



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Van Gölü'nde Sintine Suyu Kaynaklı Kirliliğin İncelenmesi[#]

Rasim AKMAN¹, Ataman Altuğ ATICI^{*2}

¹ Van Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Kara ve Deniz Ulaşım Şube Müdürlüğü, 5000, Van, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 65080, Van, Türkiye
Rasim AKMAN, ORCID No: 0000-0001-6292-1022, Ataman Altuğ ATICI, ORCID No: 0000-0001-8700-8969

*Sorumlu yazar e-posta: atamanaltug@yyu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 16.01.2022
Kabul: 23.06.2022
Online Ağustos 2022
DOI: 10.53433/yyufbed.1058474

Anahtar Kelimeler

Gemi,
KOİ,
Sintine suyu,
Su kirliliği,
Van Gölü,
Yağ-gres

Öz: Van Gölü'nde faaliyet gösteren gemilerin sintine sularından kaynaklı su kirliliği araştırılmıştır. Gemilerin barındığı on ayrı istasyondaki göl suyunda multimetre ile yerinde ölçümler yapılırken, göl suyunda ve gemilerden alınan sintine sularında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve yağ-gres analizleri gerçekleştirilmiştir. Göl sularında en düşük ve en yüksek KOİ değerleri sırasıyla 32 ve 240 mg/L, en düşük ve en yüksek yağ-gres değerleri sırasıyla 23 ve 146.5 mg/L olmuştur. Sintine su örneklerinde ise en düşük ve en yüksek KOİ değerleri sırasıyla 22 ve 5890 mg/L, en düşük ve en yüksek yağ-gres değerleri sırasıyla 11.3 ve 10000.0 mg/L bulunmuştur. İstasyonlarda göl suyunda yapılan ölçümlerde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre genel olarak su sıcaklığının I-II. sınıf, çözülmüş oksijenin I. sınıf, oksijen doygunluğunun I. sınıf ve göl suyunun sodalı özelliğinden dolayı pH'nın IV. sınıfta yer aldığı belirlenmiştir. İstasyon göl sularından alınan örneklerde ortalama KOİ ve yağ-gres değerleri ise IV. sınıfta bulunmuştur. Tüm teknelerdeki yağ-gres değerleri MARPOL 73/78'e göre sınır değer (15 mg/L) üstünde çıkmıştır. Çalışma sonucunda barınak olarak kullanılan bölgelerin, gemilerin bıraktığı sintine sularından olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

Investigation of the Pollution from Bilge Water in Van Lake

Article Info

Received: 16.01.2022
Accepted: 23.06.2022
Online August 2022
DOI: 10.53433/yyufbed.1058474

Keywords

Bilge water,
COD,
Oil-grease,
Ship,
Van Lake,
Water pollution

Abstract: The water pollution caused by the bilge waters of the ships operating in Van Lake was investigated. While on-site measurements were made with a multimeter in the lake water in ten different stations that used as ship havens, chemical oxygen demand (COD) and oil-grease analyses were carried out in the lake water and bilge waters taken from the ships. In the sample waters taken from the lake, the lowest and highest COD values were 32 and 240 mg/L, respectively, and the lowest and highest oil-grease values were 23 and 146.5 mg/L, respectively. In the bilge waters, the lowest and highest COD values were 22 and 5890 mg/L, respectively, and the lowest and highest oil-grease values were 11.3 and 10000.0 mg/L, respectively. Generally, according to the Water Pollution Control Regulation, it was found that the water temperature was in the I-II. class, dissolved oxygen and oxygen saturation I. class in lake water, and pH in IV. class due to the alkaline lake water. However, the mean COD and oil-grease values in the samples of lake water are IV. class. The oil-grease values in all ships were above the limit value (15 mg/L) according to MARPOL 73/78. As a result of the study, it was determined that the areas used as a ship haven were adversely affected by the bilge waters left by the ships.

[#] Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinden (Akman, 2022) yararlanılarak yazılmıştır.

1. Giriş

Sintine sularının deniz ve göl gibi su kaynaklarına bırakılması su kaynaklarındaki gemilerden kaynaklı sorunların başında yer almaktadır. Sintine suyunun kronik bir petrol kirliliği kaynağı olarak, dünya genelinde gemiler tarafından okyanuslara salınan yağlı suyun %20'sini oluşturduğu rapor edilmiştir (Tomaszewska ve ark., 2005). Gemilerden yapılan bu tür boşaltımların okyanusa salınan hidrokarbonun başlıca kaynağını oluşturduğu tahmin edilmektedir (Geyer, 1980).

Gemilerden su ortamına sintine suyunun boşaltılması, alıcı ortamdaki en büyük insan kaynaklı kirlilik girdisidir ve bu girdi miktarının kazara olan petrol sızıntılarından bile daha yüksek olduğu bildirilmektedir (NRC, 2003; Pavlakis ve ark., 2001; GESAMP, 2007; Etkin, 2009).

Sintine suyu, yağlı sıvılar ile birlikte metaller ve deterjanlar gibi diğer kirleticiler dahil çeşitli kaynaklardan gelen (makinelere bulunan motorlar ve borular gibi) çözücülerini içeren karmaşık bir karışımdır (EPA, 2010). Sintine suyundaki yağ ve gres ise, heksan gibi belirli çözücüler tarafından ekstrakte edilebilen kimyasal bir bileşikten oluşmaktadır (EPA, 1999). Bu bileşikler polar olmayıp, doğada hidrofobiktir (Travis ve ark., 2008) ve genel olarak suda çözünmezler (Tatem ve ark., 1978; Wake, 2005). Yağ ve gres, anaerobik koşullar altında uzun zincirli yağ asitlerine (LCFA) ve gliserole hidrolize olur (Hanaki ve ark., 1981; Salminen ve ark., 2000). Bu atıklar ile birlikte gemideki tank veya ambar gibi bölümlerin yıkanması sonucunda ortaya çıkan yağ ve gresli sular da sintinelerde birirmektedir (Haşimoğlu, 2021).

Yağ ve gres ile kontamine olmuş atık sular, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından çevre için en zararlı ve tehlikeli atık sulardan biri olarak kabul edilmektedir (EPA, 2004). İşlem görmeyen veya zayıf işlem gören yağ ve gresli atık su, uygun olmayan şekilde boşaltıldığında o bölgedeki çevre için ciddi hava kirliliği riski oluşturmaktadır, ayrıca yüzey ve yeraltı sularına yağ ve gresli atık su bulaşabilmektedir (Shete & Shinkar, 2013; İbrahim ve ark., 2017).

