

Mersin İli Taşucu Limanı'ndan Örneklenen Sintine Sularının Kirlilik Açısından Değerlendirilmesi

Ferbal Özkan Yılmaz^{1*}, Orhan Nas¹, Arzu Özlüer Hunt²

¹ Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Mersin, Türkiye

² Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

*Sorumlu Yazar e-mail: ferbalozkan@mersin.edu.tr

ÖZET

Deniz yolu ile yapılan taşımacılığın artması sonucu, gemilerin oluşturduğu deniz kirliliği problemi, son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada, gemi sintine sularının deniz kirliliği yönünden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mersin Taşucu Limanı'nda bulunan iki farklı gemiye ait sintine suyu örnekleri alınarak pH, renk, toplam azot, toplam fosfor, askıda katı madde (AKM), hidrokarbon yağ indeksi (HYİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), yüzey aktif madde analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Gemi 1 ve Gemi 2 'den alınan Sintine suyu örneklerinin analiz değerleri sırasıyla AKM 472 mg/L-1812 mg/L; HYİ 110,6-138,8 mg/L; KOİ 8870,4-17369,6 mg/L; BOİ 1606,4 -3881,1 mg/L olarak belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin derin deşarj sınır değerlerine göre AKM 350 mg/L, yağ-gres 15 mg/L, KOİ 400 mg/L ve BOİ 250 mg/L'dir. Bu çalışmada elde edilen değerlerin, istenilen sınırlardan fazla olduğu ve sintine suların doğrudan denize boşaltılmaması gerektiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Deniz kirliliği, Sintine suyu, Gemi, Liman, Yağ-gres

Evaluation in Terms of Pollution Bilge Waters Taken from Mersin Taşucu Port

ABSTRACT

The problem of marine pollution caused by ships has become very important in recent years as a result of the increase in maritime transportation. This study aimed to evaluate ship bilge water in terms of marine pollution. Bilge water samples of two different ships in Mersin Taşucu Port were taken to determine pH, color, total nitrogen, total phosphorus, suspended solids (SS), hydrocarbon oil index (HOI), chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), surfactant analyzes were performed. The results obtained were compared with the values specified in the Water Pollution Control Regulation. Analysis values of bilge water samples taken from Ship 1 and Ship 2 are respectively SS 472 mg/L-812 mg/L; HOI 110.6-138.8 mg/L; COD 8870.4-17369.6 mg/L; BOD 1606.4 to 3881.1 mg/L were determined. According to the Table given by the Water Pollution Control Regulation for deep discharge, the limits are SS 350 mg/L, oil-grease 15 mg/L, COD 400 mg/L and BOD 250 mg/L. It was determined that the values obtained in this study were higher than the desired limits and bilge water should not be discharged directly into the sea.

KEYWORDS: Marine pollution, Bilge water, Ship, Port, Oil-grease

How to cite this article: Özkan Yılmaz, F., Nas, O., Özlüer Hunt, A. (2024) Mersin İli Taşucu Limanı'ndan Örneklenen Sintine Sularının Kirlilik Açısından Değerlendirilmesi. *MedFAR.*, 7(2):50-60. <https://doi.org/10.63039/medfar.1475892>

1. Giriş

Dünyanın en büyük ekosistemi olan denizler, çevre kirliliği problemiyle karşı karşıya kalmaktadır. (Bindoff vd., 2019). Deniz kirliliği, insanlardan kaynaklanan maddelerin deniz ortamına girmesiyle canlı kaynaklara zarar verilmesi, insan sağlığına zarar verilmesi, balıkçılık dahil deniz faaliyetlerinin engellenmesi, deniz suyunun kullanım kalitesinin bozulması ve tesislerin azalması gibi zararlı etkiler yaratması olarak tanımlanmaktadır (Wilhelmsson vd., 2013). Bu kirlletici maddeler, deniz ve kıyı bölgelerinin özelliklerini değiştirerek deniz ekosisteminin biyolojik çeşitliliğini, deniz suyunun kalitesini ve deniz ekolojisinin verimliliğini etkilemektedir (Kumar ve Prasannamedha, 2021). Denize deşarj edilen evsel atık sular, endüstri atıksuları, zehirli ağır metal atıkları, sintine ve balast suyundan oluşan gemi atıkları, gemi kazaları, zirai ilaçlama atıkları, insan aktiviteleriyle oluşan kirlletici maddeler, petrol arama ve çıkarmada yayılan petrol ve türevleri ile meydana gelmektedir. Petrol, kanalizasyon, plastik ve zararlı kimyasallar gibi farklı kirlleticiler deniz ortamına girerek deniz organizmalarını, ekosistemi, insan sağlığını ve ekonomiyi etkilemektedir (Beiras, 2018).

Günümüzde, hammadde ve ürünlerin motorlu taşımacılığı giderek artmaktadır. Yirmi birinci yüzyılda dünya ticaretinin %80'i, dünya denizleri üzerinden on milyar tonun üzerinde kargonun taşındığı anlamına gelen gemiler tarafından gerçekleştirilmektedir (Walker vd., 2019). Küresel denizcilik trafiğinin 2050 yılına kadar on kattan fazla artacağı tahmin edilmektedir (Sardain vd., 2019). Artan trafikle birlikte denizlerdeki petrol kirliliği de büyüyen bir çevre sorunudur. Gemilerden salınan yağlı sintine atık suları, birçok deniz organizması için toksik olması nedeniyle denizlerde yeni bir çevre sorununa neden olmaktadır (Ameen ve Al-Homaidan, 2023a).

