

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA KÖRFEZİ'NDE GEMİ KAYNAKLI SİNTİNE SUYU VE ATIKSU
DEŞARJLARININ DENİZ KİRLİLİĞİNE ETKİSİ ÜZERİNE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ VE KONTROLÜ**

Ömer Harun ÖZKAYNAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

KASIM 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA KÖRFEZİ'NDE GEMİ KAYNAKLI SİNTİNE SUYU VE ATIKSU
DEŞARJLARININ DENİZ KİRLİLİĞİNE ETKİSİ ÜZERİNE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ VE KONTROLÜ**

Ömer Harun ÖZKAYNAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez Akdeniz Üniversitesi tarafından FDK-2021-5415 nolu proje ile desteklenmiştir.

KASIM 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA KÖRFEZİ'NDE GEMİ KAYNAKLI SİNTİNE SUYU VE ATIKSU
DEŞARJLARININ DENİZ KİRLİLİĞİNE ETKİSİ ÜZERİNE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ VE KONTROLÜ

Ömer Harun ÖZKAYNAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSİLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 22/11/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hasan MERDUN (Danışman)

Prof. Dr. Muhammet Yunus PAMUKOĞLU

Doç. Dr. Rıfat TÜR

Doç. Dr. Bülent KIRKAN

Dr. Öğr. Üyesi Gönül Tuğrul İÇEMER

ÖZET

ANTALYA KÖRFEZİ'NDE GEMİ KAYNAKLI SİNTİNE SUYU VE ATIKSU DEŞARJLARININ DENİZ KİRLİLİĞİNE ETKİSİ ÜZERİNE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE KONTROLÜ

Ömer Harun ÖZKAYNAK

Doktora Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Kasım 2022; 247 sayfa

Tüm dünya denizleri yılda 10 milyar ton balast suyu, 10 milyon ton pis su, 3,25 milyon ton petrol ve milyonlarca ton katı atık ile kirletilmektedir. Genellikle, liman kentlerinde gemilerin sintine ve atıksularından kaynaklanan bir deniz kirliliği riski ile karşı karşıya kalınmaktadır. Yaşamak için ihtiyaç duyduğumuz oksijenin %70'i denizler tarafından sağlanmaktadır. Bundan dolayı üç tarafı denizlerle çevrili olan Ülkemizin, turizm, balıkçılık ve deniz ticareti açısından büyük bir gelir kaynağı olan Mavi Vatan denizlerimizin kirlilikten korunması büyük bir öneme sahiptir. Çalışmada uygulama alanı olarak Türkiye'nin turizm markası Antalya Körfezi'nin seçilmesinin nedeni Antalya il sınırları içinde 32 adet Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) bulunması ve bunların %80'inin kıyılarda lokalize olmasıdır. Antalya Türkiye turizm potansiyelinin %35'ini kapsamakta olup yıllık bu oran yaklaşık 10-12 milyon turiste tekabül etmektedir. Yoğun petrol tankerleri trafiği, gününbirlik yat turizmi, turist ve iç turizm hareketliliği gibi faaliyetler de deniz suyu kalitesinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Denizlerimizde petrol ürünlerinin karakterizasyonuna ilişkin çalışmalarına rastlansa da gemilerden kaynaklı sintine suyu ve atıksuyun kontrolü ve yönetimi konularında literatürde henüz bir çözüm oluşturulamamıştır. Denizlerde petrol kirliliği ve kazalardan kaynaklı oluşabilecek kirlilik konusunda risk değerlendirmesi ve yönetimi çalışmaları yapıldığı görülmüştür. Ancak, gemilerden kaynaklı atıkların risk değerlendirmesi ve kontrolü konusunda çalışmaya rastlanmaması nedeniyle özgün bir çalışma olacaktır. Çalışmada gemilerden kaynaklı atıksu ile sintine suyunun risk hesaplamasında geliştirilen ve literatürde ilk defa kullanılan model her limana veya her gemiye uygulanabilir bir özelliğe sahiptir. Ayrıca bu atıkların oluşturduğu insan sağlığı riskinin de ilk defa bu çalışma ile hesaplanarak önemli boyutlarda olduğunu da görülmüştür.

Bu çalışmanın amacı gemilerden kaynaklı atıklardan sintine ile atıksuyun deniz kirliliği oluşturma riski ve bunun sonucunda insan sağlığına olabilecek etkilerini belirlemektir. Ayrıca bu atıkların yönetimi konusunda ihtiyaçlar belirlenerek ihtiyaç duyulan yapısal ve yasal düzenlemeler belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada belirlenen 11 noktadan alınan deniz suyu numuneleri ile belirlenen iki gemiden alınan sintine ve dört gemiden alınan atıksu numuneleri analiz edilmiştir.

Çalışma 3 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Antalya Körfezi'ndeki kirlilik durumunu belirlemek amacıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde belirlenen 11 noktadan alınan deniz suyu örneklerinin analiz edilmesiyle belirlenmeye çalışılmıştır. İlk bölümde sahada alınan deniz suyu numunesinin pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, ORP, gravity ve bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Kimyasal analizlerden, askıda katı madde (AKM), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅), klorofil-*a*, anyonik yüzey aktif madde (YAM), orto-fosfat (PO₄³⁻), nitrat (NO₃⁻+NO₂⁻), yağ-gress ve toplam fosfor ve ağır metal analizleri yapılmıştır. İkinci bölümde gemilerden alınan sintine ile atıksuyun deniz kirliliğine etkisini belirlemek amacıyla ağır metal, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve mineral yağ analizleri yaptırılmıştır. Ayrıca gemilerden kaynaklı atıkların yönetimi konusunda ihtiyaçlar ile eksikleri belirlemek amacıyla paydaşlara anket uygulanmıştır. Üçüncü bölümde risk değerlendirmesi ve gemi atıklarının kontrolü kapsamında, Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) kullanılarak Antalya Körfezi'nden geçen gemilerin sayısı, büyüklüğü, tipi (kargo, akaryakıt, gezinti, balıkçı vb.) gibi bilgiler ve literatürden bir geminin üretebileceği sintine ve atıksu miktarları verileri kullanılarak Antalya Körfezi için gemi kaynaklı deniz kirliliği riski Monte Carlo Simülasyonu (MCS) kullanılarak yapılmıştır. Gemilerden kaynaklı atıksu ile sintine atıklarının insan sağlığı riski de MCS kullanılarak belirlenmiştir. Uygulanan anket sonucunda elde edilen veriler ve deniz suyundan mevsimsel olarak alınan deniz suyu örnekleri analizlerinden elde edilen sonuçlar SPSS istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada bir geminin üretebileceği sintine atığı miktarının 0,78-3,16 m³ arasında ve atıksu atığı miktarının ise 9,28-15,38 m³ arasında değişebileceği belirlenmiştir. Deniz suyunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları ilgili yönetmelik kapsamında değerlendirildiğinde krom 16 kat, çinko 7,5 kat, demir 162 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Sintine ve atıksu içeriğindeki ağır metallerden kaynaklı MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen risk değerleri hesaplamalara göre en yüksek riski sintine suyu içeriğindeki Ni'in oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen model sayesinde liman veya körfezler gibi hassas alanlarda kullanılarak sintine ve atıksuyun oluşturduğu riskin azaltılabileceği değerlendirilmektedir. Antalya Körfezi'nde yapılan bu çalışmadan elde edilen veriler gemi atıklarının etkin ve doğru şekilde yönetimi konusunda daha kapsamlı çalışmaların da yapılmasına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELE: Monte Carlo Simülasyonu, atıksu, sintine suyu ve ağır metal sağlık riski değerlendirmesi, gemi kaynaklı atıkların yönetimi, gri su, risk yönetimi, limanlarda atık yönetimi, deniz suyu ekolojik kalitesi.

JÜRİ: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Prof. Dr. Muhammet Yunus PAMUKOĞLU

Doç. Dr. Rıfat TÜR

Doç. Dr. Bülent KIRKAN

Dr. Öğr. Üyesi Gönül Tuğrul İÇEMER

ABSTRACT

RISK ASSESSMENT AND CONTROL OF THE EFFECT OF SHIPBORNE BILGEWATER AND WASTEWATER DISCHARGES ON MARINE POLLUTION IN ANTALYA BAY

Ömer Harun ÖZKAYNAK

PhD Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hasan MERDUN

November 2022; 247 pages

All the world's seas are polluted annually with 10 billion tons of ballast water, 10 million tons of sewage, 3.25 million tons of oil, and millions of tons of solid waste. The sea provides 70% of the oxygen we need to live. Therefore, it is vital to protect our Blue Homeland seas from pollution, which is a significant source of income in terms of tourism, fishing, and maritime trade. Generally, in port cities, there is a risk of marine pollution caused by the bilge and wastewater of ships. It has been observed that risk assessment and management studies have been carried out on the pollution that may arise from oil pollution and accidents in the seas. However, it will be a unique study since there is no study on risk assessment and control of waste from ships. In the study, the model developed for the risk calculation of wastewater and bilge water originating from ships and used for the first time in the literature has a feature that can be applied to every port or every ship. In addition, this study calculated the health risk created by these wastes for the first time, and it was seen that it was at significant levels.

In this study, Turkey's tourism brand Antalya Bay was chosen as the application area because there are 32 Wastewater Treatment Plants within the borders of Antalya province, and 80% of them are localized on the coasts. Antalya covers 35% of Turkey's tourism potential, corresponding to approximately 10-12 million tourists annually. Intense tourist and domestic tourism activity create pollution pressure on the sea and the coast. Activities such as heavy oil tanker traffic and daily yacht tourism can also cause adverse effects on seawater quality.

This study aims to determine the risk of marine pollution caused by bilge and wastewater from ships and its effects on human health. In addition, the need for managing these wastes was determined, and the necessary structural and legal regulations were determined. The study analyzed seawater samples taken from 11 points, bilge water samples taken from two ships, and wastewater samples from four ships.

The study consists of 3 main parts. The first part, to determine the pollution situation in Antalya Bay, has been selected by analyzing seawater samples from 11 points chosen in the summer, autumn, winter, and spring seasons. The pH, temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, salinity, ORP, gravity, and turbidity values of the seawater sample taken at the first analysis site were measured. From chemical analysis, suspended solids (AKM), biochemical oxygen demand (BOD₅), chlorophyll-*a*,

anionic surfactant (YAM), ortho-phosphate (PO_4^{3-}), nitrate ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), oil-grease and total phosphorus and heavy metal analyzes were made.

In the second part, heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), and mineral oil analyses were made to determine the effect of bilge and wastewater from ships on marine pollution. In addition, a questionnaire was applied to the stakeholders to determine the needs and deficiencies in managing waste from ships. The third part, within the scope of risk assessment and control of ship waste, information such as the number, size, and type (such as cargo, fuel, travel, and fisherman) of the ships passing through the Antalya Bay by using Automatic Identification System (AIS) and the amount of bilge and wastewater a ship can produce from the literature are used in Antalya. The risk of shipborne marine pollution in the Gulf of Turkey was made using Monte Carlo Simulation (MCS). The human health risk of wastewater from ships and bilge wastes was also determined using MCS. The data obtained from the applied survey and the analysis of seawater samples taken seasonally from seawater were evaluated using the SPSS program.

The study determined that the amount of bilge waste produced by a ship could vary between 0,78-3,16 m^3 , and the amount of wastewater waste can vary between 9,28-15,38 m^3 . When the heavy metal concentrations measured in seawater were evaluated within the scope of the “Regulation on the management of surface waters,” it was found that chromium was 16 times higher, zinc 7,5 times higher, and iron 162 times higher. According to the human health carcinogenic risk values calculated by the MCS method originating from heavy metals in the bilge and wastewater contents, it was determined that Ni in the bilge water content constitutes the highest risk.

The model developed within the scope of this study is used in sensitive areas such as other ports or gulfs, where it is applied in Antalya Bay, and it is evaluated that the risk posed by bilge and wastewater can be reduced. It is assessed that the data obtained in this study in Antalya Bay show that there is a need for more comprehensive studies on the practical and correct management of ship waste.

KEYWORDS: Monte Carlo Simulation, wastewater, bilge water and heavy metal health risk assessment, shipborne waste management, gray water, risk management, waste management in ports, seawater ecological quality.

COMMITTEE: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Prof. Dr. Muhammet Yunus PAMUKOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Rifat TÜR

Assoc. Prof. Dr. Bülent KIRKAN

Asst. Prof. Dr. Gönül Tuğrul İÇEMER

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, laboratuvar çalışmalarında bana çok büyük destekleri olan, motive eden ve tezim konusunda bana her türlü desteği zaman mefhumu gözetmeksizin sağlayan değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Hasan MERDUN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Gönül Tuğrul İÇEMER'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez izleme komitesinde bulunarak doktora tez çalışmasında yardım ve destekleri için Doç.Dr. Rıfat TÜR'e teşekkür ederim. Ayrıca tez sürecimde deneysel, idari ve her anlamda yardımcı olan Mühendislik Fakültesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak kızım Ada Dalya ÖZKAYNAK ve eşim Gözde ÖZKAYNAK olmak üzere tez konusunda manevi desteğini hiç esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Gemilerden Kaynaklı Atıkların Neden Olduğu Deniz Kirliliği	5
2.2. Atık Sular (Pis Su).....	8
2.3. Kirlı Balast Suları.....	11
2.4. Sintine Suları	11
2.4.1. Sintine suyunun içeriği	14
2.4.2. Sintine suyunun deniz suyundaki emülsiyonunu etkileyen özellikler.....	17
2.5. Gemilerden Kaynaklı Deniz Kirliliğın Önlenmesi Konusunda Uluslararası Düzenlemeler.....	19
2.5.1. Sintine atığı konusundaki kurallar	24
2.5.2. Atıksular konusundaki kurallar	26
2.6. Ulusal Mevzuat.....	27
2.6.1. Türkiye’deki Liman Atık Kabul Tesisleri	29
2.6.2. Antalya’daki Liman Atık Kabul Tesisleri	34
2.7. Gemilerden Kaynaklı Atık Yönetimi Konusunda Yapılan Çalışmalar	36
2.8. Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi	40
2.9 Lineer Regresyon Analizi.....	42
2.10. Deniz Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	44
2.10.1. pH	45
2.10.2. Sıcaklık	46
2.10.3. Tuzluluk.....	47
2.10.4. Elektriksel İletkenlik (EC).....	48
2.10.5. Işık Geçirgenliği-Seki Derinliği	48

2.10.6. Askıda katı madde (AKM)	49
2.10.7. Deniz suyundaki fosfor miktarı	49
2.10.8 Yağ ve gres	50
2.10.9 Ağır metaller.....	50
2.11. Tez Çalışmasının Amacı ve Özgünlüğü.....	53
3. MATERYAL VE METOT	55
3.1. Çalışma Bölgesi.....	55
3.2. Deniz Suyu Örnekleri Alınan Noktalar	59
3.3. Sahada Ölçülen Fiziko-Kimyasal Parametreler	61
3.4. Deniz Suyu Kalitesini Belirlemek Amacıyla Yapılan Analizler.....	63
3.4.1. BOİ ₅ (Biyokimyasal oksijen ihtiyacı) tayini.....	63
3.4.3. Klorofil- <i>a</i> tayini.....	66
3.4.4. Deterjan (anyonik YAM) analiz yöntemi.....	67
3.4.5. Nitrat (NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻) tayini.....	68
3.4.6. Orto Fosfat (o-PO ₄ ³⁻) tayini	69
3.4.7. Toplam fosfor (TP) tayini.....	69
3.4.8. Yağ ve gres tayini.....	69
3.4.9. Ağır metal analizleri	70
3.5. Gemilerden Numune Alınması ve Yapılan Analizler	70
3.6. Antalya Körfezi'ne Gelen Gemi Sayısının Belirlenmesi	72
3.6.1. Antalya Körfezi'ndeki Limanlarda Bulunan Gemi Sayısı.....	73
3.7. Lineer Regresyon ile Gelecek Yıllarda Antalya Körfezi'nde Seyir Yapacak Gemilerin Tahmin Edilmesi	74
3.8. Gemilerin Üreteceği Sintine Suyu ile Atıksu Miktarının Lineer Regresyon ile Tahmin Edilmesi	75
3.9. Monte Carlo Yöntemi Kullanılarak Bir Geminin Üreteceği Sintine Atığı ve Atıksu Miktarının Risk Dağılımının Belirlenmesi.....	75
3.10. Antalya Körfezi'nde Oluşan Sintine ve Atıksu Miktarının Belirlenmesi	75
3.11. MCS ile Sintine ve Atıksuyun Oluşturduğu İnsan Sağlığı Riskinin Belirlenmesi	77
3.12. Gemilerden Kaynaklı Atık Yönetimi Konusunda Anket Uygulaması.....	79
3.13. İstatiksel Analiz.....	80

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	83
4.1. Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları	84
4.1.1. pH	85
4.1.2. Sıcaklık	88
4.1.3. Çözünmüş Oksijen.....	91
4.1.4. Çözünmüş Oksijen Doygunluğu Sonuçları	93
4.1.5. Tuzluluk.....	96
4.1.6. İletkenlik.....	99
4.1.7. ORP (Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli).....	101
4.1.8. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)	104
4.1.9. Işık Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları	106
4.1.10. İnorganik azot analizi sonuçları.....	109
4.1.11. Orto-Fosfat (PO_4^{3-}) analizi konsantrasyonları sonuçları	112
4.1.12. Toplam fosfor konsantrasyonları analiz sonuçları.....	114
4.1.13. Askıda katı madde (AKM) konsantrasyonları analizi sonuçları.....	117
4.1.14. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı analizi sonuçları	120
4.1.15. Yağ-gres analizi sonuçları	123
4.1.16. Klorofil- <i>a</i> analizi sonuçları.....	126
4.1.17. Anyonik YAM analizi sonuçları.....	129
4.2. Deniz Suyu ve Ekolojik Kalite Değerlendirmesi	132
4.3. Deniz Suyunda ve Gemilerden Alınan Sintine ile Atıksuların Ağır Metal Analiz Sonuçları.....	135
4.4. Gemilerden Alınan Sintine ile Atıksuların Mineral Yağ ve PAH Analiz Sonuçları	138
4.5. Gemilerden Alınan Atıksuların Diğer Analiz Değerleri	140
4.6. Antalya Körfezi'nde Gemi Kaynaklı Atıkların Riskinin Monte Carlo Yöntemiyle Belirlenmesi.....	141
4.6.1. Sintine riski.....	141
4.6.2. Atıksu riski	146
4.7. Gemilerden Kaynaklı Atıkların Yönetimi.....	150
4.7.1. Risk değerlendirmesi	150
4.7.2. Atıkların miktarı riski	159

4.7.3. Anket değerlendirmesi.....	165
5. SONUÇLAR.....	175
6. KAYNAKLAR.....	181
7. EKLER	205
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Antalya Körfezi’nde Gemi Kaynaklı Sintine Suyu ve Atıksu Deşarjlarının Deniz Kirliliğine Etkisi Üzerine Risk Değerlendirmesi ve Kontrolü” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/11/2022

Ömer Harun ÖZKAYNAK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
µg	: Mikro gram
cm	: Santimetre
Dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
m	: Metre
m ³	: Metreküp
mL	: Mililitre
mg	: Miligram
R ²	: Determinasyon katsayısı
Grt	: groston
Nm	: Deniz Mili
‰	: Binde
Km	: Kilometre
µS	: Mikro Saniye
mS	: Milisiemens
Dwt	: Deadweight tonnage
Kw	: Kilowatt
HP	: Beygir Gücü

€	: Euro
sn	: Saniye
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
Fe	: Demir
Ti	: Titanyum
Zr	: Zirkonyum
Y	: İttriyum
Sr	: Stronsiyum
Rb	: Rubidyum
As	: Arsenik
Sb	: Antimon
Ag	: Gümüş
Be	: Berilyum
Cd	: Kadmiyum
Mn	: Mangan
Hg	: Civa
Se	: Selenyum
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
Al	: Alüminyum
nm	: Nanometre

Tezde ondalık yazım kullanımında virgül (,) ondalık ayırıcı kullanılmaktadır.

