biyolojik çeşitliliği, balıkçılık, rekreasyon, turizm ve hidrolojik döngüdeki rolü gibi birçok özellikleriyle önemli doğa alanlarıdır (Taş, 2011). Başlıca Göller Yöresi (Eğirdir, Burdur, Beyşehir ve Acıgöl), Güney Marmara (Sapanca, İzmit, Ulubat, Kuş Gölüleri), Van Gölü ve çevresi, Tuz Gölü ve çevresinde toplanan göllerin beslenme kaynağı başlıca ortama düşen yağış ve kendilerini çevreleyen arazilerin yüzey ve yeraltı drenaj sularıdır. Bu nedenle, göl havzaları içerisinde bulunan tarımsal, evsel ve endüstriyel kirlitici

* İlgili yazar: sehnazsener@sdu.edu.tr, +90-246-211-1324

kaynaklar yüzey suyu ve yeraltı suyu drenajları ile direkt olarak göl su kalitesini etkilemektedir.

Günümüzde yapılan çalışmalar birçok gölün kirlilik tehdidi altında olduğunu göstermektedir (Erk'akan ve Özeren, 2001; Aksoy vd., 2006; Nas vd., 2008; Şener vd., 2010). Başlıca evsel ve endüstriyel atıklardan, tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan zirai ilaçlar ve gübrelerden kaynaklanmakta olan kirlilik sebebiyle göllerin ekolojik dengesin hızlı bir şekilde değişmekte ve buna bağlı olarak göllerde ötrofikasyon, aşırı otlama ve alg patlamaları gözlenmektedir (Ellis vd., 1989; Ünlü vd., 2008). Göllerde azot ve fosfor gibi besleyici tuzların aşırı şekilde bulunması ötrofikasyona sebep olmaktadır. Genel olarak tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azot ve fosforun yanı sıra tarımsal mücadele ilaçları içerisinde bulunan inorganik bileşiklerde göllerin su kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Sunulan çalışmada çevresindeki kirlenici kaynakların baskısı altında olan Kovada Gölü'nün hidrojeokimyasal özellikleri ayrıntılı olarak incelenerek göl suyunun kimyasal özelliklerinin ve mevcut durumdaki su kalitesinin ve trofik seviyesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Çalışma alanı ve konusu ile ilgili bilimsel çalışmalar incelendiğinde farklı araştırmacılar tarafından Kovada Gölü havza yönetimi, göl su ve sedimentlerindeki ağır metal değişimleri ve gölün hidrobiyolojik, ekolojik, jeolojik ve tektonik özellikleri konularında araştırmalar yapılmıştır.

Göller Bölgesinin güneyinde yer alan Kovada Gölü Batı Toroslarda oluşmuş karstik bir göldür. Göl çevresinde Senozoyik ve Mesozoyik yaşlı stratigrafik ve tektonik özellikleri açısından birbirlerinden farklı olan litolojik birlikler yüzeylenmektedir (Dumant ve Kerey, 1975). Kovada Gölü'nün de içinde bulunduğu çanağın oluşumunda batı ve doğu kenarlar boyunca uzanan normal faylar ile karstik erime olayları önemli rol oynamıştır (Bahadır, 2013). Kovada Gölü Eğirdir Gölü'nün güneye doğru uzantısı olup iki göl arasındaki dar vadi zamanla alüvyon ile dolarak günümüzdeki şeklini almıştır.

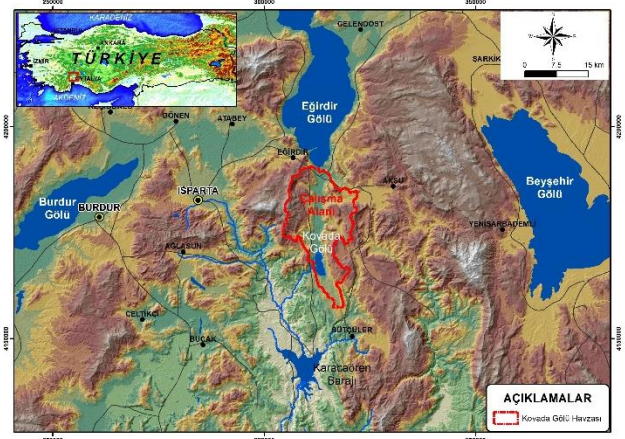
Kovada Gölü ve çevresi sahip olduğu doğal kaynaklar, biyolojik çeşitlilik ve jeomorfolojik özellikleri nedeniyle 1970 yılında "Millik Park", 1992 yılında "1. Derece Doğal Sit alanı" ilan edilmiştir (Karadağ 2007). Kovada Gölü doğal koruma alanı içerisinde olmasına rağmen mevcut durumda Eğirdir Gölü ile tek bağlantısı olan Kovada Kanalı taşıdığı tüm kirlilik göl su kalitesini bozmaktadır. Eğirdir ilçesi yerleşim birimine ait evsel ve endüstriyel kaynaklı atık suların arıtıldığı arıtma tesisi çıkış suları Kovada Kanalı'na deşarj edilmekte ve tüm bu atık sular kanal vasıtasıyla Kovada Gölü'ne boşalmaktadır (Şener ve Şener, 2015; Bahadır 2013). Kır vd., (2007) tarafından yapılan