Sintine suyu, su hattının üzerine yerleştirilen gemi gövdesindeki bir açıklıktan boşaltılır ve salınan küçük hacimler deniz suyunda hızla seyreltilir. Sintine suyunun içerdiği

yüksek derişim yağ, metal ve diğer bileşenler (sintine suyunda bulunan belirli bileşiklerin karışımı; biyolojik olarak parçalanabilen bileşikler, örneğin denizde kronik olarak yüksek derişimlere ulaşan yağ ve deterjanlar; metal bileşikler) toksik etkilere neden olabilir (Tiselius ve Magnusson, 2017). Sintine suları içerdikleri kimyasallar nedeniyle deniz ekosistemi için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Yağlı sintine suyu, gemilerden denize doğrudan deşarj olması nedeniyle deniz çevresini tehdit eden en önemli kirlleticilerden biridir. Sintine suyundaki yüzey aktif maddeler, yağ damlacıklarının oluşumuna katkıda bulunmaları nedeniyle oluşan zararı artırabilmektedir. Sintine suyu su kolonunda salındığı için, yoğun nakliye yapılan bölgelerdeki planktonik türler çevresel etkiler için başlıca hedeflerdir (Tiselius ve Magnusson, 2017).

Bir gemide, yağ genellikle motor ve makine dairelerinden veya motor bakım faaliyetlerinden sızar ve gemi gövdesinin en alt kısmı olan sintinede suyla karışır. Petrol ürünlerinin biyolojik olarak parçalanmasından kaynaklanan yağ, benzin ve yan ürünler, yutulduğunda balıklara ve vahşi hayata zarar verebilir ve insan sağlığına tehdit oluşturabilir (The Ocean Foundation, 2020). Yağ, küçük miktarlarda bile balıkları öldürebilir veya farklı etkilere sahip olabilir. Sintine suyunun kimyasal bileşimi hem gemiler arasında hem de gemi içinde gündün güne değişmektedir (EPA, 2008).

Sürdürülebilir atık yönetimine yönelik modern yaklaşım, 'önleme tedaviden daha iyidir' ilkesini uygular ve atık oluşumunun önlenmesi, atıkların yeniden kullanımı ve bunların geri dönüşümü ve diğer geri kazanımı olmak üzere daha uygun adımlarla atık yönetimi hiyerarşisini takip eder (Gharfalkar vd., 2015). Amaç, döngüsel bir ekonomi bağlamında düzenli depolama alanlarına atılan atık miktarını en aza indirmektir. Yaklaşım aynı zamanda gemi kaynaklı atıklar için de geçerlidir (Argüello, 2020), ancak gemide sürdürülebilir uygulamalara uyum sorumluluğu genellikle gemi operatörlerinin çevresel taahhütlerinin ve mürettebatın titizliğinin bir yansımasıdır (Butt, 2007). Bölgesel ve küre-

sel politika çerçeveleri, bölgedeki başlıca deniz kirliliği kaynaklarını ele almaktadır (Kotrikla vd., 2021).

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), sintine suyunun taşınmasını düzenleyen kuralları koymuştur. Düzenlemenin odak noktası tahliye edilen sintine suyunun yağ içerdiği, çünkü bu genellikle en önemli toksik bileşen olarak kabul edilir. Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşmeye (MARPOL 73/78) göre ≥ 15 mg/L yağ içeren hiçbir su denize boşaltılamaz. IMO düzenlemelerini karşılamak için sintine suyu, denize boşaltılmadan önce ya yolda, bir yağ ayırma sisteminde arıtılır ya da karadaki kabul tesislerine yatırılır. Sudaki karışık kimyasal içeriği nedeniyle arıtma karmaşıktır. En problemlisi olanı, suyun iki farklı faza ayrılmasını engelleyen, temizlemeden elde edilen yağ ve yüzey aktif maddelerin karışımıdır (McLaughlin vd., 2014). Yüzey aktif madde, sintine suyunda önemli bileşiklerdir ve deniz suyundaki biyolojik aktiviteyi önemli ölçüde etkilerler. Deniz suyunda yüzey aktif madde miktarının 0,1 mg/L'den fazla olması durumunda deniz yaşamı için toksik olacağı bildirilmektedir (Tiselius ve Magnusson, 2017).

Bu çalışmada, gemi sintine sularının deniz kirliliği yönünden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mersin Taşucu Limanı'nda bulu-

nan iki farklı gemiye ait sintine suyu örnekleri alınarak pH, renk, toplam azot, toplam fosfor, askıda katı madde (AKM), hidrokarbon yağ indeksi (HYİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), yüzey aktif madde analizleri yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Ekim 2022 ve Kasım 2022 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Mersin Taşucu Limanından belirlenen iki farklı gemiden sintine suyu örnekleri alınmıştır. Gemilerin sintine bölümünde toplanan bu atık su herhangi bir ön işlem uygulanmadan temin edilmiştir. Deniz suyu örneği de alınarak referans olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada sintine suyu örnekleri, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından TS EN ISO/IEC 17025/2017 standartlarına göre AB-0144-T Akreditasyon No ile akredite edilen "Ekosistem Çevre Analiz Laboratuvarı" tarafından analiz yapılmıştır. Yapılan yöntemler Tablo 1'de sunulmuştur. Bu laboratuvara, T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimleri Genel Müdürlüğü Çevre Analizleri Ön Yeterlilik Belgesi ile 4856 Sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun gereğince ölçüm ve analiz yapma yetkisi verilmiştir.