Kısaltmalar

pH	: Hidrojenin Gücü (Power of Hydrogen)
MCS	: Monte Carlo Simülasyonu
EMS	: Çevresel Yönetim Sistemi
ICS	: International Chamber of Shipping (Uluslararası Deniz Ticaret Odası)
DTO	: Deniz Ticaret Odası
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
OILPOL	: Deniz Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme
MARPOL	: Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Sözleşmesi
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
AIS	: Otomatik Tanımlama Sistemi
UNCLOS	: United Nations Convention on Law of the Sea (Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi)
IOPP	: Uluslararası Petrol Kirliliğinden Korunma Sertifikası
SOPEP	: Gemi Petrol Kirliliği Acil Durum Planı
DNV	: Det Norske Veritas
AWTS	: Gelişmiş Atıksu Arıtma Sistemine
TDS	: Toplam Çözünmüş Katı Madde
EMSA	: The European Maritime Safety Agency (Avrupa Deniz Güvenliği Ajansı)
HELCOM	: Baltık Deniz Çevresi Koruma Komisyonu
STCW	: Gemi Adamlarının Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Standartları Sözleşmesi
CFU	: Colony Forming Unit
OWS	: Yağlı Su Ayırıştırıcı
KOI	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
AKM	: Askıda katı madde

NRC	: National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi)
MBAS	: Metilen mavisi aktif maddesi
EC	: Avrupa komisyonu
CMC	: Kritik Miselleşme Konsantrasyonu
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
SDM	: Kendi Kendini Tanılama
FAHP	: Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci)
ARMA	: Auto Regression Moving Average
ESPO	: European Sea Ports Organisation (Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu)
RAGS	: Risk Assessment Guidance for Superfund
LAS	: Stok lineer alkali benzen sülfonat
TP	: Toplam fosfor
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
ECOPORTS	: Ekolojik Limanlar
IARC	: International Agency for Research on Cancer (Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı)
BOİ ₅	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
OECD	: Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü
SWOT	: StrenGrths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (Güçler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
IAEA	: International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı)

GESAMP : The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine
Environmental Protection (Deniz Çevre Korumasının Bilimsel Yönlerine
İlişkin Ortak Uzmanlar Grubu)

ppm : Milyonda bir kısım

SP : Standart Sapma



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Denizdeki canlıların maruz kaldığı genel çevresel strese katkıda bulunabilecek faktörlere örnekler (Andersson vd. 2016).....	6
Şekil 2.2. Gemi kaynaklı atıklar ve çevreye etkileri (Andersson vd. 2016)	7
Şekil 2.3. Sintine suyunun içeriği (EPA 2008).....	15
Şekil 2.4. Sintine suyu atığının denizdeki hareketi (Andersson vd. 2016).....	16
Şekil 2.5. Atık yönetim planlarının geliştirilmesi için IMO kılavuzları (IMO 2012, 2017)	21
Şekil 2.6. Gemilerden alınan atık miktarları.....	31
Şekil 2.7. Gemilere atık alım hizmeti verilen kıyı tesisi sayısı.....	32
Şekil 2.8. Risk yönetimi sürecinin basitleştirilmiş bir şeması (Anderson vd. 2016).....	40
Şekil 2.9. Risk yönetimi süreci (ISO 2009)	41
Şekil 2.10. 1970–2018 yılları arası Akdeniz de ölçülen yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıkları (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021b)	47
Şekil 3.1. Denizden alınan numunelerin işlem ve analiz akış diyagramı	58
Şekil 3.2. Antalya Körfezi denizde petrol boru hatları kaynağı (Anonim 20 2020).....	59
Şekil 3.3. Numune alınan istasyonlar	60
Şekil 3.4. Denizden numune alınması	60
Şekil 3.5. Denizden alınan numunelerin fiziksel parametrelerin ölçülmesi	62
Şekil 3.6. Numune alınan noktalarda seki disk ile bulanıklığın belirlenmesi.....	62
Şekil 3.7. Çözünmüş oksijen analiz düzeneği.....	64
Şekil 3.8. Çözünmüş oksijen analizinde numunelerde çökelek oluşması.....	64
Şekil 3.9. Çözünmüş oksijen analizinde numunelerde oluşan çökeleğin çözünmesi	65
Şekil 3.10. Çözünmüş oksijen analizinde numunelerin renk değişimi	65
Şekil 3.11. Desikatörde soğutulan filtre kağıtları	66
Şekil 3.12. Filtrasyon düzeneği.....	66
Şekil 3.13. Klorofil- <i>a</i> tayini filtrasyon düzeneği	67
Şekil 3.14. YAM analizi düzeneği.....	68
Şekil 3.15. Nitrat analizi düzeneği.....	68
Şekil 3.16. Toplam fosfor (TP) tayini deney düzeneği.....	69
Şekil 3.17. Denizden yağ ve gres numunesi almak için kullanılan aparat (Fingas ve Fieldhouse 2014)	69
Şekil 3.18. Denizden yağ ve gres numunesi alınmasında modifikasyon yapılarak imal ettirilen aparat	70
Şekil 3.19. Ağır metal analizlerinin yapıldığı cihaz	70
Şekil 3.20. Gemiden sintine numunesi alınması için kullanılan aparat (Fingas ve Fieldhouse 2014)	71
Şekil 3.21. Gemiden sintine numunesi alınması için imal ettirilen aparat.....	71
Şekil 3.22. Gemi bilgilerinin alındığı bölge.....	72
Şekil 3.23. Antalya Körfezi’nde 2018 yılında seyir yapan gemilerin yoğunluk haritası	72
Şekil 3.24. Excel programında bulunan lineer regresyon özelliğinin kullanılması	74

Şekil 3.25. Monte Carlo risk dağılımı hesaplama modeli.....	76
Şekil 4.1. Kıyı-Orta-Açık kesitlerin deniz gruplandırması.....	84
Şekil 4.2. Liman-Deşarj Hattı-Balıkçı Barınağı Limanı gruplandırması.....	84
Şekil 4.3. Mevsimsel olarak ölçülen pH değerleri.....	86
Şekil 4.4. Mevsimsel olarak ölçülen sıcaklık değerleri	90
Şekil 4.5. Mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerleri	92
Şekil 4.6. Mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen doygunluk değerleri	95
Şekil 4.7. Mevsimsel olarak ölçülen tuzluluk değerleri.....	98
Şekil 4.8. Mevsimsel olarak ölçülen iletkenlik değerleri.....	100
Şekil 4.9. Mevsimsel olarak ölçülen ORP değerleri	103
Şekil 4.10. Mevsimsel olarak ölçülen TDS değerleri	105
Şekil 4.11. Mevsimsel olarak ölçülen ışık geçirgenliği değerleri.....	107
Şekil 4.12. Mevsimsel olarak ölçülen inorganik azot değerleri.....	110
Şekil 4.13. Mevsimsel olarak ölçülen orto-fosfat değerleri.....	114
Şekil 4.14. Mevsimsel olarak ölçülen toplam fosfor değerleri	116
Şekil 4.15. Mevsimsel olarak ölçülen AKM değerleri	119
Şekil 4.16. Mevsimsel olarak ölçülen BOİ ₅ değerleri	121
Şekil 4.17. Mevsimsel olarak ölçülen yağ-gres değerleri	124
Şekil 4.18. Mevsimsel olarak ölçülen klorofil- <i>a</i> değerleri	128
Şekil 4.19. Mevsimsel olarak ölçülen anyonik YAM değerleri.....	130
Şekil 4.20. Lineer regresyon ile hesaplanan önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ndeki tahmini sintine suyu atık miktarı	142
Şekil 4.21. Lineer regresyon ile hesaplanan önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ndeki gelecek gemi sayısı tahmini.....	143
Şekil 4.22. Antalya Körfezi'nde gelecek yıllarda oluşacak sintine atığının risk dağılımı	144
Şekil 4.23. Lineer regresyon ile hesaplanan önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ndeki oluşacak atıksu tahmini	147
Şekil 4.24. Antalya Körfezi'nde gelecek yıllarda oluşacak atıksuyun risk dağılımı	148
Şekil 4.25. Sintine suyunda bulunan Ni'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı	153
Şekil 4.26. Atıksuda bulunan Ni'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı	153
Şekil 4.27. Atıksuda bulunan Ni'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı	154
Şekil 4.28. Sintinede bulunan Ni'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı	154
Şekil 4.29. Atıksuda bulunan As'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı.....	154
Şekil 4.30. Atıksuda bulunan As'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı.....	155
Şekil 4.31. Sintinede bulunan As'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı	155
Şekil 4.32. Sintinede bulunan As'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı	155
Şekil 4.33. Atıksuda bulunan Cr'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı	156
Şekil 4.34. Atıksuda bulunan Cr'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı	156
Şekil 4.35. Sintinede bulunan Cr'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı.....	156
Şekil 4.36. Sintinede bulunan Cr'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı	157
Şekil 4.37. Katılımcıların anketi doldurdıkları limanlara göre dağılımı.....	166

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bir geminin üretilebileceği atık miktarları ve arıtma yöntemleri (EMSA 2016).....	7
Çizelge 2.2. Gemi tiplerine göre üretilen gri su miktarları (Ytreberg vd. 2020)	9
Çizelge 2.3. Gemi tiplerine göre üretilen gri ve siyah su miktarları (Furstenberg vd. 2009).....	9
Çizelge 2.4. Gemi kaynaklı atıksular ve evsel atıksuların bazı parametrelerinin karşılaştırılması (Chen vd. 2021).....	10
Çizelge 2.5. Gemi kaynaklı atıksuların kişi sayısına göre yapılan üretim miktarı hesaplamaları konusunda yapılan çalışmalar (Shu vd. 2022)	10
Çizelge 2.6. Denize deşarj edilebilecek balast suyu standartları (IMO 2004).....	11
Çizelge 2.7. Gemilerin üretebileceği sintine miktarı konusunda yapılan çalışmalar.....	13
Çizelge 2.8. Yedi yolcu gemisinden gelen arıtılmış sintine suyunda organik kirleticiler ve ağır metal konsantrasyonları (Magnusson vd. 2018)	17
Çizelge 2.9. Deniz kirliliğini konusundaki uluslararası sözleşmeler	20
Çizelge 2.10. IMO sözleşmesine göre gemilerden kaynaklı çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik önemli sözleşmelere ilişkin bilgiler (Andersson vd. 2016)	23
Çizelge 2.11. Denize deşarj edilecek atıksuların fiziksel parametreleri	26
Çizelge 2.12. MARPOL 73/78 Ek IV'e göre atıksuların denize boşaltılma standartları	27
Çizelge 2.13. Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik ulusal mevzuat.....	28
Çizelge 2.14. Gemilerden atık alım hizmeti ücret tarifesi	32
Çizelge 2.15. Avrupa limanlarında uygulanan atık alım ücretleri (Pérez vd. 2017)	33
Çizelge 2.16. Antalya Körfezi gemiler kaynaklı atık alım tesisleri (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü 2019).....	35
Çizelge 2.17. Port Akdeniz Antalya Liman İşletmeleri A.Ş. tarafından toplanan sintine atıklarının yıllara göre miktarı	35
Çizelge 2.18. Deniz suyunun genel kalite kriterleri (Resmi Gazete 2004b).....	45
Çizelge 2.19. Yaygın olarak kullanılan fosfor bileşikleri (Anonim 19 2022)	50
Çizelge 2.20. Dünyada sulardaki sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçları (Rahman vd. 2019)	52
Çizelge 2.21. Deniz suyunda bulunabilecek ağır metaller ve miktarları (Resmi Gazete 2004b).....	52
Çizelge 3.1. Sintine suyu, atıksu ve deniz suyunda analizi yapılan parametreler, ölçüm aralıkları ve analiz yöntemleri- kaynakları	56
Çizelge 3.2. Denizden numune alınan noktaların koordinatları	61
Çizelge 3.3. Sahada ölçülen fiziko-kimyasal parametreler ve ölçüm aralıkları	63
Çizelge 3.4. MBAS konsantrasyonuna göre kullanılacak örnek miktarı.....	68
Çizelge 3.5. Sintine suyu ve atıksu örnekleri alınan gemilerin özellikleri	71

Çizelge 3.6. Antalya Körfezi’nde 2011-2021 yıllarında gelen gemi sayıları (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2022)	73
Çizelge 3.7. 2018 yılında Antalya Körfezi’ne gelen gemilerin bilgileri ile seyir yaptığı gün sayısı.....	73
Çizelge 3.8. Antalya Körfezi’ndeki yat limanları ve kapasiteleri.....	73
Çizelge 3.9. Antalya Körfezi’ndeki limanlar tekne kapasitesi ve yolcu sayıları	74
Çizelge 3.10. MCS ile hesaplamada formülde kullanılan CSF ve RfD değerleri.....	78
Çizelge 3.11. Risk formülünde kullanılan değerler ve kabuller	79
Çizelge 4.1. İstasyonların gruplandırılması	83
Çizelge 4.2. Antalya Körfezi’nde mevsimsel olarak ölçülen fiziksel ve biyokimyasal verilerin ortalamaları	85
Çizelge 4.3. Antalya Körfezi’nde belirlenen 1 numaralı istasyonunun diğer istasyonlarla istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	87
Çizelge 4.4. Genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından kıyı suları alıcı ortam kalite kriterleri (YSKY 2016)	124
Çizelge 4.5. Ölçülen yağ-gres değerlerinin mevsimsel su kalite değerlendirilmesi	125
Çizelge 4.6. Ege ve Akdeniz kıyı suları ötrofikasyon kriterleri (YSKY 2016).....	128
Çizelge 4.7. Ölçülen klorofil- <i>a</i> değerlerinin mevsimsel ötrofikasyon kriterleri değerlendirilmesi.....	128
Çizelge 4.8. Ege-Akdeniz için genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından kıyı suları alıcı ortam kalite kriterleri (YSKY 2021).....	132
Çizelge 4.9. Antalya Körfezi alıcı ortam kalite kriterlerine göre Ç.O., TP, NO _x ve yağ-gres kalite sınıflandırması	133
Çizelge 4.10. Ege ve Akdeniz kıyı suları ötrofikasyon kriterleri (YSKY 2016).....	133
Çizelge 4.11. Antalya Körfezi deniz suyu mevsimsel ortalamalarına göre kıyı suları ötrofikasyon seviyeleri.....	134
Çizelge 4.12. Rekreasyon maksadıyla kullanılan kıyı ve geçiş sularının sağlaması gereken standart değerler ile karşılaştırılması	135
Çizelge 4.13. Çalışmada istasyon bazında ölçülen ortalama ağır metal değerleri.....	136
Çizelge 4.14. Akdeniz’de deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması.....	136
Çizelge 4.15. Sintine suyundaki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırması	137
Çizelge 4.16. Atıksuda ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması.....	138
Çizelge 4.17. Atıksu, Sintine ve Deniz Suyu analiz sonuçları.....	139
Çizelge 4.18. Sintine suyu içeriği konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması	139
Çizelge 4.19. Gemi kaynaklı atıksuların fiziksel parametreleri konusunda yapılan çalışmaların karşılaştırılması.....	141
Çizelge 4.20. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi’nde oluşabilecek sintine miktarı tahmini	142

Çizelge 4.21. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'nde gelecek gemi sayısı tahmini	143
Çizelge 4.22. Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayıları ve oluşacak sintine miktarına ilişkin tahminler	145
Çizelge 4.23. Antalya Körfezi'ne 2009-2021 yılları arasında toplanan atıksu miktarı	146
Çizelge 4.24. Antalya Körfezi'ne 2018-2021 yılları arasında toplanan atıksu miktarı	147
Çizelge 4.25. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'nde oluşabilecek atıksu miktarı tahmini	147
Çizelge 4.26. Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayıları ve oluşacak atıksu miktarına ilişkin tahminler	148
Çizelge 4.27. Gemilerden kaynaklı atıksu miktarının hesaplanması konusunda yapılan çalışmalar (Shu vd. 2022)	149
Çizelge 4.28. MCS kullanılarak hesaplanan en yüksek ile en düşük kanserojen ve kanserojen olmayan ağır metallerin risk değerleri.....	151
Çizelge 4.29. MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen risk değerleri ...	152
Çizelge 4.30. MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen olmayan risk değerleri.....	158
Çizelge 4.31. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde gemilerden toplanan atıklar.....	160
Çizelge 4.32. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde gemilerden kaynaklı oluşan sintine miktarı	161
Çizelge 4.33. Gemilerin üreteceği sintine miktarı konusunda yapılan çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen sonuçların karşılaştırılması.....	162
Çizelge 4.34. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde gemilerden kaynaklı hesaplan siyah su miktarı	163
Çizelge 4.35. Siyah su miktarı konusunda yapılan çalışmaların özeti.....	164
Çizelge 4.36. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde gemilerden kaynaklı hesaplan siyah su miktarı	164
Çizelge 4.37. Gri su miktarı konusunda yapılan çalışmaların özeti	165
Çizelge 4.38. Ankette görev ve gemi tipine göre değerlendirilen konular	166
Çizelge 4.39. Görev ve gemi tipine göre katılımcıların sayıları	167
Çizelge 4.40. Yasa dışı olarak denize deşarj edilen atıkların dağılımı	167
Çizelge 4.41. Yasa dışı olarak denize deşarj edilen atıkların gemi tiplerine göre dağılımı	168
Çizelge 4.42. Liman çevre yönetimi sorularına katılımcıların cevaplarının dağılımı ..	169
Çizelge 4.43. Çevre yönetimine katkıda bulunman için kim iletişime geçti katılımcıların cevaplarının dağılımı	169
Çizelge 4.44. Limanın çevre yönetim sürecinde fikirlerinin alınması için tercih edecekleri yöntem	170
Çizelge 4.45. Limanın çevre yönetimi konusundaki sorunların çözümündeki performansı	171
Çizelge 4.46. Limandaki çevre sorunları	173

Çizelge 4.47. Limanlarda iyileştirilmesi gereken çevre sorunları	174
---	------------



1. GİRİŞ

Deniz taşımacılığı ile yapılan ticaretinin havadan ve karadan yapılan taşımacılığa göre daha uygun maliyeti olmasının yanında taşınabilecek malzeme miktarının da çok daha fazla olması bu yolla yapılan ticaretin hızla artmasına neden olmaktadır. Deniz ticaretinin hızla artmasının sonucunda denizde seyir yapan gemi sayısı artmıştır. Bunun sonucunda gemi sayısının artmasına paralel olarak da gemi kaynaklı deniz kirliliği, artan bir ivme ile denizlerin doğal dengesi ve insan sağlığı için risk oluşturmaya başlamıştır. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından dünyada deniz kirliliğinin, %40'ı kara kaynaklı deşarjlar, %30'u atmosfer temelli kaynaklar, %11'i deniz yolu taşımacılığı, %10'u gemilerden denize yapılan yasadışı deşarjlardan, %8'i nehir ve akarsu gibi doğal kaynaklardan ve %0,5'i açık denizde yapılan petrol çıkarma faaliyetlerinden kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Küçük ve Topçu 2012). Gemilerden kaynaklanan kirlilik denizlerde oluşan kirliliğin %21'ini oluştursa da kontrolü ve denetimi zor olduğundan en çok üzerinde durulan husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

1982 yılında imzalanan Deniz Hukuku Sözleşmesi'nde deniz kirliliği *“İnsanların doğrudan veya dolaylı olarak madde veya enerjiyi deniz ortamına bırakarak, canlı kaynaklara zarar vermesi, insan sağlığına yönelik tehlikeler oluşturmaları ve bunun sonucunda da balıkçılık dahil olmak üzere denizden sağlanan faydaların azalması”* şeklinde tanımlanmıştır.

Deniz kirliliğine en büyük katkı kara kaynaklı olsa da gemilerin neden olduğu deniz kirliliğinin büyük bir kısmının petrol ve özellikle sintine gibi akaryakıt türevlerinin denize tahliye edilmesinden oluşmakta ve bundan dolayı denizdeki doğal yaşama olumsuz etkisi karadan gelen kirliliğe göre çok daha fazla olmaktadır. Gemilerin neden olduğu deniz kirliliği gemilerin kontrolsüz şekilde denize deşarj ettiği atıksular, sintine, slop, slaç ve kirli balast atıklarından veya gemilerin günlük faaliyetleri nedeniyle de oluşabilmektedir.

Denizin denizden kirlenmesinin en önemli nedenlerinden biri olan deniz taşımacılığı, 1990 yılından itibaren hacim olarak 2,5 kat artarak günümüzde dünya ticaretinin toplam hacminin %80'inden fazlasını karşılamakta ve bunun sonucunda da petrol döküntüleri, sintine suyu, tekne boyalarındaki kimyasallar, ses, atık su, katı atık ve yabancı türlerin dağılımı gibi birçok çevre sorununu oluşturmaktadır. Uluslararası denizcilik taşımacılığı, dünyada ticareti yapılan malların %90'ından fazlasını taşır ve dünya çapında mal ile bunların kullanımında kullanılan hammaddeleri taşımanın en uygun maliyetli yolu olarak kabul edilmektedir (ICS 2019). Denizlerdeki gemi trafiğinin bir diğer bileşeni olan kruvaziyer (yolcu) gemi turizmi son on yılda hızlı olarak 10 milyona ulaşmıştır. Ancak, koronavirüs salgını sebebiyle bu sayı 2020 yılında azalmış ve tahminleri altında kalarak 7 milyon olmuştur. 2021 yılında deniz yoluyla taşınacak yolcu sayısının, 2020 yılına göre %96 artarak 14 milyon olması beklenmektedir (Cruise Market Watch 2021). Giderek artan deniz ticareti ve deniz turizmi faaliyetleri sonucu oluşan atık suların, sintine sularının, katı atıkların ve diğer atıkların alınması amacıyla liman atık alım tesislerinin sayısı ve kapasitelerinin artırılması ile gemilerden kaynaklı atıkların çevresel etkilerinin azaltılması gerekmektedir (Wilewska-Bien ve Anderberg 2016). 2018 yılında dünyada yapılan ticaretinin %84'ü, Türkiye'nin ise dış ticaretinin %88'i denizyoluyla yapılmıştır (DTO 2019). Türkiye'de bulunan limanlara gelen gemi sayısının 2007-2018 yılları arasında ortalama 75 bin olduğu belirlenmiştir (DTO 2019).

Gemilerde meydana gelen kazalar sonucu oluşan petrol sızıntıları, toplam gemi kaynaklı petrol kirliliğinin yalnızca %20'sini oluşturmaktadır (Tan 2005). Ancak gemi kaynaklı deniz kirliliğinin çok küçük bir kısmını oluştursa da gemi kaynaklı kirliliğe ilişkin düzenlemeler medyanın da yönlendirmesiyle bilinen en büyük deniz kazalarından Exxon Valdez, Erika ve Prestige gibi petrol sızıntısı olan kazalarının önlenmesine yönelik yapılmıştır. Bundan dolayı gemilerden kaynaklı deniz kirliliğini önlemeye yönelik yapılan düzenlemeler gemi kazaları sonucunda oluşan kirliliği önlemeye yöneliktir.

Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğini önlemek amacıyla birçok uluslararası, bölgesel ve yerel sözleşme ile antlaşmalar yapılmıştır. Fakat bu antlaşmalar özellikle ekonomik sebeplerden dolayı etkin bir şekilde uygulanmamaktadır (Tan 2005). Bunun en önemli nedeni deniz taşımacılığının maliyetlerini artırdığı için devletler bu kuralları sıkı bir şekilde uygulamamaktadır. Standart dışı olarak gerçekleştirilen deniz taşımacılığını azaltma ve daha güvenli gemiler ile temiz denizleri sağlamak sadece sıkı denetim ile kuralları uygulamakla mümkün olacaktır. Bunlardan en önemlisi, gemi kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik olarak Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından 1973 yılında düzenlenen ve 1978 yılında güncellenen MARPOL 73/78 (2017) (Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme) Sözleşmesi'dir.

Denizlerin birincil kirlilik kaynağı petrol ve türevleri olmuştur. Petrol ve petrol türevi atıkların deşarj edildikleri ortamdaki toksikolojik etkileri, sadece serbest yağ hacminin değil, serbest kalan yağın doğası ve maruz kalan fiziksel ve biyolojik ekosistem gibi diğer faktörlerin bütünüdür. Deniz ortamındaki yağ, deniz yaşamına, kara yaşamına, insan sağlığına ve doğal kaynaklara zarar verebilir (Camphuysen ve Heubeck 2001; Radovic vd. 2012). Gemilerde oluşan sintine atığı, yıkamalardan kaynaklı temizlik maddeleri ve makine sızıntılardan kaynaklanan yakıt, hidrolik yağlar, çözücüler ile yağlama yağlarından oluşan heterojen yapıya sahip bir atıktır. Yağlı sintine suları gemilerin alt kısmında birikir bundan dolayı gemideki her türlü faaliyete kullanılan kirleticileri içermektedir (Andersson vd. 2016). Yağın yoğunluğu deniz suyundan daha düşük olduğundan deniz yüzeyinde bir tabaka oluşturur ve hava-su temasını engelleyerek oksijen azalmasına neden olabilmektedir. Sintine sularının en önemli etkisi içerisinde bulunan polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) deniz yaşamı üzerindeki toksik etkisidir ve yıllarca deniz tabanında kalarak bu etki süreklilik kazanmaktadır (Krenshaw 2009). Sintine suları ve diğer petrol türevleri içeriklerindeki toksik maddeler nedeniyle deniz ekosistemi üzerindeki toksik etki riskini azaltmak ve limanlarda alım sürecinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Petrol taşımacılığı ile ilgili olarak, 1999 yılında yaklaşık 370 milyon ton petrolün (dünya çapında deniz yoluyla taşınan yağın %22'si) Akdeniz'den geçtiği hesaplanmıştır. Akdeniz'de yoğun olarak gerçekleşen turizm ve tarımsal faaliyetler nedeniyle artan nüfus sonucunda yat turizmi ile denizyolu taşımacılığından kaynaklanan atıksu ve sintine atıkları deniz kirliliğinin nedenlerindendir (Sağlamtimur ve Subaşı 2018).