Su kaynaklarına yağ ve gresli atık su salınımının potansiyel etkileri arasında sucul ortamdaki canlılarda organ fonksiyonunda veya üremede bozukluk, sudaki besin zincirlerinde biyobirikim, akut ölüm, oksijen tükenmesi, hayvansal ve bitkisel canlıları fiziksel olarak kaplayarak oksijen alımını engelleme, canlıların yaşama ve üreme alanlarını yok etme ve ötrofikasyon sayılabilmektedir (Poulton ve ark., 2002; McLaughlin ve ark., 2014; Seveso ve ark., 2021). Canlılar üzerindeki öldürücü etkileri daha detaylı incelendiğinde balıkların solungaçlarındaki epitel yüzeyleri kaplayarak solunumu engelleme, kaldırma kuvveti kaybı nedeniyle su kuşlarının boğulmasına neden olma, bitki ve hayvan gelişimini inhibe eden ve insan için eşit derecede mutajenik ve kanserojen olan fenoller, petrol hidrokarbonlar ve poliaromatik hidrokarbonlar gibi toksik maddeler içermesi, ışık geçirgenliğini ve buna bağlı fotosentezi azaltması, hava ile su arasındaki oksijen transferini engellemesi yer almaktadır (Alade ve ark., 2011; Pintor ve ark., 2016). Ayrıca atık sudaki yağ ve gres, su arıtma tesislerinin, drenaj ve kanalizasyon hatlarının tıkanmasına, kanalizasyon hatlarını aşınmasına, kötü kokular oluşmasına neden olmakta, tutuşturucu özelliğinden dolayı alev alabilmekte ve bulaştığı su yüzeyinde, kıyı ve plajlarda çirkin görünüm sergilemektedir (Kiely, 1997; Xu & Zhu, 2004; Madaki & Seng, 2013; He ve ark., 2015).

Bu kirleticileri okyanus ve deniz ortamlarında önlemek için birçok düzenleme gerçekleştirilmiş olmakla beraber ilk olarak 1981 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1983'ten sonra da tüm dünyada kabul edilen Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL 73/78) günümüzde en geçerli olan sözleşmedir (Motoyoshi & Nishi, 2020). Ülkemizin de taraf olduğu bu sözleşmeye göre 15 mg/L'den daha az yağ ve gres bulunan suyun hiçbir sınırlama olmadan denize bırakılabileceği belirtilmiş olup, aynı sözleşmede kirliliği önleme, atıkları depolama ve nasıl bertaraf edileceğine dair sınırlamalar da ortaya konulmuştur (IMO, 2002). Bu sözleşme dışında ülkemizde yayımlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY, 2004)'nde yer alan Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde yağ ve gres değerlerine göre su kalite sınıfları oluşturulmuştur.

Denizlerin en önemli sorunlarından olan yağ ve gres kirliliği iç sularda da kendini göstermeye başlamıştır. Bahse konu olan su kaynaklarından bir tanesi de ülkemizin en büyük gölü olan Van Gölü'dür. Gölde balıkçılık en önemli faaliyet olmakla beraber ulaşım, turizm ve su sporları da gerçekleştirilen diğer önemli faaliyetler arasındadır (Çetinkaya, 1993).

Van Gölü'nde özellikle ulaşımda kullanılan tren feribotları, gezi tekneleri, yatlar ve deniz otobüsleri gibi araçlar göl üzerinde yoğun araç trafiği oluşturmaktadır. İhtiyaca bağlı olarak gemi tonajlarının artmasıyla beraber kullanılan yağ ve yakıt miktarı arttığından, gölde kirliliğin artacağı

öngörülmektedir. Ayrıca her geçen gün Van Gölü'nde artan gemi sayısı, gemilerden kaynaklı kirliliği de beraberinde getirmektedir. Gemilerdeki personelin bilinçli olmaması da kirliliği farklı bir boyuta taşımaktadır (Küçük & Topçu, 2012).

Kapalı bir göl özelliğinde olan Van Gölü gemilerden kaynaklı ciddi bir kirlilik ile karşı karşıyadır. Bu çalışmada Van Gölü'ndeki kayıtlı gemiler tarafından göle bırakılan sintine sularının neden olduğu yağ ve gres kirliliğinin boyutları ve bu kirliliğin nedenlerinin belirlenmesi amaçlanmış ve gölde alınması gereken önlemlerin temelleri belirtilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

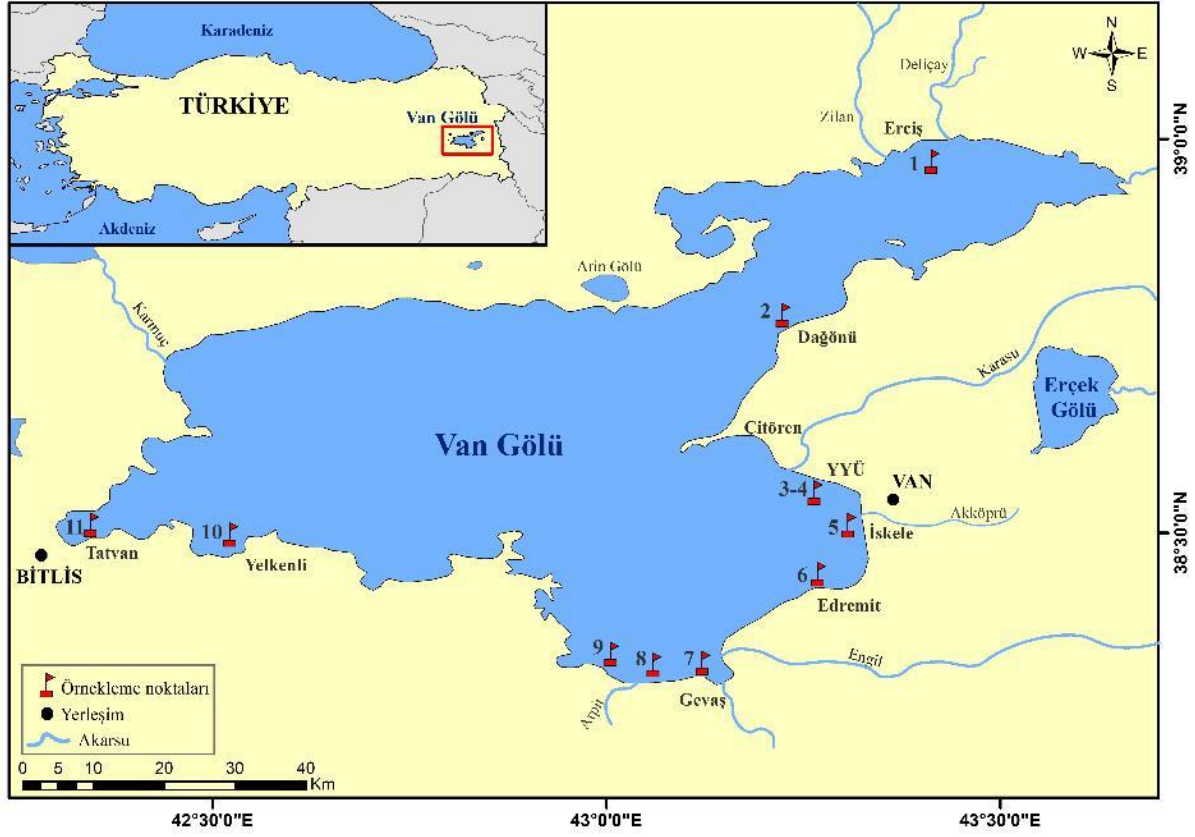
2.1. Çalışma alanının genel özellikleri

Van Gölü ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde 1648 m rakımda olup, gölün su hacmi 576 km³, yüzey alanı 3522 km², ortalama derinliği 171 m ve maksimum derinliği 450 m'dir. Gölün pH değeri 9.7-9.8 arasındadır. Van Gölü ayrıca %22'lik bir değer ile iç su kaynakları arasında tuzluluğu yüksek bir göldür. Sahip olduğu bu özellikler ile yer yüzünün en büyük soda gölü olması dışında, kapalı göller arasında dördüncü sıradadır (Kempe ve ark., 1991; Reimer ve ark., 2009). Gölde yaklaşık 103 fitoplankton ve 36 zooplankton türü ile Van Gölü Havzası'na endemik ticari balık türü olan İnci Kefali *Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814) yaşamaktadır (Danulat & Selçuk, 1992). Ayrıca, Van Gölü içerisinde yer alan mikrobiyolitlerde Van Gölü Havzası'nın tatlı su kollarına endemik olan *Oxynoemacheilus ercisianus* (Erk'akan & Kuru, 1986) türünün yaşadığı bildirilmiştir (Akkuş ve ark., 2021).