Tablo 1. Su örneklerinde analiz yapılan parametreler ve yöntemleri

Parametre	Analiz Yöntemleri
pH	TS EN ISO10523
Renk	SM 2120 C
Toplam Azot	SM 4500
Toplam Fosfor	SM 4500 P,B E
Askıda Katı Madde	TS EN 872
Hidrokarbon Yağ İndeksi	TS EN ISO 9377-2
Yüzey Aktif Madde - MA=318 g/mol	SM 5540 B, SM 5540 C
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	TS 2789-Ek A/B
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	TS 4957-1 EN 1899-1

TS EN ISO: Türk Standartları Enstitüsü, Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (<https://intweb.tse.org.tr/Standard/>)
SM: Standart Methods (<https://www.standardmethods.org/>)

3. Bulgular ve Tartışma

Atık su numunelerinde yapılan analiz sonuçları, temiz deniz suyu referans alınarak karşılaştırılmış ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 13.02.2008; Sayı: 26786)'nde belirtilen sınırlar ile değerlendirilmiştir. Sintine suyu, temizlik maddeleri, solventler, yakıt, yağlama yağları ve hidrolik yağlar dahil olmak üzere çeşitli bileşenler içeren, deniz suyunun aşındırıcı bir karışımıdır.

Yüzey aktif madde, suda çözündüğünde yüzey gerilimini etkileyen hidrofilik bir kısım ve hidrofobik bir kısımdan oluşan bir bileşiktir. Yüzey aktif maddeler sabunlar, deterjanlar, ıslatıcı maddeler ve emülsifiye edici maddeler için genel bir terimdir. Sintine suları geminin en altında bulunan sintine tankında biriktirilir. Sintine suları içerdiği yağ nedeniyle önemli bir kirleticidir. Genel olarak gemilerin %80'i sintine sularını sintine tanklarında biriktirirken %20'si denize boşal-

tarak kirlenmeye neden olmaktadır (Demiray, 2006). Sintine suyunun içeriği ve karakteri geminin işletim koşullarına ve tipine bağlı olarak değişmektedir.

Sintine suyu örnekleri alınan gemilerin özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Gemi 1 Lübnan-Tripoli Limanı'ndan, Gemi 2 Suudi Arabistan-Yanbu Al Bahr Limanı'ndan gelmiştir. Yapılan çalışmada referans olarak kullanılan deniz suyunun değerleri Tablo 3'de sunulmuştur. Gemilerden alınan sintine suyu analiz değerleri Tablo 4' de verilmiştir.

Deniz suyunun ortalama pH'ı 8,2'dir ancak yerel koşullara bağlı olarak 7,5 ile 8,5 arasında değişebilir. Atık su, akıntılar veya insan faaliyetleri, pH değerinde kısa vadeli önemli dalgalanmalara neden olabilir ve uzun vadeli etkiler, bitkiler ve hayvanlar için son derece zararlı olabilir. Sulu çözeltilerin önemli bir özelliği olan pH, kimyasal reaksiyonlar, denge koşulları ve biyolojik toksisite gibi kimyasal ve biyokimyasal özellikleri etkiler (<https://www.epa.gov/ocean-acidification>).

Tablo 2. Gemilerin Bazı Özellikleri

	Gemi 1	Gemi 2
Geldiği Yer	Lübnan	Suudi Arabistan
Geliş Süresi	10 Saat	20 Saat
Tam Boyu	128 m	170 m
Cinsi	Ro Ro Yolcu Gemisi	Yük Gemisi
Gros Tonajlı	9080	16000
Makine Gücü	8824 KW	8258 KW

Tablo 3. Deniz Suyu Örneği Analiz Değerleri

Parametre	Birim	Analiz Sonucu
pH	-	8,15
Renk	Pt-Co	7
Toplam Azot	mg/L	0,99
Toplam Fosfor	mg/L	0,03
Askıda Katı Madde	mg/L	10
Hidrokarbon Yağ İndeksi	mg/L	< 0,003
Yüzey Aktif Madde - MA=318 g/mol	mg/L	< 0,040
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	43,7
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	8,23

Tablo 4. Sintine Suyu Örneği Analiz Değerleri

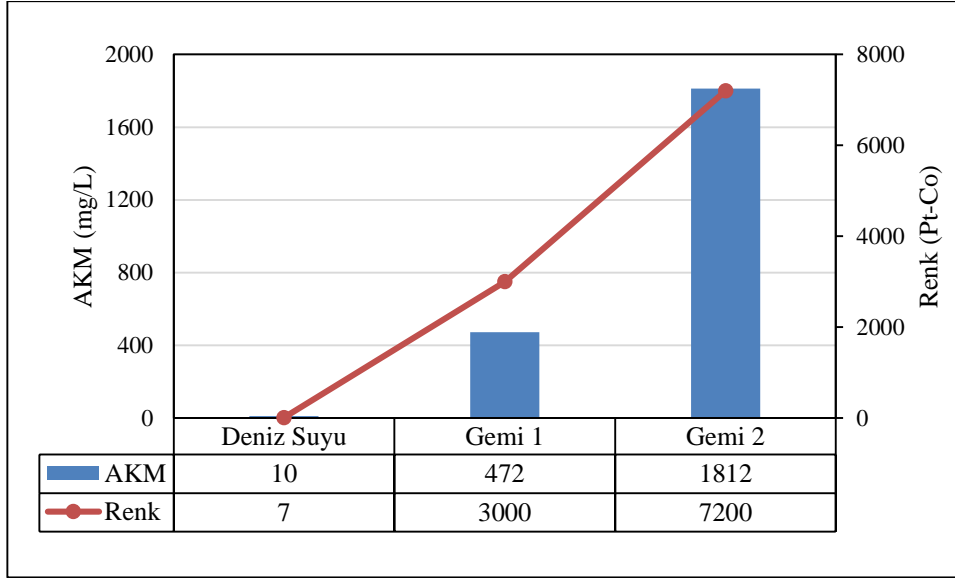
Parametre	Birim	Gemi 1	Gemi 2
pH	-	7,61	7,14
Renk	Pt-Co	3000	7200
Toplam Azot	mg/L	351,6	1625,20
Toplam Fosfor	mg/L	0,84	1,84
Askıda Katı Madde	mg/L	472	1812
Hidrokarbon Yağ İndeksi	mg/L	110,60	138,80
Yüzey Aktif Madde - MA=318 g/mol	mg/L	< 0,040	< 0,040
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	8870,40	17369,6
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	1606,40	3881,10