çalışmada Kovada Gölü su ve sedimentindeki ağır metal miktarları araştırılmış ve sonuç olarak Kovada Gölü'nün suyunda tespit edilen ağır metal miktarları Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı (Anonim 2002)'nin verdiği sucül ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerlerine göre Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Al ve Ni parametreler bakımından limit değerlerin içerisinde olduğu belirlenmiştir. Ancak son yıllarda göle giren kirlilik yüklerinin arttığı ve göl su kalitesinin bozulduğu gözlenmektedir. Özellikle Kovada kanalının göle ciddi kirlilik taşıdığı ve gölün belirli zamanlarda ötrofik özellik gösterdiği yapılan bilimsel çalışmalarla tespit edilmiştir (Şener vd., 2010). Şener ve Şener (2015) tarafından Kovada Gölü dip sedimanlarının ağır metal içerikleri incelendiğinde Kovada kanalının boşalım bölgesi olan gölün kuzeyinde Cu, Mn ve As değerlerinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bahadır (2012) yapmış olduğu çalışmada Kovada göl havzasındaki en önemli coğrafi sorunların, yanlış arazi kullanımı, ormanlar üzerindeki baskı, gölü besleyen kaynakların tarımda sulama amacı ile kullanılması, gölün yeterince beslenememesi ve tarımda kullanılan ilaçların göl suyu kalitesini bozması olduğunu belirtmektedir.

Bu durumda, Kovada Gölü'nün hidrojeokimyasal incelemesinin yapılarak çevresinde yer alan kirlenici kaynaklarının göl suyuna olası etkilerinin belirlenmesi ve gölün mevcut durumdaki su kalitesinin ortaya konulması doğal bir kaynak olan Kovada Gölü'nün sürdürülebilir kullanımı için zorunlu görülmektedir.

3. Materyal ve Yöntem

Kovada Gölü Akdeniz Bölgesinde, Isparta İli Eğirdir ilçesinin 8 km. güneyinde yer alan karstik bir göldür (Şekil 1). Göl kuzey-güney doğrultusunda uzanmakta olup 7.9 km² yüzey alanına sahiptir. Kovada Gölü ve çevresi, 37° 34' 47" - 37° 42' 24" kuzey enlemleri ve 30° 50' 45" - 30° 55' 53" doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Gölün en derin yeri 6 m., deniz seviyesinden yüksekliği 908 m., kıyı uzunluğu ise yaklaşık 18 800 m.'dir.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Yapılan çalışmada öncelikle gölün beslenme havzası sınırları 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinden belirlenmiştir. Çalışma alanının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini belirleyebilmek için havzanın 1/50 000 ölçekli genel jeoloji haritası Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında ArcGIS 9.0 yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca, her bir litolojik birim akifer olabilme potansiyeli bakımından değerlendirilerek bölgedeki hidrojeolojik birimler ayrılanmıştır. Göl suyunun hidrojeokimyasal özelliklerini belirleyebilmek için gölü en iyi şekilde temsil edecek noktalardan su örnekleri alınmış ve koordinatları Magellan Explorerist 600 el GPS'ine yüklenmiştir.

Örneklerin hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen ve sıcaklık (T) değerleri Elmetron CX-401 ve YSI Professional Plus marka çok parametrelili portatif su kalitesi ölçüm cihazı kullanılarak yerinde ölçümler ile belirlenmiştir. Göl suyu örneklerinin kimyasal analizleri ACME laboratuvarlarında (Kanada) ve Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Su örneklerinin katyon ve ağır metal analizleri ACME laboratuvarlarında Grup 2C kapsamında, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) analiz tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Toplam fosfat, toplam azot, sülfat, klorür analizleri WTW photoLab Spectral-12 Spektrofotometre cihazı kullanılarak fotometrik yöntem ile belirlenmiştir. Fotometrik yöntem belirli bir dalga boyunda bir ışık şiddeti ile miktar belirleme yapma esasına dayanmaktadır. Toplam sertlik kompleksyon yöntemi kullanılarak, CO₃ ve HCO₃⁻ analizleri ise Merck-Aquamerck test kitleri kullanılarak titrimetrik tayin ile belirlenmiştir. Göl suyuna ait kimyasal veriler Aquachem 3.7 yazılımı kullanılarak hazırlanan Piper (1944), Durov (1948) ve Schoeller (1955), diyagramları üzerinden yorumlanmıştır.