2.2. Örnekleme noktaları ve özellikleri

Bu çalışma, Nisan 2020 ile Eylül 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarının seçilmesinde balıkçılık başta olmak üzere turizm ve taşımacılık gibi çeşitli faaliyetlerin yoğun olduğu alanlar dikkate alınmıştır (Şekil 1).

Çalışmada Van Gölü'ndeki gemi barınakları olarak değerlendirilen Erciş (ERC) Balıkçı Barınağı (BB.), Dağönü (DAĞ) BB., Çitören (ÇTR) BB., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi (YYÜ) iskelesi, Van limanı, Edremit (EDR) marina, Grand Deniz (GRD) iskelesi, Akdamar (AKR) iskelesi, Dereağzı (DER) BB., Yelkenli (YEL) BB. ve Tatvan (TAT) limanı örnekleme noktaları olarak belirlenmiştir. 10 adet örnekleme noktası ile birlikte gölde bulunan 42 adet geminin sintilerinden atık su örnekleri alınmıştır. Gemilerin isimlendirilmesinde buldukları istasyonlara göre kodlar kullanılmıştır.



Şekil 1. Van Gölü'nde örnekleme yapılan istasyonlar (1: ERC BB., 2: DAĞ BB., 3: ÇTR BB., 4: YYÜ iskelesi, 5: Van limanı, 6: EDR marina, 7: GRD iskelesi, 8: AKR iskelesi, 9: DER BB., 10: YEL BB., 11: Tatvan limanı).

2.3. Arazi ölçümleri ve su örneklerinin alınması

Çalışma süresince örnekleme noktalarında su sıcaklığı, pH, ÇO, OD, Eİ ve tuzluluk ölçümleri HACH HQ 40d marka multimetre cihazı ile ölçülmüştür. Su örnekleri, yağ-gres yoğunluğunun hafifliği nedeniyle liman, marina, balıkçı barınağında su yüzeyinin 5-10 cm altından ve gemilerin sintine bölümlerinden 1 litrelik koyu renkli su numune kaplarına tamamen dolana kadar alınmıştır. Numune alınan noktaların koordinatları GPS ile belirlenmiştir. Örnek sularının istasyonlarda aynı zamanda alınması çeşitli nedenlerden dolayı (gemi sahiplerinden izin alınması, çalışma sahasının ve istasyonlar arası mesafenin uzak olması, istasyonlarda gemilere aynı zamanda ulaşamamak gibi sorunlar) mümkün olmamıştır. Su örnekleri her istasyon ve gemi için belirtilen çalışma tarihleri arasında tek seferde ve iki tekerrürlü olacak şekilde genellikle sabah saatlerinde alınmıştır. Alınan su örnekleri Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve yağ-gres analizleri için laboratuvara götürülmüştür.

2.4. Su analizleri

Su örneklerinde KOİ analizi, HACH LT 200 Termoreaktör ve Dikromat (0 - 1000 mg/L O₂) metodu ile HACH LCI 400 KOİ küvet testi kullanılarak yapılmıştır (HACH, 2010). KOİ küvet testleri, HACH LANGE DR 5000 UV/VIS marka spektrofotometre cihazı ile okunarak, mg/L şeklinde sonuç elde edilmiştir.

Yağ ve gres analizinde, Soxhlet metoduna göre EPA (1999) tarafından önerilen prensip uygulanmış ve Eşitlik 1'deki formüle göre mg/L şeklinde sonuç alınmıştır. Bu prensibe göre çözülebilen mineral sabunlar asitlerle hidrolize olurlar. Katı veya viskoz gres sıvı numuden süzülerek ayrılır. Yağ ve gres veya n-hekzan kullanılarak ekstrakte edilir. Çözücü uçurulduktan sonra bakiye 103 °C'de kurutulur. Bakiyenin ağırlığından yağ ve gres miktarı bulunur. Bu metot ampirik (deneysel) olup, benzer fiziksel karakterleri taşıyan grupların heksandaki çözünürlüğü esasına dayanır.

$$\text{Yağ-gres (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad (1)$$

Burada A, balonda son tartımda bulunan toplam yağ miktarını (mg) (balonun işlem sonrası darası); B, balonun ilk tartımını (mg) (dara ağırlığı); V, süzülen örnek hacmini (ml) ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Yerinde yapılan incelemeler sonucunda, birçok balıkçı barınağında su yüzeyinde ince yağ tabakası oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 2). Balıkçılık faaliyeti yürüten teknelerde, sintine tankı bulunmadığı için makine şaft yatağında biriken yağlı suların göle bırakıldığı, yağ değişimleri sonucunda oluşan atık yağların bazı balıkçılar tarafından boş tenekelere aldıktan sonra bertaraf edildiği, bazı balıkçıların ise açıkta veya sazlık alanlarda göle bıraktıkları görülmüştür.



Şekil 2. (a) Akdamar iskelesi ve (b) Edremit marinada gözlenen yağ ve gres tabakası.

Diğer bir olumsuz konu ise Van Gölü'ndeki limanlarda, balıkçı barınaklarında, marinalarda ve iskelelerde atık kabul tesisinin (AKT) bulunmadığı görülmüştür. Sadece Bitlis'e bağlı Tatvan ilçesinde yer alan Tatvan Feribot Müdürlüğü'nde AKT mevcutken, çeşitli nedenlerden dolayı bu tesisin çalışır durumda olmadığı tespit edilmiştir. Subaşı (2010), İstanbul Haydarpaşa limanı ile Tekirdağ Martaş limanına ait AKT giriş ve çıkış sularında yaptığı çalışmada elde ettiği sonuçlara göre ATK'lerin önemli olduğunu vurgulamıştır. AKT sistemine alınan giriş atık sularına ait yüksek seviyedeki pH, KOİ, BOİ, AKM, yağ ve gres değerlerinin sisteme verildikten sonra düşürüldüğü ve bu şekilde çıkış suları oluşturularak deniz ortamına bırakıldığını bildirmiştir.