Bu çalışmada uygulama alanı olarak Türkiye'nin turizm markası Antalya Körfezi seçilmesinin birinci nedeni Antalya il sınırları içinde 32 adet atıksu arıtma tesisi bulunması ve bunların %80'i kıyılarda lokalize olup bu atık arıtma tesislerinin derin deniz deşarjlarının olmasıdır. İkincisi, Antalya Türkiye turizm potansiyelinin %35'ini kapsamakta olup yıllık bu oran yaklaşık 10-12 milyon turiste tekabül etmekte olup yoğun turist ve iç turizm hareketliliğinin deniz ve kıyıda kirlilik baskısı oluşturmaktadır. Üçüncüsü

ise, yoğun petrol tankerleri trafiği ve günübirlik yat turizmi gibi faaliyetler de deniz suyu kalitesinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik olarak alınabilecek tedbirlerin belirlenebilmesi amacıyla deniz suyu parametrelerin ölçülerek mevcut kirliliğin izlenmesi gerekmektedir. Ayrıca gemilerden kaynaklı yağlı sintine ve atıksu içeriklerinin deniz kirliliğine etkisini belirlemek için yağ ve petrol türevleri, PAH, ağır metal gibi tehlikeli atık parametrelerinde analiz edilerek incelenmesi gerekmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili Mavi Vatan'ımızın kirlilikten korunması, insan sağlığı, deniz ekosisteminin sürdürülebilirliği ve ekonomik olarak büyük önem taşımaktadır.

Türkiye’de limanlarda bulunan atık kabul tesislerinin sayısı, kapasitesi, hangi atık türünden (sintine, evsel atıksu, slop, slaç vb.) ne kadar topladığı veya hangi gemiden ne kadar atık aldığı gibi bilgilere ulaşmak mümkün değildir. Çünkü bu bilgileri içerecek şekilde herhangi bir kayıt tutulmamaktadır. Bahse konu bilgiler benzer şekilde birçok ülkeye ait limanlarda da bulunmamaktadır. Gemilerde oluşan atık miktarı seyir süresi ve limandaki atık alım imkanı, makine özellikleri ile bakım süresi, yakıt cinsi ile tüketim miktarı, gemide bulunan personel ile yolcu sayısı ve geminin taşıdığı yüke göre değişiklik gösterir. Özellikle, limanların atık alım aşamalarında ve sürecin sağlıklı işletilmesine yönelik bu bilgi boşluğunun giderecek nitelikte araştırmalar yapılması önemli hale gelmiştir.

Kaynak taramasında denizlerimizde petrol ürünlerinin karakterizasyonuna ilişkin çalışmalarına rastlansa da gemilerden kaynaklı sintine suyu ve atıksuyun kontrolü ve yönetimi konularında literatürde henüz bir çözüm oluşturulamamıştır. Denizlerde petrol kirliliği ve kazalardan kaynaklı oluşabilecek kirlilik konusunda risk değerlendirmesi ve yönetimi çalışmaları yapıldığı görülmüştür. Ancak, gemilerden kaynaklı atıkların risk değerlendirmesi ve kontrolü konusunda çalışmaya rastlanmaması nedeniyle bu tez çalışması özgün bir çalışma niteliğindedir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Gemilerden Kaynaklı Atıkların Neden Olduğu Deniz Kirliliği

Deniz kirliliği; insanlara tarafından, doğrudan veya dolaylı olarak denize deşarj edilen çeşitli atıkların denizde yaşayan canlı türlerine ile insan sağlığına zarar vermesi, balıkçılık, gibi denizde icra edilen çeşitli faaliyetlerin engellenmesi şeklinde tanımlanabilir (Albaiges 1989; Falconer 1992). Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin oluşması aşağıda belirtilen olayların gerçekleşmesi sonucudur. Gemi kaynaklı atıkların neden olabileceği deniz kirliliği olayları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Sintine, balast ve ambar yıkama sularının basılması
- Çöp ve katı atıkların atılması
- Gemi güvertesini yıkanması sonucu yağ ve atıkların denize verilmesi
- Gemi bordasında raspa ve boya işlerinin yapılması sonucu boyanın denize dökülmesi
- Yaşam yerlerinde oluşan kirli suların arıtmadan geçmeden denize verilmesi
- Yük atıklarının denize dökülmesi
- Yakıt alma veya transferinde taşma, sızma ve devre patlaması sonucu oluşan yağlı atıkların denize dökülmesi
- Soğutma sularına yağ karışması ve bu atığın denize basılması

Bu olaylar en çok kirliliğe yol açan ve en önemli gemi kaynaklı deniz kirliliğini neden olanlardır. Bahse konu olaylar gemi kaynaklı atıkların oluşturduğu kirlilik sonucunda oluşmaktadır. Gemi kaynaklı atıklar MARPOL 73/78'e göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

Kirli Balast: Gemilerden denize deşarj edildiğinde denizin üst kısmında yağ veya petrol türevli izler oluşturan, denizin üstünde veya altında AKM gibi emülsifiye maddelerin birikmesine neden olan atıklardır.

Pis Su (Eysel Atık Su): Gemilerdeki banyolar, tuvaletler, hastane veya revir lavabolarından gelen sıvılar veya canlı hayvan türlerinin bulunduğu yerlerden gelen sıvı atıklar ile bunlara karışan diğer atık türleri pis su (evsel atık) olarak tanımlanmaktadır.

Sintine: Büyük miktarda yağ içeren ve genellikle gemilerin makinalarından kaynaklanan yağlı sıvı atıklara sintine denir. Sintine suları gemilerin en alt bölümünde veya bir tankta biriktirilir ve belli bir miktara geldiğinde yangın tehlikesi oluşturabileceğinden gemiden deşarj edilmesi gerekmektedir.

Slaç: Sintine suyunun sıvı kısmının ayrıştırılmasından sonra kalan yağ veya yakıt çamuru olarak tabir edilen yağ içeren çamurlardır.

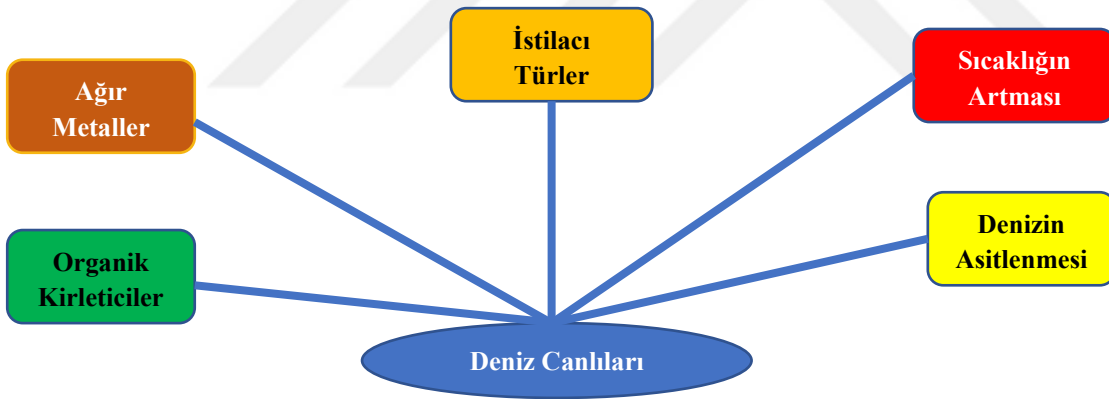
Slop: Akaryakıt tankerleri tipindeki gemilerde tankların temizlenmesi sonucunda oluşan petrol türevli atıkları içeren yağlı sulardır. Tankerlerde tankların yıkanması sonucu oluşan tank yıkama suları dahil, slop tanklarında biriken petrol ve petrol türevli yağlı su

artıklarıdır. Gemi kaynaklı petrol ve petrol türevi atıkları (slop) petrol tankerlerinde oluşmaktadır.

Gemi Çöpleri: Yaşam mahallinde kullanılan su dışındaki, yemek atıkları, bakım ile onarım ve yük atıkları gibi atıklardır.

Ayrıca gemilerden kaynaklı atıklar konusunda literatür incelediğinde, gri su (Ytreberg vd. 2020), siyah su (Alaska Çevre Koruma Departmanı 2018), sintine suyu (Tiselius ve Magnusson 2017), temizlik suları (Koski vd. 2017), balast suları konusunda (David vd. 2013) ve zehirli boyalar (Thomas ve Brooks 2010) konusunda çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Gemi kaynaklı atıklar ve çevreye etkilerinin özeti Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Gemilerden oluşan atıkları konusunda EMSA (2016) tarafından yapılan çalışmada bir geminin yaşı, personel sayısı, büyüklüğü ve makinalarının gücüne göre üretebileceği atıklar hesaplanmış ve bir geminin 0,01 ile 13 m³ arasında sintine suyu üretebileceği tespit edilmiştir. Gemi kaynaklı atıklar; yağlı sintine suyu, yağlı kalıntılar, tank yıkama suları (slop), atıksu, plastikler, gıda atıkları, evsel atıksular, yemek yağları, yakma külleri, operasyonel atıklar ve kargo kalıntıları olarak 11 farklı tipte sınıflandırılabilir. Ayrıca petrol ürünlerini taşıyan tanker gemilerinden kaynaklanan petrol türevli yağlı atıklar; slop, yağ, kirli balast, sintine, slaç gibi kategorilere ayrılabilir. Fakat genel olarak, bu gemi atıklarının oluşum miktarı ve gemide arıtım oranları aşağıda Çizelge 2.1’de açıklanmıştır.

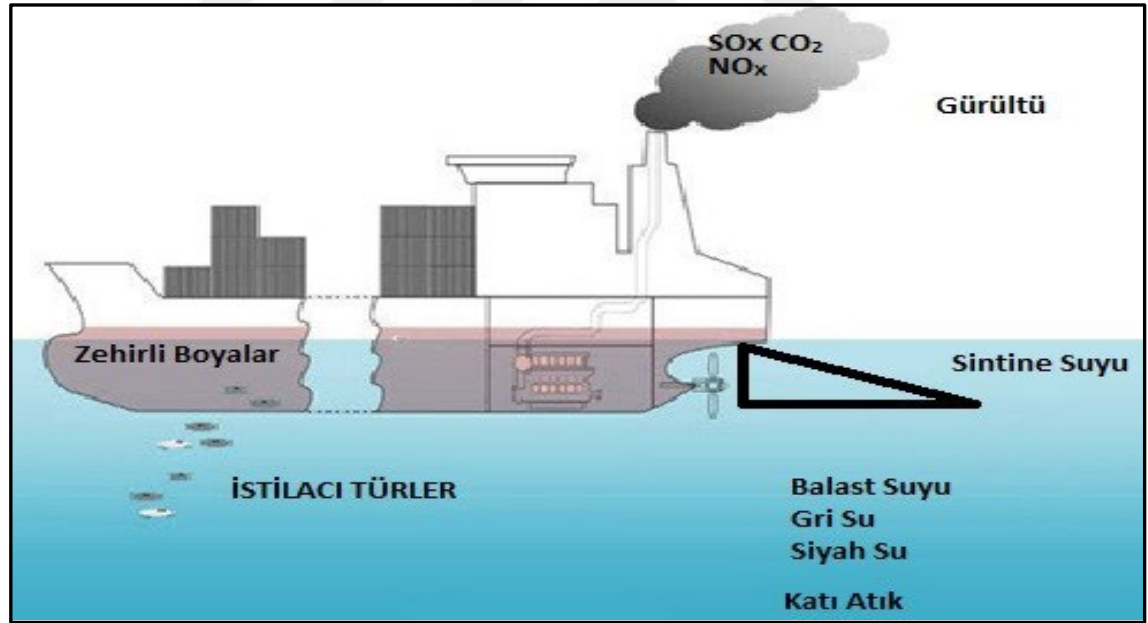


Şekil 2.1. Denizdeki canlıların maruz kaldığı genel çevresel strese katkıda bulunabilecek faktörlere örnekler (Andersson vd. 2016)

Gemiler tarafından sintine suyu oluşumu, gemi tipi ve boyutuna göre değişmekle birlikte 0,01-13 m³, toplam atıksu oluşumunun ise kişi başı 0,04-0,45 m³ civarında olduğu tahmin edilmektedir (EMSA 2016). Deniz yolu ile yapılan taşımacılık, denizlerde senede 10 milyar tonun üzerinde dökme yük ve konteyner taşıyarak dünya ticaretin yaklaşık %80-90'ını kapsamaktadır (Walker vd. 2019).

Çizelge 2.1. Bir geminin üretilbileceği atık miktarları ve arıtma yöntemleri (EMSA 2016)

Atık Çeşidi	Üretim Oranı	Atık Miktarı Değişimi
Sentine Suları	0,01- 13,0 m ³	Makinelerdeki sızıntılar (Geminin yaşına ve büyüklüğüne göre değişir)
Yağlı Kalıntılar (Slaç)	0,01- 0,03 m ³ (1 ton yakıt için) 0,00- 0,01 m ³ (1 ton ham petrol için)	Akaryakıtın türü ve tüketim miktarına göre değişir.
Tank Yıkamaları (Slop)	20- 100 m ³	Temizlenen tank sayısı ve kapasitesi
Evsel Atıksular	0,01- 0,06 m ³ (Bir personel için günlük) 0,01- 0,45 m ³ (Diğer atıklar ile karışığında günlük)	Personel sayısı ve seyir süresine göre değişir.
Plastik	0,001- 0,008 m ³	Personel sayısına göre değişir.



Şekil 2.2. Gemi kaynaklı atıklar ve çevreye etkileri (Andersson vd. 2016)

Şekil 2.2’deki faktörler göz önüne alındığında, denize gemilerden kaynaklı olarak gelen deşarjlar ve bunların sonucunda ortaya çıkan etkileri tahmin etmek kolay değildir. Ortamdaki çeşitli koşullar, genellikle deşarjın denizdeki taşınımı ve kirleticilerin biyota üzerindeki etkilerini karmaşıktırır. Farklı toksik maddelerin farklı ortamlardaki bireysel veya birleşik dağılımları ile etkilerini belirlemek için genellikle kapsamlı deneysel çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu belirsizlikler, farklı deşarj türlerinin daha ayrıntılı olarak incelenmesine veya kirletici maddelerin etkileri deneysel olarak derinlemesine analiz edilebilmesine rağmen, ekosistem üzerindeki etkilerini tam olarak anlaşılmamaktadır (Andersson vd. 2016).

2.2. Atık Sular (Pis Su)

Gemilerde bulunan yolcu veya personelin oluşturduğu banyo, tuvalet veya mutfak sularıdır. Bahse konu suları depolamak amacıyla gemilerde pis su tankı bulunmaktadır. Gemilerin tuvaletlerinde tatlı su kapasitesi az olduğundan genellikle deniz suyu kullanılmaktadır. Atık sular sintine suyu ile denizlerin kirlenmesine neden olan önemli gemi kaynaklı atıklardır.

Gemilerden kaynaklı pis sular ikiye ayrılmaktadır. Birincisi yüksek oranda organik madde, azot, fosfor, koliform ve askıda katı madde içeren siyah su olarak isimlendirilen tuvalet sularıdır. İkincisi ise gri su olarak isimlendirilen mutfak sularıdır. Gri suların siyah sulara nispeten içerdiği koliform ve diğer kirletici maddelerin oranı daha azdır (Ytreberg vd. 2020).

Gemilerden oluşan atık sular yüksek konsantrasyonda ağır metal, besin ve askıda katı madde gibi kirleticileri içerir. Atık sudaki organik maddelerin çevreye her seferinde doğrudan bir etkisi yoktur. Birçok organik madde biyolojik olarak parçalanabilir ve bu süreçte çözünmüş oksijen kullanır. Gemi kaynaklı evsel atık suların içeriğinde azot ve fosfor gibi besin maddeleri fazla ise, su değişiminin ve akıntının az olduğu sığ sularda basılması ötrofikasyona sebep olur. Bahse konu evsel atık suların içeriğindeki askıda katı madde ise dibe çökerek oradaki doğal yaşamı tehdit eder (Yiğit 2006). Organik maddelerin diğer bir etkisi de kapalı ve daha sıcak alıcı su ortamlarına karıştırıldığı zaman neden olduğu aerobik şartlar nedeniyle de ortamda toksik ve patlayıcı gazlar ile kötü kokular da oluşturmaktadır. Bu da özellikle deniz turizm den büyük gelir elde eden Antalya gibi şehirlerimizde çok ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gemilerde bulunan gerek sintine gerekse atıksu ve gıda atıklarının personel ve yolcu sağlığını etkilediği konusunda Rooney vd. (2004) tarafından 21 gemideki su kaynaklı hastalık salgınları konusunda bir çalışma yapılmıştır. Her salgın için patojenler/toksinler, gemi tipi, salgınlara neden olan faktörler, gemi faaliyetleri hakkındaki veriler tespit edilmiştir. Bu araştırmanın bulguları, evsel atık sulara sintine suyunun karıştığını, salgınlardan çoğunluğunun yolcu gemileriyle ilişkili olduğunu ve 6.400'den fazla kişinin etkilendiğini bildirmişlerdir. Büyük yolcu gemilerinin atıksularının Alaska'da deşarj edilmesiyle ilgili olarak Loehr vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada yolcu gemilerinden kaynaklanan atıksu deşarjlarının seyrelme hızı konusunda formül oluşturularak hesaplama yapılmış ve gemilerde arıtma sistemi kurulmasını zorunlu hale gelmesinin gerektiği önerilmiştir. Yiyecek atıklarının denize dökülmesi konusunda ise, Wilewska-Bien vd. (2016) çalışmalarında Baltık denizindeki yiyecek atıklarında kaynaklanan yıllık azot yükünün %52'si gemi atık sularından kaynaklandığı bildirilmiştir. Atık yükü, literatürden kişi başına gıda atığı ve gemi trafiği bilgisi kullanılarak oluşturulmuştur.

Ytreberg vd. (2020) tarafından Baltık denizinde gemilerin ürettiği gri suların tahmin edilmesi konusunda yapılan çalışmada gemi tiplerine göre üretilen gri su miktarları belirlenmiş ve Çizelge 2.2'de gösterilmiştir. Vicente-Cera vd. (2019)

tarafından bir tersanede yapılan onarım çalışmaları sırasında yolcu gemilerinden atık su örnekleri alınmıştır. Alınan atıksuların içeriğindeki PAH'ların (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon) toksisiteleri ve kanserojen etkilerinden dolayı deniz yaşamı için tehdit oluşturduğu ve örneklerin alındığı yolcu gemilerinde bu değerin 2 µg/L aştığı belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada yolcu gemilerinde oluşan atıksu miktarının günlük kişi başına $0,15 \pm 0,03 \text{ m}^3$ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 2.2. Gemi tiplerine göre üretilen gri su miktarları (Ytreberg vd. 2020)

Gemi Tipi	Gri Su Üretimi (L/kişi/gün)
Akaryakıt ve Kimyasal Tankerler	105
Kargo	119
Yolcu	157
Balıkçı	222
Hizmet Gemileri	153

Gemilerde arıtma çamurunun (biyokatı) bertaraf edilmesi konusunda Avellaneda vd. (2011) yolcu gemilerinden atıksu örnekleri alınarak, biyokatıların bertaraf edilme alternatiflerinin insan sağlığı ve ekolojik risklerini göreceli olarak değerlendirmek amacıyla Karayip Denizi'nin adalarını ve deniz sularını kapsayan bir çalışma yapmıştır ve derin denize bırakılmasının karada ve gemide yakma bertaraf yöntemlerine göre daha zararsız olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Westhof vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada gemi kaynaklı atık sulardaki mikro kirleticiler incelenmiş ve Dimenhidrinat, Naproksen, Etinil estradiol, Verapamil ve Metilbenziliziden gibi mikro kirleticilerin konsantrasyonları belirlenmiştir. Wilewska-Bien ve Anderberg (2018) tarafından Baltık Denizinde gemi kaynaklı atık suların yönetimi konusunda yapılan çalışmada MARPOL 73/78 Ek IV'e göre limanların mevcut durumu ve ihtiyaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre limanlardaki atık alım tesis kapasiteleri ihtiyaçlar doğrultusunda artırılrsa da HELCOM (Baltık Deniz Çevresi Koruma Komisyonu) tarafından tavsiye edilen ücretsiz olarak atıkların alınması konusunda uygulamada farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Şahin ve Vardar (2020) tarafından 3.000 yolcu taşıyan büyük bir yolcu gemisinin günde 100.000 L'den fazla atıksu ürettiğini ve birçok gemide atıksuyu arıtmak için eski teknolojinin kullanılmasından dolayı önemli miktarlarda dışkı bakterisi, ağır metaller ve besinler içeren deşarjların deniz ekosistemine zararlı etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Gemideki bir kişinin 31,8 L / gün siyah su ve 253 L / gün gri su ürettiği daha önce yapılan çalışmalarda belirlendiğinden belirli bir zaman aralığında bir geminin ne kadar siyah ve gri atık su üretildiğini hesaplamak mümkündür (EPA 2008).

