



SU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN HASSAS ALANLARIN İZLENMESİ: KIZILIRMAK DELTASI-BALIK GÖLÜ

Sema ARIMAN^{1*}, Serdar KOYUNCU²

¹ Samsun Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

²Konya Büyükşehir Belediyesi, KOSKİ Genel Müdürlüğü, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Kızılırmak Deltası
Balık Gölü,
Hassas Alan,
Su Kalitesi,
Trofik Seviye İndeksi.*

Öz

Bu çalışmada, Kızılırmak Deltası'ndaki hassas alan olan Balık gölünün su kalitesindeki değişiklik zamansal olarak izlenmiş ve gölün trofik durumu (yaşam evresi) belirlenmeye çalışılmıştır. Balık Gölü'nün su kalitesini belirlemek için arazide/anlık olarak, seki disk derinliği (SDD), sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, laboratuvar ortamında ise klorofil a, Renkli Çözülmüş Organik Madde (CDOM), toplam fosfor (TP), toplam azot (TN), toplam çözülmüş katı (TDS), tuzluluk ve bulanıklık gibi analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Trofik Seviye kriter/indekslerine göre seki disk derinliği, klorofil a (Chl-a) , toplam fosfor ve toplam azot parametre değerleri de kullanılarak gölün trofik durumu belirlenmiştir. Trofik Seviye İndeks (Carlson 1977) sınıflandırmasına göre, mevsimsel değişimlere bağlı olarak, TP, TN, SDD ve Chl-a'nın, ötrofik durumun sınır değerini aştığı (TSI 60-70), hipertrofik durumun yaygın olması nedeniyle gölün kritik durumda olduğu belirlenmiştir.

MONITORING OF SENSITIVE AREAS FOR WATER POLLUTION: KIZILIRMAK DELTA-BALIK LAKE

Keywords

*Kızılırmak Deltası
Balık Lake,
Sensitive Area,
Water Quality,
Trophic Level Index.*

Abstract

In this study, the seasonal changes in the water quality of the Balık Lake, which is the sensitive area in the Kızılırmak Delta, were monitored temporally and the trophic status (life phase) of the lake was investigated. In order to determine the water quality of the Balık Lake, the Secchi disk depth (SDD), temperature, pH, Electrical Conductivity (EC), Dissolved Oxygen (DO) were analyzed in the field; and the chlorophyll a (Chl-a), Color Dissolved Organic Matter (CDOM), Total Phosphorus (TP), Total Nitrogen (TN), Total Dissolved Solids (TDS), salinity and turbidity were studied in the laboratory. In addition, the trophic status of the lake was determined by using the Secchi disk depth, chlorophyll a, total phosphorus and total nitrogen parameter values according to the trophic level criteria / indices. According to the Trophic Level Index classification (Carlson 1977), the TP, TN, SDD and Chl-a exceed the limit value of eutrophic condition (TSI 60-70) depending on the seasonal changes and the lake is in critical condition due to the prevalent hypertrophic status.

Alıntı / Cite

Arıman, S., Koyuncu, S., (2019). Su Kirliliği Açısından Hassas Alanların İzlenmesi: Kızılırmak Deltası-Balık Gölü, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(4), 705-714.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

S. Arıman, 0000-0001-7201-9243
S. Koyuncu, 0000-0002-4757-4680

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	22.02.2019
Revizyon Tarihi / Revision Date	09.05.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	10.05.2019
Yayın Tarihi / Published Date	19.12.2019

* İlgili yazar / Corresponding author: sema.ariman@samsun.edu.tr, +90-362-312-1919-7665

1.Giriş

Geçtiğimiz yüzyılda, artan şehirleşme ve evsel atık su artışı, sulak alanların ve nehirlerin regülasyonu, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri çoğu sığ gölde besin tuzu yüklemesini (özellikle azot ve fosfor) arttırmış ve ötrofikasyon problemine yol açmıştır (Jeppese 1998). Göllerde aşırı azot ve fosfor yükleri alg patlamasının şiddetini artırmaktadır. Zaman içerisinde, alg ve bitkilerin ölmesi sonucu oluşan organik maddenin bakteriler ile parçalanması sonucu hızla harcanan oksijen nedeni ile su içerisindeki oksijen azalmakta olup, bu da suda oksijene ihtiyaç duyan balıklar başta olmak üzere diğer türlerin zarar görmesine neden olmaktadır (Le vd., 2010).

Avrupa Topluluğu tarafından kabul edilen 'Su Çerçeve Direktifi' (SÇD) doğrultusunda Avrupa'daki sulak ekosistemler ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin ekolojik olarak iyi duruma gelmesini sağlamak amacıyla çalışmalar yürütülmektedir (WFD 2000). Türkiye'de ise Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) su kalitesi yönetimine ilişkin kapsamlı düzenlemeler getirmiştir. Bu yönetmelikte, yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirler belirlenmiştir (YSKY 2016). Türkiye'de tatlı su havzalarının çoğu koruma altında olmayıp evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlilik kaynaklarının alıcı ortamları şeklindedir. SÇD (2000) ve YSKY (2016)'nin hedefleri doğrultusunda, tatlı su kaynaklarımızın özelliklerinin belirlenmesi, alıcı ortamlarda öngörülen su kalitesi ve ekolojik statüye ulaşmasına imkan verecek tarzda uygun 'Su kalitesi İzleme Çalışmaları' yapılması gerekliliği açıkça ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği hazırlanmasıyla, su kalitesi yönetimine ilişkin kapsamlı düzenlemeler getirilerek, ekosistem prensibi çerçevesinde su kalitesinin korunması ve ülke gereksinimleri doğrultusunda su kalitesinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir su yönetimi hedeflenmiştir. Öte yandan, günümüzde artan şehirleşme ve sanayileşme sonucunda evsel ve endüstriyel atık su miktarında artış, sulak alanların ve nehirlerin regülasyonları, bilinçsiz tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yürütülmesi, taban suyu ve drenaj kanalları vasıtasıyla ekosistem ciddi anlamda azot, fosfor ve potasyum yüklemesine maruz kalmakla birlikte bu durum birçok sulak alan gibi Kızılırmak Deltası için de tehlike arz etmeye başlamıştır. Hatta arazi kullanımındaki değişiklikler, sulama ile drenaj kanallarındaki yenilikler ve balıkçılık benzeri faaliyetler deltadaki sulak alanları doğrudan etkileyerek ekosistem içerisindeki biyoçeşitlilik yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bulunmaktadır