Çizelge 1. İstasyonlara ait göl suyunda yapılan ölçümler ile göl suyu KOİ ve yağ-gres sonuçları

İstasyonlar	Sıcaklık (°C)	ÇO (mg/L)	OD (%)	Eİ (mS/cm)	Tuzluluk (%)	pH	KOİ (mg/L)	Yağ-gres (mg/L)
Erciş BB.	10.1	10.54	118.0	18.0	15.3	9.58	45.0	28.5
Dağönü BB.	9.8	7.47	103.0	17.3	14.8	9.67	142.4	92.5
YYÜ iskele	11.7	6.21	69.7	17.8	14.5	9.69	240.0	146.5
Van limanı	21.5	9.32	116.1	24.7	16.2	9.68	64.0	44.0
Edremit marina	11.2	7.14	102.7	18.0	15.1	9.22	152.0	98.0
Grand Deniz iskele	23.9	10.28	116.7	18.2	14.3	9.45	48.0	33.0
Akdamar iskele	23.7	8.03	107.3	24.5	15.3	9.34	144.0	86.5
Dereağzı BB.	12.2	10.42	117.2	17.5	14.0	9.69	48.0	31.5
Yelkenli BB.	11.0	11.04	122.8	14.1	11.5	9.51	32.0	23.0
Tatvan limanı	21.0	8.17	115.9	24.1	15.4	9.60	72.0	48.0
Ortalama±SS.	15.6±6.1	8.86±1.68	108.9±15.3	19.4±3.7	14.6±1.3	9.54±0.16	98.7±67.6	63.2±40.7

İstasyonlarda göl suyunda yapılan ölçümler ile istasyon göl sularına ait KOİ ve yağ-gres sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışma süresince elde edilen bulguların değerlendirilmesinde; su sıcaklığı, pH, ÇO, OD, Eİ, tuzluluk ölçümleri ile yağ-gres ve KOİ değerlerine göre su kalite sınıflarının

yer aldığı SKKY (2004) ve iç sulardaki sintine atık suyu ile ilgili fikir vermesi amacıyla denizlerde ve okyanuslarda kullanılan MARPOL 73/78 sözleşmesi temel alınmıştır.

SKKY (2004)'e göre istasyonlarda yerinde yapılan ölçümlerde genel olarak ortalama değerler açısından su sıcaklığı 15.6 ± 6.1 °C ile I-II. sınıf arasında, ÇO 8.86 ± 1.68 mg/L ile I. sınıf, OD % 108.9 ± 15.3 ile I. sınıf ve göl suyunun sodalı özelliğinden dolayı pH 9.54 ± 0.16 ile IV. sınıf su kalitesi olarak belirlenmiştir.

SKKY (2004)'e göre su sıcaklığı değerleri her istasyonun kendi değerleri açısından I-II. sınıf su kalitesi arasında olurken, en düşük sıcaklık 9.8 °C ile Dağönü BB.'de, en yüksek ise 23.9 °C ile Grand Deniz iskelesinde ölçülmüştür (Çizelge 1). Yüzey sularının sıcaklıklarının farklı değerlerde olması normal bir sonuçtur. Dolayısıyla, sıcaklık parametresi ile ilgili standart bir değer belirtmek uygun görülmemektedir. Ancak 30 °C'den yüksek sıcaklık, 3 °C'den fazla sıcaklık artışı ve bir saat içinde 0.5 °C'den fazla sıcaklık dalgalanması gibi bazı durumlarda su kalitesini bozan sıcaklık koşulları oluşabilmektedir (Göksu, 2003).

SKKY (2004)'e göre ÇO değerleri en düşük 6.21 mg/L ile Van YYÜ iskelede II. sınıf su kalitesi, en yüksek 11.04 mg/L ile Yelkenli BB.'de I. sınıf su kalitesinde olmuştur. OD en düşük %69.7 ile Van YYÜ iskelede, en yüksek %122.8 ile Yelkenli BB.'de belirlenmiştir. Düşük ÇO konsantrasyonları suyun kalitesinde bozulmalar olduğunu işaret etmekle beraber, sudaki canlı yaşamını sınırlayıcı etkiler gösterebilmektedir (Tebbutt, 1998; Karaman & Gökalp, 2010). Bu nedenle ÇO seviyesi suyun kalitesi hakkında bilgi verebilmektedir (Ünlü ve ark., 2008).

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır (Güler, 1997). Eİ sulardaki nitrat, fosfat, karbonat, sülfat ve klorür gibi çözünmüş katı maddelerden gelmektedir. Bunun dışında, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir ve mangan gibi elementler de Eİ etkilemektedir. Asıl Eİ oluşturan başlıca maddeler ise çözünmüş tuzlardır. Bu nedenle tuzluluk ile Eİ yakından ilişkilidir (Göksu, 2003). Eİ değeri, en düşük 14.1 mS/cm ile Yelkenli BB.'de, en yüksek 24.1 mS/cm ile Tatvan Feribot limanı, 24.5 mS/cm ile Akdamar iskelesi ve 24.7 mS/cm ile Van Feribot limanında ölçülmüş, ortalama Eİ ise 19.4 ± 3.7 mS/cm olmuştur. Tuzluluk en düşük %11.5 ile Yelkenli BB.'de, en yüksek %16.2 ile Van Feribot limanında belirlenmiştir. Gölden alınan su numunelerinde ortalama tuzluluk % ise 14.6 ± 1.3 olmuştur (Çizelge 1). Bu çalışmada elde edilen değerler Kempe ve ark. (1991) tarafından %22 olarak bildirilen tuzluluk değerinin altında belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise Van Gölü'nde 47 farklı noktaya ait yüzey sularında ortalama sıcaklık, pH ve Eİ değerleri sırasıyla 23.5 °C (en düşük-en yüksek: 21.2 - 26.8 °C), 9.10 (8.07 - 9.86) ve 29.33 mS/cm (27.69 - 31.52 mS/cm) olarak belirlenmiş ve Van Gölü yüzey sularının SKKY (2004)'e göre III. ve IV. sınıf sular kategorisinde yer aldığı rapor edilmiştir (Aydın ve ark., 2017).

KOİ, güçlü oksitleyici ajanlar tarafından kirletici yükün oksidasyonu sırasında tüketilen oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır (Lee ve ark., 1999). KOİ de ÇO gibi genellikle su kaynaklarındaki kirlilik seviyesini belirlemede kullanılırken, kimyasal kirleticilerin tespitinde özellikle tercih edilen yaygın bir parametredir (Bourgeois ve ark., 2001). İstasyonlarda gölden alınan su örneklerinde ortalama KOİ (98.7 ± 67.6 mg/L) ve ortalama yağ-gres değerleri (63.2 ± 40.7 mg/L) SKKY (2004)'e göre IV. sınıf su kalite sınıfında yer almıştır. Aynı yönetmeliğe göre istasyonların KOİ ve yağ-gres değerleri de IV. sınıfta olmuştur. Göl sularındaki KOİ ve yağ-gres sonuçları SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde, Yelkenli BB. en az kirli yer olurken, Van YYÜ İskelesi en kirli bölge çıkmıştır. Bu bölgeyi Edremit Marina, Akdamar İskelesi ve Dağönü BB. izlemiştir (Çizelge 1). KOİ ve yağ-gres değerlerinin bu istasyonlarda yüksek çıkmasında teknelerin sürekli bu alanda bulunmasının, tekne motorunun ilk çalışmasına bağlı egzoz borusundan yağlı suyu atmasının, su seviyesinin durumuna göre makine yatağında şamandıralı sintine pompasının otomatik devreye girmesinin, yakıt transferi esnasında oluşan kirliliklerin ve teknelerin genel bakımı sırasındaki faaliyetlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Elde edilen KOİ ve yağ-gres sonuçları değerlendirildiğinde, yüksek KOİ ve yağ-gres sonuçlarının olduğu bölgelerde ÇO ve OD değerleri tam tersi düşük çıkmış ve bu bölgelerin su kalitesinde bozulma olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca yağ-gres gibi kimyasal kirleticiler sudaki KOİ düzeyini artırırken, ÇO konsantrasyon seviyesini düşürmektedir. Bu olumsuzlukların dışında, barınakların kısmen kapalı olmasına bağlı su sirkülasyonun az olması ya da olmaması da yağ-grese bağlı kirlilikte etkili olmuştur. Demiray (2006) tarafından Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterlerine göre ham petrol ve petrol türevlerinin deniz sularında değerlendirilmesinde sınır değeri olan 0.003 mg/L geçmemesi gerektiği,

ayrıca denizlerde suyun, canlı topluluğunun ve dip kısımlarının ayrı ayrı ele alınması gerektiği belirtilmiştir.