Gemilerden alınan sintine suyu örneğinin pH değerleri 7,61 ve 7,14 olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Temiz deniz suyu örneğinin ise pH değeri 8,15'dir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde "Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atık suların özellikleri değerlerinde pH 6-9 olarak gösterilmektedir. Buna göre sintine suyu örneklerinin pH değerleri, normal değerler arasındadır.

Deniz suyunun renk değeri 7 birim (Tablo 3), sintine suyu örneklerinin değerleri ise 3000 ve 7200 gibi çok yüksek birimlerdir (Tablo 4). Ameen ve Al-Homaidan (2023a, b) gemilerden aldıkları sintine suyu bulanıklık değerini 350 ve 320 NTU olarak bulmuşlardır. Fiziksel olarak, suyun rengi, ışık kaynağı, ışığın emilmesi ve yayılması ve sudaki askıda katı maddeler gibi faktörlerden etkilenir (Sun-Wai, 2018). Şekil 1'de Renk ve AKM ilişkisi gösterilmiştir. Renk ölçümü, atık suların izlenmesi, dağıtımı ve alıcı ortama deşarjı aşamalarında suyun kalitesinin belirlenmesi açısından önemlidir. Görünür renk, suda bulunabilecek koloidal madde veya asılı parçacıkları uzaklaştırmadan ölçülen renktir. Suda, bulanıklığa neden olan bu parçacıklar rengin ölçülmesinde değişikliğe neden olarak, suda iletilen ışığı dağıtabilir. Yakıt, hidrolik yağlar, yağlayıcı yağlar, uçucu organik bileşikler, metaller, deterjanlar, yağ çözücüler ve bir gemideki faaliyetlerden elde edilen diğer kimyasalları içerebilir. Bu içerikler sintine suyunun renk değerinin yüksek olmasını açıklayabilir.

Bu çalışmada AKM, deniz suyunda 10 mg/L iken (Tablo 3), örneklerde 472 mg/L ve

1812 mg/L olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin derin deşarj sınır değerlerine göre AKM 350 mg/L'nin altında olması istenmektedir. Yukarıda belirtilen gemi sintine örneklerinin değerleri oldukça fazladır. Atık sularda bulunan askıda veya çözünmüş haldeki maddeler katı maddeler olarak adlandırılır. Toplam katı madde, filtre edilebilen ve filtre edilemeyen katıların toplamıdır. Filtre edilebilen katı maddeye çözünmüş katı madde, filtre edilemeyen katı maddeye ise askıda katı madde denir. Yüksek derişimlerde katı madde içeren atık sular, alıcı ortamını olumsuz yönde etkiler. Suyun içindeki askıda katı maddeler, doğal sularda ışığın geçirgenliğini azaltmakta ve dip birikintilerine neden olmakta, bu şekilde sudaki canlıların yaşam ortamlarını etkilemekte ve canlılara zarar vermektedir (Dikhan vd., 2011). Yoğunluğun artması, su içinde yaşayan sucül bitki örtüsü için mevcut ışık miktarını azaltmakta, organik ve inorganik maddelerin yüzeyde taşınımını sağlayarak biyokimyasal süreci etkilemektedir (Dikhan vd., 2011). Ayrıca AKM, çözülmemiş ağır metalleri ve mikro kirleticileri su yüzeyinde barındırarak sucül ortamın fiziksel ve kimyasal yapısının değişmesine yol açmaktadır (Onderka ve Pekarova, 2008). Gündoğdu (2013) gemilerden aldığı atık su örneklerinde AKM miktarının 1660 mg/L değerine kadar vardığını ve bu suyun denizlere hiçbir şekilde boşaltılmaması gerektiğini belirtmiştir.