4. Araştırma Bulguları

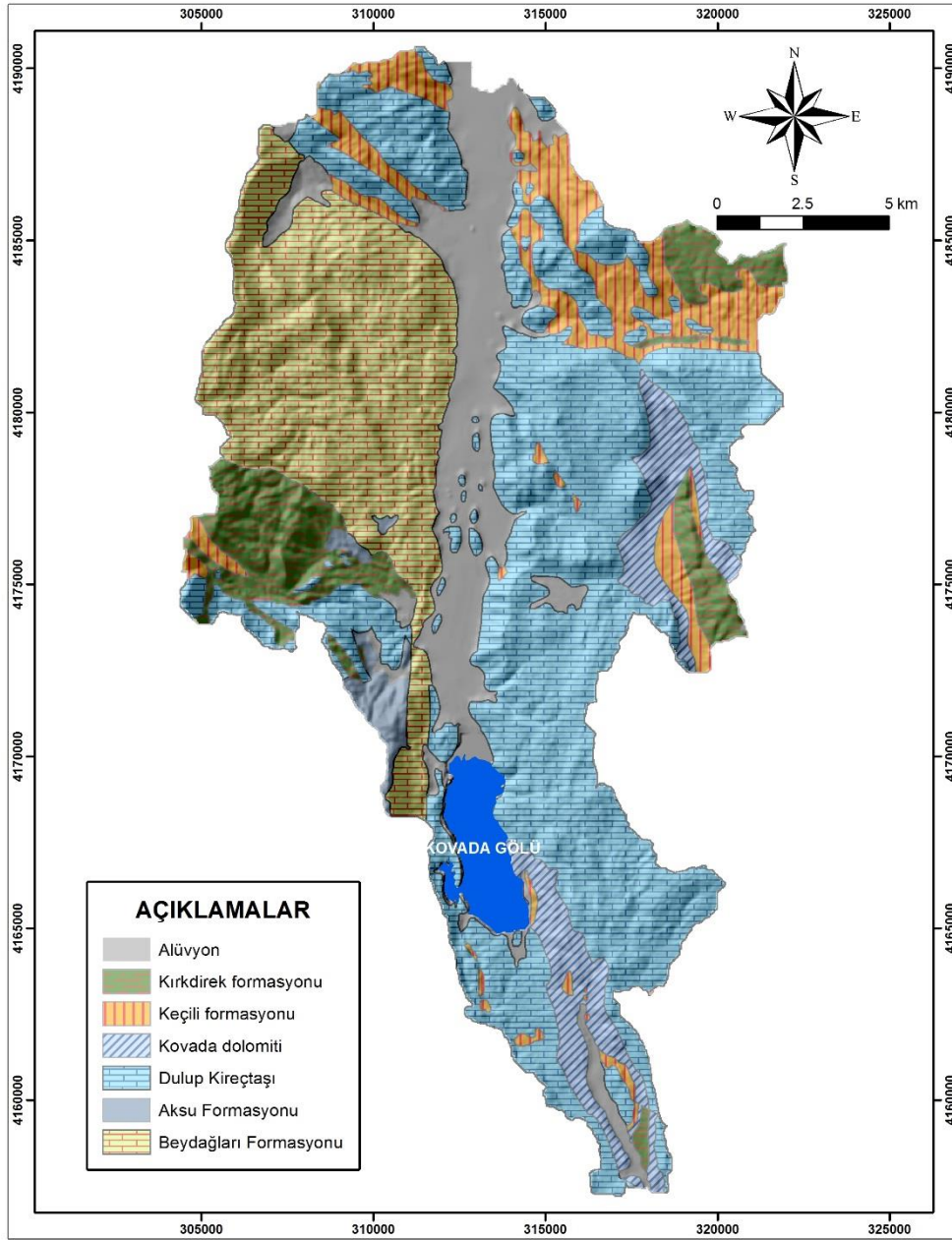
4.1. Genel Jeoloji ve Hidrojeoloji

Kovada Gölü beslenme alanının jeolojik özellikleri incelendiğinde allokton (Antalya napları) ve otokton (Beydağları otoktonu ve neotokton örtü kayaları) konumlu litolojik birimler dikkati çekmektedir (Şekil 2). Temelde Mesozoyik yaşlı ofiyolitler ile yine aynı yaşlı olan kireçtaşları gözlenmektedir. Tersiyer yaşlı Aksu formasyonu ve Jura-Kretase yaşlı Beydağları formasyonu otokton birimleri, Dulup kireçtaşı, Kovada dolomiti, Keçili formasyonu ve Kırkdirek formasyonu ise allokton birimleri oluşturmaktadır. Tüm birimler Kuvaterner yaşlı alüvyon tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Çalışma alanında Kovada Gölü'nün kuzey batısında geniş bir yayılıma sahip olan Beydağları formasyonu

Liyas-Üst Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşur. Yer yer dolomitik olan kireçtaşları genel olarak orta-kalın tabakalı, gri, koyu gri renkli, yer yer makro fosil izleri taşımaktadır. Birimin alt seviyelerinde çört ara seviyeli pelajik kireçtaşları gözlenmektedir. Karstlaşmanın yaygın gözlemlendiği formasyon yaklaşık 3800 m kalınlığa sahiptir (Yalçinkaya vd., 1986). Diğer otokton yerleşime sahip olan birim Aksu formasyonu olup çalışma alanının batısında çok dar bir alanda mostra vermektedir. Hakim olarak konglomeralardan oluşan birim içerisinde yer yer kumtaşı, kıltaşı, silttaşı ve marn seviyeleri gözlenmektedir. Birimin yaşı Tersiyer olarak belirlenmiştir.

Bölgede en geniş yayılıma sahip olan birim allokton konumlu olan Dulup kireçtaşlarıdır. Neritik kireçtaşlarından oluşan ve Malm-Senomaniyen yaşlı olan birim içerisinde yer yer orta-kalın tabakalı, gri, bej, açık kahve renkli, yer yer dolomit ve dolomitik kireçtaşı ara seviyeleri içermektedir. (Dumont ve Kerey, 1975). Kovada gölünün güneyinde ve kuzeydoğusunda haritalanan masif, yer yer kalın tabakalı, açık ve koyu gri, açık kahve renkli, altta orta-iri taneli ve dağılgan özellikler gösteren dolomitler Kovada dolomiti olarak adlandırılmıştır. Birimin yaşı stratigrafik konumuna göre Üst Dogger-Alt Malm olarak verilmektedir (Dumont ve Kerey, 1975). Antalya naplarına ait olan Keçili formasyonu filiş karaktere sahip olup mikrit, killi-kumlu mikrit ara seviyeli kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, konglomera, radyolarit ve çörtlerden oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde yaygın gözlenen birimin üst seviyelerinde ofiyolit kırıntılı kumtaşı, kıltaşı, silttaşları ve marn seviyeleri gözlenmektedir (Şenel vd., 1992). Ofiyolitik melanaj özelliklerine sahip olan, mafik ve ultramafikler içinde pelajik sedimentler ve denizaltı lav akıntıları ile neritik kireçtaşlarını ihtiva eden Kırkdirek Formasyonu Keçili Formasyonu içinde tektonik dilimler şeklinde izlenmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanının genel jeoloji haritası

Kovada Gölü'nün kuzeyine doğru uzanan dar vadi boyunca haritalanan alüvyon birim gevşek tutturulmuş kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutundaki tortulardan oluşmaktadır. Birimin yaşı stratigrafik konumuna göre Kuvaternerdir.