(Yeniyurt vd., 2011. Bu nedenle Türkiye'de özellikle sulak alanlardaki kirlenme kaynaklı tehlikelerin sistematik bir şekilde izlenmesi, tespit edilmesi durumunda vakit geçirmeden gerekli müdahalenin ve/veya önlemlerin alınması, geleceğe dair planlamaların yapılması benzer doğa güzelliklerinin korunması açısından önem arz etmektedir.

Kızılırmak Deltası, 1998 yılında 'Ramsar Alanı' içine giren, 'Uluslararası öneme sahip alan' özelliği taşıyan ve Karadeniz Bölgesi'ndeki tek sulak alandır. Deltanın toplam alanı 56000 ha olup, barındırdığı sulak alanların büyüklüğü ise 16110 ha'dır. Delta alanında, birinci, ikinci ve üçüncü derece doğal sit alanları, irili ufaklı sulak bölgeler ve yaban hayatı geliştirme sahaları bulunmaktadır. Deltanın, Karadeniz'e özgü nadir habitat türlerini içermesi, çok sayıda nesli tehlike altında olan bitki, hayvan ve balık (mersin balığı gibi) türüne ev sahipliği yapması, çok sayıda canlı türünün Karadeniz'deki en önemli yaşam alanlarından biri olması, birçok kuş ve iç su balığı türünün hayatlarının belirli dönemlerini geçirdikleri alan olması, yıl boyunca 20 binden fazla su kuşu barındırması önemini daha da arttırmaktadır (Orman Su İşleri Bakanlığı 2013).

Kızılırmak Deltası'nın her iki yakasında deniz kıyısına paralel olarak uzanan sulak alanlar bulunmaktadır. Batı ve doğu sahilinde delta ve kıyı oluşumunu meydana getiren doğal şartlar farklı büyüklüklerde göllerin meydana gelmesini sağlamıştır. Lagün (kıyı göl) özelliği gösteren bu göllerin arasında çok sayıda küçük ve geçici su havzaları yaz aylarında kurumaktadır. Ayrıca bu sulak alanların birçoğu günümüzde, farklı arazi kullanımları (tarımsal vb.), hidrolojik değişimler (sulama ve drenaj kanalları gibi) ve balıkçılık benzeri insan faaliyetlerinin etkisi altında biçim değiştirmiştir. Bu çalışma kapsamında çalışma alanı olarak seçilen ve 1389 hektarlık alana sahip olan Balık Gölü, bu göller içerisinde en büyük yüzey alanına sahip olan göldür (Şekil 1). Kıyısız göllerden biri olan ve Deltanın doğu yakasında yer alan Balık Gölü, 19 Mayıs beldesi (Bafra-Samsun) sınırları içerisinde yaklaşık 1380 ha'lık alanı kaplamaktadır. Balık Gölü'nün denizle bağlantısı olduğundan, diğer göllere göre daha tuzlu olup, göl derinliği 3 m'ye kadar çıkmaktadır (SKDYP, 2019).

Su kaynaklarının havza ölçeğinde bütünleşik yönetim yaklaşımı ile SÇD çerçevesinde su kalitesinin artırılması hedeflenmekte ve halen devam etmekte olan AB Mevzuatı'na uyum süreci ve bu süreçte söz konusu olan SÇD'ye uyum çalışmaları çerçevesinde su kaynaklarının havza ölçeğinde yönetimi prensibi benimsenmektedir. Bu kapsamda havza koruma planları hazırlanmakta ve noktasal ve yayılı kaynaklı kirleticiler (konvansiyonel, tehlikeli maddeler veya mikro-kirleticiler) birlikte değerlendirilerek su kütleleri korunmaya ya da kalitesinin artırılması hedefine ulaşılmaya çalışılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ekolojik ve kimyasal durumun tespiti

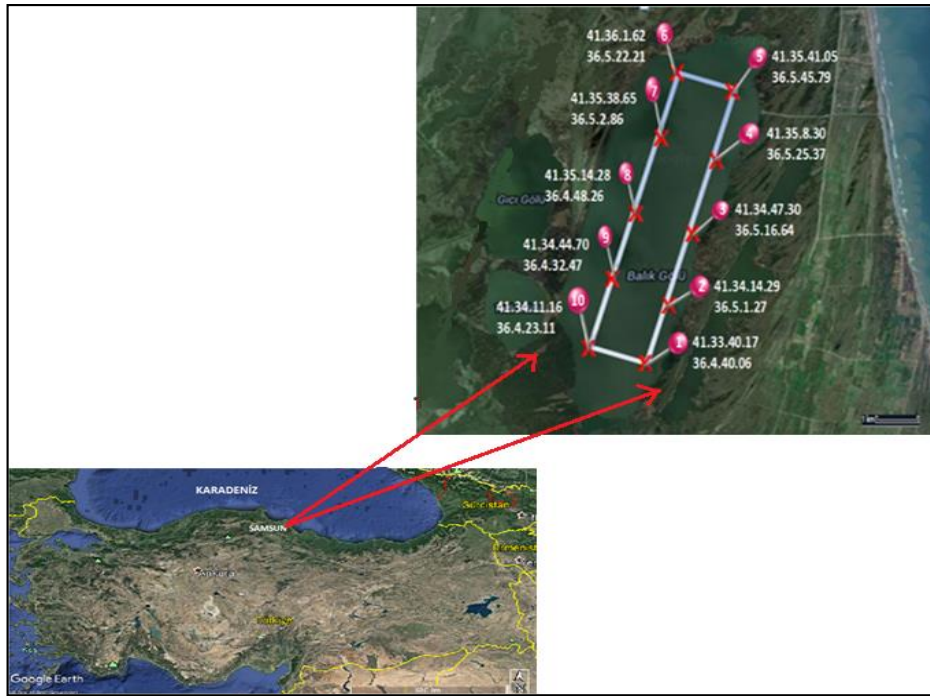
için fizikokimyasal, kimyasal, biyolojik ve hidro-morfolojik parametrelerin izlenmesi, değerlendirilmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, Kızılırmak Deltası gibi uluslararası koruma statüsü içerisinde bulunan en büyük göllerden biri olan Balık Gölünün hassas alan olması nedeniyle su kalitesini izleme çalışmaları yürütülerek gölün su kalitesi durumu ve trofik seviyesi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme Çalışması