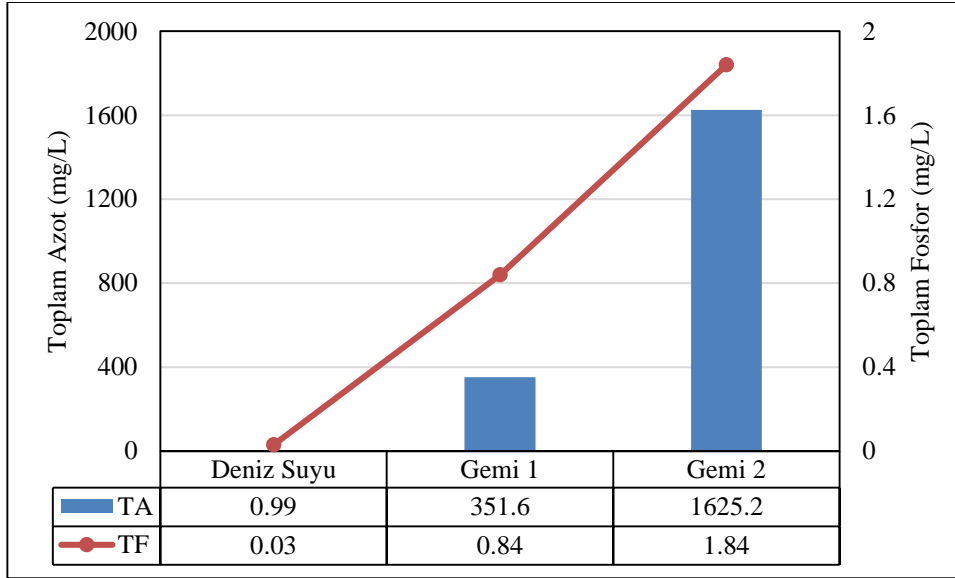


Şekil 1. Deniz Suyu ve Sintine Suyu Örneklerinin Renk ve AKM İlişkisi

Referans olarak alınan temiz deniz suyunun toplam azot (TA) değeri 0,99 mg/L (Tablo 3), sintine suyu örneklerinin değerleri sırasıyla 351, 6 mg/L ve 1625,2 mg/L olarak bulunmuştur (Tablo 4). Azot ve azotlu maddeler, su kalitesinin değerlendirilmesinde büyük bir öneme sahiptir. İçme ve kullanma suları ile yüzeysel sularının ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Deniz suyunun Toplam Fosfor (TF) değeri 0,03 mg/L, sintine örneklerinin ise sırasıyla 0,84 ve 1,84 mg/L olarak saptanmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin derin deşarj sınır değerlerine göre TA 40 mg/L, TF 10 mg/L'dir. Yukarıda belirtilen gemi sintine örneklerinin TA değerleri oldukça fazladır. Şekil 2'de deniz suyu ve sintine örneklerinin TA ve TF ilişkisi gösterilmiştir. Azot ve fosfor zenginliği, dibe çöken organik maddelerin miktarını arttıran alglerin aşırı büyümesinden başlayarak, istenmeyen etkiler zinciriyle sonuçlanabilir. Bu etkiler, tür kompozisyonundaki ve derin denizlere ait besin ağının işlevindeki (örneğin geniş diatomlar yerine küçük kamçılıların gelişimi) değişiklikler nedeniyle artabilir. Bunun sonucunda oksijen tüketiminde meydana gelen artış, katmanlaşmış su kütlesi olan bölgelerde, oksijen azalmasına, ekosistem yapısında değişikliklere ve bentik faunanın ölümüne neden olabilir (<https://csb.gov.tr/kiyi-ve-deniz-sularindaki->

besin-maddeleri). Denize taşınan/deşarj edilen geniş çapta azot ve fosfor girişi, ötrofikasyona neden olabilir. Ötrofikasyon, bir ekosistem içinde azot ve fosfor bileşikleri gibi kimyasal besin maddelerinin artmasıdır. Ekosistemde aşırı bitki üremesi ve çürümesi ile birlikte oksijen azlığı, su kalitesinde kötüleşme ile birlikte hayvan popülasyonlarında azalmaya neden olabilir (Ngatia vd., 2018).

Bu çalışmada HYİ, deniz suyunda 0,003 mg/L'den daha az olacak şekilde belirlenmiştir. Sintine örneklerinde ise sırasıyla 110,6 ve 138,8 mg/L olarak saptanmıştır (Şekil 3). Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme (MARPOL) düzenlemelerine göre sintine atık suyunun sulu fazı, yağ derişimi 15 mg/L altına düştüğü durumlarda denize atılabilmektedir. Bu çalışmada ölçtüğümüz arıtılmamış sintine suyunun değerleri sınır değerlerinden oldukça fazla olup, sintine suyunun etkili bir şekilde temizlenmesinin gerekli olduğu anlamına gelmektedir. Bir gemide, yağ genellikle motor ve makine dairelerinden veya motor bakım faaliyetlerinden sızar ve gemi gövdesinin en alt kısmı olan sintinede suyla karışır. Petrol ürünlerinin biyolojik olarak parçalanmasından kaynaklanan yağ, benzin ve yan ürünler, vücuda alındığında balıklara ve vahşi hayata zarar verebilir ve insan sağlığına tehdit oluşturabilir. Yağ, küçük miktarlarda bile balıkları öldürebilir veya diğer zararlı etkilere sahip olabilir (Gissi vd., 2021).



Şekil 2. Deniz Suyu ve Sintine Suyu Örneklerinin TA ve TF İlişkisi

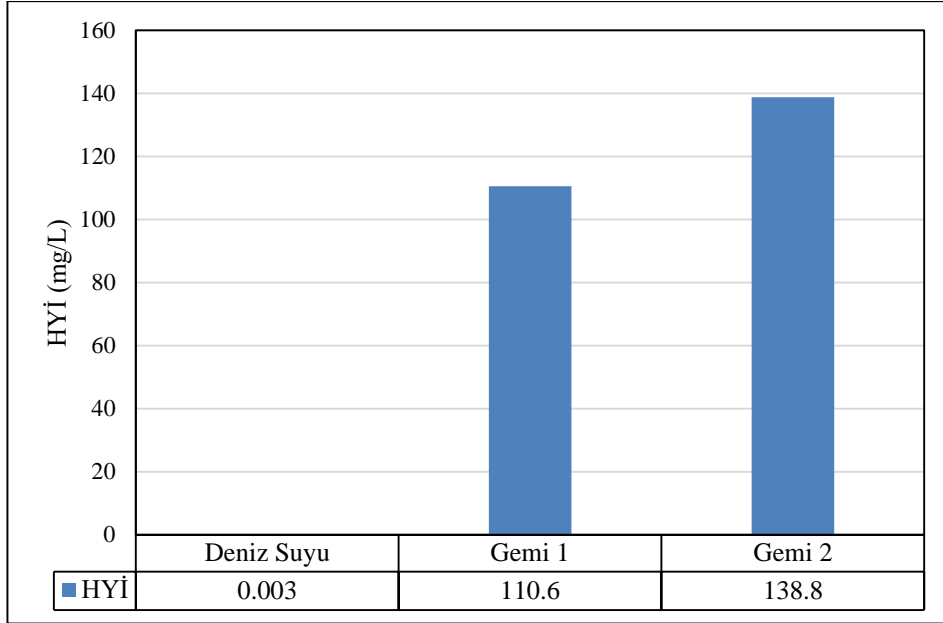
Ülkemizde yapılan çalışmalarda alınan örneklerde yakıt cinsi motorin olan gemilerin sintine suyundan elde edilen değerlerin 15 mg/L 'nin üstünde olduğu tespit edilmiştir (Demiray, 2006). Benzer şekilde farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda yağ derişiminin 320 mg/L ve 290 mg/L olduğu rapor edilmiştir (Ameen ve Al-Homaidan, 2023a, b).