Çalışma alanında bulunan jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirilmiş ve litolojik birimler fiziksel özellikleri ve akifer olabile potansiyellerine göre akifer, akıtar ve akifüj ortamlar olarak sınıflandırılmıştır. Bölgede yüzeyleyen alüvyon birim gözenekli gevşek yapısından dolayı önemli akifer özelliği taşımaktadır. Birim özellikle çakıl ve kumlu seviyelerinde yeraltı suyu bulundurulabilme kapasitesinden dolayı çalışma alanının en önemli akiferidir. Çalışma alanında bulunan karstik birimler erimli çatlaklı kaya ortam akiferi ayrılanmıştır. Bu birimler Beydağları formasyonu, Dulup kireçtaşı ve

Kovada dolomitidir. Kireçtaşı ve dolomitik birimler sahip oldukları kırıklı-çatlaklı ve karstik boşluklu yapılarından dolayı önemli ölçüde akifer özelliği sunarlar. Aksu formasyonu genel olarak konglomera seviyeleri içermesine rağmen yer yer yeraltı suyunun hareketini kısıtlayabilecek kumtaşı, kiltası, silttaşı ve marn seviyeleri içermektedir. Birim düşük iletkenlik özelliği taşıması nedeniyle akıtar ortam olarak ayrılanmıştır. Çalışma alanında gözlenen Kırkdirek formasyonu ve Keçili formasyonu ofiyolitik seri özelliğine sahip olduklarından akifüj ortam olarak sınıflandırılmıştır. Ofiyolitler içerisinde bulunan radyolarit, çört ve serpantinlerin bozması sonucunda oluşan killer geçirimsizdirler. Ayrıca, serpantinler makaslama yüzeylerinin çok fazla olması sebebiyle bozlaşmaya uğrar ve geçirimsizlik kazanırlar.

4.2. Hidrojeokimya

Kovada Göl suyunun kimyasal özelliklerini belirleyebilmek için yapılan hidrojeokimyasal çalışmalar kapsamında gölü en iyi temsil edebilecek 11 lokasyondan su örnekleri alınmış ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Su örneklerinde öncelikle sertlik, hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), özgül elektriksel iletkenlik (EC), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve sodyum iyon yüzdesi (% Na) gibi genel kimyasal özellikler incelenmiştir. Ayrıca, su örneklerinin major anyon ve katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , SO_4^{-2} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{-2}) analiz sonuçları düşey yarı logaritmik Schoeller diyagramı, Durov diyagramı ve Piper diyagramı üzerine yerleştirilerek genel hidrojeokimyasal değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca EC, TDS, Cl ve SO_4 parametrelerinin CBS ortamında dağılım haritaları hazırlanarak parametrelerin göl genelindeki değişimleri ve olası sebepleri tartışılmıştır. Su örneklerinin yerinde ölçüm ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Göl sularının pH değerleri 7,40 ile 8,34 arasında değişmekte olup elde edilen pH ölçümlerine göre Kovada göl suları bazik karakterli sular sınıfında yer almaktadır. Sularda yerinde ölçülen özgül elektriksel iletkenlik değeri, +25°C' deki 1 cm³ suyun iletkenliğidir. Suyun özgül iletkenliği iyon cinsine, derişime ve sıcaklığa bağlıdır (Şahinci 1991). Çalışma alanında göl sularının özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, 217 – 289 mch/cm arasında değişmektedir. Göl genelindeki dağılıma bakıldığında Kovada kanalının göle boşaldığı kuzey kesimlerde EC değerlerinin daha yüksek değerlerde ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 3).

Göl sularında ölçülen sıcaklık değerleri 11,28 ile 13,5°C arasında, toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarı ise 223,9-325,4 mg/l arasında değişmektedir. TDS miktarını belirleyen başlıca iyonlar karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum'dur. Ayrıca, toplam çözünmüş maddeler doğal kaynakların yanı sıra evsel ve endüstriyel atık sulardan ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Şekil 3'de verilen dağılım haritalarına göre suların TDS parametresi gölün kuzey kesimlerinde oldukça yüksek değerlerde ölçülmüştür. Aynı şekilde Cl ve SO_4 parametreleri de gölün kuzey kesimlerinde daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Kovada Gölü ile Eğirdir Gölü arasındaki bağlantıyı sağlayan ve Eğirdir arıtma tesisi çıkış sularının deşarj edildiği Kovada kanalının göle boşalım noktası olan bu bölgelerde EC, TDS, Cl ve SO_4 parametrelerinin yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüş olması ve gölün kuzey kesimlerinde diğer bölgelerden farklı olarak Cl ve SO_4 artışına sebep olacak litolojik birimlerin olmaması göle Kovada kanalı tarafından kirlilik taşındığının açık bir göstergesidir.

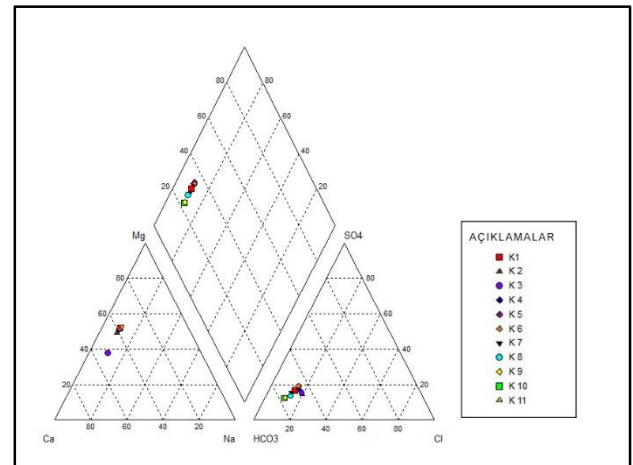
Suların en önemli iyon özelliklerinden biri olan sertlik başta kalsiyum, magnezyum, bikarbonat iyonları olmak üzere, Ca-Mg sülfat, Ca-Mg nitrat ve +2 veya daha yüksek değerliğe sahip metal katyonlarından (Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) ileri gelmektedir (Şahinci, 1991). Göl sularının toplam sertlik değerleri 26-36 °F arasında değişmekte olup sular sertlik sınıflamasına göre "sert sular" ve "oldukça sert sular" sınıfında yer almaktadır.