Van Gölü Havzası içerisinde yapılan diğer çalışmalarda Aydın (2018), Erciş ilçesinden geçen ve Van Gölü'ne dökülen Çatakdişi Çayı'nda KOİ ortalama değerini 12.6 mg/L olarak bildirirken, bu çalışmada Erciş BB.'nda KOİ ortalama değeri 40 mg/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Aynı havza içerisinde Atıcı (2021) tarafından Van Gölü'ne dökülen diğer akarsularda yapılan çalışmalarda ortalama KOİ değerleri ise Kurubaş, Akköprü ve Morali Dereleri'nde sırasıyla 34.7, 21.6 ve 37.4 mg/L olarak bildirilmiştir. Morali deresindeki KOİ değeri sanayi bölgesi ile ilişkilendirilirken, Kurubaş ve Akköprü dereleri şehir merkezinden geçerken evsel atıklardan etkilenecek Van limanına yakın bir bölgeden Van Gölü'ne dökülmektedir. Bu çalışmada, Van Limanı'nda yapılan ölçümlerde KOİ ortalama değeri ise daha yüksek (64 mg/L) bulunmuştur (Çizelge 1). Atıcı ve ark. (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, Van Gölü'ne dökülen Karasu Nehri'nde ortalama KOİ değeri 9.98 mg/L olarak bildirilmiştir. Karasu Nehri'nin göle döküldüğü bölgeye en yakın olan YYÜ İskele'de ise KOİ ortalama değeri 240 mg/L olarak oldukça yüksek bulunmuştur. Akarsularda yapılan çalışmalarda, KOİ değerlerinin elde edilmesinde genel olarak akarsulara bırakılan evsel deşarjlar etkili olurken, Van Gölü'ndeki istasyonlarda ise yüksek KOİ değerlerinin teknelerin sintine suyu deşarjlarından kaynaklandığı ortaya çıkmıştır.

Van Gölü Havzası dışında yapılan çalışmalarda Eljaiek-Urzola ve ark. (2019) tarafından Karayip Denizi'nin atıksu deşarjından etkilenebilecek bir bölgesi olan Cartagena de Indias şehri yakınlarındaki 13 örnekleme noktasından aldıkları deniz suyu örneklerinde yağ-gres değerlerinin 0 ile 3.8 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada ise Khozanah ve ark. (2021), Jakarta Körfezi'ndeki Ancol, Muara Gembong ve Pari Adaları'nda deniz sularında ortalama yağ-gres değerlerini sırasıyla 258.5, 114.5 ve 240.5 mg/L olarak belirlemiştir. Oktay ve Yenigün (2003), İstanbul Boğazı'nda Gotia tankerinin yapmış olduğu deniz kazasına yönelik çevresel etkiyi değerlendirmek için boğazdan 45 km boyunca 19 noktada su örnekleri almış ve yağ-gres değerlerini en yüksek 300 mg/L ile Ortaköy iskelesinde, en düşük 1.8 mg/L ile Kanlıca ve Göksu iskelelerinde tespit etmişlerdir.

Sintine sularının alındığı gemilerin özellikleri Çizelge 2'de yer almaktadır. Feribot dışındaki gemilerin uzunlukları 8.5 ve 26.82 m, ağırlıkları ise 3.5 ve 70 grt arasında değişim göstermiştir. Aynı gemilerde günlük çalışma süreleri 4 ile 10 saat arasında değişmiştir.

Çizelge 2. Numunelerin alındığı gemilere ait özellikler

Geminin bulunduğu istasyon	Örnek No	Motor gücü (hp)	Gemi boyu (m)	Geminin tonajı (grt)	Yıllık kullanılan yağ miktarı (L)	Kullanılan yağ-gres inceliği	Günlük ort. çalışma süresi (saat)
Erciş BB.	ERC1	130	14.4	8.05	16	20-50	5-6
	ERC2	160	14.8	8.91	16	15-40	6
	ERC3	105	14.0	7.90	36	20-50	7-8
Dağönü BB.	DAĞ1	14.0	12.5	9.47	36	20-50	7-8
	DAĞ2	10.5	12.0	10.36	32	15-40	7-8
	DAĞ3	19.5	12.9	-	-	15-40	7-8
	DAĞ4	10.5	12.2	10.75	36	20-50	7-8
	DAĞ5	10.5	11.8	8.46	36	15-20	7-10
	DAĞ6	13.5	13.0	-	45	20-50	7
Çitören BB.	ÇTR1	12.5	12.0	5.57	18	20-50	7
	ÇTR2	138	16.5	8.90	18	20-50	7-8
	ÇTR3	65	8.5	6.11	16	20-50	7-8
YYÜ iskele	YYÜ1	281 (Bhp)	12.4	15.37	-	-	-
Van limanı	VF1	1670	135.66	6921	7200	40	7
Edremit marina	EDR1	162	14	-	15	15-40	5
	EDR2	165	14.5	-	36	20-50	5-7
	EDR3	14	12	7.0	36	20-50	5
	EDR4	12.5	13.9	10.37	36	20-50	6
	EDR5	13.5	16.1	14.0	36	20-50	4-6
	EDR6	10.5	13.2	10.31	36	20-50	6-8
	EDR7	550x2bhp	15.80	30.34	80	15-40	4
	EDR8	600x2bhp	15.80	30.34	60	15-40	4
	EDR9	400x2	25.08	58.43	72	15-40	4
	EDR10	235	26.82	77	72	15-40	2
Grand Deniz iskele	GRD1	270	18	-	36	20-50	6
	GRD2	320	19	-	36	20-50	6
	GRD3	180	14	-	36	20-50	6
Akdamar iskele	AKR1	180	17	-	36	20-50	6
	AKR2	-	-	-	36	20-50	6
	AKR3	210	16.75	-	36	20-50	6
	AKR4	270	17	-	36	20-50	6
Dereağzı BB.	DER1	80	9.5	-	36	15-40	7
	DER2	12	14.8	-	36	15-40	7
	DER3	18.5	13	-	36	15-40	7-8
	DER4	80	12.3	8.37	36	15-40	7
	DER5	-	-	-	-	-	-
Yelkenli BB.	YEL1	160	15.4	4.0	18	20-50	8
	YEL2	105	13.6	3.5	18	20-50	8
	YEL3	96	12.5	10.69	18	20-50	8
	YEL4	105	11.9	3.55	18	20-50	8
	YEL5	140	11.5	7.76	18	20-50	8
Tatvan limanı	TAT1	1670 kw	135.66	6921	-	-	7