Denizdeki pek çok canlı türü, sintine sularının denize deşarj edilmesi dolayısıyla denize karışan yağ nedeniyle etkilenecektir. Besin zincirinin temelini oluşturan planktonların yağ kirlenmelerine karşı hassasiyetleri deneysel olarak kanıtlanmıştır (Almeda vd., 2013). Bu olay, bütün deniz canlılarının etkilemesine neden olacaktır (Greer vd., 2012). Sığ sularda ve limanlarda bu etki etkisi daha fazladır. Sığ sularda yüzeydeki yağ damlacıkları zamanla deniz tabanına ulaşarak dip canlıları üzerinde olumsuz etkileyebilir (Ulucan, 2011).

Yüzey aktif madde miktarı, deniz suyunda 0,04 mg/L'den daha az olacak şekilde belirlenmiştir. Benzer şekilde sintine suyu örneklerinde de 0,04 mg/L'den daha az düzeyde bulunmuştur (Tablo 4). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin derin deşarj sınır değerleri için verdiği Tablo'da "Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları

Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır" ifadesi bulunmaktadır. Yüzey aktif madde (sümfaktan), hidrofilik ve hidrofobik kısımlarda oluşan, suda çözündüğünde yüzey gerilimini etkileyen kimyasal bileşiktir (Nakama, 2017).

Yüzey aktif madde, sabun, deterjan, ıslatıcı maddeler ve emülsiyon oluşturan maddeler için kullanılan genel bir isimdir. Sintine suyunda bulunan önemli bir kimyasallar grubu yüzey aktif maddelerdir. Birçok yüzey aktif maddenin kendi başlarına toksik etkisinin olduğu bilinmektedir. Petrol ve yüzey aktif madde karışımları ise ham petrolün artmış çözünmesinin bir sonucu olarak her bir bileşenin tek başına yaratacağı toksik etkiden çok daha fazla olabilir. Bundan dolayı da bu etkiye maruz kalan organizmaların yaşamını daha fazla etkilemektedir (Arora vd., 2022). Deniz suyunda yüzey aktif madde miktarının 0,1 mg/L'den fazla olması durumunda deniz yaşamı için toksik olacağı bildirilmektedir (Tiselius ve Magnusson, 2017). Bu çalışmada alınan sintine suyu örneklerinde yüzey aktif madde içeriği oldukça düşük saptanmıştır.