Göl su örneklerine ait iyon analiz sonuçlarının mek/l değerleri kullanılarak hesaplanan SAR değerleri 0,3 – 0,4 arasında, % Na değerleri ise 11-12 arasında değişmektedir. Göl suyundan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde katyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak hesaplanan SAR ve % Na değerleri arasında belirgin bir farklılık izlenmemiştir

4.2.1. Suların Kimyasal Sınıflaması

Su kaynaklarının kullanımında mevcut miktarın ve fiziksel özelliklerin yanı sıra kimyasal özelliklerinin ortaya konması büyük önem taşımaktadır. Suların içerisinde çözünmüş katıların % 90'dan fazlası sekiz iyondan oluşmaktadır. Bu iyonlar Na, Ca, K, Mg, SO_4 , Cl, HCO_3 ve CO_3 olup genellikle 1 mg/l'den büyük konsantrasyonlarda bulunurlar (Fetter, 2004).

Kovada Göl suyunun kimyasal analiz sonuçları Piper diyagramına yerleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 4'te sunulmuştur. Buna göre, göl suları alkali toprak elementlerinin (Ca+Mg), alkali elementlerinden (Na+K) büyük, zayıf asit köklerinin (CO_3+HCO_3) güçlü asit köklerinden (SO_4+Cl) büyük olduğu ve ayrıca karbonat sertliği % 50'den fazla olan sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Piper Diyagramı

Kimyasal bileşimleri farklı olan su kütlelerini tanımlamada "su kimyası fasiyesi" terimi kullanılmakta olup suların fasiyesi baskın iyonlara

Tablo 1. Kovada Göl sularının yerinde ölçüm sonuçları

Örnek No	EC (µmhos/cm)	pH	°C	TDS	Toplam Sertlik (°F)	% Na	SAR
1	220	8,07	11,36	237,7	34	11,0	0,3
2	217	7,97	11,28	322,1	26	11,0	0,3
3	289	7,40	11,31	325,4	29	12,0	0,4
4	220	8,08	11,40	258,7	36	11,0	0,3
5	224	8,21	11,84	251,7	31	11,0	0,3
6	232	8,25	13,09	243,3	30	12,0	0,3
7	232	8,24	13,10	238,9	29	12,0	0,3
8	233	8,22	13,5	229,1	27	11,0	0,3
9	230	8,24	12,91	223,9	29	12,0	0,3
10	224	8,34	12,36	229,2	28	11,0	0,3
11	225	8,20	12,14	241,6	29	11,0	0,3

Tablo 2. Kovada Göl sularının kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	HCO ₃ ⁻² (mg/L)	CO ₃ ⁻² (mg/L)	Cl ⁻¹ (mg/L)	SO ₄ ⁻² (mg/L)	Su tipi
1	30,98	3,04	25,65	9,58	211,06	16,8	25,67	40,06	Mg-Ca-HCO ₃
2	34,94	3,25	25,57	9,62	456,87	23,4	78,76	78,93	Mg-Ca-HCO ₃ -Cl
3	54,28	5,37	24,09	12,53	330,43	15,0	54,78	61,04	Mg-Ca-HCO ₃ -Cl
4	32,05	3,09	25,28	9,37	278,09	16,8	39,56	56,98	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
5	31,55	3,05	25,68	9,49	234,76	17,4	32,65	54,34	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
6	30,61	3,06	25,29	9,65	218,09	17,4	29,05	50,31	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
7	30,32	3,04	26,27	9,76	248,88	19,2	26,75	42,09	Mg-Ca-HCO ₃
8	30,56	3,01	25,48	9,20	218,60	21,0	23,65	32,05	Mg-Ca-HCO ₃
9	29,97	3,01	25,73	9,72	223,65	21,6	19,05	29,02	Mg-Ca-HCO ₃
10	30,54	3,08	25,48	9,44	265,87	22,2	21,34	33,58	Mg-Ca-HCO ₃
11	30,54	3,06	25,58	9,25	240,43	17,4	28,09	47,90	Mg-Ca-HCO ₃