Çizelge 2.3. Gemi tiplerine göre üretilen gri ve siyah su miktarları (Furstenberg vd. 2009)

Gemi Tipi	Gri Su Miktarı (L/kişi/gün)	Siyah Su Miktarı (L/kişi/gün)
Kargo	119	85,9
Yolcu	157	33,1
Tankerler	105	36,7
Hizmet Gemileri	153	62

Gemilerde oluşan gri sulardaki kirletici madde konsantrasyonlarına ilişkin verileri içeren 13 farklı rapora göre, gri suda 28'i organik ve 16'sı metal olmak üzere toplam 44 farklı kirletici olduğu belirtilmiştir (Ytreberg vd. 2020). Yapılan bu çalışmada gri atıksuda, çinko ve bakır metallerinin en yüksek çevresel riski oluşturduğu tespit edilmiştir. Furstenberg vd. (2009) tarafından önerilen formülde farklı gemi türlerine göre kişi başına ve günlük gri su ile siyah su üretim miktarı hesaplanmış ve Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Gemilerden kaynaklı atıksular Çizelge 2.4'te görüldüğü gibi evsel atıksulardan daha yüksek askıda katı madde, KOİ ve fosfat içerir (Tchobanoglous vd. 2014; Kersh vd. 2020). Gemi Kaynaklı Atıksuların kişi sayısına göre yapılan üretim miktarı hesaplamaları konusunda yapılan çalışmalar Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Gemi kaynaklı atıksular ve evsel atıksuların bazı parametrelerinin karşılaştırılması (Chen vd. 2021)

Parametre	Gemi Atıksu	Evsel Atıksu
pH	8,0 ± 0,2	7,0 - 8,0
Tuzluluk (g/L)	6,5 ± 0,3	0,3 - 0,6
KOİ (mg/L)	7.067 ± 470	250 - 800
Amonyak (mg/L)	1.250 ± 250	8 - 25
Fosfat (mg/L)	190 ± 10	4 - 12
AKM (mg/L)	1.220 ± 590	120 - 400

Çizelge 2.5. Gemi kaynaklı atıksuların kişi sayısına göre yapılan üretim miktarı hesaplamaları konusunda yapılan çalışmalar (Shu vd. 2022)

Sıra No	Kaynak	Atıksu Üretim Oranı (m ³ /kişi/gün)		Toplam Atıksu (m ³ /kişi/gün)
		Gri Su	Siyah Su	
1	AIDA (2019)	0,352	0,029	0,381
2	Seabourn (2018)	0,104	—	0,104
3	Kotrikla vd. (2021)	0,093	—	0,093
4	Parks vd. (2019)	0,170	0,034	0,204
5	Corporation ve PLC (2018)	0,146	0,065	0,211
6	Vicente-Cera vd. (2019)	0,083	0,034	0,117
7	Caribbean (2014)	0,208	—	0,208
8	EPA (2008)	0,254	0,032	0,286
9	Copeland (2008)	0,180	0,038	0,218
10	Butt (2007)	—	0,035	0,035
Ort.		0,177	0,038	0,215

Gemilerin üretebileceği atıksu miktarı hesaplanırken gemide personel sayısının bilinmesi gerekmektedir. Ancak bu bilgi gemi bilgisini sağlayan hiçbir kurum veya kuruluş tarafından verilmemektedir. Bundan dolayı bir gemide bulunabilecek personel sayısı Gemi adamlarının Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Standartları Sözleşmesine (STCW) (IMO 2017) istinaden çıkarılan “Gemi adamları Yönetmeliği” (Gemi Adamları Yönetmeliği 2018) kapsamında ‘Gemilerin Gemi Adamları ile Donatılmasına İlişkin Yönerge (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2014)’deki tablolardan geminin tipi, sefer bölgesi, makine gücü ve Grt bilgileri kullanılarak belirlenebilmektedir.

2.3. Kirli Balast Suları

Gemilerin yükleri olmadığı boş oldukları zaman seyirlerde geminin dengesini sağlamak amacıyla deniz suyu ile doldurularak dengeyi sağlayan tanklara balast tankı denilmektedir. Ayrıca balast tankları tanker tipi gemilerde petrol konularak yük taşımada da kullanılmaktadır. Bunun sonucunda da bahse konu tanklardaki sular deşarj edildiğinde denizleri kirletmektedir.

Balast tanklarına petrol koyulduğunda tank yağ ile kirletilmektedir ve sonrasında sadece deniz suyu konulsa da deniz suyu yağ ile kirleneceğinden MARPOL 73/78’e (IMO 2006) göre “Kirli Balast” olarak tanımlanır. Gemideki dengeyi sağlamak amacıyla kullanılan bu tanklarda petrol taşınmaz ise deniz çevresinde olumsuz bir etki oluşturmaz. Fakat başka bir limandan alınan deniz suyu içerisinde bulunan organizmalar veya zararlı canlıların balast suyu olarak kullanılıp başka bir limanda denize deşarj edilmesi buradaki deniz ekosistemine zarar verebilir (Keskin 2006).

Uluslararası deniz ticareti yapan gemilerden denize deşarj edilen balast suyu miktarının yılda 3,1 milyar ($3,1 \times 10^9$) ton olduğu tahmin edilmektedir (David 2015). IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) tarafından belirlenen “Balast Suyu Performans Standardı Yönetmeliğine” göre, balast suyu yönetimi yapan gemilerin deşarjı yapan gemilerde deşarj edilecek balast suyunda Çizelge 2.6’da belirtilen standartları sağlayacak şekilde bir balast suyu arıtım sistemi olmak zorunludur. Ancak bu zorunluluk 2009’dan itibaren üretilen gemilere uygulanacaktır.

Çizelge 2.6. Denize deşarj edilebilecek balast suyu standartları (IMO 2004)

Mikroorganizma Kategorisi	Regülasyon
Plankton, boyu $> 50 \mu\text{m}$	$< 10 \text{ adet/ m}^3$
Plankton, boyu $10\text{-}50 \mu\text{m}$	$< 10 \text{ adet/mL}$
Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i>	$< 1 \text{ cfu (colony forming unit) /100 mL}$
<i>Escherichia coli</i>	$< 250 \text{ cfu/100 mL}$
Intestinal Enterococci	$< 100 \text{ cfu/100 mL}$

2.4. Sintine Suları

Gemilerde oluşan sintine suyu atığı, tatlı su ve deniz suyu ile yapılan yıkamalardan kaynaklı temizlik maddeleri ve makine sızıntılardan kaynaklanan yakıt, hidrolik yağlar, çözücüler ile yağlama yağlarından oluşan heterojen yapıya sahip bir atıktır. Deniz taşımacılığı kaynaklı olarak gemilerden denizlere yıllık toplam sintine suyu

deşarjı 16.730 tona ulaşmaktadır (NRC 2003). Sintine içindeki yağ, deniz yaşamına, kara yaşamına, insan sağlığına ve doğal kaynaklara zarar verebilir (Kennicutt vd. 1992; NRC 2003; Radovic vd. 2012).

Olorunfemi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar sintine suyunun, kanser ve gelişimsel bozukluklarla bağlantılı bir dizi tehlikeli madde içerdiği belirlenmiş ve bu durumda çevre ve halk sağlığı açısından sintine sularına maruz kalan gemilerin mürettebatı, çevre halkı ve balık çiftlikleri için risk oluşturduğu bildirilmiştir. Tiselius ve Magnusson (2017) tarafından yapılan çalışmada yasadışı olarak denizedeşarj edilen sintine suyunun ekolojik etkilerini belirlemek amacıyla yedi yolcu gemisinden alınan sintine suyu örneklerinin kimyasal bileşimi ve toksisitesi analiz edilmiştir. Araştırmacılar tarafından, bir gemi dışında, yağ içeriği yasaldeşarj eşiği olan 15 mg/L'nin altında olsa da ayrıştırıcılardan geçen sintine sularının %2,5-5'nin denizedeşarj edilmesinden 48 saat sonra birçok balık türünün besin kaynağı olan zooplankton *Acartia tonsa*'nın beslenmesinde ve çoğaltılmasında önemli ölçüde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları, sintine suyunun ekolojik etkilerin yağ-su ayrıştırıcılarından geçirilerek 15 mg/L'nin altında yasal olarak denizedeşarj edilmesine rağmen deniz ekosistemine olumsuz etkilerinin olduğunu göstermiştir.

Magnusson vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, sintine suyundaki kirleticilerin, özellikle de yağ ile ilgili bileşiklerin ve ağır metallerin, Baltık Denizi'nde yoğun gemi faaliyetleri olan bölgelerdeki ekosisteme zararlı etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Söz konusu çalışmada, araştırma bölgesinde bir yıl boyunca boşaltılan kirleticiler miktarlarını belirlemek için sintine suyu emisyon faktörleriyle birlikte gemi trafiği için AIS (Otomatik Tanımlama Sistemi) tabanlı özel olarak tasarlanmış gemi tipleri ve sayısı bu model kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada sadece yolcu gemileri dikkate alınmış olup, çalışma diğer tip gemilerde oluşan sintine atığı miktarı ve içeriğini kapsamamaktadır.

Balıkçı tekneleriyle ilgili yapılan çalışmada, balıkçı teknelerinden denize sintine suyunundeşarj edilmesinin Tayland'daki kıyı bölgesinde önemli bir kronik petrol kirliliği kaynağı olabileceği bildirilmiştir (Lin vd. 2007). Çalışmalarında büyük gemiler dikkate alınmamıştır. Benzer şekilde, 20 metreden küçük gemilerde veya yatlarda Fletcher vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada 30 küçük gemiden alınan sintine suları örneklerinin içeriği geleneksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Örnek alınan tekne türlerinin ve boyutlarının çeşitlendirilmesinin, gemi kaynaklı atıklar konusunda oluşacak risklerinin daha sağlam bir veriye dayanarak hesaplanabileceğini, boyutsal risk ölçeklerinin ve bunların nasıl en iyi şekilde yönetileceğinin belirlenebilmesi için farklı gemi tipleri seyir bilgilerinin de hesaplanması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında belirli boyutlardaki tekne/yatlar dikkate alınarak sintine suyu çalışması yapılmıştır.

Limanlarda alınan sintine suyunun değerlendirilmesi ve atık alımında yaşanan sorunları çözmek amacıyla Dvarioniene vd. (2013) tarafından, Litvanya Cumhuriyeti'ndeki en büyük limanı olan ve yılda 8000'den fazla gemiye hizmet veren Klaipeda limanında sintine suyu yaşam döngüsü analizi konusunda bir çalışma yapılmıştır. Klaipeda limanındaki sintine suyunun yaşam döngüsünün analizinden sonra sintine suyunun kontrolü ve yönetimi için akış modelindeki problemleri belirlemiş ve önerilerde bulunmuşlardır.

Çizelge 2.7. Gemilerin üretebileceği sintine miktarı konusunda yapılan çalışmalar

Sıra No	Kaynak	Gemi Tipi	Sintine Suyu Miktarı
1	National Research Council 2003.	100 Grt 'dan büyük 20.000 HP'luk Makine Gücüne sahip gemi	18,9 L/gün
		100 Grt 'dan küçük ve ortalama 350 HP'luk Makine Gücüne sahip gemi	0,34 L/gün
		100 Grt 'dan büyük ve 1.000 HP Makine Gücüne sahip gemi	0,945 L/gün
2	EMSA 2016.	Her 1.000 Grt için	0,003-0,86 m ³ /gün
		Her gemi için ortalama	0,01-13 m ³ /gün
3	De Osés, F. X. M. 2006.	Gemi Tonajı <5.000 Dwt	1,25 m ³ /1000 Dwt / Ay
		Gemi Tonajı 5.000- 15.000 Dwt	0,83 m ³ /1000 Dwt / Ay
		Gemi Tonajı 15.000-30.000 Dwt	0,77 m ³ /1000 Dwt / Ay
		Gemi Tonajı 30.000-60.000 Dwt	0,58 m ³ /1000 Dwt / Ay
		Gemi Tonajı> 60.000 Dwt	0,31 m ³ /1000 Dwt / Ay
4	Andersson vd. 2016.	20.000 HP	19 L/gün
5	Caric 2016.	3.000 yolcu kapasiteli yolcu gemisi	10 L/gün
6	Kallel vd. 2017.	3.960 Kw, 4.163 Grt, 100 m, 14 Mürettebat	1 m ³ /ay
7	Onwuegbuchunam vd. 2017.	Kargo Gemisi	3,7 m ³ (yıllık)
		Tanker	4 m ³ (yıllık)
		Römorklar	3,5 m ³ (yıllık)
		Yolcu Gemileri	1,8 m ³ (yıllık)
8	Tomaszewska vd. 2005.	Her Gemi	0,5–50 m ³ /gün

Gemi trafiğine bağlı olarak oluşabilecek yağlı sintine atıkları, atıksu ve katı atık miktarlarının tahmin edilmesi konusunda Ulnikovic vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada gemi trafiği, tipleri ve sayısı ile limana yanaşma sayısı hakkında gerekli bilgiler gemi sahiplerine yapılan anketlerden ve araştırmacılarla yapılan görüşmelerden çıkarılmıştır. Bu çalışmada 10 liman için üç ile beş yıllık atık miktarları hesaplanarak gemi kaynaklı atıkların işlenmesi ve ihtiyaçları konusunda tavsiyelerde bulunulmuştur. Atık yağ miktarı, her geminin Sırbistan su yollarında en az bir defa yağ değişimi yaptığı varsayılarak, motor yağı değişim sayısına ve her motorun yağ kapasitesine göre ölçülmüştür. Katı atık miktar tayini, her bir kişinin günde 1 kg katı atık ürettiği varsayılarak, gemilerdeki toplam kişi sayısına dayanmaktadır. Atık su miktarları, gemilerdeki tahmini toplam insan sayısına göre hesaplanmış ve limanlarda atık alım kapasiteleri değerlendirilmiştir.

Betti vd. (2011) tarafından deniz kaynaklı faaliyetlerden küresel deniz ortamına giren yıllık petrol miktarının yaklaşık 1,25 milyon ton olduğunu bildirilmiştir. Tanker kazaları ve açık deniz sondaj kulelerindeki patlamalar en fazla üzerinde durulan konular

olsa da nadiren gerçekleşir ve yalnızca denizde yağ kirliliğinin küçük bir kısmını oluşturur (Kadali vd. 2012). Denizdeki orantısız derecede yüksek miktarda petrol kirliliği, sintine suyunun denize boşaltılması ve sintine suyu, balast suyu ve evsel atıksu gibi deniz taşımacılığından kaynaklanan operasyonlardan kaynaklanmaktadır (Blanchard vd. 2011; Jing vd. 2012b). Sintine suları konusunda Rincon ve La Motta (2014) tarafından yapılan çalışmada ise, Amerika Birleşik Devletleri'nde, sintine suyu üretimi yıllık milyonlarca metreküp olarak tahmin edildiği ve ABD'de üretilen sintine suyunun miktarı hakkında ulusal bir rapor olmadığı belirtilmiştir.

Çevreye ve insan sağlığına birçok etkisi belirlenmiş sintine suyunun miktarı konusunda yapılan çalışmalara baktığımızda EMSA tarafından 2016 yılında yapılan bir çalışmada bir gemi tarafından günlük üretilen sintine suyu 0,01 ila 13 m³ arasında değişmektedir (daha büyük gemiler genellikle daha küçük gemilerden daha fazla üretmektedir), bu çalışmada ortalama değer günde 0,3 m³ veya günde 0,02 m³/ 1.000 Grt'dur (EMSA 2016). Ayrıca bir geminin sintine suyu üretimi ile geminin tonajı, personel/yolcu sayısı ve yakıt tüketimi arasında bir ilişki bulunmadığı belirtilmiştir.

Literatür incelendiğinde sintine atığı konusunda bir geminin üretebileceği sintine miktarı hesaplanmış ve Çizelge 2.7'de gösterilmiştir. Ancak hassas alanları da içeren bir bölge için gelecek yıllarda oluşabilecek sintine atığı ve gemi sayısının olasılığı kullanılarak sintine miktarının riski belirlenmesi konusunda çalışmaya rastlanmamıştır.

2.4.1. Sintine suyunun içeriği

Sintine suyu yakıt, hidrolik yağlar, yağlama yağları, uçucu organik bileşikler, metaller, deterjanlar, yağ çözücüler ve bir gemideki faaliyetlerden elde edilen diğer kimyasalları içerebilir (EPA 2008). Sintine suyunun içeriği Şekil 2.3'te verilmiştir.

Gemilerden oluşan sintine atığının içerdiği polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi birçok toksik ve kalıcı madde, besin zincirinde sucül yaşam ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Tsapakis vd. 2010). Magnusson vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada sintine suyundaki toplam 16 PAH konsantrasyonları, toplam petrol konsantrasyonunun %0,7'sini oluştururken, naftalinin en baskın bileşik olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca denize yasal olarak deşarj edilen sintine suyunun içeriğindeki petrol ve ağır metallerin tahmin edilenden 4 ila 8 kat daha düşük olduğu tahmin edilmiştir. Ancak, mevcut toksisite verileri kısa süreli etkiye göre hesaplanmıştır ve sintine suyu deşarj ile diğer operasyonel deniz nakliye faaliyetlerinden kaynaklanan küçük ancak kronik olarak yüksek kirletici konsantrasyonlarının toksik etkileri hakkında bugüne kadar sınırlı bilgi bulunmaktadır.

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 biyolojik yapısını daha fazla bozmaktadır (Greer vd. 2012; Wu vd. 2012; Almeda vd. 2014).

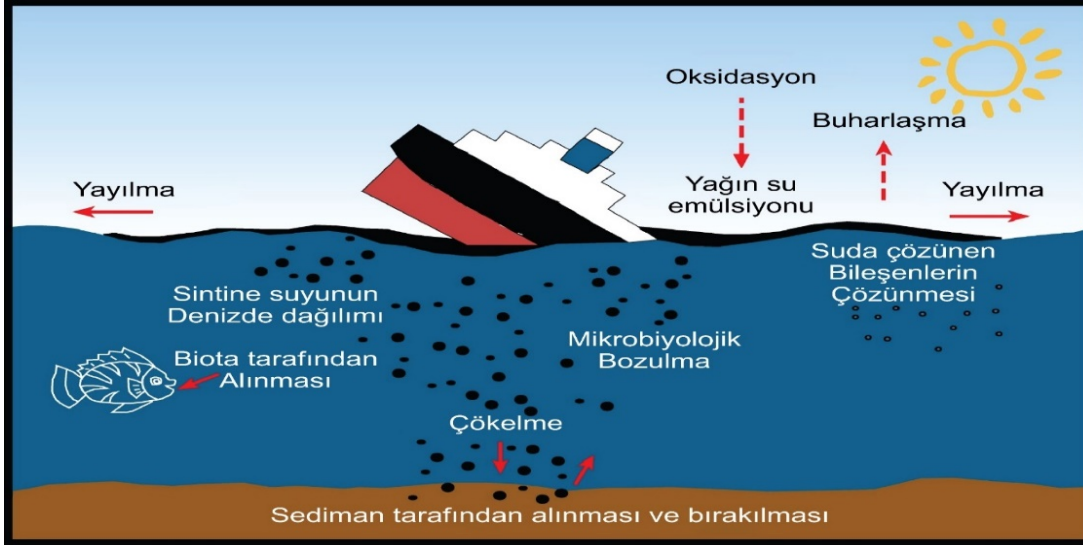
Magnusson vd. (2018) tarafından gemilerden bulunan yağ su ayrıştırıcılarından geçerek yasal olarak denize deşarj edilen sintine suyunun içeriği konusunda yapılan çalışmada, yedi tane gemiden alınan arıtılmış sintine suyunun toplam yağ içeriğinin 0,091 ile 69,3 mg /L arasında değiştiği ve bir gemi hariç tüm gemiler için kabul edilen 15 mg/L /L 'in altında olduğu belirlenmiştir. Sintine suyundaki toplam petrol içeriğinin bir göstergesi olan $\Sigma 16$ PAH konsantrasyonları, gemiler arasında büyük farklılıklar göstermiştir. En yüksek konsantrasyonlar, 100–240 μg /L arasında değişmiş ve en düşük 0,067–0,53 μg /L aralığında bulunmuştur.



Şekil 2.3. Sintine suyunun içeriği (EPA 2008)

Chanthamalee vd. (2013) tarafından küçük balıkçı teknelerinin ürettiği ve denize direk olarak deşarj ettiği sintine suyunun içeriği konusunda yapılan çalışmada sintine suyunun yağ içeriğinin 58 ila 976 mg/L arasında değiştiği bunun da MARPOL 73/78 tarafından belirlenen sintine suyundaki yağ içeriğinin 15 mg/L çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sintine suyu denize deşarj edildiğinde içeriğindeki yağ ile yüzey aktif madde içeriğinin miktarına göre ve denizdeki akıntı ile rüzgar etkisiyle birlikte değişen sürelerde oksidasyon, buharlaşma, çökme gibi hareketler ile deniz suyunda hareket eder. Bu hareketin genel özeti Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

Denizdeki canlıların sintine suyunun içinde bulunan petrol hidrokarbonlarına maruz kalması, akut toksisite veya fiziksel boğulma nedeniyle ölümlerine yol açmaktadır (Krenshaw 2009). Ayrıca, olası uzun vadeli etkileri ise yaşam süresinin azalması veya üremede bozulma; kalıcı bileşenlerin kronik toksisitesi ve habitat bozulması (Peterson ve Holland-Bartels 2002) olarak sıralanabilir. Kanada'da yapılan bir araştırmada, Atlantik Kanada'da sintine suyu gibi yağlı atıkların gemiler tarafından deşarj edilmesi nedeniyle yılda 300.000 deniz kuşunun öldüğünün tahmin edildiği bildirilmiştir (Wiese ve Robertson 2004).



Şekil 2.4. Sintine suyu atığının denizdeki hareketi (Andersson vd. 2016)

Yapılan başka bir çalışmada ise yağın veya petrolün çok küçük konsantrasyonların denize deşarj edilmesinin balıkları öldürebileceği veya ölümcül olmayan çeşitli kronik etkilere neden olabileceği ve ayrıca mercan resiflerine ciddi şekilde zarar verebileceği bildirilmiştir. (CRS 2007). Özet olarak literatürde sintine suyunun örneklenerek içeriğinin belirlenmesi konusunda üç çalışma (Penny ve Suominen-Yeh 2008; McLaughlin vd. 2014; Tiselius ve Magnusson 2017) ve EPA tarafından yayınlanmış rapor (Albert ve Danesi 2011) bulunmuştur. Sintine suyunun içeriği konusunda yapılan çalışmaların sınırlı olduğu, içeriğinin belirlenmesi yanında bunu deniz kirliliğine etkisinin de mevcut durumu belirleyecek karşılaştırılmadığı ve çalışmaların belli gemi tipleri ile bölgeleri kapsadığı belirlenmiştir.