Bu çalışma kapsamında, göl yüzeyindeki örnekleme çalışmaları, Nisan-2017- Nisan 2018 tarihleri arasında 10 farklı noktadan aylık olarak ilkbahar, yaz, sonbahar kış mevsimlerinde yapılmıştır (Şekil 1). Gölde örnek alma noktaları, "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği (R.G:10.10.2009/ 27372)"ne uygun olarak belirlenmiştir. Ayrıca, ölçüm noktaları seçilirken her bir örnekleme noktasının gölün su kalitesini temsil edecek şekilde kuzey-güney yönünde birbirinden yaklaşık 1 km uzaklıktaki 5 ayrı nokta seçilmesi uygun görülmüş ve toplamda 5 x 2'lik bir grid yapısında 10 istasyon belirlenmiştir. Göl suyundan örneklerin alınma ve korunma yöntemleri "İç alanlarda Göl suyu örnekleme Kılavuzu'nda belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır (EPA, 2010). Göl suyundan alınan örnekler, su yüzeyinin 0,2-0,3 m altından alınmıştır. 10 farklı noktadan alınan örnekleme noktalarına ait, koordinat bilgileri (enlem-boylam) ile birlikte alınan örnekler etiketlenerek, analizler yapılmak üzere her bir parametre için uygun olan korunma yöntemlerine göre saklanmıştır. Suyun fizikokimyasal analizleri Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Genel Kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Kızılırmak Deltası-Balık Gölü çalışma alanı ve su örnekleme noktaları

2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Balık gölü yüzeyinden alınan su örneklerinde arazide/anlık olarak, seki disk derinliği (SDD), sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, laboratuvar ortamında ise klorofil a, Renkli Çözülmüş Organik Madde (CDOM), toplam fosfor (TP), toplam azot (TN), TDS, tuzluluk ve bulanıklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarında su örneklerinde, toplam azot "Su ve Atıksu Azotunun Belirlenmesinde Standart Yöntemler (Organik) Toplam azot yöntemi"

SM 4500 N ve toplam fosfor ölçümleri kit ile spektrofotometrik yöntemle DR 6000 marka spektrofotometre ile yapılmıştır. Sıcaklık, pH, ÇO,

iletkenlik, TDS ve tuzluluk değerleri dijital yöntem esasına dayanan Hach Lange Marka HQ40D Model çoklu parametre ölçüm cihazı ile arazide anlık ölçülmüştür. Işık geçirgenliği, Seki disk derinliği arazide anlık olarak tespit edilmiştir. Bulanıklık, Hach Lange Marka 2100 Q (EPA) turbidimetre cihazı ile optik yöntem (NTU) kullanılarak laboratuvar ortamında ölçülmüştür.

Klorofil a, EPA 445.0 "In Vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence" metoduna ve renkli çözülmüş organik madde (CDOM) parametreleri Trilogy Laboratory Fluorometer model cihaz ile florometrik yöntemle belirlenmiştir. CDOM

taini için örnekler 0,22 µm pore size'daki filtreden geçirilmiş ve filtrat florometre ile ölçülmüştür. Bütün su örneklerine ait analizler 24 saat içerisinde ve APHA, AWWA ve WEF standartlarına göre yapılmıştır (APHA ve WEF 2005).

3. Sonuçlar

Kızılırmak Deltası Balık gölü su kalitesi üzerine yapılan bu çalışmada 10 örnekleme noktasından ve yüzeyden 0,2-0,3 m derinlikten alınan su örneklerinde fiziko-kimyasal analizler yapılmıştır. Balık gölüne ait su kalite parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Parametrelerin mevsimsel değişimleri ise Şekil 2-6'da sunulmuştur. Bu çalışma kapsamında, Seki disk derinliği, klorofil a, bulanıklık, toplam fosfor, toplam azot, renkli çözünmüş organik madde parametrelerine ait değerleri, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelikte (2016) belirlenen eşik değerleri ile karşılaştırılarak su kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, hassas alan olan Balık gölünün trofik durumu (yaşam evresi) ve su kalitesindeki dönemsel değişiklik de belirlenmiştir.