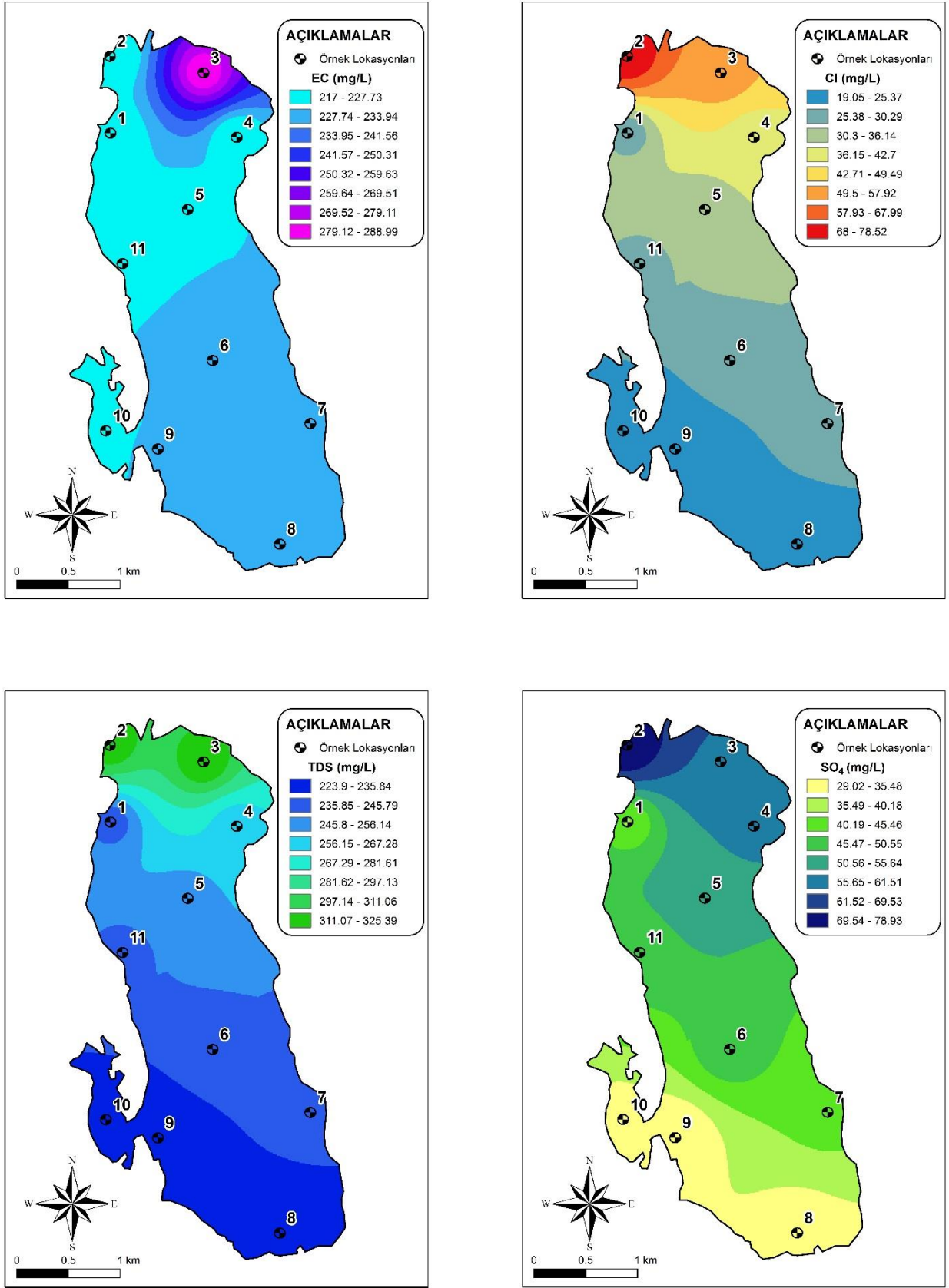
dayalı olarak ve üçgen diyagramlar kullanılarak belirlenmektedir (Fetter, 2004). Piper diyagramına göre göl suları Mg-Ca-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃-SO₄ ve Mg-Ca-HCO₃-Cl sular fasiyesinde bulunmaktadır.

Gölü çevreleyen ve gölün besleniminde rol oynayan akiferlerin kireçtaşı ve dolomitik kayalardan oluşması nedeniyle kayaç-su etkileşimine bağlı olarak su fasiyelerinin geliştiği belirlenmiştir. Cl ve SO₄ iyonlarının baskın olduğu su örnekleri Kovada Kanalının göle boşaldığı kuzey kesimlerde ve gölün doğusunda yer almaktadır. Örneklerin göl genelindeki konumları dikkate alındığında su örneklerinde Cl ve SO₄ iyonlarındaki artış kanalın göle taşıdığı atık sularla ve göl çevresindeki tarımsal faaliyetlerle ilişkili olarak antropojenik kaynaklı gelişmektedir.

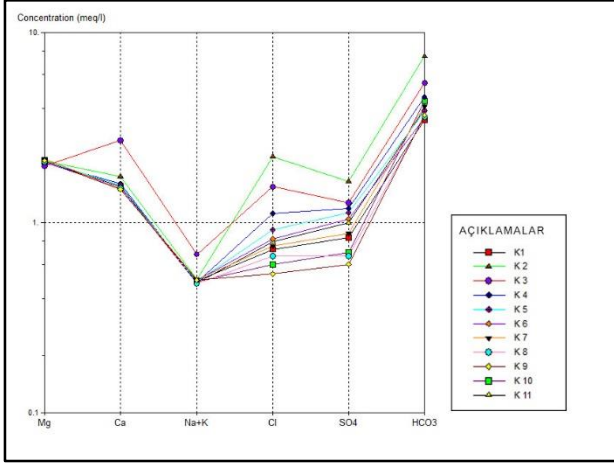
Schoeller (1955) anyon ve katyonların konsantrasyonlarını göstermek için yarı logaritmik grafik kağıdını kullanmayı önermiştir. Bu grafik anyon ve katyon konsantrasyonlarının mek/l değerlerini kullanarak suların bileşimlerini görsel karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Göl sularının anyon ve katyon değerleri Schoeller yarı logaritmik diyagramı üzerine yerleştirilerek suların bileşimi karşılaştırılmıştır (Şekil 5). Buna göre göl su örneklerinin birbirine benzer piklere sahip olduğu ve sularda katyonlardan Mg⁺ ve Ca⁺'un, anyonlardan ise sırasıyla HCO₃, Cl⁻ ve SO₄ iyonlarının baskın olduğu görülmektedir.