Canlılara etkisi dikkate alındığında, büyük sintine deşarjlarının içeriğindeki petrol türevli maddelerdeki kimyasallar canlıların hücre zarlarının lipidlerinde çözüldüğünde meydana gelen narkoz nedeniyle organizmalarda ölümcül etkilere yol açar (Burgess 2009). Küçük sintine deşarjlarının ise canlıların üreme oranını azaltacağı bildirilmiştir (Lindgren 2015). Magnusson vd. (2018) tarafından yedi adet yolcu gemisinden alınan ve yağlı su ayırıcılarda (OWS) arıtılmış tahliye edilmeye hazır sintine suları analiz edilmiştir. Bu analizlerde sintine suyunun kimyasal bileşimi ve içerdiği kirleticiler konusunda elde edilen veriler Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Asselin vd. (2008) tarafından sintine suyunun içeriği konusunda yapılan çalışmada ağır metallerden Fe’in 29,3 mg/L ve Al ise 5,6 mg/L miktarında bulundukları belirlenmiştir. Ayrıca toplam yağ oranının 800 mg/L olduğu belirlenmiştir. Olorunfemi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise sintine suyunda Cu 0,5, Mn 3,9, Fe 5,7, Cd 0,1, Cr 1,4 Ag 0,2, Ni 0,3 ve Zn 11,6 mg/L miktarında bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2.8. Yedi yolcu gemisinden gelen arıtılmış sintine suyunda organik kirleticiler ve ağır metal konsantrasyonları (Magnusson vd. 2018)

Organik kirleticiler	Sintinedeki Konsantrasyonu (µg/L)	Ağır Metaller	Sintinedeki Konsantrasyonu (µg/L)
Toplam Yağ	12,16 ± 10,31	V	37,8 ± 23,4
Yağ oranı > C10 - C12	223 ± 108	Cr	19,2 ± 8,53
Yağ oranı > C12 - C16	835 ± 619	Mn	161 ± 58,8
Yağ oranı > C16 - C35	9.15 ± 7.97	Co	89,7 ± 60,4
Yağ oranı > C35 - < C40	1.946 ± 1.624	Ni	75,4 ± 19,2
Naftalin	68,0 ± 35,9	Cu	25,4 ± 13,1
Asenaftilen	0,22 ± 0,15	Zn	310 ± 66,1
Asenaften	1,21 ± 0,89	Fe	3204 ± 132
Floren	4,44 ± 2,65	As	1,91 ± 0,34
Fenantren	4,49 ± 2,56	S	51,9 ± 6,12
Antrasen	0,17 ± 0,09	Cd	< 0,2
Floranten	1,24 ± 1,20	Pb	< 4
Piren	2,01 ± 1,63	Hg	2,79 ± 1,14
Benz (a) antrasen	0,05 ± 0,01		
Krizen	0,34 ± 0,32		
Benz (b) fluoranten	0,18 ± 0,17		
Benz (k) fluoranten	0,05 ± 0,04		
Benzo (a) piren	0,21 ± 0,20		
Dibenzo (ah) antrasen	0,01 ± 0,002		
Benzo (ghi) perilen	0,21 ± 0,16		
Indeno (123cd) piren	0,10 ± 0,08		
PAH, 16	83,0 ± 40,5		
PAH, L*	69,0 ± 36,0		
PAH, M	12,3 ± 7,86		
PAH, H	1,10 ± 0,96		
Anyonik yüzey aktif maddeler	6.381 ± 2.274		
Katyonik yüzey aktif maddeler	2.594 ± 2.032		
Noniyonik yüzey aktif maddeler	2.086 ± 1.497		

* L: Alçak, M: Orta, H: Yüksek

2.4.2. Sintine suyunun deniz suyundaki emülsiyonunu etkileyen özellikler

Yapılan bir çalışmada sintine suyunun pH, iletkenlik, bulanıklık, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), katılar ve yağ içeriği gibi genel özellikleri, emülsiyon stabilize etme mekanizmaları hakkında bilgi sağlayabileceği bildirilmiştir (Church vd. 2019). Bu parametrelerin ölçülmesi basittir ve genellikle sintine suyu arıtma literatüründe mevcuttur. pH, test şeritleri veya taşınabilir bir pH metre kullanılarak belirlenebilir. İletkenlik (mS/cm), taşınabilir bir iletkenlik ölçer kullanılarak ölçülebilir ve bahse konu

ölçüm bize sintine suyunun iyonik gücü hakkında bilgi sağlamaktadır (Canizares vd. 2007).

Su çözeltilerinde yüksek iletkenliğe sahip yağ, koruyucu etkiyi azaltarak elektrostatik emülsiyonların kararlılığını azaltır. Bulanıklık, sintine suyu numunelerinde bulunan emülsiyonların, asılı parçacıkların ve diğer ışık saçan parçacıkların konsantrasyonu için bir temsili ölçümdür. Sintine suyu emülsiyon stabilitesi, yağın fiziksel özellikleri, su, ara yüzey filmler ve yağ ve su fazlarında yüzey aktif madde çözünürlüğü üzerindeki etkisinden dolayı sıcaklıktan etkilenir (Adams vd. 2007). Sıcaklık arttıkça damlacıkların termal enerjisi de artar, bu da damlacık çarpışmalarını ve birleşmesine neden olur. Artan sıcaklık aynı zamanda viskoziteyi azaltır. Ancak, artan sıcaklık aynı zamanda yüzey aktif madde adsorpsiyon kinetiğini de etkileyebilir ve bu da yağların birleşmesini azaltır (Kokal 2005).

Emülsiyon stabilizesinde sıcaklıkların rolü bilinmesine rağmen sintine suyunun sıcaklığı hakkında sınırlı veri bulunmaktadır. Chanthamalee vd. (2013) Tayland'daki küçük balıkçı gemilerinde sintine suyu sıcaklığının 25 ila 30°C arasında değiştiğini ve Santisi vd. (2015) İtalya'da özel bir yolcu gemisinde sintine suyunun sıcaklığının 21°C olduğunu bildirmişlerdir. Bu veriler yeterli olmadığından, sintine suyunun emülsiyonlarını üzerinde yapılan araştırmalarda bir sıcaklık aralığı seçilmiştir. Örneğin Ulucan ve Kurt (2015), 4 ile 60 °C arasında değişen sıcaklık aralığını incelemişlerdir. Sonuç olarak sintine suyunun sıcaklığı, gemideki sintine tankının büyüklüğü, deniz suyunun sıcaklığı, sintine suyunun ne kadar süredir burada muhafaza edildiği gibi birçok faktöre bağlı olduğundan sıcaklığın etkisi net olarak belirlenememektedir.

pH, su içinde yağ emülsiyonlarının stabilitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Abdolmaleki vd. 2016). İnorganik asitlerin ve bazların emülsiyonlara eklenmesi, yağ ile suyu ara yüzünün fiziksel özelliklerini değiştirebilen filmlerinin iyonlaşmasını etkiler. Kokal tarafından yaklaşık 10'luk bir pH'ın, bir ham petrol ve tuzlu su emülsiyon sisteminde minimum emülsiyon stabilize edici özellikler sergilediğini belirlemiştir (Kokal 2005). Sintine suyunun pH'ı 6,8 ile 9,0 arasında değiştiği bildirilmiştir (Chanthamalee vd. 2013; Emadian vd. 2015). Diğer parametrelerde olduğu gibi, sintine suyunun pH'ı bir gemi seyir halindeyken muhtemelen değişecektir. Ayrıca, sintine suyu emülsiyonu oluşumunun pH'dan etkilenmesi muhtemeldir ve önceden stabil olan emülsiyonlar sintine suyunun içeriğindeki değişikliklerden dolayı pH sürekli değişebilir.

Yüzey aktif maddeler: Yüzey aktif madde tipi, yüke (yani anyonik, katyonik veya noniyonik), ana grup boyutuna ve kimyasal bileşiğe bağlı olarak emülsiyonların elektrostatik veya sterik etkiler kullanılarak stabilize edilip edilmediğini belirleyebilir (Church vd. 2019). Gıda bilimi (McClements 2015), kozmetikler (Gilbert vd. 2013) ve yüzey aktif maddelerin belirli özelliklere göre seçildiği diğer alanlardaki emülsiyonlardan farklı olarak sintine suyu, diğer gemi uygulamalarında kullanılan çeşitli temizleyiciler ve deterjanlar içerir. Bu nedenle, sintine suyunda bulunan yüzey aktif madde türlerini tahmin etmek içeriğinin günlük olarak değişebilen gemi faaliyetlerine bağlı olmasından dolayı çok zordur.

Yüzey aktif madde konsantrasyonu ayrıca sintine suyu emülsiyonu stabilizasyonunda önemli bir rol oynayabilir. Sürfaktanlar, seyreltik miktarlarda bir çözeltiye eklendiğinde, sürfaktan konsantrasyonunun kritik miselleşme konsantrasyonunun (CMC) ötesine artırıldığı zamana kıyasla, emülsiyonları stabilize etmede genellikle daha az etkilidirler. CMC, yüzey enerjisinin azaltılması nedeniyle miselleşmenin termodinamik olarak elverişli hale geldiği ve herhangi bir ilave yüzey aktif maddenin doğrudan misellerin oluşumuna gittiği noktadır (Church vd. 2019). Yüzey aktif cisimlerinin emülsiyon stabilitesinde oynadıkları önemli role rağmen, sintine suyu yüzey aktif cismi karakterizasyonuna ilişkin herhangi bir rapor bulunmamaktadır.

Sintine içerisindeki katı parçacıklar çok kararlı emülsiyonlar oluşturan konsantrasyonlarda maddeler içermektedir (Umar vd. 2018). Partikül stabilize emülsiyonların potansiyel oluşumunu belirlemek için toplam askıda katı madde konsantrasyonu ve ayrıca katı partikül boyutu, partiküllerin nemi ve partiküller arası etkileşimler analiz edilebilir. Sintine suyundaki asılı partikül konsantrasyonu raporları önemli ölçüde değişiklik gösterir. Bir çalışmada, toplam askıda katı madde konsantrasyonu 41-2.684 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (EPA 1999).

Sintine suyundaki yağ içeriği, üretilen yağ damlacıklarının boyutunu etkileyerek emülsiyon stabilitesini dolaylı olarak etkiler. Damlacık boyutu ile enerji girişi arasındaki ilişki ilk olarak, atalet akış rejiminde hayatta kalan maksimum damlacık boyutunun denge arayüzey geriliminin birim kütle başına, sürekli fazın yoğunluğunun ve ortalama enerji dağılımının bir fonksiyonu olduğunu öngören Hinze-Kolmogorov denklemi ile tanımlanmıştır (Angle ve Hamza 2006). Hinze-Kolmogorov denklemi, yüksek petrol fraksiyon sistemlerinde ve çeşitli ve sürekli fazlar arasında farklı viskozitelere sahip olanlarda damlacık oluşumunu daha iyi tahmin etmek için birçok kez değiştirilmiştir (Angle ve Hamza 2006).

2.5. Gemilerden Kaynaklı Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Konusunda Uluslararası Düzenlemeler

Deniz kirliliğinin önlenmesi konusunda Uluslararası, bölgesel ve Ulusal birçok yasal düzenleme yapılmıştır. Bu yasal düzenlemeler deniz kirliliğini önleme ve deniz çevresini koruma ile sorumluluk ve tazmin olarak değerlendirilebilir. İlk uluslararası sözleşme, Petrol ve Petrol kaynaklı ürünlerin neden olduğu Deniz Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşmedir (OILPOL 1954). Deniz kirliliği konusundaki uluslararası sözleşmelerin listesi Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesinin en etkili ve en önemli yollarından bir tanesi gemilerin uğradıkları limanlarda atık alım imkân ve kabiliyetinin bulunmasıdır. Bu amaçla da gemilerden atık alınması konusundaki ilk düzenleme OILPOL 1954'tür. Ancak OILPOL, 1962 ve 1969 tarihlerinde yapılan yeni düzenlemelere rağmen atık alım tesisi kurulması kararını liman devletine bırakmasından dolayı uluslararası olarak etkisiz kalmıştır. Ayrıca 18 Mart 1967 tarihinde Manş Denizi'nde meydana gelen 'Torrey Canyon' kazasında denize 120.000 ton petrol dökülmesinden sonra OILPOL Sözleşmesinin deniz kirliliğini önleme konusunda yetersiz olduğu tüm dünya tarafından görülmüştür.

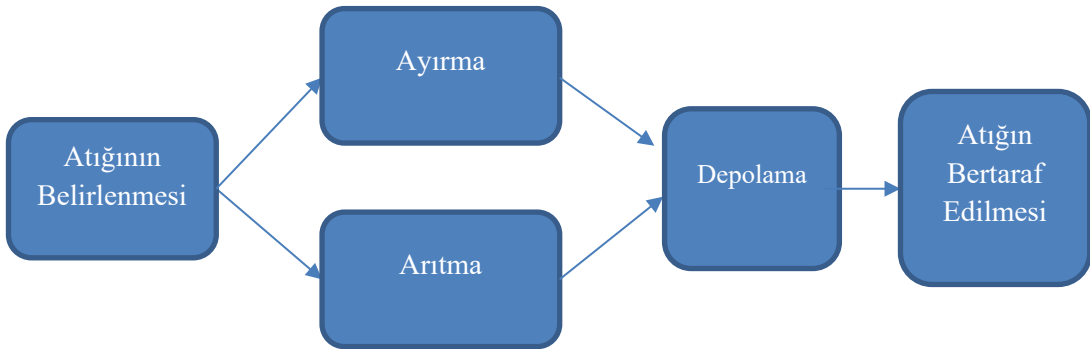
Çizelge 2.9. Deniz kirliliğini konusundaki uluslararası sözleşmeler

Deniz Çevresini Koruma ve Deniz Kirliliğini Önleme Sözleşmeleri	Sorumluluk ve Tazmin Sözleşmeleri
Petrol ve Petrol kaynaklı ürünlerin neden olduğu Deniz Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme'dir (OILPOL 1954)	Petrol Kirliliğinden Doğan Zararın Hukuki Sorumluluğu ile İlgili Uluslararası Sözleşme ve 1992 Protokolü (CLC 69-International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage 1969 and 1992 Protocol-CLC 92) (Anonim 1)
Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS-United Nations Convention on Law of the Sea) (Nordquist 2011)	Petrol Kirliliği Zararının Tazmini İçin Bir Uluslararası Fonun Kurulması ile İlgili Uluslararası Sözleşme ve 1992 Protokolü (FUND 71-International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage 1971 and 1992 Protocol-FUND 92) (Anonim 2 2022)
Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78 2017, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 1973, as Modified by the Protocol of 1978) (MARPOL 73/78 2017)	Nükleer Malzemelerin Denizden Taşınmasında Hukuki Sorumluluk Hakkında Sözleşme (NUCLEAR 71-Convention Relating to Civil Liability in the Field of Maritime Carriage of Nuclear Material 1971) (Anonim 3 2022)
Açık denizde Petrol Kirlenmesi Olaylarına Müdahale Hakkında Uluslararası Sözleşme (INTERVENTION 69-International Convention Relating to Intervention on the High Seas in Cases of Oil Pollution Casualties 1969) (Erkebay 2018)	Yolcuların ve Bagajlarının Denizden Taşınması ile ilgili Atina Sözleşmesi (PAL 74-Athens Convention Relating to the Carriage of Passangers and their Luggage by Sea 1974) (Anonim 4 2022)
Atık ve Diğer Maddelerin Suyu Batırılması Yoluyla Deniz Kirlenmesinin Önlenmesi Sözleşmesi ve 1996 Protokolü (LC 72-Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter 1972 and 1996 Protocol- LC 96) (Farnelli 2017)	Denizde Talepler İçin Sorumluluğun Sınırlandırılması Hakkında Sözleşme (LLMC 76-Convention on Limitation of Liability for Maritime Claims 1976) (Anonim 5 2022)
Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş birliği Uluslararası Sözleşmesi (OPRC 1990-International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation 1990) (Gold 1991)	Zararlı ve Tehlikeli Maddelerin Denizden Taşınmasında Zararların Tazmini ve Sorumluluk Hakkında Uluslararası Sözleşme (HNS 96-International Convention on Liability and Compensation for Damage in Connection with the Carriage of Hazardous and Noxious Substances by Sea 1996) (Anonim 6 2022)

Çizelge 2.9'un devamı

Deniz Çevresini Koruma ve Deniz Kirliliğini Önleme Sözleşmeleri	Sorumluluk ve Tazmin Sözleşmeleri
Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Kirlenme Olaylarına Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İş birliği Hakkında Protokol (HNS Protocol- Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances, 2000) (Pinjo 2001)	Bunkerlerdeki Petrolden Kaynaklanan Kirlenme Zararları İçin Hukuki Sorumluluk Hakkında Uluslararası Sözleşme (BUNKER 2001- International Convention on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage 2001) (Anonim 7 2022)
Gemilerde Kullanılan Zararlı Anti-fouling Sistemlerin Kontrolüne Dair Uluslararası Sözleşme (AFS 2001-International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships 2001) (Anonim 8 2022)	
Gemi Balast Sularının ve Tortularının Yönetimi ve Kontrolü Hakkında Uluslararası Sözleşme (BWM 2004- International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments 2004) (Anonim 9 2022)	

MARPOL 73/78 Sözleşmesi; gemilerin rutin faaliyetlerinden veya gemi kazaları nedeniyle oluşabilecek meydana gelebilecek deniz kirlenmesinin önlenmesi amacıyla Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından yapılan uluslararası bir sözleşmedir. Atık alım tesislerinin kurulması ve işletilmesi konusu, 1973 yılında hazırlanan ve 1978 yılında yeniden düzenlenen Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Konvansiyonu (MARPOL) içinde daha kapsamlı olarak ele alınmıştır.



Şekil 2.5. Atık yönetim planlarının geliştirilmesi için IMO kılavuzları (IMO 2012, 2017)

Atık Yönetim Planı, MARPOL 73/78 (2017) Ek V'de yer alan kılavuzlara uygun olarak gemi sahiplerinin hazırlamakla sorumlu olduğu bir belgedir (Deja vd. 2021). Bu konudaki en son değişiklikler 1 Mart 2018 tarihinde yürürlüğe giren MEPC.277 (70) ile yapılmıştır. Bu direktif tüm gemi atıklarının yönetimi için yasal dayanak ve modelin ana

hatlarını vermektedir. Bahse konu direktif atık işleme ve yönetimi, depolama yeri, ayrıştırma ile ilgili talimatları ve ayrıca mürettebatın ve atıkları yönetmekle görevlendirilen kişilerin sorumluluklarını da belirlemiştir. Bu direktife göre IMO tarafından verilen atık yönetim planı içerik diyagramı Şekil 2.5'te verilmiştir.

Atık tanımlama – MARPOL 73/78 (Ek V) hükümlerince tanımlanan bir süreçtir. Gemide belirlenen bir kişi, gemi atık yönetim planı hükümlerinin ve kılavuz ilkelerin uygulanmasından ve mürettebatın uygun şekilde eğitilmesinden, depolama yerlerinin belirlenmesinden sorumludur.

Ayırma – kaptan tarafından belirlenen mürettebat tarafından güverte ve makine bölümünde ayrı ayrı yapılır. Tüm ayırma faaliyeti, geminin kirlenmesine veya atıkların denize boşaltılmasına karşı güvenlik ve koruma sağlayacak bir yerde yapılır.

Depolama – atıkların depolanması, gemi atık yönetim planında belirtildiği gibi özel bir yerde gerçekleştirilir. Her kategoriye, belirlenmiş bir yerde bulunan bir konteyner bulunur.

Atık bertarafı –MARPOL 73/78 MEPC 277(70) (IMO 2018) Ek V'de yer alan ayrıntılı standartlara uygun olarak gerçekleştirilmelidir. Bu işlemlerin hepsi MARPOL 73/78'e göre gemilerde olması gereken çöp planında belirlenecektir.

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) denizlerin güvenliği, deniz ile çevresinin korunması ve uluslararası seyir yapan gemilerin donatılması istenen asgari standartlar konusunda devletler arasında iş birliği ile koordinasyonu sağlamak ve belirlenen standartların tüm devletler tarafından aynı şekilde uygulanarak benimsenmesini teşvik etmek amacıyla düzenlemeler yapmaktadır. Ülkemiz MARPOL 73/78 sözleşmesine 24 Haziran 1990 tarihinde taraf olmuştur. Sözleşmede gemilerden oluşan kirlenmeyi kapsayan kurallar 6 ekte gruplandırılmıştır. Ayrıca “Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi Protokolü” 1997 yılında yeniden düzenlenerek kabul edilmiştir. IMO sözleşmesine göre gemilerden kaynaklı çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik önemli sözleşmelere ilişkin bilgiler Çizelge 2.10'da verilmiştir.

MARPOL 73/78'in ekleri, deniz ortamının gemilerden kaynaklanan kirlenmesini önlemek amacıyla petrol, kimyasallar, kanalizasyon, çöp ve hava emisyonlarından kaynaklanan kirliliği düzenlemektedir. MARPOL 73/78'ün Ek I ve II bölümlerinin tüm taraf devletler tarafından uygulanması zorunludur. Ancak için Ek III ve Ek VI'daki kuralların uygulanması taraf devletlerin isteğine bağlıdır. Burada gemilerden kaynaklı sintine atığı konusundaki kurallar Ek-I'de ve atıksular konusundaki kurallar ise Ek-IV'dedir. MARPOL 73/78'e göre gemilerde olması gereken çöp planının bir örneği EK 2'de verilmiştir. Hong Kong Sözleşmesi, gemilerde bulunan tehlikeli maddelerle ilgili gemi geri dönüşümünün çevresel ve sağlık riskleri konusunda uygulanması gereken kuralları belirlemektedir. Hong Kong Sözleşmesi, savaş gemileri ve 500 Grt altındaki gemileri kapsamamaktadır.

Özet olarak, MARPOL 73/78 ile düzenlenmeyen gemilerden kaynaklanan kirliliğin diğer kaynaklarını önlemek amacıyla yeni sözleşmeler veya düzenlemeler getirilmiştir. Gemilerdeki zararlı (zehirli) boyaların kontrolü için “Gemilerde Kullanılan Zararlı Anti-fouling Sistemlerin Kontrolüne Dair Uluslararası Sözleşmesi” ile organotin

bileşiklerinin gemi gövdelerine antifouling sistemlerinde uygulanmasını yasaklar. Ayrıca diğer zararlı maddelerin gelecekte kullanımını önlemek için de bir çerçeve oluşturulmuştur (Andersson vd. 2016). “Gemi Balast Suyu ve Sedimanların Kontrolü ve Yönetimine İlişkin Uluslararası Sözleşme” ise belirli standartlara uygun yönetim uygulamaları zorunlu tutarak yabancı türlerin gemi balast suyundan yayılmasını kontrol etmeyi amaçlamaktadır ancak henüz yürürlüğü koyulmamıştır.

Çizelge 2.10. IMO sözleşmesine göre gemilerden kaynaklı çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik önemli sözleşmelere ilişkin bilgiler (Andersson vd. 2016)

IMO Sözleşmesi	Kurallar	Kabul Tarihi	Uygulama Tarihi
MARPOL 73/78	Gemilerden Kaynaklı Kirlilik	1973/1978	1983
Ek I	Petrolde Oluşan Kirlenmenin ile ilgili kurallar	1973	1983
Ek II	Dökme Zehirli Sıvı maddelerden Oluşan Kirlenmenin Önlenmesi ile ilgili kurallar.	1973	1983
Ek III	Deniz Yolu ile Taşınan Paketlenmiş Zehirli Maddelerden Oluşan Kirlenmenin önlenmesi ile ilgili kurallar.	1973	1992
Ek IV	Gemilerden Çıkan Pis Sulardan Kirlenmenin Önlenmesi ile ilgili kurallar	1973	2003
Ek V	Gemilerden Atılan Çöplerden Kirlenmenin Önlenmesi ile ilgili kurallar	1973	1988
Ek VI	Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi ile ilgili kurallar	1997	2005
Gemilerden Kaynaklı Zehirli Boyların Önlenmesi Sözleşmesi	Zehirli Boylar	2001	2008
Gemi Balast Sularının ve Tortularının Yönetimi ve Kontrolü Hakkında Uluslararası Sözleşme	İstilacı Türler	2004	-
Gemilerin Güvenli ve Çevreye Duyarlı Geri Dönüşümü için Hong Kong Uluslararası Sözleşmesi	Gemilerin Geri Dönüşümü	2009	-
Enkazların Kaldırılmasına İlişkin Nairobi Uluslararası Sözleşmesi	Gemi Enkazlarının Kaldırılması	2007	2015

Ülkemiz, denizlerin güvenliği ve deniz çevresini tehdit eden unsurları ortadan kaldırmak amacıyla; Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)’nün değişen kural ve tavsiyelerinin uygulanması amacıyla Ulusal mevzuatında gerekli düzenlemeleri yapmaktadır. Türkiye, MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve tüm Ek’lerine taraftır. MARPOL 73/78 Ek V’e göre denize çöp boşaltma kısıtlarının özeti EK 1’de verilmiştir.