3.1. Su Kalitesinin Değerlendirilmesi

Su sıcaklığı, göl ekosistemi içerisindeki su organizmalarının biyolojik aktivitesini ve büyümesini büyük ölçüde etkiler. Yüksek sıcaklık değerleri normal şartlarda biyolojik aktiviteyi arttırmaktadır. Gölün sıcaklığı yaz boyunca daha yüksek ve kış döneminde en düşük değerlerde olmaktadır (Cunha vd., 2013). İlkbaharda, ortalama 19,27°C; yaz mevsimi boyunca 28,84°C, sonbaharda 18,74°C iken kış döneminde ise 10,71°C'dir. pH aralığı 8,46-8,69 arasında olup, dönemsel çok fazla değişim olmadığı belirlenmiştir. Gölün elektriksel iletkenlik değeri ortalama 1688,22 µs/cm'dir. Elektriksel iletkenliğin arttığı kış döneminde, yağışların artmasına bağlı olarak gölün suyu seviyesindeki yükselmeye bağlı olarak deniz suyu girişimini olduğu gözlenmektedir. Bulanıklık parametresi ise 19,89-62,56 NTU arasında değişmektedir. Özellikle yaz döneminde diğer dönemlere göre yaklaşık 2-3 kat artış olduğu görülmektedir. Seki disk derinliği (SDD), temel olarak, diskin yüzeyinden gelen ışığın yansımalarının bir fonksiyonudur ve bu nedenle, sudaki partikül maddenin çözünme ve absorpsiyon özelliklerinden etkilenmektedir. Askıdaki maddelere bağlı olarak, ışıklı tabakayı belirlemek için komplike olmayan bir indekstir. Genel olarak SDD, göldeki hem konumsal hem de zamansal değişimi göstermektedir (Saluja ve Garg 2017). SDD yaz aylarında yapılan örnekleme minimum, ilkbahar örnekleme maksimum değerine ulaşmıştır (Şekil 1). Bu çalışmada ortalama Balık gölünün Seki Disk Derinliği, ortalama 0,36 m olup (Tablo 1), YSKY (2016)'ya göre hipertrofik su kalitesi (<1 m) sınıfına girmektedir.

Su içerisinde çözünen oksijen miktarı, suda yaşayan pek çok organizmanın solunum metabolizması için

gereklidir ve birçok besin maddesinin çözünürlüğünü ve kullanılabilirliğini etkilediğinden sudaki ekosistemlerin verimliliğini belirlemektedir. İç sulardaki oksijen dinamikleri; atmosferdeki girdiler, fotosentetik aktivite ve organik maddenin mikrobiyal ayrışması arasındaki dengeyle yönetilir (Saluja ve Garg 2017). Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, sonbahar aylarında 11,07 mg/L ile en yüksek değeri; ilkbahar aylarında ise 9,65 mg/L ile en düşük değer olarak belirlenmiştir. Göldeki çözünmüş oksijen değeri ortalama 10,31 mg/L olup, mevsimsel döngüyü takip ettiği gözlenmiştir (Tablo 1). Gölün çözünmüş oksijen seviyesi, YSKY (2016)'ya göre oligotrofik su kalitesi (>7 m) sınıfını göstermektedir. İlkbahar aylarında çözünmüş oksijen değerinin daha düşük olmasının nedeni, organik maddenin bozunması, ayrıştırılması ve bakteriler tarafından solunması yoluyla serbest oksijenin kullanılmasına bağlı olabilir. Yaz aylarındaki sıcaklık artışına paralel olarak çözünmüş oksijen miktarı azalma göstermektedir (Rashidet vd., 2016). Ayrıca meteorolojik parametrelerden olan rüzgar hızının düşük olması da buna bağlı bir neden de olabilir. Su ortamlarına azot, hem doğal hem de insan kökenli faaliyetler sonucu girmektedir. Su ortamına karışan azot bileşikleri birincil üretimi teşvik ederek ötrofikasyona neden olabilir. Ancak ötrofikasyonun asıl kaynağı fosforlu bileşiklerdir (Henry vd., 1984). Azotlu maddelerin kaynağı yağmur suyu ile taşınan atmosferik azot, toprak yapısında bulunan nitrat tuzları olabildiği gibi, tarımsal faaliyetler sırasında topraktan yıkanan, evsel ve endüstriyel atıklardan suya karışan bileşikler de olabilmektedir. Yağışlı iklimlerde, yağmur bitki örtüsü ve topraktan süzülürken akışın azot konsantrasyonu artmakta ve özellikle de nitrat azotu olarak akarsulara ve göllere ulaşmaktadır (Deemer vd., 2011). Ayrıca azot bağlayan mavi-yeşil alg ve bitkiler tarafından atmosferik azotun bağlanması da söz konusudur. Gölde Toplam Azot (TN) konsantrasyonu 4490-6070 µg/L arasında değişmektedir. YSKY (2016)'ya göre değerlendirildiğinde ise göl ekosisteminde yıllık ortalama 4775 µg/L TN olup hipertrofik su kalitesi (>1500 µg/l) durumunu göstermektedir.

Fosfor, doğal suların verimliliğini etkileyen besleyici minerallerin de en önemlisidir. Doğal sularda toplam fosfor yoğunluğu; havzanın morfolojisine, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, suya karışan organik madde ve evsel atıklara özellikle deterjan olup olmamasına ve sudaki organik metabolizmaya bağlı olarak değişmektedir. Göllerde ve akarsularda çözünmüş inorganik fosfat, çözünmüş organik fosfat ve organik partiküler fosfat şeklinde bulunmaktadır. Çözünmüş inorganik fosfat fotoototrof üreticiler tarafından alınarak, organik olarak bağlandıktan sonra besin zincirine katılmaktadır (Schwörbel 1987). Fosfor su ortamında meydana gelen ötrofikasyonun da en temel elementidir (Harper 1992). TP değeri, tatlı su sistemlerinde verimliliğin belirlenmesinde baz alınan en önemli unsurlardan biridir. Yaz aylarında TP oranının yüksek olması gölün su seviyesinin düşmesi