Göl sularının kimyasal bileşimleri Durov (1948) diyagramına göre değerlendirildiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak suların Mg⁺, Ca⁺,

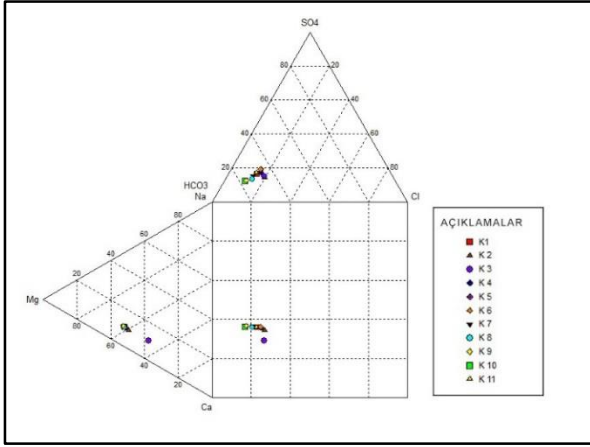
ve HCO_3 iyonlarının diğer iyonlara göre daha baskın olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 3. EC, TDS, Cl ve SO₄ parametrelerinin göl genelindeki dağılımları



Şekil 5. Schoeller Yarı logaritmik Diyagramı



Şekil 6. Durov Diyagramı

4.2.2. Su Kalitesi

Su kalitesi suyun doğal fiziksel ve kimyasal durumunun yanı sıra insan faaliyetlerine bağlı değişimlerin bir sonucu olup su kalitesini suda çözünen iyonlar, gazlar ve su içerisinde bulunan diğer maddeler belirler. Genel olarak yüzey suları antropojenik etkenlerden daha kolay etkilenmektedir. Evsel atıklardan, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirlilikler zamanla yüzey sularının kalitesinde bozulmalara sebep olmaktadır. Kirleticilerin göller üzerindeki etkisi diğer yüzey sularına nazaran farklı olup ışık ve sıcaklık göllerin kirlenmesinde rol oynamaktadır (Karpuzcu, 2009). Azot, fosfor gibi besi maddelerinin göl ortamına yoğun girişinin söz konusu olduğu göllerde su kalitesi bozulur ve zamanla ötrofikasyon meydana gelir.

Ülkemizde kurumsal ve akademik çalışmalarda, çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Anonim, 1998)'nde belirlenen Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine ait

standart değerlere göre yapılmaktadır. Bu yönetmelik ile göl, gölet ve baraj rezervuarlarının en önemli tehdit unsuru olan ötrofikasyon olayının kontrolü için azot ve fosfor sınır değerleri belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri (Anonim, 1998) ve Kovada göl sularının analiz sonuçları

İstenen Özellikler	Kullanım Alanları		Kovada Gölü
	Doğal Koruma Alanı ve Rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)	
pH	6,5-8,5	6-10,5	7,40 - 8,34
KOI (mg/l)	3	8	23,51- 53,40
ÇO (mg/l)	7,5	5	2,3 - 13,72
AKM (mg/l)	5	15	24 - 65
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 ml	1000	1000	
Toplam azot (mg/l)	0,1	1	3 - 12,6
Toplam fosfor (mg/l)	0,005	0,1	0,30 - 1,45

Tablo 3'de verilen değerlere göre Kovada Göl sularının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Çözünmüş Oksijen (ÇO), Askıda katı madde (AKM), toplam azot ve toplam fosfor değerleri yönetmelik tarafından belirlenen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir.

Göllerin su kalitesi ve ötrofikasyon açısından değerlendirilmesinde en önemli adım gölün trofik seviyesinin belirlenmesidir. Göllerin trofik seviyelerini belirlemede genellikle üç temel parametre kullanılmaktadır. Bunlar Toplam fosfor, Klorofil-a ve Secchi diski derinliği olup bu parametrelere göre trofik seviye sınıflaması ve Kovada Göl sularının analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Thoman ve Mueller, (1987) tarafında yapılan trofik seviye sınıflamasına göre Kovada göl sularının Toplam fosfor konsantrasyonları oldukça yüksek olup (300-1450 µg/l) gölün toplam fosfor bakımından trofik seviyesi ötrofiktir. Secchi diski derinliği değerleri ise oldukça düşük olup yine ötrofik seviye için verilen limit değer (<2 m) altında yer almaktadır. Kovada göl sularının Klorofil-a değerlerine göre ise gölün mezotrofik olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Trofik seviye sınıflaması (Thoman ve Mueller, 1987)

Parametre	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Kovada Gölü
Toplam fosfor (µg/l)	<10	10 - 20	>20	300 -1450
Klorofil-a (µg/l)	<4	4 - 10	>10	1,06-9,61
Secchi diski derinliği (m)	>4	4 - 2	<2	0,15 - 0,5

5. Sonuç ve Tartışma

Ülkemizin güneybatısında Göller Bölgesinde yer alan Kovada Gölü Milli Park ve I. Derecede Doğal Sit Alanı statüsündedir. Gölün kuzeyinde bulunan Eğirdir Gölü ile bağlantısını Kovada Kanalı sağlamaktadır. Kovada kanalı gölün besleniminde rol oynamakla birlikte Eğirdir arıtma tesisinin deşarj sularını Kovada gölüne ileterek gölün su kalitesinde ciddi bozulmalara neden olmaktadır. Bu çalışmada Kovada Gölü'nden sistematik su örnekleri alınarak göl suyunun hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalite durumu incelenmiştir. Su kalitesinde ve kimyasal özelliklerinin şekillenmesinde antropojenik kaynakların yanı sıra doğal etkenlerde rol oynamaktadır. Bu nedenle öncelikle gölün beslenme alanının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir. Beslenme havzası içerisinde hakim olarak kireçtaşı ve dolomit gibi karbonatlı birimler ile birlikte ofiyolitik birimler, konglomera, kumtaşı, kiltası, silttaşı gibi sedimanter birimler ve güncel alüvyon bulunmaktadır. Göl havzasında gözenekli ve karstik akifer olarak sınıflandırılan alüvyon ve karbonatlı birimler bünyelerinde yeraltısuyu bulundurmaktadırlar. Su örneklerinde yerinde ölçümlerle ve kimyasal analizler ile elde edilen sonuçlara göre göl suyu Mg-Ca-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃-SO₄ ve Mg-Ca-HCO₃-Cl sular fasiyesinde bulunmaktadır. Sularda Mg, Ca ve HCO₃ iyonları gölü çevreleyen litolojik birimlerle kayaç-su etkileşiminin bir sonucudur. SO₄ ve Cl iyonları ise daha çok antropojenik kaynaklı olarak göl suyunda bulunmaktadır. Hazırlanan dağılım haritalarına göre EC, TDS, Cl ve SO₄ parametreleri Kovada Kanalı'nın göle boşalım noktalarında yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bu durum, göl su kalitesinin bozulmasında en önemli kaynağın Kovada Kanalı olduğunu açıkça göstermektedir.