Bu uluslararası sözleşmelerin yanında Ülkemizin deniz çevre denizlerini kapsayan bölgesel olarak imzalanan deniz kirliliği sözleşmeler, “Akdeniz’in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi” diğer adıyla Barselona Sözleşmesi (1976) (Anonim 10 2022), “Tehlikeli Atıkların Sınırlar Ötesi Taşınımının ve Bertarafının Kontrolüne İlişkin

Sözleşmesi” olan Basel Sözleşmesi (1989) (Anonim 11 2022), “Karadeniz’in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi olan Bükreş Sözleşmesi” (1992) (Anonim 12 2022), “Akdeniz Memorandumu” (1997) (Anonim 13 2022) ve “Karadeniz Memorandumu” (2000) (Anonim 14 2022) olarak sıralanabilir.

2.5.1. Sintine atığı konusundaki kurallar

MARPOL 73/78 sözleşmesi Ek-1’deki kurallar sintine atığı konusundaki düzenlemeleri içermektedir. Buradaki düzenlemeler 150 Grt’den büyük tankerler ve 400 Grt’dan büyük bütün gemileri kapsamaktadır. Sözleşmelerde belirtilen kriterler uygun olana gemilere ‘International Oil Prevention Certificate (Uluslararası Petrol Kirliliğinden Korunma Sertifikası)’ sertifikası verilir. Sertifika 5 yıllığına düzenlenip, yıllık sürveylerle vize edilmesi gerekmektedir. Sözleşme kapsamına deniz kirliliğe neden olan petrol, ham petrol, fueloil, rafine edilmiş petrol ürünleri olup, bunlar dışındaki ürünler bu kapsama girmemektedir.

MARPOL 73/78’de denizde kıyıdan 12 nm içinde gemiler tarafından denize bırakılacak sintine atıklarının içerisindeki yağ ile diğer yabancı maddelerin miktarının gemilerde bulunan yağ-su ayrıştırıcıları kullanılarak 15 ppm’in altına indirgenerek denize deşarj edilmesi kuralı getirilmiştir. 400 Grt’un üzerinde tonaja sahip olan gemilerin yağ-su ayrıştırıcısı bulundurarak sintine atığını ayrıştırıcısı bulundurulması zorunludur. Petrol tankeri gemilerinde 150 Grt ve üzeri, petrol tankeri dışında kalan 400 Grt ve üzeri gemilerde Yağ Kayıt Defteri Kısım I (Makine Dairesi Faaliyetleri) tutulacaktır. 150 Grt’dan büyük tankerler ise buna ek olarak kargo ve balast operasyonlarından kaynaklanan atıkların kaydedildiği Yağ Kayıt defteri Bölüm II’yi de doldurmakla yükümlüdür. Yağ yakıt defterinde, geminin adı ve IMO Numarası, Geminin Tonajı, Sahibinin bilgileri Kullanım süresi gibi bilgiler bulunmalıdır. SOPEP (Gemi Petrol Kirliliği Acil Durum Planı) Ek I kapsamındaki bütün gemiler bulundurmakla yükümlüdür. IMO, konu hakkında rehber yayınlamıştır. Söz konusu rehber gemiler için bir acil durum planı hazırlanması için gerekli bilgileri ve örnekleri içermektedir. Sintine Suları Boşaltım Koşulları; petrol tankeri olmayan diğer tip 400 Grt ve üzeri gemilerden, yükündeki petrol ile karışmamış, sintine mahalinde bulunan yük pompası dışında, tanker tipi geminin makine dairesinde bulunan sintine atığı aşağıdaki koşullar sağlandığı takdirde boşaltım yapılabilir;

- Gemi sözleşmelerde belirtilen özel bir bölgede olmadığında,
- Gemi sahilden 12 milden açıkta olduğunda,
- Gemi seyrederken,
- Petrol ve petrol türevleri deşarj miktarı bir milyonda 100 oranından az olduğunda,
- Geminin yağ-su ayrıştırıcılarında bulunan akaryakıt miktarını izleme özelliği ve gerekli diğer teçhizatın çalıştığı durumlarda

sintine sularını denize boşaltım yapabilecektir.

Gemilerde oluşan sintine suyu atığının denize ne zaman ve nerede deşarj edeceği konusu MARPOL 73/78 Ek I'de bu şekilde düzenlenmiş olsa da ve denize deşarj edilen sintine suyunun miktarını belirlemek zordur. Furstenberg vd. (2009) tarafından üretilen sintine suyunun %75'i denize boşaltıldığı ve kalan %25'lik bölümünün ise liman kabul tesislerine verildiği belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada da bir geminin tahmini sintine suyu üretimi 0,75 ile çarpılarak hesaplandığı bildirilmiştir. Gemilerdeki sintine tankındaki sintine atığı boşaltım standartlarını sağladığında sürekli denize deşarj edilir.

Furstenberg vd. (2009) ve Magnusson vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada farklı sınıftaki 30 gemi için, inşa yılı, gemi tipi, boyutu ve ana makine gücü ile gemilerin günlük sintine suyu üretimini ilişkilendirmeyi çalışılmış, lineer regresyon ile yapılan tahminde yolcu gemilerinin ikinci olarak da kargo gemilerin en çok sintine atığı üreten gemi sınıfları olduğu belirlenmiştir. Gemilerdeki, hatalı veya arızalı yağ su ayrıştırıcıları, insan hatası, arızalı sintine monitörleri veya kasıtlı olarak yağ su ayrıştırıcılarının bypass edilmesi sonucunda gerekli standarttı sağlamamış sintine suyunun deşarj edilmesi deniz kirliliğine yol açmaktadır.

MARPOL 73/78' e göre 400 Grt'dan az petrol tankeri gemi tipinde olmayan ve sözleşmelerde özel bir bölge olarak belirtilmeyen bir geminin petrol kalıntılarını gemi içinde depolamasını, bunları alıcı tesislere vermesini veya 400 Grt'dan büyük petrol tankeri dışındaki gemilerin bu atıkları verebilmesi için gerekli liman atık alım tesislerini kurmak idare tarafından denetlenmelidir. 400 Grt'dan büyük yük gemilerinden makine daireleri sintinesinden oluşan kirlenmeyi önlemek için;

- IOPP Sertifikası,
- Petrol Kayıt Kitapçığı,
- Petrol türevli atıkları toplama tankı,
- Atıkların toplama tankından istasyonuna aktarma devresi,
- Sintine separatörü, 15 ppm alarm otomatik durdurma aleti,
- Balast ve yakıt devreleri tankları,
- Deniz Kirliliğini Önleme Acil Planı,

belge ve ekipmanlara sahip olmalıdır.

Deniz kirlenmesinin önlenmesi amacıyla MARPOL 73/78 tarafından ekolojik açıdan korunması gereken ve deniz trafiği açısından boğazlar gibi özel durumlar dikkate alınarak özel bölgeler belirlenmiş ve bu alanlarda gemilerden kaynaklı atıkların deşarj edilmesi konusunda özel kurallar koyulmuştur. MARPOL 73/78'de gemilerden kaynaklı atıkların oluşturduğu kirliliğini önlemek amacıyla Ege ile Marmara Denizi'ni de kapsayan Karadeniz, Baltık, Kızıldeniz ve Basra Körfezi özel bölge ilan edilmiştir.

2.5.2. Atıksular konusundaki kurallar

MARPOL 73/78 atıksuları, “her çeşit tuvalet atıkları, tıbbi yerlerde (eczane, revir vs.) bulunan sıvı atıkları, içinde canlı hayvan bulunan mahallerden gelen sıvı ve atıklara karışan diğer atık suları” olarak tanımlamıştır. Gemilerden kaynaklı atıksular konusundaki düzenleme MARPOL 73/78 Ek IV’tedir.

Çizelge 2.11. Denize deşarj edilecek atıksuların fiziksel parametreleri

Fekal koliform	200 Adet/100 mL
Toplam Katı Madde	100 mg/L
BOİ₅	25 mg/L
KOİ	125 mg/L
pH	6 - 8,5

Limanda atık su arıtma sistemi cihazı bayrak devleti tarafından belirlenen kurallarına göre çalıştırılmaktadır. Tuvalet atıklarının cihaz yolu ile dışarı atılması yasaklanan yerlerde atık sular atık su toplama tankına alınır. Gri su tabir edilen banyo ve aşhane sularının denize basılması yasaklanmış ise bu sular kış pike veya sintine suyu tanklarına alınmaktadır. Gemiler limanda uzun müddet kalacak ise bu suların atılması için atık alım gemisi talep edilmeleri gerekmektedir. Evsel Atıksu Arıtma sistemleri 400 Grt’un altında veya 15 kişi veya daha az yolcu taşıyan gemiler hariç bütün gemilere uygulanır. MARPOL 73/78 Ek IV’e göre tüm gemilerde pis suların depolanması veya toplanması için pis su tankı bulunması zorunludur. Ek IV kapsamındaki bütün gemiler 5 yılda bir yenilenen “International Sewage Pollution Prevention Certificate” almakla yükümlüdür. Ayrıca Yolcu gemilerinin yaklaşık %25’i gri ve siyah suları karıştırarak arıtmak veya karada boşaltmak için gelişmiş atıksu arıtma sistemine (AWTS) sahiptir (HELCOM 2013). MARPOL 73/78’e göre gemilerde bulunacak atıksu arıtma sistemleri tarafından arıtılarak denize deşarj edilecek atıksularda Çizelge 2.11’de belirtilen fiziksel parametreleri sağlamalıdır.

Bütün gemiler atıksular için deşarj donanımına sahip olmalıdır. Gemiler tarafından atıksular için aşağıdakilerden bir tanesini uygulama zorunluluğu bulunmaktadır;

- Sertifikalandırılmış atıksuları arıtma cihazı,
- Sertifikalandırılmış atıksuları dezenfekte etme cihazı,
- Sertifikalandırılmış atıksu depolama tankından

bunlardan bir tanesi mutlaka gemide olmalıdır.

Gemiler atıksuları sahip olduğu donanıma göre Çizelge 2.12’de belirtilen şartlara göre denize boşaltmaları gerekmektedir.

Çizelge 2.12. MARPOL 73/78 Ek IV'e göre atıksuların denize boşaltılma standartları

Seyir Yapılan Bölge	Deşarj Edilecek Atık Suların Fiziksel Parametreleri					
	Fekal koliform (100 mL)	Toplam Katı Madde (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	KOİ (mg/L)	pH	Klor artığı (mg/L)
Kıyıdan 3 mil Uzaklığa Kadar (1.1.2010) *	250	100	50	/	/	0,5
Kıyıdan 3 mil Uzaklıkta	100	35· <i>Qi/Qe</i> **	25· <i>Qi/Qe</i> **	125· <i>Qi/Qe</i> **	6 – 8,5	0,5
Kıyıdan 3-12 mil Uzaklıkta	Gemi, ufalanmış ve dezenfekte edilmiş atık suları deşarj edebilir					
12 mil Dışında	Gemi 4 mil'den az olmayan bir süratle seyir halindeyken arıtılmamış atık suyu deşarj edebilir. Bu durumda izin verilen maksimum deşarj oranı denklem 2.1 ile hesaplanır.					
* 1 Ocak 2010 tarihinden önce inşa edilen gemilerde kurulan atıksu arıtma sistemi için geçerlidir.						
** Bir arıtma işlemi için seyreltmenin gerekli olduğu durumlarda, çıkış suyu standartları, seyreltme Qd'yi hesaba katmak için Qi/Qe seyreltme faktörü kullanılarak orantılı olarak ayarlanmalıdır. Burada Qi arıtılacak atık su miktarının ve Qe ise arıtma sisteminden çıkan atık suyun konsantrasyonudur.						

En yakın karanın 12 mil dışında veya karasuları dışında MARPOL 73/78 Ek IV, geminin 4 knot'tan az olmayan bir hızda seyir halindeyken atıksuyu deşarj etmesine izin vermiştir. Ancak MARPOL 73/78 Sözleşmesinin Deniz Çevresi Koruma Komitesi Kararına göre MEPC.157 (55), izin verilen deşarj edilecek maksimum atıksu miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır (IMO 2006).

$$DR_{max} (m^3/saat) = 0,00926 \times D \times B \times V \quad (2.1)$$

Burada DR_{max} maksimum izin verilen deşarj oranını, V geminin deşarj sırasındaki ortalama süratini (knot), D geminin draft uzunluğunu (m) ve B ise geminin genişliğini (m) ifade etmektedir.

2.6. Ulusal Mevzuat

Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik olarak ülkemizin yapılan yasal düzenlemelere baktığımızda; 2872 Sayılı Çevre Kanunu, 5312 Sayılı Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun, 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği ve Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği başta olmak üzere ilgili ulusal mevzuat Çizelge 2.13'te özetlenmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere bu konuya ilişkin birçok düzenleme yapılmış ve birçok kurum bu hususta yetkili ve sorumlu tutulmuştur. Ancak *sorumlu tutulan kurum ve kuruluşlar arasında atık alım tesisleri bulunmamaktadır*. Bu da gemilerden kaynaklı atıkları toplamaktan sorumlu olan unsurun sorumsuzluğu sonucunda hiçbir kontrol ve denetim mekanizmasının bulunmamasına neden olmaktadır.

Türkiye 1990 yılında MARPOL 73/78 sözleşmesine taraf olmuştur. Bahse konu sözleşmeden kaynaklanan sorumluluklarını ise 2004 yılında yürürlüğe giren “Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin” ile yerine getirmeye başlamıştır. Her ne kadar gemilerden atık alınması ve atıkların kontrolü yönetmeliğinde atık kabul tesisi faaliyet raporunda; limandan yararlanan gemi sayısı (gemi tipleri de belirtilerek), liman atık kabul tesislerine yapılan atık bildirimleri ve atık kabul tesisleri tarafından toplanan atık türleri ile miktarları gibi bilgiler istense de bu bilgiler gelen gemi sayı ve tipine göre oluşması gereken atıklara göre bir denetim yapılarak sorumlu tutulmamaktadırlar. Ayrıca yönetmelikte bu raporun ne zaman nasıl gönderileceği, denetleneceği veya uygulanacak yaptırımlara ilişkin bir hüküm bulunmamaktadır.

Gemilerden atık alınması ve atıkların kontrolü yönetmeliğinde gemiler tarafından atık verildiğinde gemilerden kaynaklanan atıkların transfer formunun düzenlenmesi gerekir (Gemilerden Atık Alınması ve Kontrolü Yönetmeliği 2004). Atık bildirim formları, bir limana girmeden önce hazırlanır ve çoğu zaman yanlıştır, çünkü formda geminin en son atığı ne zaman verdiği bilgisi bulunmamaktadır. Bunun sonucunda da oluşacak atık miktarı hesaplanmaz ve geminin bu atığı yasadışı olarak denize deşarj etse bile tespit edilmesi veya denetlenmesi çok zordur. Ayrıca, doğru bildirim için güçlü bir teşvik yoktur. Gemilerden kaynaklanan atıkların transfer formunun örneği EK 3’te verilmiştir.

Çizelge 2.13. Gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesine yönelik ulusal mevzuat

Sıra No	MEVZUAT
1	T.C. Anayasası (Resmi Gazete 1982)
2	618 Sayılı Liman Kanunu (Resmi Gazete 1341)
3	2692 Sayılı Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu (Resmi Gazete 1982)
4	2872 Sayılı Çevre Kanunu (Resmi Gazete 1983)
5	5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu (Resmi Gazete 2004a)
6	5312 Sayılı Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun (Resmi Gazete 2005)
7	5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK 2004)
8	3621 Sayılı Kıyı Kanunu (Resmi Gazete 1990)
9	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (2005)
10	Sahil Güvenlik Komutanlığı Teşkilat, Görev ve Yetkileri Yönetmeliği (Resmi Gazete 2016)
11	Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (2004)
12	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete 2004b)
13	Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanunun Uygulama Yönetmeliği (Resmi Gazete 2006)
14	Çevre Kanunu’na Göre Verilecek İdari Para Cezalarında İhlalin Tespiti ve Ceza Verilmesi ile Tahsili Hakkında Yönetmelik (Resmi Gazete 2007b)
15	Çevre Denetimi Yönetmeliği (Resmi Gazete 2021)
16	Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Çerçevesinde Uygulanacak Ücretler ve Esaslar Hakkında Tebliğ (2009)
17	Denizcilik Atıkları Uygulaması Genelgesi (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2022)

Petrol kirlenmesiyle ilgili olarak ülkemiz mevzuatında, “Deniz çevresinin petrol ve diğer zararlı maddelerle kirlenmesinde acil durumlarda müdahale ve zararların tazmini esaslarına dair kanunun uygulama yönetmeliği” (Resmi Gazete 2006) çıkarılmıştır. Bunu takiben, denizde herhangi bir çatışma sonucu oluşabilecek petrol dökülmesine karşı Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından, “Risk değerlendirmesi ve acil müdahale planlarını hazırlayacak kurum/kuruluşların asgari özelliklerine dair tebliğ” (Resmi Gazete 2007a) tebliğ yayınlanmıştır. Kazalardan kaynaklanan deniz kirliliğinin acil olarak önlenmesi amacıyla kurum ve kuruluşların yetkilendiren Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2014 yılında, “Deniz çevresinin petrol ve diğer zararlı maddelerle kirlenmesine ilişkin risk değerlendirmesi ve acil müdahale planlarını hazırlayacak kurum ve kuruluşların asgari özelliklerine dair tebliğ” (Resmi Gazete 2014) ‘i yayınlamaya yetkili kuruluşlarının kontrolünü sağlamayı amaçlamıştır.

2.6.1. Türkiye’deki Liman Atık Kabul Tesisleri

MARPOL 73/78’e göre bir zorunluluk olan limanlardaki atık alım tesislerinin yeterli imkan ve kabiliyetlere sahip olması gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Türkiye’de limanlarda hizmet veren atık kabul tesisleri konusunda yayınlanan rapor ile belgelerden alınan verilerde kapasite, atık türü ve atık türlerine göre toplanan atık miktarı gibi parametreler anlamında belli ülke ve bölgeler için bilgi bulunmaktadır. Bu parametreler bazında tüm Dünya’ya yönelik bilgi boşluğu vardır. Türkiye’de ve Dünya’da limanlarda hizmet veren atık alım tesislerine benzer verilerin toplanarak uyumlu hale getirilmesi amacıyla çalışmalar yapılması gerektiğini belirtmişlerdir (Sağlamtimur ve Subaşı 2018).

Gemi geçiş istatistiklerine göre atık miktarı hesaplanması konusunda Ilgar (2017) tarafından yapılan çalışmada Çanakkale boğazındaki gemi geçiş istatistiğine göre toplanan yıllık atık miktarı ortalama 170.000 ton olduğunu bildirilmiştir. Ancak yukarıda belirtilen çalışmanın hesaplamalarında gemi tiplerine göre atık miktarı hesaplanmamış ve risk değerlendirmesi yapılmamıştır. Tozar (2008) tarafından yapılan çalışmada Haydarpaşa limandaki en büyük eksikliğin alınan atık miktarlarını izlenmesinin yapılmaması olduğu ve limanda alınan atıkların tipleri ve miktarları hakkında kesin ve yazılı bilgi bulunmadığını bildirmişlerdir. Daşhan (2010) tarafından yapılan çalışmada Haydarpaşa Atık Alım Tesisinde mevcut olan gemi sayısı ve atık miktarları kullanılarak, gelecek dönemlerde oluşabilecek atık miktarları tahmin edilmiştir. Atık miktarlarını tahmini Zaman Serileri Analizi modellerinden ARMA (Auto Regression Moving Average) modeli kullanılarak yapılmıştır.

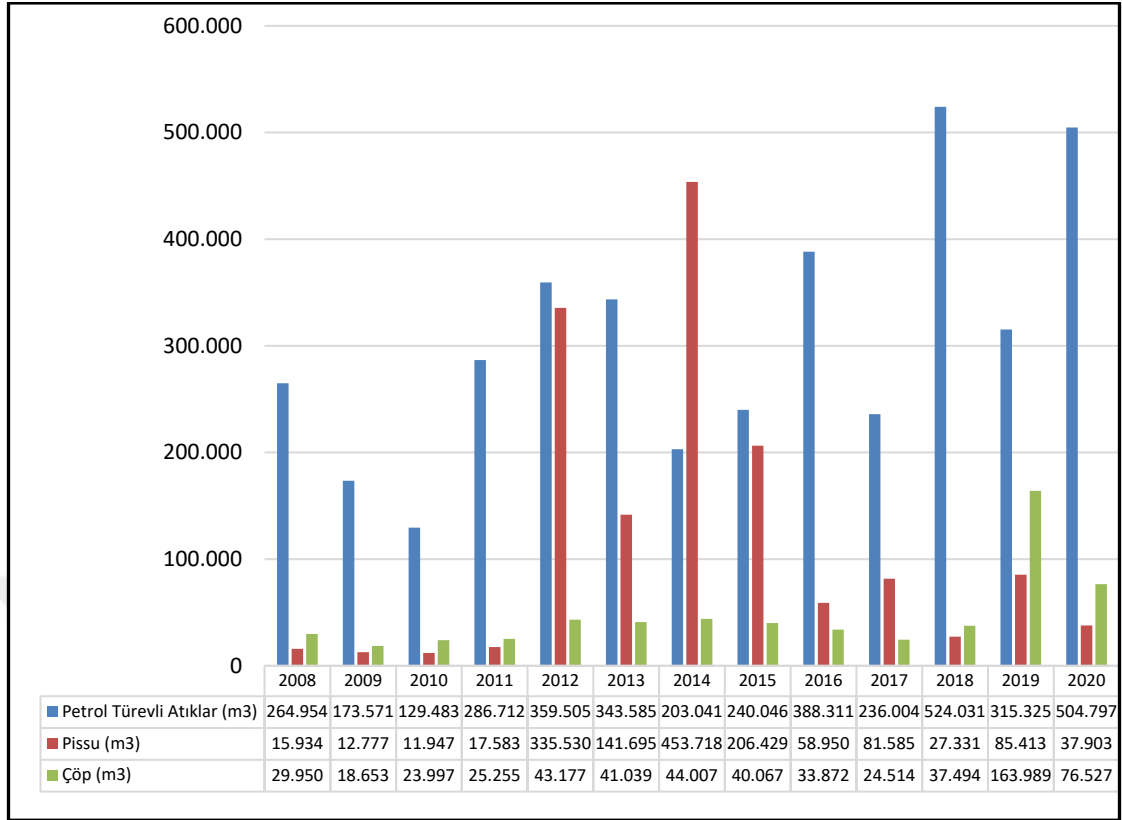
Yapılan ulusal çalışmalarda Tozar (2008), Daşhan (2010) ve Ilgar (2017) tarafından sadece atık alım tesislerindeki bilgilerden yola çıkılarak gemilerden kaynaklı atıklar incelenmiştir. Bu çalışmalarda sorunun tanımına ve atık bertarafına yönelik önerilerde bulunulmuş ancak etkin ve risk değerlendirmesi ve kontrolü konusunda eksiklikler görülmüştür. Gemilerden toplanan sintine suyu örnekleri ile sintinenin deniz suyuyla karışması ile oluşan yağ-gres miktarlarının belirlenmesi çalışmasında, gemilerden toplanan sintine atığının ortalama değeri olan $26.000 \text{ mg/L}=0,26 \text{ ton/m}^3$ bu değer de yaklaşık olarak 2 varile, karışım olan sintine ve deniz suyunun ortalama değeri $10.000 \text{ mg/L}=0,10 \text{ ton/m}^3$, 0,74 varile tekabül ettiği bildirilmektedir (Demiray 2006).