Genel olarak gemilerdeki sintine sularında ölçülebilen en düşük KOİ değeri 22 mg/L ile YEL5 kodlu gemi olurken, en yüksek KOİ değerleri 5850.0 mg/L ile AKR3 ve 5890.0 mg/L ile ÇTR1 kodlu gemilerde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Aynı sularda en düşük yağ-gres değeri 11.3 mg/L ile YEL5, en yüksek yağ-gres değeri ise 10000.0 mg/L ile YYÜ1 ve EDR6 kodlu teknelerde belirlenmiştir (Çizelge 3). Van Gölü'nde sintine suları alınan gemilere ait en yüksek yağ-gres sonuçlara bakıldığında, bu seviyede yağ-gres içeren sintine suyunun göl ortamına bırakılması durumunda Van Gölü gibi kapalı bir göl olan iç su kaynaklarında önemli bir çevre sorunun ortaya çıkacağı kaçınılmazdır. Ayrıca Van Gölü Havzası'na endemik olan inci kefalinin en büyük popülasyon oluşturduğu su kaynağı Van Gölü olup, inci kefalisi Nisan ve Temmuz ayları arasında üremek amacıyla Van Gölü'nü besleyen akarsulara göç etmek için kıyılara yavaşmaktadır (Danulat & Kempe, 1992). Yıllık yaklaşık 10000 ton avcılık ile 14000 insanın geçim kaynağını oluşturan inci kefalisi iç su balık üretiminde de önemli bir paya sahiptir (TUIK, 2020). Böylesine önemli bir değere sahip inci kefalleri özellikle üreme döneminde su yüzeyine doğru hareket ederek sintine suyundan kaynaklı yağ-gres kirleticilerine daha fazla maruz kalabilmesi söz konusudur.

SSKY (2004)'e göre tüm gemilerdeki sintine sularına ait KOİ ve yağ-gres analiz sonuçları, IV. sınıf su kalite sınıfına girmiştir. MARPOL 73/78'e göre de aynı sulardaki yağ ve gres değerleri, sınır değer (15 mg/L) üstünde bulunmuştur (IMO, 2002). İstasyonlardaki en kirli sintine suyuna sahip gemiler ortalama 4907.7 ± 926.4 mg/L KOİ ve ortalama 3825.0 ± 2602.6 mg/L yağ-gres değeri Akdamar iskelesindeki gemiler olmuştur (Çizelge 3). Diğer en çok kirli sintine sularına sahip gemilerin barındığı istasyonlar ise Çitören BB. - YYÜ marina ve Grand Deniz iskelesi olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Demiray (2006) ülkemizde motorin cinsi yakıtla çalışan gemilerin sintinelerinden alınan örnek sularında yaptığı çalışmada da yağ-gres değerlerin 15 mg/L'nin üstünde ve en kirletici sintine su atığının 75000.0 mg/L ile tanker II kodlu gemide olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca Etkin (2009) tarafından her yıl 1.7 milyondan fazla geminin liman ziyareti sırasında kıyılarda 4.6 ila 28.6 milyon litre yağ-gresin sintine sularıyla deniz suyuna karıştığı bildirilmiştir. Diğer yandan üretilen sintine suyu miktarı geminin büyüklüğü ve gerçekleştirdiği operasyon ile doğru orantılıdır (Ganti & Wille, 2002). Örneğin, uçak gemisi filosunun rölantide çalışırken günde 3000 galon sintine suyu ürettiği, normal çalıştığı zamanlarda ise günlük en fazla 25000 galon olmak üzere bir yılda 4.9 milyon galon sintine suyu ürettiği rapor edilmiştir (UNDS, 2000). Bu miktar en küçük konteyner gemisinde bir günde 0.25 m^3 , iken büyük bir konteyner gemisinde günlük 2 m^3 hacme ulaşabilmekte ve bu miktarların yaklaşık %20'si denize bırakılmaktadır (McLaughlin ve ark., 2014). Dünya genelinde ise her yıl yaklaşık olarak toplam 137 milyon galon sintine suyu denizlere boşaltılmaktadır (NRC, 2003; Doğan-Sağlamtimur & Subaşı, 2018). Ülkemizde 2018 yılı verilerine göre ise denizlerde gemilerden kaynaklı atık su miktarları petrol ve petrol türevi atıklarda 524031 m^3 iken, sintine suyunda ise 27331 m^3 olmuştur (ÇŞİDB, 2019).

Çizelge 3. Gemilerden alınan sintine suyu örneklerindeki KOİ ve yağ-gres sonuçları

Gemilerin bulunduğu istasyonlar	Gemi No	KOİ (mg/L)	KOİ Ort.±SS. (mg/L)	Yağ-gres (mg/L)	Yağ-gres Ort.±SS. (mg/L)
Erciş BB.	ERC1	1212.0		621.5	
	ERC2	114.0	575.9±570.7	58.5	294.8±288.5
	ERC3	399.0		204.5	
Dağönü BB.	DAĞ1	314.0		161.0	
	DAĞ2	866.0		444.0	
	DAĞ3	145.0	464.3±359.4	74.5	238.1±180.7
	DAĞ4	217.0		111.5	
	DAĞ5	268.0		137.5	
	DAĞ6	975.0		500.0	
Çitören BB. - YYÜ marina	ÇTR1	5890.0		3021.0	
	ÇTR2	3580.0	4518.5±1214.3	1836.0	4237.9±3752.4
	ÇTR3	4085.0		2095.0	
	YYÜ1	***		10000.0	
VAN limanı	VF1	756.0	755.6±0.0	387.5	387.5±17.7
Edremit marina	EDR1	349.0		179.0	
	EDR2	153.0		78.5	
	EDR3	1697		870.5	
	EDR4	825.0		423.0	
	EDR5	557.0	968.8±659.8	285.5	1447.1±2966.0
	EDR6	***		10000.0	
	EDR7	1307.0		670.5	
	EDR8	793.0		406.5	
	EDR9	826.0		423.5	
	EDR10	2212.0		1134.3	
Grand Deniz iskele	GRD1	***		6000.0	
	GRD2	3900.0	3900.0±0.0	2000.0	3333.3±2065.6
	GRD3	3900.0		2000.0	
Akdamar iskele	AKR1	***		7750.0	
	AKR2	4875.0	4907.7±926.4	2500.0	3825.0±2602.6
	AKR3	5850.0		3000.0	
	AKR4	3998.0		2050.0	
Dereağzı BB.	DER1	429.0		220.0	
	DER2	1037.0		532.0	
	DER3	***	541.1±375.1	6500.0	1522.0±2639.4
	DER4	137.0		70.5	
	DER5	561.0		287.5	
Yelkenli BB.	YEL1	1002.0		514.0	
	YEL2	565.0		289.5	
	YEL3	***	757.9±607.8	5750.0	1461.0±2278.5
	YEL4	1443.0		740.0	
	YEL5	22.0		11.3	
Tatvan limanı	TAT1	***	***	6500.0	6500.0±707.1

***: Çok yüksek değer, okunamadı.

4. Sonuç

Yapılan gözlemler ve elde edilen bulgular neticesinde balıkçı barınaklarının su yüzeyinde ince bir yağ tabakası olduğu gözlemlenmiştir. Gemi yaşına ve geminin bakımsızlığına bağlı makine bölümünden yağ sızıntılarının olduğu, bu durumun da aynı bölgelerdeki gemilerde farklı yağ-gres sonuçlarının oluşmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Gemilerin birçoğunda sintine tankı bulunmazken, makine şaft yatağında biriken yağlı suların ve gemilerde yağ değişimleri sonucunda oluşan atık yağların doğrudan göl ortamına karıştığı görülmüştür. Gemilerin barınak olarak kullandığı kıyı bölgelerde AKT veya sintine toplama tankları olmamasından dolayı gemilerde biriken yağlı sintine sularının göle bırakıldığı tespit edilmiştir.