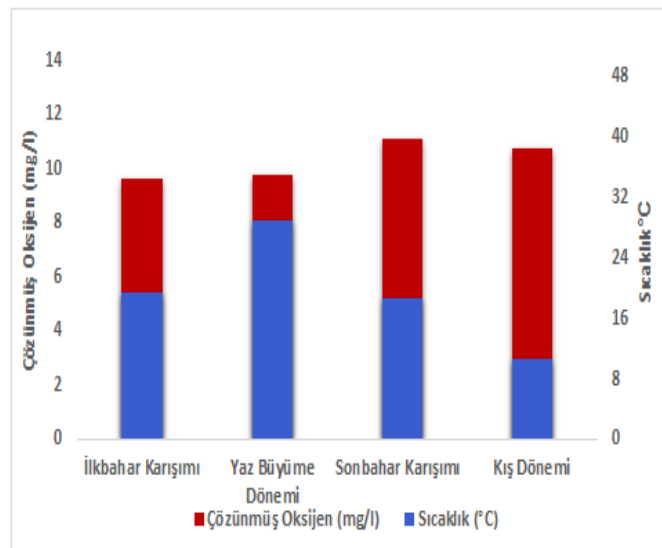
sonucunda meydana gelmektedir. Mikrobiyal aktivitelerin seviyesi sıcaklığa bağlı olarak yükselmektedir. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda sedimandan daha fazla miktarda fosfor salınımı gerçekleşmektedir. Fosfor konsantrasyondaki artış, fitoplankton üretimindeki artışa ve alg patlamasına neden olmaktadır. Büyük miktarda çözünmüş organik madde ve fitoplankton ayrışması nedeniyle göl ortamında yüksek değerlerde organik madde konsantrasyonuna sebebiyet vermektedir (Saluja ve Garg 2017). Buna bağlı olarak toplam fosfor (TP) değeri, kış döneminde en düşük (ortalama 57,95 µg/L), yaz büyüme döneminde ise TP (115,27 µg/L) değeri en yüksek olarak belirlenmiştir. YSKY (2016) yönetmeliğine göre, toplam fosfor seviyesine bağlı olarak gölün ötrofik durumdan (100 µg/l) hipertrofik

duruma (>100 µg/l) doğru geçtiği gözlenmektedir. Toplam fosfor miktarının yaz aylarında artmaktadır. Bunun sebebi ise, özellikle su sıcaklığının artması, tarımsal amaçlı gübre kullanımlarının artması ve gölün su seviyesindeki azalma olabilir. Klorofil-a konsantrasyonu, fitoplankton biyokütle konsantrasyonlarının değerlendirilmesine ışık tutmaktadır. Gölde, Klorofil-a konsantrasyonu 22,76-68,61 µg/L aralığında ve ortalama değeri 28,07 µg/L olarak belirlenmiştir. Göl ortamındaki fitoplankton aktiviteleri ve düşük su seviyeleri nedeniyle klorofil-a konsantrasyonu yaz aylarında en yüksek seviyededir (Parparov ve Gal 2017). YSKY (2016) yönetmeliğine göre göl ekosisteminde klorofil a miktarına bağlı olarak hipertrofik koşulların (>25 µg/l) yaygın olduğu görülmektedir.

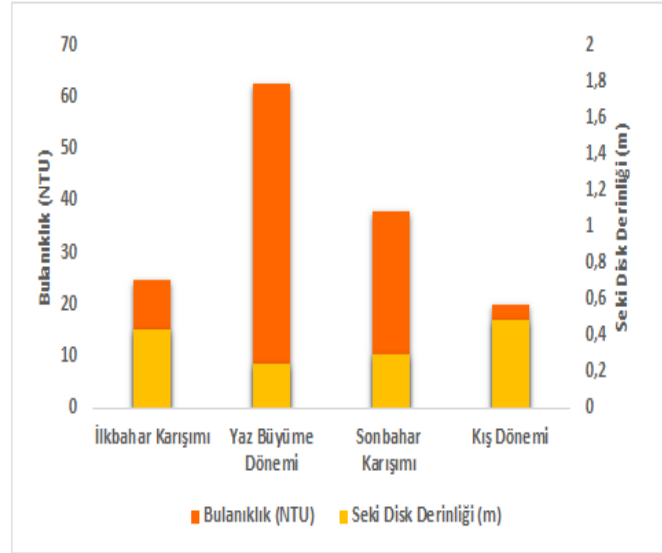
Tablo 1. Kızılırmak Deltası-Balık Gölü Su Kalite Parametre Değerleri (2017-2018)

Parametre	İlkbahar Karışımı	Yaz Büyüme Dönemi	Sonbahar Karışımı	Kış Dönemi	Ortalama
pH	8,55	8,67	8,69	8,46	8,59
Sıcaklık (°C)	19,27	28,84	18,74	10,71	19,39
Tuzluluk (‰)	0,80	0,81	0,93	0,98	0,88
TDS (mg/l)	798,30	805,27	917,60	967,60	872,19
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	9,65	9,78	11,07	10,74	10,31
Elektriksel İletkenlik (µs/cm)	1548,27	1561,00	1771,20	1872,40	1688,22
Bulanıklık (NTU)	24,84	62,56	37,95	19,89	36,31
CDOM (µg/L)	80,44	79,33	57,50	62,49	69,94
Seki Disk Derinliği (m)	0,43	0,24	0,30	0,48	0,36
Klorofil-a (µg/L)	45,13	68,61	48,86	22,76	46,34
Toplam Azot (µg/L)	6070	4560	4490	3980	4775
Toplam Fosfor (µg/L)	70,00	115,27	82,4	57,95	81,41

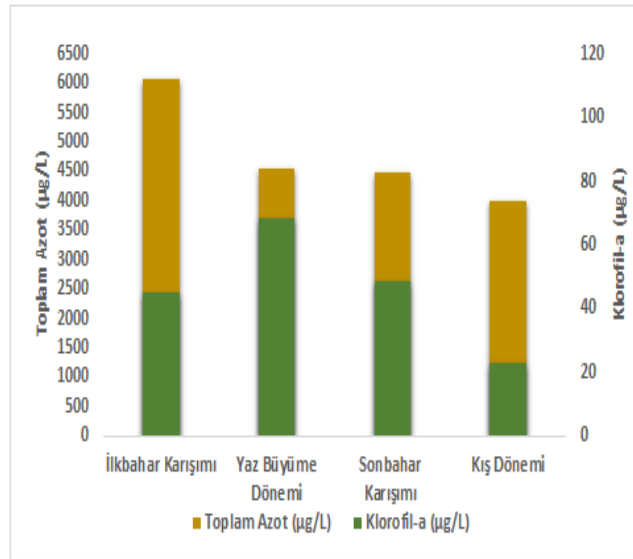
Not: Su kalite parametrelerine ait aylık olarak, 10 örnekleme istasyonuna ait değerlerin ortalaması