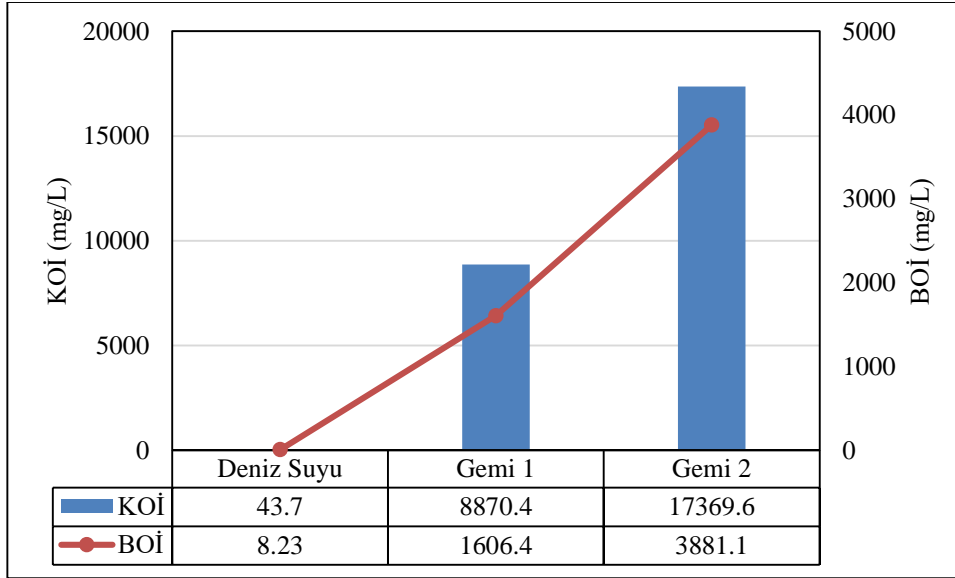


Şekil 3. Deniz Suyu ve Sintine Suyu Örneklerinin HYİ Değerleri

Yapılan çalışmada deniz suyunun KOİ değeri 43,7 mg/L, sularının ise sırasıyla 8870,4 ile 17369,6 sintine mg/L olarak belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin derin deşarj sınır değerlerine göre, KOİ 400 mg/L'dir. Gemilerden alınan sintine suyu örneklerinin KOİ değerleri istenen sınırın çok üstünde bulunmuştur. KOİ, su ve atık su örneklerinde kirliliğin derecesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli test parametrelerindedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı, sudaki organik maddenin ayrışması sırasında suyun oksijen tüketme kapasitesinin ölçüsüdür. Başka bir deyişle, bir miktar suda bulunan organik maddeyi oksitlemek için gereken oksijen miktarıdır. Bir numunedeki KOİ'nin daha yüksek olması, o numunenin daha yüksek düzeyde oksitlenebilir malzeme içerdiğini gösterir. Durum böyleyse, sudaki çözünmüş oksijen seviyeleri azalmış olacaktır. Bunun gerçekleştiği durumlarda, etkiler daha yüksek seviyedeki sudaki yaşam formlarına çevresel açıdan zarar verebilir. Bu nedenle atık su arıtımının amacı sudaki KOİ seviyelerini azaltmaktır. Gündoğdu (2013), yaptığı çalışmada gemi atık suyunda KOİ değerini 1191 mg/L olarak rapor etmiştir. Yağ-gres miktarı yüksek olan sularda KOİ değerinin de yükseldiğini, aynı zamanda kimyasal olarak oksitlenebilecek maddeler daha fazla olduğunda

kimyasal oksijen değeri biyolojik oksijen değerinden daha yüksek sonuçlar verdiğini açıklamıştır. KOİ ve BOİ değerlerinin ilişkisi Şekil 4'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada deniz suyunun BOİ değeri 8,23 mg/L, sintine sularının ise sırasıyla 1606,4 ile 3881,1 mg/L olarak belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin derin deşarj sınır değerlerine göre, BOİ 250 mg/L'dir. Gemilerden alınan sintine suyu örneklerinin BOİ değerleri istenen sınırın çok üstünde bulunmuştur. Ameen ve Al-Homaidan (2023a, b) yaptıkları çalışmada sintine örneklerinde BOİ değerlerini 380 ve 210 mg/L olarak rapor etmişlerdir. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının belirlenmesi, atık su, atık su ve kirli sularda bulunan biyolojik olarak parçalanabilen organik madde miktarını değerlendirebilir. BOİ testi, bakterilerin bu malzemeleri oksitlerken tükettiği çözünmüş oksijen (ÇO) miktarını yansıtır. Çözünmüş oksijen, suda yaşayan fauna ve floranın yaşamı için gereklidir ve BOİ testi, atık suyun, alıcı su kütlesi üzerinde yaratabileceği ekolojik etkinin bir ölçüsüdür (Abu Shmeis, 2018). Yeterli miktarda çözünmüş oksijen derişiminin varlığı, su yaşamını korumak için kritik öneme sahiptir. Organik maddenin çözünmüş oksijen derişimini nasıl etkilediğini belirlemek su kalitesi yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır (Bendicho ve Lavilla, 2019).



Şekil 4. Deniz Suyu ve Sintine Suyu Örneklerinin KOİ ve BOİ İlişkisi

4. Sonuç

Gemilerden alınan sintine suyu örneklerinde yapılan analizler sonucu, Su Kalitesi Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerinden çok fazla olan veriler elde edilmiştir. Deniz ortamında olumsuz etkiler oluşturabilecek oranda kimyasal maddeler içermesi nedeni ile, sintine sularının deniz ortamına doğrudan bırakılmaması gerektiği sonucu ortaya konulmuştur.

Sintineyi denize bırakmadan önce arıtılabilmeleri için gemilerde uygun atık su arıtma sistemleri bulunmalıdır. Gemiler, sintine suyunu uygun şekilde bertaraf edene kadar depolamak için ekstra tanklara bile sahip olabilir. Gemilerin sintine alanının düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı, orada toplanan suların düşük düzeyde kirletici ve kirletici madde içermesini sağlayacaktır. Yasadışı sintine boşaltımına karşı hızlı müdahale ve yönetim tedbirleri geliştirilmesi ve denetlenmesi, deniz ortamını korumak açısından önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 2022-1TP2-4693 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Abu Shmeis, R.M. (2018) Water chemistry and microbiology. *Comprehensive Analytical Chemistry* 81: 1-56.

Almeda, R., Wambaugh, Z., Wang, Z., Hyatt, C., Liu, Z., Buskey, E.J. (2013) Interactions between zooplankton and crude oil: toxic effects and bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *PLoS One* 8: 67212.

Ameen, F., Al-Homaidan, A.A. (2023a). Treatment of oily bilge waste water using marine fungi. *Journal of King Saud University - Science*, 35: 102929.

Ameen, F., Al-Homaidan, A.A. (2023b). Oily bilge water treatment using indigenous soil bacteria: Implications for recycling the treated sludge in vegetable farming. *Chemosphere* 334: 139040.

Argüello, G. (2020) Environmentally sound management of ship wastes: challenges and opportunities for European ports. *Journal of Shipping and Trade* 5(12): 1-21.

Arora, J., Ranjan, A., Chauhan, A., Biswas, R., Rajput, V.D., Sushkova, S., Mandzhieva, S., Minkina, T., Jindal, T. (2022) Surfactant pollution, an emerging threat to ecosystem: Approaches for effective

bacterial degradation. *Journal Applied Microbiology* 133: 1229-1244.

Bendicho, C., Lavilla, I. (2019) *Water Analysis: Sewage*. in: Worsfold, P., Poole, C., Townshend, A., M. Miro, M. (Eds.), *Encyclopedia of Analytical Science*. Elsevier, pp. 371-381.