Van Gölü'ndeki gemilerden kaynaklı söz konusu bu kirliliğin önüne geçilebilmesi için sintine tanklarına sahip olmayan gemilerin tonajlarına göre makine dairesinde sintine tankları yapılmalıdır. Gemilerde yağ değişiminde oluşan atık yağlar makine yatağına bırakılmamalı ve bu atıklar karaya çıkarılmalıdır. Makine dairesindeki otomatik sintine pompalarının atık su çıkışı sintine tankına bağlanmalıdır. Gemilerin barındıkları kıyı bölgelerine AKT veya sintine toplama tankları yapılmalı, biriken yağlı atıklar günlük veya haftalık olarak bu tesislere aktarılmalıdır. İl Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Müdürlüğü, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Sahil Güvenlik Komutanlığı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tatvan Liman Başkanlığı ve ilgili belediyeler tarafından sintine suyu kaynaklı su kirliliğine yönelik Van Gölü'nde ortak yönetim planları oluşturulmalıdır. Sintine suyunun neden olduğu kirlilik hakkında gemi adamlarına yönelik bilinçlendirici çalışmalar düzenlenmelidir. Van Gölü'nde artma tehlikesi gösteren sintine sularına bağlı kirliliğinin önüne geçilmesi için erken önlemlerin alınması gölün korunması açısından gereklidir.

Teşekkür

Bu yayın Rasim AKMAN'ın Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamlanmış olan yüksek lisans tez çalışmasından hazırlanmış olup, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2020-8849 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Destekleyen kurum ve kuruluşlara teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akkuş, M., Sarı, S., Ekmekçi, F. G., & Yoğurtçuoğlu, B. (2021). The discovery of a microbialite-associated freshwater fish in the world's largest saline soda lake, Lake Van (Turkey). *Zoosystematics And Evolution*, 97(1), 181-189. doi: 10.3897/zse.97.62120
- Alade, A. O., Jameel, A. T., Muyubi, S. A., Abdul, M., & Alam, Z. (2011). Removal of oil and grease as emerging pollutants of concern (epc) in wastewater stream. *IIUM Engineering Journal*, 12 (4), 161-169. doi: 10.31436/iiumej.v12i4.218
- Atıcı, A. A. (2021). Seasonal changes of some detergent components in surface water of rivers to the Van Lake, Turkey. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 103(1), 37-49. doi: 10.1080/02772248.2021.1882460
- Atıcı, A. A., Elp, M., & Sen, F. (2018). The effects of sand pits and sand extractions region on Karasu stream (Van) to water quality criteria. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 6583-6590.
- Aydın, A. (2018). *Çatakđibi (Zortul) Çayı (Erciş-Van)'nın su kalite kriterleri üzerine bir araştırma*. (Yüksek lisans tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Aydın, H., Ögün, E., Aydın, F., Selçuk Zorer Ö., Atıcı, A. A., Gültekin, A., Özdemir, Ö. F., Bora, G., Pınaroğlu, B. P., Şen, F., Yıldız, N., Elp, M., & Solmaz, H. (2017, Ekim). *Van Gölü hidrojeokimyası ve su kirliliği değerlendirmesi*. Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Kirliliği Sempozyumu (UCEDKKS), Bursa.
- Bourgeois, W., Burgess, J. E., & Stuetz, R. M. (2001). On-line monitoring of wastewater quality: a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 76(4), 337-348. doi: 10.1002/jctb.393
- Çetinkaya, O. (1993, Haziran). *Van Gölü Havzası su kaynakları ve balıkçılık potansiyeli*. Doğu Anadolu I. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum.

- ÇŞİDB. (2019). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/gemilerden-kaynaklanan-atik-miktarlari-i-85764> Erişim tarihi: 19.03.2022.
- Danulat, E., & Kempe, S. (1992). Nitrogenous waste excretion and accumulation of urea and ammonia in *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) endemic to Lake Van (Eastern Turkey). *Fish Physiology and Biochemistry*, 9, 377-386. doi: 10.1007/BF02274218.
- Danulat, E., & Selcuk, B. (1992). Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archiv für Hydrobiologie*, 126(1), 105-125. doi: 10.1127/archiv-hydrobiol/126/1992/105
- Demiray, N. (2006). *Sintine sularından kaynaklanabilecek deniz kirliliğinin değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- Doğan-Sağlantı, N., & Subaşı, E. (2018). Dünya ve Türkiye’de gemilerden kaynaklanan deniz kirliliği ve atık kabul tesisleri: genel perspektif, yönetim ve öneriler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (3), 481-493. doi: 10.5505/pajes.2017.20270
- Eljaiek-Urzola, M., Romero-Sierra, N., Segre-Cabarcas, L., Valdelamar-Martínez, D., & Quiñones-Bolaños, É. (2019). Oil and grease as a water quality index parameter for the conservation of marine biota. *Water*, 11(4), 856. doi: 10.3390/w11040856
- EPA. (1999). Method 1664, Revision B: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. Washington: Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_1664b_2010.pdf Erişim tarihi: 16.12.2021.
- EPA. (2004). Technical development document for the final effluent limitations guidelines and standards for the meat and poultry products point source category. Washington: Environmental Protection Agency. <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB2004106743.xhtml> Erişim tarihi: 16.12.2021.
- EPA. (2010). Study of Discharges incidental to normal operation of commercial fishing vessels and other non-recreational vessels less than 79 feet. Washington: Environmental Protection Agency. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/vesselsreporttocongress_all_final.pdf Erişim tarihi: 16.12.2021.
- Erk’akan F., & Kuru, M. (1986). A new Noemacheilinae loach subspecies from the Lake Van Basin, Turkey (Osteichthyes, Cobitidae). *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, 10(2), 160-162.
- Etkin, D. S. (2009). *Worldwide analysis of in-port vessel operational lubricant discharges and leakages*. The 33rd Arctic and Marine Oilspill Program, Ottawa.
- Ganti, S., & Wille, J. J. (2002). Biodispersion, an ultimate solution for treating bilge water. http://sarvabioremed.com/wp-content/uploads/2018/09/MEETS-_Final-with-figures_.pdf Erişim tarihi: 18.03.2022.
- GESAMP. (2007). Estimates of oil entering the marine environment from sea-based activities. London: Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. <http://www.gesamp.org/publications/estimates-of-oil-entering-the-marine-environment-from-sea-based-activities> Erişim tarihi: 16.12.2021.
- Geyer, R. A. (1980). *Marine Environmental Pollution (Eos) Hydrocarbons*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Göksu, M. Z. L. (2003). *Su Kirliliği*. Adana, Türkiye: Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Güler, Ç. (1997). *Su Kalitesi Kitabı*, Ankara, Türkiye: Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi.
- HACH. (2010). DR 5000 Spektrofotometre çalışma prosedürleri. <http://www.hachlange.com>. Erişim tarihi: 14.12.2021.
- Hanaki, K., Matsuo, T., & Nagase, M. (1981). Mechanism of inhibition caused by long-chain fatty acids in anaerobic digestion process. *Biotechnology Bioengineering*, 23(7), 1591-1610. doi: 10.1002/bit.260230717
- Haşimoğlu, Z. (2021). *Deniz ticaret gemilerinde illegal sintine deşarjlarının modern tekniklerle tespit edilmesi üzerine bir çalışma*. (Yüksek lisans tezi), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye.