Yapılan çalışmada gölün kalite açısından değerlendirilmesinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile belirlenen limit değerler dikkate alınmıştır. Buna göre, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Çözünmüş Oksijen (ÇO), Askıda katı madde (AKM), toplam azot ve toplam fosfor değerlerinin ötrofikasyon kontrolü limit değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca göl sularının toplam fosfor, Klorofil-a ve Secchi diski derinliği değerleri kullanılarak yapılan trofik seviye sınıflamasına göre Kovada Gölü'nün toplam fosfor ve Secchi diski derinliği bakımından ötrofik, Klorofil-a parametresi bakımından ise mezotrofik olduğu belirlenmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında da göl yüzeyinde ciddi alg patlamaları gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre göl su kalitesinin en önemli kirlenici unsurlar olan Kovada Kanalı ve göl çevresindeki tarım alanlarından negatif olarak etkilendiği belirlenmiştir. Ülkemiz ve bölge için doğal bir su kaynağı olan Kovada Gölü'nün sürdürülebilir yönetimi için göle olumsuz etkileri olan kirlenici kaynakların bertaraf edilmesi ve göl su kalitesinin sistematik olarak takip edilmesi zorunlu görülmektedir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Aksoy, A., Bulut, E., Yenilmez, F. 2006. Uluabat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu Projesi, 105 s, Ankara.
- Anonim, 1998. Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete, 19919, 13-74.
- Anonim, 2002. Water products laws and regulations. Turkish Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 63-78. Ankara. (In Turkish)
- Bahadır, M., 2012. Kovada Gölü Havzası Ekosistemine Genel Bir Bakış. Electronic Turkish Studies 7.4.
- Bahadır, M., 2013. Kovada Gölü Milli Parkı'nın Sürdürülebilir Yönetimi. Doğu Coğrafya Dergisi, 18(30).
- Dumont, J.F., Kerey, E., 1975. Eğirdir Gölü güneyinin (Isparta ili) temel jeolojik etüdü. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 18, 2, 1-10.
- Durov, S.A., 1948. Natural waters and graphical representation of their composition. Dokl. Akad. Nauk. USSR 59:87-90.
- Ellis, K.V., White, G., Warn, A.E. 1989. Surface Water Pollution and It's Control. The Macmillan Press Ltd., London, 373 pp.
- Erk'akan, F., Özeren, C. 2001. İznik Gölünün Su Kalitesi ve Balıkçılık Bakımından Yönetimi. TÜBİTAK Tarım Araştırma Projesi, 251 s, Ankara.
- Fetter, C. W., 2004. Uygulamalı Hidrojeoloji (Çevirenler: Mustafa Afşin, Kamil Kayabalı), Gazi Kitabevi, 4. Baskı, Ankara.
- Karadağ, A.A., 2007. Katılımcı Havza Yönetimi Modelinin Oluşturulması: Kovada Gölü Örneği, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD., Doktora Tezi, 254 s. Ankara
- Karpuzcu, M., 2009. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Kubbealtı Neşriyatı Yayıncılık, Özal Matbaası, Yayın No: 28, 381 s. İstanbul.
- Kır, İ., Özcan, S., Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. Su Ürünleri Dergisi, 24.1.
- Nas, B., Berktaş, A., Sevimli, F., Yağcı, K., Yılmaz, S. 2008. Beyşehir Gölü Koruma Eylem Planı. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi, 122 s, Konya.

- Piper, A.M., 1944. A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analysis. Am Geophys Union Trans 25:914-923.
- Schoeller, H., 1955. Gechemie des eaux souterranes". Review Institue, 10, 3-4, France.
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 548 s., İzmir.
- Şenel, M., Dalkılıç, H.; Gedik, I.; Serdaroğlu, M.; Bölükbaşı, A.S.; Metin, S.; Esentürk, K.; Bilgin, A.Z.; Uğuz, M.F.; Korucu, M., Özgül, N., 1992. Eğirdir - Yenişarbademli - Gebiz ve Geriş - Köprülü (Isparta - Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi. MTA Rapor No: 9390, TPAO Rapor No: 3132 (yayımlanmamış), 559s.
- Şener, Ş., Şener, E., 2015. Kovada Gölü (Isparta) Dip Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Kirliliğinin Değerlendirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 19.2.
- Şener, Ş., Şener, E., Küçükçara, R., 2010. Investigation of Lake Kovada Water Quality According to Physicochemical Parameters, International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium Proceedings, 1:620-628.
- Taş, B., 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 1:3, 43-61.
- Thomann, R.V., Mueller, J.A., 1987. Principle of surface water quality modelling and control. Harper and Row Publishers, New York.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, S.M. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 119-127.
- Yalçınkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P., Taner, K., Dalkılıç, H., 1986. Batı Torosların jeolojisi; Isparta projesi raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü raporları (yayımlanmamış), Ankara.