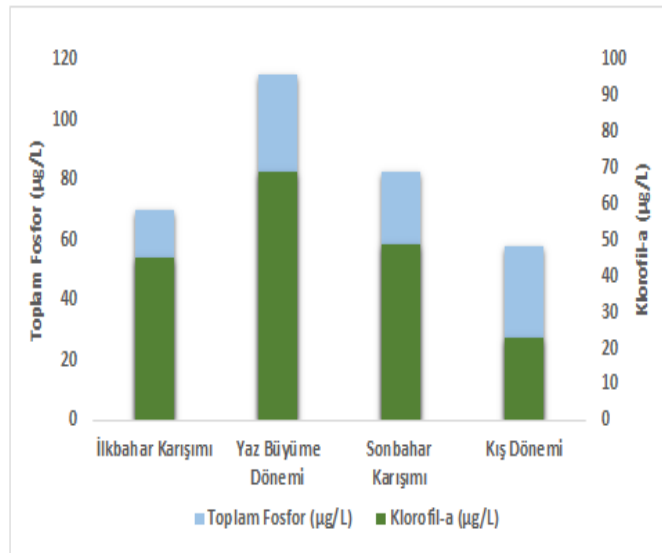
Şekil 2. Balık Gölü'nün mevsimsel değişime bağlı olarak Çözünmüş Oksijen ve Sıcaklık Değerleri



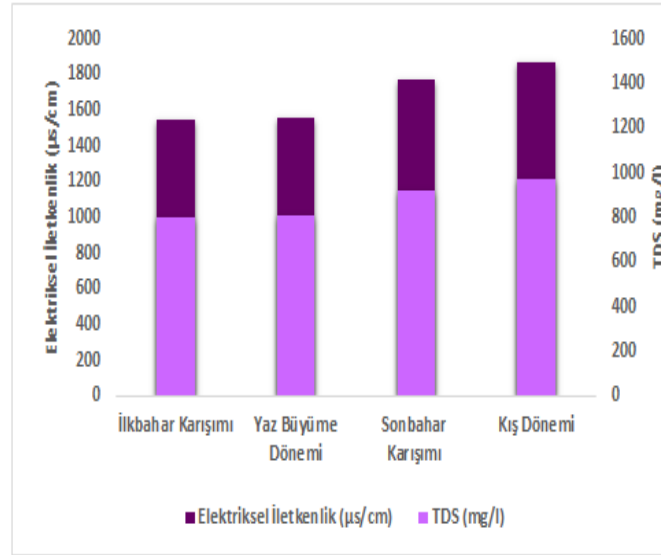
Şekil 3. Balık Gölü'nün mevsimsel değişime bağlı olarak Bulanıklık ve Seki Disk Derinliği Değerleri



Şekil 4. Balık Gölü'nün mevsimsel değişime bağlı olarak Toplam Azot ve Klorofil-a Değerleri



Şekil 5. Balık Gölü'nün mevsimsel değişime bağlı olarak Toplam Fosfor ve Klorofil-a Değerleri



Şekil 6. Balık Gölü'nün mevsimsel değişime bağlı olarak Elektriksel İletkenlik ve TDS Değerleri

3.2. Trofik Durum İndeksi

Göller, bölgesel hidrolojiye ve bozulmamış biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunan hassas bir ekosistemdir ve bağımlı nüfusun sosyo-ekonomisini sürdürmede önemli rol oynamaktadır (Rashid vd., 2017). Göllerin su kalitesi özellikleri, göllerin rekreasyonel kullanımı dahil olmak üzere; habitat ve tür çeşitliliğinin belirlenmesinde kritik faktörleri temsil etmektedir (Fuller ve Jodoin 2016). Göllerin sınıflandırılması ve bunların trofik durumlarını belirlemek için çeşitli yöntemler benimsenmiştir. En yaygın kullanılan ve yaygın olarak kullanılan yöntem üretkenliğe dayanmaktadır. En sık kullanılan biyokütle ile ilişkili trofik durum Carlson (1977) indeksidir. Trofik durum indeksi, su kalitesi çalışmalarının önemli bir parçasıdır ve su kalitesi değişkenlerine bağlı olarak birden fazla parametreyi barındırdığı için; bir gölün su kalitesinin analiz edilmesi, hesaplanması ve yorumlanmasına kolaylık sağlamaktadır (Cunha vd., 2013). Trofik besin ilaveleri, zorlayıcı faktörlere biyolojik cevap olarak anlaşılmalıdır, ancak besin maddesi etkisi mevsimsel değişim, karıştırma derinliği gibi parametrelerle de değişebilmektedir. Göl suyunun kalitesinin derecelendirmesi için Trofik Durum İndeksi (Trophic State Index: TSI); Klorofil *a* (Chl *a*), toplam fosfor (TP), toplam azot (TN) ve seki disk derinliği (SDD) parametreleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Tablo 2) (Carlson 1977; Kratzer ve Brezonik 1981). Yapılan bu parametrelere ait ölçümlerin birimleri ve değerleri farklı boyutta olduğu için bu parametreleri birbirleri ile kıyaslamak ve sınırlayıcı parametreyi tespit etmek zor olmaktadır. Tablo 3'de Göllerin trofik durumunun sınıflandırılması ve TSI sınır değerleri verilmektedir (Carlson 1977). Bu indeks bize bir gölü farklı parametreler açısından tüm parametreleri ortak bir ölçekte değerlendirebilme şansı vermektedir (Akyüz 2016).