Türkiye'nin deniz yetki alanlarında seyir yapan gemiler tarafından üretilen atıklar ile yük artıklarının denizlere deşarj edilmesinin önüne geçmek ve denizlerimizdeki ekosistemin korunması amacıyla, Ülkemizin yükümlükleri kapsamında atık kabul tesislerinin kurulması, atık toplama gemilerinin bulundurulması ve işletilmesi usulleri ve esaslarını belirlemek amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği ile Ulaştırma Bakanlığı (Denizcilik Müsteşarlığı) tarafından, "Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik" yayınlamıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığından alınan bilgilere göre Türkiye limanlarında 2021 yılı itibariyle toplam 163 kıyı atık tesisi bulunan liman, 11 adet İstanbul'da, 5 adet Adana'da, 6 adet Çanakkale'de, 2 adet Hatay'da, 2 adet Kocaeli'nde, 8 adet Muğla'da, 2 adet Samsun'da, 1 adet Tekirdağ'da ve 1 adet Zonguldak'ta olmak üzere toplam 38 adet atık alım gemisi mevcuttur. 2004 yılından itibaren Türkiye'de bulunan atık alım tesisleri sayısının değişimi Şekil 2.7'da gösterilmiş olup atık alım tesislerinin sayısının 2020 yılı itibariyle Ülkemizde gemi atıklarının alınması hizmeti verilen kıyı tesis sayısı 305'tir. Eylül 2021 yılında bu sayı 322'ye ulaşmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü 2021). Atık alım tesisleri tarafından alınan atık türü ve miktarlarının yıllara göre değişimi Şekil 2.6'da verilmiş olup kaç adet gemiden bu atığın alındığı bilgisi ise bulunmamaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021a). Bu atık alım tesislerinden 21 adedi Antalya Körfezi'nde faaliyet göstermektedir. Türkiye'de bulunan atık alım tesisleri ile atık alım gemilerinin tam listesi EK 4'te verilmiştir.

Yılmaz vd. (2009) Atık Kabul Tesisi Lisansı almış 98 adet liman tesis işletmesinden toplanan santine atıkları 54.842 m³ olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda, deniz suyu kalitesinde ve santine suyu gibi petrol ve petrol türevi dökülen alanlarda deniz suyu çevresel kalite değerlendirilmesinde sınır değerleri sunan "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" bulunmaktadır (YSKY 2016).

Limanlarda gemilerden alınacak atıklara uygulanacak alım ücretleri Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Gemilerden Atık Alınması ve Kontrolü Yönetmeliği 2004) Çerçevesinde Uygulanacak Ücretler ve Esaslar Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2009/3) ile belirlenmiş olup bu kapsamda uygulanacak ücret tarifesi Çizelge 2.14'te verilmiştir. Ticari amaçla kullanılmayıp Devlete ait olan hizmet gemileri, azami 12 yolcu kapasitesi olan tekneler, liman idari sınırları içerisinde belirli bir tarife ile yolcu taşıyan gemiler ve kabotaj hattında hizmet veren gemiler sabit ücretten muaftırlar. Karasularımızdan uğraksız geçiş yapan gemiler talep etmeleri durumunda atık çeşidi veya miktarı dikkate alınmadan sabit ücret ve belirlenen ilave ücret tarifesi uygulanarak atıkları toplanır.

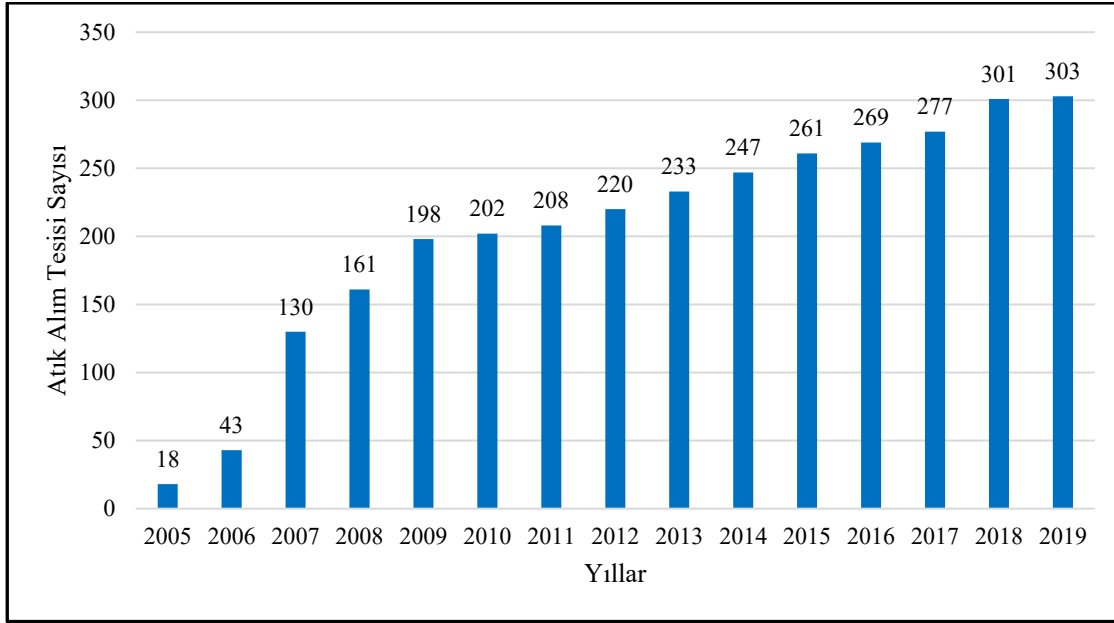
Kabotaj hattında sefer yapan; 150 Grt ve altındaki tanker tipi gemiler ile 400 Grt'un altında olan diğer tip gemiler verecekleri atıkların türüne istinaden Ek-1 ikinci bölümde belirlenen m³ ücretinden %25, ticari amaçla kullanılmayıp Devlete ait olan hizmet gemileri, azami 12 yolcu kapasitesine sahip tekneler ve yatlar, liman idari bölgesinde tarifeli olarak sefer düzenleyen yolcu gemilerine atık çeşidine göre Ek-1 ikinci bölümde belirlenen m³ ücretinden %50 indirim uygulanarak atıkları toplanır.



Şekil 2.6. Gemilerden alınan atık miktarları

Ülkemiz limanlarına uğrayan gemilerden sabit ücreti ödeyerek başka bir limana gidenler atık vermesi halinde Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Ek-1 birinci bölümde belirlenen sabit ücret uygulanmamaktadır. Bahse konu gemiler tarafından verilen atık için Ek-1 ikinci bölümde m³ başına belirlenen tarife ile ödeme yaparlar. Bu uygulama sadece geminin limandan ayrılmasından önce atık vermeyi talep etmesi halinde uygulanır. Ayrıca atıkların limana bağlı olmayıp demirde veya liman açığında bulunması durumunda eğer limanda mevcutsa atık alım gemileriyle atıkların toplanması durumunda, kirli balast ve slop dışındaki atıkların ücretlerine %30 artırım uygulanmaktadır. Kirli balast veya slop atıklarının toplanma ücreti ise 5,0 €/m³ olarak belirlenmiştir. Resmi tatil günleri, hafta sonları ve mesai saatleri haricinde sabit ücret haricindeki ücretler %25 zamlı olarak alınmaktadır.

Atık alım ücretleri konusunda diğer ülkelerdeki ücret uygulamaları baktığımızda, örnek olarak Baltık Denizinde yeşil liman uygulamaları kapsamındaki limanlarda yolcu gemileri için 0,016 €/Grt ve diğer gemiler için ise 0,017 €/Grt olarak ücretlendirilmektedir (Green Cruise Port 2021). Rotterdam limanında ise atık alım ücreti atığı alan şirket tarafından belirlenmektedir (Port of Rotterdam 2021). 2016 yılına kadar Rotterdam limanında yağlı atıklar ile ilgili ücretlendirme yapılırken ana motorun gücüne bağlı olarak hesaplama yapılırken ve katı atıklar için gemideki mürettebatı göre hesaplama yapılmaktaydı (Deja 2013). Ancak diğer limanlarla aynı tarife yapısına sahip olmak amacıyla gemi büyüklüğünü referans alarak iki tarifeyi birleştirmiştir (Rotterdam Liman Otoritesi 2014).



Şekil 2.7. Gemilere atık alım hizmeti verilen kıyı tesisi sayısı

Görüldüğü üzere atık alımı konusunda uygulanan ücretler vereceğiniz gün, atık tipi ile miktarı, geminin büyüklüğü, atık alım gemisi tarafından alınması gibi birçok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Gemilerden kaynaklı atıklar ile denizlerin kirlenmesini önlemek amacıyla limanlarda uygulanan atık ücret tarifelerinin, denize yasa dışı atık boşaltımını önlemesi için maliyetlerin geri kazanılmasına izin verirken aynı zamanda gemiler tarafından liman bertaraf tesislerinin kullanımını teşvik etmesi çok önemlidir.

Çizelge 2.14. Gemilerden atık alım hizmeti ücret tarifesi

Grt	1. Kısım				2. Kısım			
	Sabit Ücret (€)	Sabit Ücrete Dâhil Verilebilecek Atık Miktarı (m ³)			Atık Ücreti (€/m ³)			
		MARPOL 73/78 EK-I	MARPOL 73/78 EK-IV	MARPOL 73/78 EK-V	MARPOL 73/78 EK-I		MARPOL 73/78	
					Slop Kirli Balast	Sentine Sıç Atık Yağ	EK-IV	EK-V
0-1.000	80	1	2	1	1,5	35	15	25
1.001-5.000	140	3	2	1				
5.001-10.000	210	4	3	2				
10.001-15.000	250	5	4	2				
15.001-20.000	300	6	5	2				
20.001-25.000	350	7	5	3				
25.001-35.000	400	8	6	3				
35.001-60.000	540	10	10	4				
60.000-üstü	720	13	15	5				

Avrupa Birliği'nin 2000/59 numaralı direktife göre limanlarda, atıkların gemiler tarafından denize boşaltılmasını önlemek amacıyla gemilerin tesislerden yaptıkları gerçek kullanımdan bağımsız bir tarife yani dolaylı bir ücretlendirme uygulanır. Bu uygulamada devletler, fiilen denize boşaltılan hacme bağlı olmayan bir tarife olarak ve Avrupa

Birliği'nin temel çevre politikalarından biri olan "kirleten öder" ilkesini yerine getirmek için en uygun olduğunu düşündüğü değişkenler temelinde belirlenmektedir (Pérez vd. 2017). Bundan dolayı da her ülke ücretlendirme de farkı bir tarife uygulamaktadır. Çizelge 2.15'te Avrupa Birliği üyesi bazı ülkelere uygulanan atık alım ücret belirleme yöntemleri verilmiştir. Bu yöntemlere bakıldığında da her ülkenin gemilerden atık alınması konusunda farklı ücretlendirme yöntemleri uyguladıkları görülmektedir.

Atık ücretlendirme tarifelerinin bu çeşitliliği birtakım problemler yaratmıştır. Birincisi, Avrupa düzeyinde rekabette çarpıklıklara yol açmıştır. İkinci olarak, tarife sisteminin uygulanmasında şeffaflık eksikliği yaratmıştır (De Langen ve Nijdam 2008). Üçüncüsü, değişen tarifeler atıkların denize boşaltılmasını azaltma hedefine ulaşp ulaşmadığını belirlemeyi zorlaştırmaktadır (Ohlenschlager ve Gordiani 2012).

Çizelge 2.15. Avrupa limanlarında uygulanan atık alım ücretleri (Pérez vd. 2017)

Sıra No	Liman	Ülke	Ücret hesaplamada Kullanılan Yöntem	Ücret Tanımı
1	Amsterdam	Hollanda	Gros tonaj	Teşvik edici
2	Bremerhaven	Almanya	Gros tonaj	Teşvik edici
3	Rotterdam	Hollanda	Gros tonaj	Teşvik edici
4	Le Havre	Fransa	Gros tonaj	Atık vermezse ceza uygulanması
5	Malta	Malta	Gros tonaj ve gemideki insan sayısı	Atık vermezse ceza uygulanması
6	Trieste	İtalya	Gros tonaj ve gemi tipi	Ücret, bedelsiz teslim etme hakkı vermez
7	Venice	İtalya	Gros tonaj ve gemi tipi	Ücret, bedelsiz teslim etme hakkı vermez
8	Antwerp	Belçika	Gros tonaj ve gemi tipi	Ücret, bedelsiz teslim etme hakkı vermez
9	Göthenburg	İsveç	Gros tonaj	Ücret peşin olarak alınır
10	Las Palmas	İspanya	Gros tonaj	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır
11	Stockholm	İsveç	Gros tonaj	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır
12	Tallin	Estonya	Gros tonaj ve gemi tipi	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır
13	Hamburg	Almanya	Gros tonaj	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır
14	Klaipeda	Litvanya	Gros tonaj	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır
15	Swinoujscie	Polonya	Gros tonaj	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır
16	Szczecin	Polonya	Gros tonaj	Atık verme hacim ile sınırlandırılmıştır

Anvers (Belçika), Tallinn (Estonya), Venedik ve Trieste (İtalya) gibi limanlarda, tarife yalnızca gemi boyutuyla değil, aynı zamanda geminin tipiyle de belirlenmektedir (Ohlenschlager ve Gordiani 2012; Deja 2013). Ayrıca bu limanlarda son limandan gidilen mesafe ve süreyi de içermesi gerektiğini konusundaki tartışmalar devam etmektedir (Georgakellos 2007).

Katı atıkların limanda bertaraf hizmetinin uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla IMO (2012) tarafından bir gemide çöp oluşumunun belirlemek amacıyla bir liste oluşturulmuştur; bunların arasında geminin türü, güzergahı, gemideki kişi sayısı, yolculuk süresi ve denize tahliyenin yasak veya kısıtlı olduğu bölgelerde bekleme süresi bulunmaktadır. Bu bilgiler kullanılarak gemilerin vermesi gereken çöp miktarı kullanılarak denetimler yapılabilmektedir.

Hem IMO hem de Avrupa Birliği, limanlarda atık bertaraf tesislerinin mevcudiyetini ve kullanımını iyileştirerek deniz kirliliğinde azalma sağlanabileceğini savunmaktadır. Bu kapsamda, 2000/59 / EC sayılı Avrupa Direktifi, Avrupa limanlarında gelen tüm gemilerin, bir sonraki konaklama limanına kadar depolayabileceklerini kanıtlamadıkları sürece, atıklarını limanda teslim etmek zorunda olduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde “Kirlenen öder” ilkesi göz önünde bulundurulduğunda, Avrupa Birliği ülkelerine ait herhangi bir limanını ziyaret eden her gemi, atıkları teslim etmelerine bakılmaksızın, liman kabul tesislerinin maliyetlerine katkıda bulunmak için bir ücret ödeyecek ve bu da onu denize deşarj etmemenin veya atmamanın ekonomik teşvikini azaltacaktır (Pérez vd. 2017).

2.6.2. Antalya’daki Liman Atık Kabul Tesisleri

Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde belirlenen gemi kaynaklı atıkların liman atık alım tesisleri tarafından kabul edilmesi MARPOL 73/78 kapsamında getirilen bir zorunluluktur. Antalya’da Körfezi’nde gemilere hizmet veren atık alım tesislerinin listesi Çizelge 2.16’da verilmiştir.

Antalya Körfezi’ndeki en yoğun gemi trafiğinin olduğu Port Akdeniz tarafından 2009-2020 yılları arasında toplanan sintine atık miktarı Çizelge 2.17’de verilmiştir. Antalya Körfezi’ne 2019’da gelen 8.385 gemiden 5.610 adedinden 1.813,13 m³ sintine atığı ile 5.221,56 m³ atıksu, 2020 yılına ise 2776 geminin 1128’i tarafından 346,88 m³ sintine atığı ile 826,50 m³ atıksu toplanmıştır.

Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğüyle yapılan görüşmelerle alınan 2019 ve 2020 yıllarında Antalya körfezinde toplanan sintine atık miktarı verilerine bakıldığında %99’luk kısmının Port Akdeniz Antalya Liman İşletmeleri tarafından alındığı görülmektedir. Bu veriler Port Akdeniz Antalya Liman İşletmeleri yetkilileri ve Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü yetkilileri ile yapılan görüşmeler ile elde edilmiştir. Toplanan atıklara ilişkin veriler incelendiğinde hangi gemi tiplerinden ne kadar atık alındığı, bazı yıllarda gelen gemi sayısı ile toplanan atık miktarındaki verilerin eksik olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.16. Antalya Körfezi gemiler kaynaklı atık alım tesisleri (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü 2019)

Sıra No	Tesis	İlçe Mevki	Kabul Edilen Atıklar
1	Port Akdeniz Limanı	Konyaaltı, Büyük Liman	MARPOL 73/78 kapsamındaki atıklar
2	Asbaş Limanı	Konyaaltı, Serbest Bölge içi	MARPOL 73/78 kapsamındaki atıklar
3	Alıdaş Limanı	Alanya İskele Mevkii	MARPOL 73/78 kapsamındaki atıklar
4	Adrasan İskele	Kumluca Adrasan	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
5	Alanya Belediyesi Balıkçı Barınağı	Alanya İskele Mevkii	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
6	Alanya Marina	Alanya Akhan Mevkii	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
7	Demre Çayağzı Mendireği	Demre Çayağzı	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
8	Çıralı Atık Alım Noktası	Kemer Çıralı	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
9	Finike Balıkçı Barınağı	Finike İskele	Çöp, Atık yağ
10	Kemer G Marina	Kemer Yalı Cad.	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
11	Kaleiçi Yat Limanı	Muratpaşa, Kaleiçi	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
12	Kalkan Balıkçı Barınağı	Kaş Kalkan Mah.	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
13	Kaş Belediyesi Balıkçı Barınağı	Kaş Liman Mevkii	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
14	Makmarin Kaş Marina	Uğur Mumcu Cad.	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
15	Manavgat Irmağı	Manavgat Irmağı	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
16	Setur Antalya Marina	Konyaaltı Büyük Liman Mevkii	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
17	Setur Finike Marina	Finike Liman Mevkii	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine
18	Üçağzı İskele	Demre Üçağzı Mahallesi	Çöp, Pissu, Atık yağ, Sintine

Çizelge 2.17. Port Akdeniz Antalya Liman İşletmeleri A.Ş. tarafından toplanan sintine atıklarının yıllara göre miktarı

Yıl	Gelen Gemi Sayısı	Atık Veren Gemi Sayısı	Alınan Sintine Atık Miktarı (m ³)	Alınan Atıksu Miktarı (m ³)
2009	750	497	225,11	279,7
2010	810	751	478,83	2524
2011	752	670	624,42	25,7
2012	666	471	880,75	4.609
2013	663	425	583,35	260
2014	-	318	452,82	28,26
2015	-	207	257,85	6,95
2016	-	176	116,80	-
2017	-	212	137,17	543
2018	-	579	1.591,97	3.696
2019	-	303	728,06	815
2020	-	257	339,11	184,5
2021	-	415	1.437,68	7.032
Toplam		5.281	7.853,92	20.004,11

2.7. Gemilerden Kaynaklı Atık Yönetimi Konusunda Yapılan Çalışmalar

Küresel düzeyde deniz yoluyla yapılan ticaret dünyada yapılan toplam ticaretin %90'ından fazlasını taşımaktadır (ICS 2019). Bunun en önemli nedeni hava ile karayolundan daha fazla eşya çok daha uygun maliyetlerle deniz yoluyla taşınabilmektedir. Bundan dolayı da deniz yoluyla yapılan ticaret ile, denizlerinde senede 10 milyar tonun üzerinde dökme yük ve konteyner yüklerini gemiler kullanılarak taşınmasıyla taşıyarak küresel ticaret ihtiyacının %80-90'ını karşılanmaktadır (Walker 2019). Deniz ticaretinin yoğun olarak kullanılması kıyı bölgeleri için bir ekonomik refah kaynağı olmasının yanında ciddi bir çevre tehdidi oluşturmaktadır (Carlucci vd. 2020). Deniz yoluyla yapılan ticaretin çok yoğun olmasından dolayı limanlardaki faaliyetlerin ekonomik anlamda ülkelere kazandırdığı yüksek kazançların bu faaliyetlerden kaynaklı yaşamak için ihtiyaç duyduğumuz oksijenin %70'ini sağlayan denizlerimize vereceği çevresel zararı en aza indirerek yapılmasını sağlamak çok önemli bir konudur.

Limanın çevresel sürdürülebilirliğini göstergeleri, ekonomik ve sosyal göstergelerin yanı sıra atık yönetimi ve elleçleme, balast suyu, su tasarrufu, su kalitesi, hava kalitesi, emisyonların azaltılması, gürültü kontrolü, enerji verimliliği ve daha temiz enerji konularını da içermektedir (Alexandropoulou 2021). Sürdürülebilir liman yönetimi, sürdürülebilirlik kavramının çoğu araştırmacı tarafından da kabul edildiği gibi, liman yönetimleri tarafından ekonomik, çevresel ve toplumsal konuları içeren bir strateji oluşturmaları olarak tanımlanabilir. (ElkinGrton 1997). Limanlarda uygulanan atık yönetimi, oluşan atıkların toplanması, taşınması, arıtılması ve bertarafı edilmesini içeren süreçlerin hepsini kapsamaktadır (Demirbaş 2011). Limanların sürdürülebilir yönetimini bu bağlamda inceleyen çalışmalarda (Lirn vd. 2012; Wiegmans ve Louw 2011) sürdürülebilirlik çoğunlukla çevre açısından ölçülmüştür. Bundan dolayı ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları bütünüyle inceleyen sürdürülebilir liman konusu çok fazla incelenmemiştir (Roh vd. 2021).