- He, X., Zhang, Q., Cooney, M. J., & Yan, T. (2015). Biodegradation of fat, oil and grease (FOG) deposits under various redox conditions relevant to sewer environment. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(14), 6059-6068. doi: 10.1007/s00253-015-6457-9
- Ibrahim, I., Hassan, M. A., Abd-Aziz, S., Shirai, Y., Andou, Y., Othman, M. R., Ali, A. A. M., & Zakaria, M. R. (2017). Reduction of residual pollutants from biologically treated palm oil mill effluent final discharge by steam activated bioadsorbent from oil palm biomass. *Journal of Cleaner Production*, 141, 122-127. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.09.066
- IMO. (2002). *Comprehensive Manual on Port Reception Facilities*. London, UK: International Maritime Organization.
- Karaman, S., & Gökalp, Z. (2010). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 59-66.
- Kempe, S., Kazmierczak, J., Landmann, G., Konuk, T., Reimer, A., & Lipp, A. (1991). Largest known microbialites discovered in Lake Van, Turkey. *Nature*, 349(6310), 605-608. doi: 10.1038/349605a0
- Khozanah, Yogaswara, D., & Wulandari, I. (2021). Oil and grease (og) content in seawater and sediment of the Jakarta Bay and its surrounding. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 789, 012015. doi: 10.1088/1755-1315/789/1/012015
- Kiely, G. (1997). *Environmental Engineering*. Oxford, UK: McGraw-Hill Education.
- Küçük, Y. K., & Topçu, A. (2012). Deniz taşımacılığında kaynaklanan kirlilik. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimi Dergisi*, 4 (2), 79-80. doi: 10.1501/Csaum_0000000067
- Lee, K. H., Ishikawa, T., Sasaki, S., Arikawa, Y., & Karube, I. (1999). Chemical oxygen demand (cod) sensor using a stopped-Flow thin layer electrochemical cell. *Electroanalysis*, 11(16), 1172-1179. doi: 10.1002/(sici)1521-4109(199911)11:163.0.co;2-j
- Madaki, Y. S., & Seng, L. (2013). Pollution control: how feasible is zero discharge concepts in Malaysia palm oil mills. *American Journal of Engineering Research*, 2, 239-252.
- McLaughlin, C., Falatko, D., Danesi, R., & Albert, R. (2014). Characterizing shipboard bilgewater effluent before and after treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 5637-5652. doi: 10.1007/s11356-013-2443-x
- Motoyoshi, M., & Nishi, Y. (2020). Statistical Modeling of Bilge Water Discharge from Ships During Normal Operation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(5), 320. doi: 10.3390/jmse8050320
- NRC. (2003). *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington, USA: National Research Council. <https://www.nap.edu/read/10388/chapter/1> Erişim tarihi: 10.01.2022.
- Oktay, E. N., & Yenigün, O. (2003). An oil spill in the bosphorus: The Gotia accident. <http://www.ce.boun.edu.tr/otay/SeaAccident/Otay&Yenigun%20C3%BCn2003.pdf> Erişim tarihi: 17.03.2022.
- Pavlaklis, P., Tarchi, D., & Sieber, A. J. (2001). On the monitoring of illicit vessel discharges, a reconnaissance study in the Mediterranean Sea. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC21936> Erişim tarihi: 16.12.2021.
- Pintor, A. M. A., Vilar, V. J. P., Botelho, C. M. S., & Boaventura, R. A. R. (2016). Oil and grease removal from wastewaters: Sorption treatment as an alternative to state-of-the-art technologies. A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 297, 229-255. doi: 10.1016/j.cej.2016.03.121
- Poulton, S. W., Krom, M. D., Rijn, J. V., & Raiswell, R. (2002). The use of hydrous iron (III) oxides for the removal of hydrogen sulphide in aqueous systems. *Water Research*, 36(4), 825-834. doi: 10.1016/s0043-1354(01)00314-1
- Reimer, A., Landmann, G., & Kempe, S. (2009). Lake Van, Eastern Anatolia, hydrochemistry and history. *Aqua Geochemistry*, 15, 195-222. doi: 10.1007/s10498-008-9049-9
- Salminen, E., Rintala, J., Lokshina, L. Y., & Vavilin, V. A. (2000). Anaerobic batch degradation of solid poultry slaughterhouse waste. *Water Science & Technology*, 41(3), 33-41. doi: 10.2166/wst.2000.0053
- Seveso, D., Louis, Y. D., Montano, S., Galli, P., & Saliu, F. (2021). The Mauritius oil spill: what's next? *Pollutants*, 1(1), 18-28. doi: 10.3390/pollutants1010003
- Shete, B. S., & Shinkar, N. P. (2013). Dairy industry wastewater sources, characteristics, and its effects on environment. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3(5), 1611-1615.

- SKKY. (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. <https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> Erişim Tarihi: 22.12.2021.
- Subaşı, E. (2010). *Türkiye'deki liman atık kabul tesislerinin bazı kirlilik parametreleri bakımından değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi), Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, Türkiye.
- Tatem, H. E., Cox, B. A., & Anderson, J. W. (1978). The toxicity of oils and petroleum hydrocarbons to estuarine crustaceans. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 6(4), 365-373. doi: 10.1016/0302-3524(78)90128-7
- Tebbutt, T. H. Y. (1998). *Principles of Water Quality Control*. Oxford, UK: Butter-worth-Heinemann Elsevier.
- Tomaszewska, M., Orecki, A., & Karakulski, K. (2005). Treatment of bilgewater using a combination of ultrafiltration and reverse osmosis. *Desalination*, 185(1), 203-212. doi: 10.1016/j.desal.2005.03.078
- Travis, M. J., Weisbrod, N., & Gross, A. (2008). Accumulation of oil and grease in soils irrigated with greywater and their potential role in soil water repellency. *Science of the Total Environment*, 394(1), 68-74. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.01.004
- TUİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> Erişim tarihi: 19.03.2022.
- UNDS. (2000). Uniform National Discharge Standards for Vessels of the Armed Forces. <https://www.epa.gov/vessels-marinas-and-ports/uniform-national-discharge-standards-unds-vessels-armed-forces> Erişim tarihi: 18.03.2022.
- Ünlü, A., Çoban, F., & Tunç, M. S. (2008). Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakülte Dergisi*, 23(1), 119-127.
- Wake, H. (2005). Oil refineries: A review of their ecological impact on the aquatic environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62(1-2), 131-140. doi: 10.1016/j.ecss.2004.08.013
- Xu, X. H., & Zhu, X. F. (2004). Treatment of refractory oily wastewater by electro-coagulation process. *Chemosphere*, 56(10), 889-894. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.05.003