Bu çalışmada, aylık olarak Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında alınan göl yüzey suyunda, toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), klorofil-a (Chl-a) ve Seki Disk Derinliğinin (SDD) mevsimsel değişimine bağlı olarak, bu parametreler arasındaki ilişkiye göre Carlson (1977) ; Kratzer and Brezonik (1981) Trofik Durum İndeksi (TSİ) değerleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Buna göre, Balık Gölü'nün trofik durum indeksi mevsimsel olarak değişimi hesaplanmış ve Tablo 4'de verilmektedir. Balık gölü yıllık ortalama trofik seviye indeks değerleri; TSİ (Chl-a) 67,5; TSİ (SDD) 76,2; TSİ (TN) 176,5; TSİ (TP) 67,1'dir. Gölün özellikle yaz büyüme döneminde, TSİ (Chl-a) 72,08; TSİ (SDD) 80,56; TSİ (TP) 72,6; TSİ (TN) 176,02 değerleri oldukça yüksek olup, diğer mevsimlerde de yaygın olarak hipertrofik durum görülmektedir. Bu nedenle gölde, alg ve makrofit yoğunlu fazla ve ışık geçirgenliği sınırlıdır. Ayrıca, mevsimsel değişimlere bağlı olarak TP ve SDD trofik seviye indeksi değerlerine göre göl ekosistemi hipertrofik (TSİ, 70-80), TN ve Chl-a değerlerine göre ise ötrofik-hipertrofik durumun (TSİ, 60-70) belirgin olduğu görülmektedir. Cüce ve Bakan (2017)'nin Balık Gölü'nde yaptığı çalışmada genel olarak gölün ötrofik yapıda olduğu ve göl statüsünün kritik duruma olduğunu belirlemişleridir. Sonuç olarak, bu çalışmada ise mevsimsel değişimlere bağlı olarak, elde edilen sonuçlar, TP, TN, SDD ve Chl-a'nın trofik seviye indeks değerlerine göre, TSI sınıflandırmasına göre ötrofik durumun sınır değerini aşmakta olduğu (TSI 60-70), yaygın olarak hipertrofik durumun oluşması nedeniyle gölün kritik durumda olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Trofik durum indeks değerinin hesaplanması (Carlson 1977; Kratzer ve Brezonik 1981)

Trofik Durum İndeksi	Trofik Durum İndeks Değerinin Hesaplanması
TSI (Chl-a)	$9,81 \cdot \ln(\text{Chl-a}) + 30,6$
TSI (SDD)	$60 - 14,41 \cdot \ln(\text{SDD})$
TSI (TP)	$14,42 \cdot \ln(\text{TP}) + 4,15$
TSI (TN)	$54,45 + 14,43 \cdot \ln(\text{TN})$

*TSI Carlson tarafından ilk kez tanımlandığında TP, Chl-a ve SDD değerlerine göre hesaplanırken, Kratzer ve Brezonik'in yaptığı çalışma (1981) ile TN değeri de ilave edilmiştir.

Tablo 3. Göllerin trofik durumunun sınıflandırılması ve TSI sınır değerleri (Carlson 1977)

TSI	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	SDD (m)	TP ($\mu\text{g/L}$)	Özelliği
<30	<0,95	>8	<6	Oligotrofik: Temiz su, O ₂ , yıl boyunca hipolimnion durumu mevcut
30-40	0,95-2,6	8-4	6-12	Sığ göllerin hipolimnion tabakası oksijensiz olabilir
40-50	2,6-7,3	4-2	12-24	Mezotrofik: Su kısmen temiz, yaz süresince hipolimniondaki oksijensizlik artış gösterebilir
50-60	7,3-20	2-1	24-48	Ötrofik: Hipolimnion oksijensiz, makrofit problemleri de gözlenebilir
60-70	20-56	0,5-1	48-96	Mavi-yeşil algler dominanttır, alg köpükleri ve makrofitler sorun teşkil edebilir.
70-80	56-155	0,25-0,5	96-192	Hipertrofik: Işık verimliliği sınırlar. Algler ve makrofitler yoğundur
>80	>155	<0,25	192-384	Alg köpükleri ve az sayıda makrofit mevcuttur

Tablo 4: Balık Gölün Trofik Durum İndeksi Değerleri

Trofik Durum İndeksi (TSİ)	İlkbahar Karışımı	Yaz Büyüme Dönemi	Sonbahar Karışımı	Kış Dönemi	Ortalama Değerleri
TSİ (Chl-a)	67,97	72,08	68,75	61,25	67,5
TSİ (SDD)	72,16	80,56	77,34	74,72	76,2
TSİ (TP)	65,41	72,61	67,76	62,68	67,1
TSİ (TN)	180,15	176,02	175,80	174,06	176,5

3.3. Kalite ve Kontrol

Laboratuvar analizleri sonucunda göl su örneklerinden elde edilen parametre değerleri ve örnekleme istasyonlarına ait koordinat bilgileri kayıt altına alınmıştır. Analizler/ölçümler % 90-95 güven aralığında yapılmıştır. Rölatif hata oranı %10'dan büyük olması durumunda analizler tekrarlanmıştır. Ayrıca, ilk set analizlerde kalitenin sağlanması ve kontrolü amacıyla her 5 numunede bir kör numune analizi, her 10 numunede bir içeriği bilinen bir laboratuvar kontrol numunesi ile kontroller yapılmış ve sonuçların tatminkar olması durumunda kontrol numunesi sıklığı azaltılmıştır.