Beiras, R. (2018) *Marine Pollution: Sources, Fate and Effects of Pollutants in Coastal Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, Nederland, 408.

Bindoff, N.L., L Cheung, W.W., Kairo, J.G., Arístegui, J., Guinder, V.A., Hallberg, R., Hilmi Monaco, N., Jiao, N., saiful Karim, M., Levin, L., O'Donoghue, S., Cuicapusa Purca, S.R., Rinkevich, B., Suga, T., Tagliabue, A., Williamson, P. (2019) *Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities*, in: Pörtner, H.O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck K., Alegría, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., Weyer, N.M. (Eds.), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 447-587.

Butt, N. (2007) The impact of cruise ship generated waste on home ports and ports of call: A study of Southampton. *Marine Policy* 31: 591-598.

Demiray, N. (2006) *Sintine Sularından Kaynaklanabilecek Deniz Kirliliğinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye.

Dikhan, M., Karşı, F., Güneroğlu, A. (2011) *Karadeniz Kıyı Sularında Askıda Katı Madde Dağılımının Haritalanması* 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Nisan, Ankara.

EPA (2008) *Cruise Ship Discharge Assessment Report (Assessment Report) (Report no. 842-R-07-005)*, (<https://archive.epa.gov/water/test/web/pdf/2009>) 01 Aralık 2023 tarihinde erişildi.

Effects of Ocean and Coastal Acidification on Ecosystems

(<https://www.epa.gov/ocean-acidification/effects-ocean-and-coastal-acidification-ecosystems>) 01 Aralık 2023 tarihinde erişildi.

Gharfalkar, M, Court, R, Campbell, C, Ali Z, Hillier, G. (2015) Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98/EC. *Waste Management* 39: 305-313

Gissi, F., Strzelecki, J., Binet, M.T., Golling, L.A., Adams, M.S., Elsdon, T.S., Robertson, T., Hook, S.E. (2021) A comparison of short-term and continuous exposures in toxicity tests of produced waters, condensate, and crude oil to marine invertebrates and fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40(9): 2587-2600.

Greer, C.D., Hodson, P.V., Li, Z., King, T., Lee, K. (2012) Toxicity of crude oil chemically dispersed in a wave tank to embryos of Atlantic herring (*Clupea harengus*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 31(6): 1324-1333.

Gündoğdu, M. (2013). *Gemi Kaynaklı Atıksuların Kirlilik Düzeyinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.*

Kıyı ve Deniz Sularındaki Besin Maddeleri (<https://cevreselgostergerler.csb.gov.tr/kiyi-ve-deniz-sularindaki-besin-maddeleri-i-91719>) 15 Aralık 2023 tarihinde erişildi.

Kotrikla, AM., Zavantias, A., Kaloupi, M. (2021) Waste generation and management onboard a cruise ship: A case study. *Ocean and Coastal Management* 212: 105850.

Kumar, P.S., Prasannamedha, G. (2021) Biological and chemical impacts on marine biology. in: Kumar, P.S. (Ed.), *Modern Treatment Strategies for Marine Pollution*, Elsevier, pp. 11-27.

MARPOL, (73/78). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78). <https://www.resmigazete.gov.tr/ar-siv/20558.pdf>. 01.12.2023 tarihinde erişildi.

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.

Nakama, Y. (2017) Surfactants, in: Sakamoto, K., Lochhead, R.Y., Maibach, H.I., Yamashita, Y. (Eds.), *Cosmetic Science and Technology*, Elsevier, pp. 231-244.

Ngatia, L., Grace III, J.M., Moriasi D., Robert Taylor, R. (2018) Monitoring of Marine Pollution (Houma Bachari Fouzia Edt) Nitrogen and Phosphorus Eutrophication in Marine Ecosystems, Intechopen, 168.

Onderka, M., Pekarova, P. (2008) Retrieval of suspended particulate matter concentrations in the Danube River from Landsat ETM data. *Science of the Total Environment* 397: 238243.

Resmi Gazete (2008) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm>) 01.12.2023 tarihinde erişildi.

Sardain, A., Sardain, E., Leung, B. (2019) Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050. *Nature Sustainability*, 2: 274-282.

Standart Method (<https://www.standard-methods.org/>) 15 Aralık 2023 tarihinde erişildi.

Sun-Wai, L. (2018) The Government of The Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong,

The Ocean Foundation (2020) (<https://oceanfdn.org/tr/the-catastrophic-damages-from-oil-spills/>) 15 Aralık 2023 tarihinde erişildi.

Tiselius, P., Magnusson, K. (2017) Toxicity of treated bilge water: The need for revised regulatory control. *Marine Pollution Bulletin* 114(2): 860-866.

Türk Standartları Enstitüsü (<https://intweb.tse.org.tr/Standard/>) 01 Aralık 2023 tarihinde erişildi.

Ulucan, K. (2011) Sintine Sularının Elektrokimyasal Olarak Arıtılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Walker, T.R., Adebambo, O., Del Aguila Feijoo, M.C., Elhaimer, E., Hossain, T., Edwards, S.J., Morrison, C.E., Romo, J., Sharma, N., Taylor, S., Zomorodi, S. (2019) Environmental effects of marine transportation, in: Sheppard, C. (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation*. Elsevier, pp. 505-530.

Wilhelmsson, D., Thompson, R.C., Holmström, K., Linden, O., Eriksson-Hägg, H. (2013) Marine pollution, in: Noone, K.J., Sumaila, U.R., Diaz, R.J. (Eds), *Managing Ocean Environments in a Changing Climate*, Elsevier, pp. 127-169.