4. Tartışma

Bu çalışmada, Kızılırmak Deltası gibi uluslararası koruma statüsü içerisinde bulunan en büyük göllerden biri olan Balık Gölünün su kalitesini izleme

çalışmaları yürütülmüş ve gölün trofik durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Bir su kaynağının amacına uygun olarak kullanılabilmesi için periyodik olarak izlenmesi gerekmektedir. RAMSAR alanı olarak belirlenip koruma altına alınmış olan Kızılırmak Deltası-Balık Gölü 2017--2018 dönemlerini kapsayan süreçte, aylık olarak su kalitesinin fizikokimyasal parametreleri ve trofik durum indeksi belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; gölün su kalitesine bağlı olarak zamansal değişimlerinin önemli olduğu ve özellikle yaz aylarında göldeki su seviyesinin düşmesine bağlı olarak ekosistemi önemli olarak olumsuz etkilediği görülmektedir. Antropojenik faaliyetler göl ekosisteminde değişikliklere neden olmuştur. Biyolojik içerikli kirlenici deşarjları, ticari amaçlı balık avı ve yabancı türlerin girişimi ile insan etkisine maruz kalmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmelik (2016)'ine göre ve

Trofik Seviye İndeksine (Carlson 1977) göre, Balık gölü ekosisteminde hipertrofik koşulların yaygın olduğu gözlemlenmektedir. Bunun en önemli sebebi ise, evsel atık sular ile tarımsal faaliyetlerdeki azotlu ve fosforlu gübre kullanımı sebebiyle ortaya çıkan organik ve inorganik madde yüklemeleridir. Arazi kullanımındaki değişiklikler, sulama ile drenaj kanallarındaki yenilikler ve balıkçılık benzeri faaliyetler de deltadaki sulak alanları doğrudan etkileyerek ekosistem içerisindeki biyoçeşitlilik yok olma tehlikesi ile karşı karşıya getirmektedir. Bu nedenle özellikle sulak alanlardaki kirlenme kaynaklı tehlikelerin sistematik bir şekilde izlenmesi, tespit edilmesi durumunda vakit geçirmeden gerekli müdahalenin ve/veya önlemlerin alınması, geleceğe dair planlamaların yapılması benzer doğa güzelliklerinin korunması açısından önem arz etmektedir. Öte yandan, hassas su kütlesi olan ve özel korunan alan statüsündeki Balık gölü'nün farklı koruma önlemlerinin alınması ve izleme yükümlülüklerinin de yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda ekolojik ve kimyasal durumun tespiti için fizikokimyasal, kimyasal, biyolojik ve hidro-morfolojik parametrelerin birlikte değerlendirilerek, baskıların/etkilerin belirlenmesi ve iyileştirilme çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından, PYO.HUBF.1901.16.001 referans numaralı bilimsel araştırma projesi ile desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Akyüz, D.E., 2016. Trofik Durum İndeksi ile Anahtar Sınırlayıcı Parametrelerin Değerlendirilmesi: Taihu Gölü Örneği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7 (Ek Sayı 1), 194-201.

APHA, AWWA, WEF, (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21th Ed). Washington, DC: American Public Health Association.

Carlson, R. E., Simpson, J., 1996. A coordinator's guide to volunteer Lake monitoring methods. Madison: North American Lake Management Society.

Carlson, R.E., 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography, 22, 361-369.

Cunha D.G.F., Calijuri M. C., Lamparelli M.C., 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tr}). Ecological Engineering, 60, 126- 134.

Cüce, H. ve Bakan, G., 2017. Siğ Bir Gölde Sediman Kalitesinin Trofik Duruma Etkisinin Değerlendirilmesi; Balık Gölü Örneği (Kızılırmak Deltası), Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., Cilt:7, Sayı:1, 2017,83-97.

Deemer, B. R., Harrison J.A., Whitling, E.W., 2011. Microbial dinitrogen and nitrous oxide production in a small eutrophic reservoir: An in situ approach to quantifying hypolimnetic process rates, Limnology and Oceanography 56(4): 1189-1199.

Harper, D., 1992. Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, London, UK.

Henry. R., Tundisi, J.G., Curi, P.R., 1984. Effects of phosphorus and nitrogen enrichment on the phytoplankton in a tropical reservoir. Hydrobiologia, 118, 177-85.

Jeppesen, E., Sondergaard, M., Jensen, J.P., Mortensen, E., Hansen, A.M. and Jorgensen, T., 1998. Cascading Trophic Interactions from Fish to Bacteria and Nutrients after Reduced Sewage Loading: An 18-Year Study of a Shallow Hypertrophic Lake, Ecosystems, 1, 250-267.

Kratzer, C.R., and Brezonik, P.L., 1981. A Carlson-type Trophic State Index for Nitrogen in Florida lakes. Water Res. Bull., Am. Water Res. Assn. 17(4), 713-715, 1057-1060.

SKDYP 2019-2023. Samsun Kızılırmak Deltası Sulak Alan ve Kuş Cenneti Doğal Sit Alanları Yönetim Planları. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Le, C. Zha, Y., Li, Y. Sun, D. Lu, H. Yin, B., 2010. Eutrophication of Lake Waters in China: Cost Causes, and Control. Environmental Management 45, 662-668 DOI 10.1007/s00267-010-9440-3.

Parparov, A., Gal, G., 2017. Quantifying Ecological Stability: From Community to the Lake Ecosystem. Ecosystems, 20, 1015-1028. DOI: 10.1007/s10021-016-0090-z.

Samsun Kızılırmak Deltası Doğal Sit Alanları Sulak Alan ve Kuş Cenneti (2019-2023) Yönetim Planı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, Ankara.

Saluja, R., Garg, J.K., 2017. Trophic state assessment of Bhindawas Lake, Haryana, India. Environment Monitoring Assessment 189, 32. DOI 10.1007/s10661-016-5735-z.

- Schwörbel, J., 1987. Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, 269 p, Stuttgart.
- Sulak Alanlar, 2013. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, Ankara.
- U.S.EPA, 2010. National Lakes Assessment: Technical appendix data analysis approach. EPA/841/R/09/001a. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Office of Research and Development.
- Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (2012;2016). 30.11.2012, Sayı: 28483; Sayı : 29797.
- Yeniyurt, C., Hemmami, M., Çağırankaya, S., Koopmanschap E. 2011. Türkiye'nin Ramsar Alanlarında Sulak Alan Yönetim Planları Değerlendirme Raporu. Doğa Derneği, Ankara, Türkiye.