Limanlarda yapılan faaliyetlerdeki sürdürülebilir çevre yönetimi ve ekonomik katkıları konusunda yapılan araştırmalarda (Yang vd. 2013; Hou ve Geerlings 2016), sürdürülebilirliğin limanlardaki faaliyetlere ve stratejilere uygulanmasında zorluklar görülmüştür. Araştırmalarda liman sürdürülebilirliğinin performans yönetiminin çevresel veya sosyal yönetim bağlamında ekonomik performans üzerindeki etkileri incelenmiştir (Anne vd. 2015; Laxe vd. 2016; Cheon vd. 2017). Roh vd. (2021) tarafından Kore limanlarındaki sürdürülebilir liman yönetimini incelemek amacıyla yapılan çalışmada 67 liman yöneticisi ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerden 18 liman yöneticisinin girdilerine dayalı olarak FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) kullanılarak analiz edilmiştir.

Limanlardan kaynaklı atıkların aynı şehirde yaşayan insanlar üzerinde zararlı etkileri bulunmaktadır (Merk ve Notteboom 2013; Lee vd. 2014; OECD 2014). Her ne kadar limanlardan kaynaklı atıklar çevre halkının üzerinde olumsuz etkileri olsa da kara kaynaklı atıklar denizleri en çok kirleten faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Barnes vd. 2009; Jambeck vd. 2015). Limanlardan kaynaklı atıkların deniz çevresi üzerindeki olumsuz etkisinin yanında balıkçılık sektörü ve turizm sektörü üzerindeki etkisinden dolayı ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Cheshire 2009). Zengin deniz ekosistemi olan liman şehirleri nüfus artışı, turizm ve limanların oluşturduğu çevresel baskılardan dolayı çok hassastırlar (Oliveira ve Turra 2015).

Acciaro (2015) tarafından sürdürülebilirliğinin performans yönetiminin çevresel veya sosyal konularda değerlendirmesine ilişkin yapılan çalışmada CR (Corporate Responsibility) denizden ve karadan kaynaklı çevresel etkiler ve ekonomik katkıların bir bütünü olarak değerlendirilmiştir. Lirn vd. (2012) tarafından Asya limanlarındaki çevresel etkileri belirlemek amacıyla yapılan çalışmada kargo elleçleme, liman bakımı, gürültü kontrolü ve atıksulardan kaynaklı kirleticilerin en önemli çevresel sorun olduğu belirlenmiştir. Limanların çevresel etkileri konusunda limandaki faaliyetlerden kaynaklı çevresel etkiler üzerine çalışmalar (Wooldridge vd. 1999; Darbra vd. 2009; ESPO 2012; Chang 2013) ve limandaki çevresel etkilerin gemilerden kaynaklı olan kısmını araştıran çalışmalar vardır. Laxe vd. (2016) tarafından İspanya’da buluna 16 adet limanında yapılan çalışmada Liman Sürdürülebilirlik Sentetik İndeksi kullanılarak ekonomik ve çevresel etkiler arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

Spadaro vd. (2021) tarafından liman şehirlerinde atık yönetimi konusunda Savona şehrinde yapılan çalışmada atık yönetimi SWOT analizi ile değerlendirilmiştir. Puig vd. (2022) tarafından 2018-2020 yılları arasında European Sea Ports Organisation (ESPO) tarafından kurulan 97 ECOPORTS üyesinin Kendi Kendini Tanılama (SDM) Yöntemi (SDM) anketine verdiği yanıtlardan elde edilen verilerle gelmektedir. SDM, liman yöneticilerinin çevre yönetiminin kalitesini ve limanlarında zaman içinde elde edilen ilerlemeyi periyodik olarak değerlendirmelerine izin veren bir araçtır (Darbra vd. 2004). Bu sistemde ECOPORTS üyeleri iki yılda bir bu anketteki sorulara cevap vermektedir. Çalışma sonucunda limanların %96’sının çevre politikasına sahip olduğu ve %80’ninin liman atıkları konusunda çevresel izleme programı kurduğu belirlenmiştir.

Ulnikovic vd. (2012) tarafından gemi sahiplerine yapılan anketlerden ve yapılan görüşmelerden Sırbistan limanlarına uğrayan gemi sayısı, mürettebat ve yolcu sayıları belirlenmeye çalışılmıştır. Anketlerden ve görüşmelerden elde edilen bu veriler ile limanlarda oluşabilecek atık miktarları belirlenerek limanlarda atık yönetimi konusunda uygulanabilecek yöntemler konusunda önerilerde bulunulmuştur. Svaetichin ve Inkinen (2017) tarafından yolcu gemilerinin artmasına bağlı olarak limanlardaki atık yönetiminin yasal düzenleme ile proseslerini incelemek amacıyla Tarafından Baltık denizinde 4 limanda çalışan her birinden 3 personel olmak üzere toplam 12 kişiyle yarı yapılandırılmış yöntemler görüşmeler yapılmıştır. Wilewska-Bien ve Anderberg (2018) tarafından Baltık denizinde artan yolcu gemisi sayısı ile limanlardaki atık yönetimi konusunda MARPOL 73/78 Ek IV ile belirlenen limanlardaki atık yönetimi standartları ve ihtiyaçları belirlemek amacıyla birçok limana anket ile 2 limandaki yöneticiler ile görüşme yapılmıştır.

Di Vaio vd. (2019) limanlardaki atık yönetiminin MARPOL 73/78 sözleşmesi ve liman devleti kurallarına uygun yapıp yapılmadığını belirlemek amacıyla bir İtalyan limanını kullanan liman paydaşlarla yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Iduk ve Samson (2015) tarafından Nijerya’da deniz kirliliği sorunun nedenlerini ve sonuçlarını belirlemek amacıyla hazırlanan 50 anket denizcilik sektöründeki paydaşlara gönderilmiştir.

Le vd. (2014) tarafından 2006-2007 yıllarında 5 limandaki çevresel yönetim sistemi (EMS) konusunda yapılan çalışmada bu limanların paydaşları olan 51 kişiye EMS konusunda liman faaliyetlerinden kaynaklı çevre sorunları ve bu çevre sorunları konusundaki limanların performansını değerlendirmek ana amacıyla anket uygulanmıştır.

Ibabe vd. (2020) tarafından Gijon denizindeki çevre yönetimi konusundaki çalışmada yapılan anketle bu denizindeki liman paydaşları ve limanlardaki şehirlerde yaşayanlara çevresel sorunlar hakkında sorular sorulmuştur.

Charitou vd. (2021) tarafından 2019-2020 yılları arasında Yunanistan halkının denizlerde oluşan plastik kirliliği konusundaki bilgi ve tutumlarını belirlemek amacıyla yapılan anket çalışmasına toplam 374 kişi katılmıştır. Arslan ve Hüseyinoğlu (2021) tarafından doğu Akdeniz artan gemi trafiği ve turizm faaliyetlerinin artması sonucunda artabilecek deniz kirliliği riskinin önlenmesi için limanlarda MARPOL 73/78'in yeterli uygulanıp uygulanmadığını belirlemek amacıyla anket yöntemiyle bilgi toplanmıştır. Tseng ve Ng (2020) tarafından aynı devletin sahip olduğu limanlarda bile farklı kirlilik azaltma stratejileri olduğu bunların çevre kirliliğini azaltılmasına yönelik en iyi limanı belirlemek amacıyla Taiwan'da anket uygulanarak bilgiler toplanmıştır. Wang vd. (2020) tarafından gemilerden kaynaklı atıkların yönetimi konusundaki yasal düzenlemelerin uygulanmasının incelenmesi amacıyla denizci, gemi şirketleri yöneticileri, denizcilik fakülteleri eğitmenleri ve denizcilik okullarına anket uygulanmıştır.

Vlasceanu vd. (2021) tarafından deniz ile kara etkileşiminin deniz çevresini etkisini belirlemek amacıyla yapılan yarı yapılandırılmış 3 bölümden oluşan anket çalışması 38 (3 özel 35 tüzel kişilik olmak üzere) kişiye uygulanmıştır. Gupta ve Prakash (2022) tarafından çevresel sürdürülebilirlik sorunlarını belirlemek amacıyla Güney Asya'nın 11 büyük limanındaki yönetici, çalışanları ve denizcilik endüstrisinden toplam 99 kişiye anket uygulanmıştır. Sharma ve Das (2020) tarafından artan gemi trafiğinin sonucunda limanlardaki faaliyetlerin çevre kirliliğine etkisini belirlemek amacıyla Hindistan'da 15 adet limanı kullanan 523 kişiye anket uygulanmıştır.

Ma vd. (2021) tarafından 2019 yılında Çin'de Zhoushan adasında deniz çöplerinin nedenlerini ve çevreye etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada 75 liman çalışanı ile 91 turiste veya oradan yaşayan halka anket uygulanmıştır. Ishak vd. (2020) tarafından Malezya'da yolcu gemilerinden deşarj edilen petrole hazırlık ve kirliliği yönelik planlarını analiz etmek amacıyla yapılan çalışmada yolcu gemileri kaptanları ve liman çalışanlarından 80 kişiye anket uygulanmıştır. Daha sonra, Ishak vd. (2021) Malezya'da bulunan bir limanın deniz kirliliğini kontrol stratejisi ile etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada anket uygulanmışlardır. Wu (2021) tarafından Tayvan'ın Penghu adasındaki gemi endüstrisinin deniz ortamı çevresini için sürdürülebilir bir örnek olması amacıyla 2021 yılında 278 kişiye (turist, gemi çalışanı, gemi sahibi, denizcilik endüstrisi sahibi ve bölgede yaşayan halk) anket uygulanmıştır.

Limanlarda uygulanacak atık yönetimi gemi, atık alım tesisi gibi birçok faktöre bağlı olduğundan karmaşık bir süreçtir. Avrupa limanları Türkiye'de bulunan limanlarda olduğu eşsiz doğal güzelliklere sahip kentlerde faaliyet gösterdiğinden doğaya etkilerinin kontrol edilmesi çok önemlidir. Bundan dolayı limanlarda bulunan gemilerin faaliyetlerinin insan sağlığını veya deniz çevresinin hassas dengesini etkilemeden sürdürülmesi ciddi bir öneme sahiptir (Goulielmos 2000; Trozzi ve Vaccaro 2000). MARPOL 73/78 ve Kyoto protokolünün limanlar için getirdiği atık yönetimi kurallarını uygulamak konusunda limanların sürdürülebilir bir atık yönetimi uygulaması zorunluluk haline gelmiştir (Zhang 2016; Bodansky 2016). Limanlarda yürütülen faaliyetlerin liman çevresiyle sosyal, ekonomik ve tarihi ilişkisinin yanında çevresel açıdan da çok yakın bir ilişkisi bulunmaktadır (Battistelli vd. 2012).

Avrupa bölgesel düzeyinde, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 2000/59/EC sayılı Yönergesi 27 Kasım 2000'de kabul edilmiştir; bu mevzuat, gemi kaynaklı atıklar ve kargo artıkları için kabul tesislerini yönetimini düzenlemektedir. Yönerge, limanlar için atık yönetim planlarının hazırlanması gerektiğini, gemilerin atık teslimatı konusunda limanları bilgilendirmesi gerektiğini ve limanların, gemileri atıklarını denize boşaltmak yerine liman kabul tesislerine bırakmalarını teşvik eden ücret sistemleri uygulaması gerektiğini belirtmektedir (Andersson vd. 2016). Spadaro vd. (2021) tarafından liman şehirlerinde atık yönetimi konusunda Savona şehrinde yapılan çalışmada atık yönetimi SWOT analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda 12 metreden küçük yolcu gemileri için atık yönetimi planı olmadığı ve limanlarda atık yönetimi konusunda profesyonel kişilerin eksik olduğu belirlenmiştir.

Roh vd. (2021) tarafından Kore limanlarındaki sürdürülebilir liman yönetimini incelemek amacıyla yapılan çalışmada 67 liman yöneticisi ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerden 18 liman yöneticisinin girdilerine dayalı olarak FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda Koreli liman yöneticileri tarafından algılanan en önemli sürdürülebilirlik faktörü limandaki operasyonların planlanması iken en zayıf faktörün çevre yönetimi olduğu belirlenmiştir. Özet olarak sürdürülebilir liman atık yönetimi gelecek nesillere daha temiz bir deniz ve çevre bırakmayı ekonomik ihtiyaçları da göz ardı etmeden sağlayabilmektedir. Laxe vd. (2016) tarafından İspanya'da bulunan 16 adet limanda yapılan çalışmada Liman Sürdürülebilirlik Sentetik İndeksi kullanılarak ekonomik ve çevresel etkiler arasındaki ilişki analiz edildi. Limanlardan kaynaklı çevresel etkilerin azaltılabilmesi için liman yönetiminin yerel halkla bağlantı kurması ve Avrupa'da belirlenen standart çevre yönetim sisteminin uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ulnikovic vd. (2012) tarafından gemi sahiplerine yapılan anketlerden ve yapılan görüşmelerden Sırbistan limanlarına uğrayan gemi sayısı, mürettebat ve yolcu sayıları belirlenmeye çalışılmıştır. Anketlerden ve görüşmelerden elde edilen bu veriler ile limanlarda oluşabilecek atık miktarları belirlenerek limanlarda atık yönetimi konusunda uygulanabilecek yöntemler konusunda önerilerde bulunulmuştur. Görüşmelerden elde edilen veriler ve literatürde gemiler tarafından üretilebilecek atık miktarları bilgileri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda Sırbistan'daki bazı limanlarda atık alım tesisleri kurulması, bazılarında tesislerin imkan ile kabiliyetlerinin artırılması ve Sırbistan'daki limanlarda atık türleri ile miktarları konusunda kayıt tutulmasına ihtiyaç duyulduğu sonuçları çıkarılmıştır.

Svaetichin ve Inkinen (2017) tarafından yolcu gemilerinin artmasına bağlı olarak limanlardaki atık yönetiminin yasal düzenleme ile proseslerini incelemek amacıyla Baltık denizinde 4 limanda çalışan her birinden 3 personel olmak üzere toplam 12 kişiyle yarı yapılandırılmış yöntemler görüşmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda her limanın farkı atık yönetimi sistemi uyguladığı görülmüştür. Örnek olarak bir limanda sintine atığı için ücret alınmazken diğer limanlarda alındığı belirlenmiştir. Ücret almayan bu limanda bu dört limanda belirlenen sintine atığının %42'sini aldığı belirlenmiştir.

Wilewska-Bien ve Anderberg (2018) tarafından Baltık denizinde artan yolcu gemisi sayısı ile limanlardaki atık yönetimi konusunda MARPOL 73/78 Ek IV ile belirlenen limanlardaki atık yönetimi standartları ve ihtiyaçları belirlemek amacıyla birçok limana anket ile 2 limanında yöneticileri ile görüşme yapılmıştır. Çok kullanılan

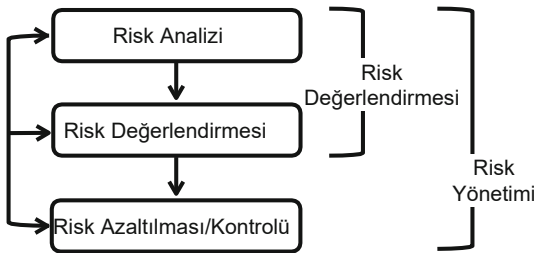
limanların yanında artan gemi trafiği ile küçük limanlarda da atık alım tesislerine ihtiyaç duyulduğu, sabit atık alım sisteminin yanında mobil atık alım araçlarına da ihtiyaç olduğu ve HELCOM tarafından belirlenen atıklar için ek bir ücret talep edilememesinin tüm limanlarda uygulanmasının gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca Wilewska-Bien vd. (2018) tarafından Baltık Denizi'ndeki 27 feribot gemisi operatörü ve 34 yolcu gemisi operatöründen alınan atık yönetimi verilerini araştırmıştır. Atık işleme yöntemlerini belgelemek için iki farklı yolcu gemisi şirketinin yöneticileriyle iki görüşme gerçekleştirmişlerdir.

Di Vaio vd. (2019) limanlardaki atık yönetiminin MARPOL 73/78 sözleşmesi ve liman devleti kurallarına uygun yapıp yapılmadığını belirlemek amacıyla bir İtalyan limanını kullanan liman paydaşlarla yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Çalışma sonucunda limanlarda atık yönetimi konusundaki verilerin paylaşılmadığı ve bu verilerin analiz edilmediği belirlenmiştir. Iduk ve Samson (2015) tarafından Nijerya'da deniz kirliliği sorunun nedenlerini ve sonuçlarını belirlemek amacıyla hazırlanan 50 anket denizcilik sektöründeki paydaşlara gönderilmiştir. Anket sonuçları çeşitli formüllerle analiz edilmiş ve ankete katılanların %84,7'sinin deniz kirliliğinin insan sağlığına ile çevreye olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca deniz kirliliğinin olumsuz etkilerini azaltmanın IMO tarafından belirlenen MARPOL 73/78 standartlarını uygulamakla mümkün olabileceği belirtilmiştir.

2.8. Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi

Bir olay veya sorun konusunda risk değerlendirmesi yapılırken değişkenlerin belirsizlikleri karşılık gelebilecek ölçüleri oluşturmak için çok sayıda yöntem mevcuttur (Covello ve Merkhoher 2013). Yöntem seçimi yapılırken, sorunun doğasına ve kullanılan verilerin çeşitliliği ile sayısı dikkate alınır. Risk değerlendirmesi bir belirsizlik hesaplamasıdır.

Risk yönetimi süreci oluşturmak için genel olarak risk analizi, risk değerlendirmesi, risk azaltma ile kontrolünden oluşan risk değerlendirme süreci de dahil olmak üzere birkaç temel adımdan oluşmakta olup Şekil 2.8'de basit olarak gösterilmiştir.

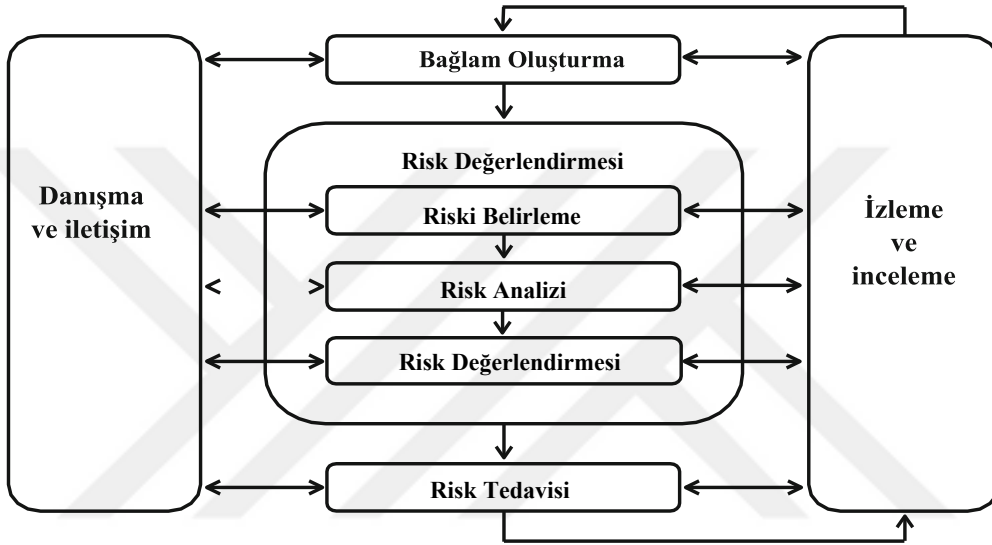


Şekil 2.8. Risk yönetimi sürecinin basitleştirilmiş bir şeması (Anderson vd. 2016)

Uluslararası Standart 17776 (ISO 1999)'ya göre risk değerlendirmesinin ilk adımı mevcut tehlikeleri tespit etmektir. Daha ISO tarafından risk yönetimi sürecinin daha geniş bir temsili içeren genişletilmiş bir çerçeve belirlenmiş olup Şekil 2.9'da gösterilmiştir (ISO 2009). Burada bağlam adımının oluşturulmasında bir kuruluş, sürecin kapsamını ve risk kriterlerini belirler. Risk tanımlama adımında, amaç ve hedeflere ulaşma olasılığını etkileyebilecek kapsamlı bir faktör listesi oluşturulmaktadır. Riskin niteliğini ve düzeyini anlama süreci olan risk analizi adımında, risk değerlendirme süreci için veri sağlanmalı

ve risk değerlendirmesi için karar yöntemi belirlenmelidir. Ayrıca, risk değerlendirme adımı, olası eylemleri değerlendirmek ve belirlenen risklerin kabul edilebilir olup olmadığını göstermek için risk analizi sonuçlarının risk kriterleri ile karşılaştırılmasını içerir. Risk tedavisi olan son adımda ise, riski azaltmak için bir veya daha fazla eylem seçilir ve uygulanır (ISO 2009).

Bilindiği üzere çevremizde veya Dünyada meydana gelen olaylar tek sonuç veya tek şartla meydana gelmez. Bahse konu olaylar genel olarak belli bir aralık ve dağılım ile olmaktadır (Bolstad 2004). Bu nedenle kaza olasılıkları belirlenirken doğadaki durumu benzeştirmek amacı ile kaza olasılıklarına dağılımlar öngörülmüştür (Küçükosmanoğlu 2008).



Şekil 2.9. Risk yönetimi süreci (ISO 2009)

Risk değerlendirmesi konusunda kullanılan yöntemlerden bir tanesi Monte Carlo yöntemidir. Monte Carlo simülasyonu çevresel risk değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Safadi vd. 2015). Deterministik yöntemle karşılaştırıldığında, MCS'ye dayanan aralık tahmini, kirleticilerin çevresel davranışlarını ve belirsizliklerinin daha iyi anlaşılmasının sağlar (Cao vd. 2017; Koupaie ve Eskicioğlu 2015; Mari vd. 2009). Bu nedenle, Monte Carlo Yöntemi son yıllarda çevre sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmelerinde yaygın hale gelmiştir.

Belirsizlik konusunda en yaygın olarak literatürde kullanılan yöntem MCS yöntemidir. Bu yöntemde kullanılan parametreler tek bir değer yerine olasılık dağılımları kullanılarak ifade edilmektedir. Mühendislik analizlerinde MCS sistem tepkilerinin belirsizlik durumları altında değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yegnan vd. 2002). MCS'de temel prensip belirsizliği ifade eden girdi parametrelerinin olasılık dağılımlarından rastgele seçilen değerlere bağlı olarak risklerin tahmini amacıyla simülasyonlar yapılmasıdır. Böylece olasılık dağılımları şeklinde tanımlanan girdi parametreleri ile elde edilen verilerde olasılık dağılımı olarak çıkmakta ve değerlendirilebilmektedir (Ang ve Tang 1984).

Monte Carlo yöntemi kullanılarak girdi değişkenlerinin her biri için belirsizlik hakkındaki bilgimizi en iyi yansıtan bir olasılık dağılımı oluşturulabilir. Bu yöntem, her değişkenin olasılık dağılımlarından tekrarlı örnekleme ile gerçekleştirilir (Rausand 2011). Rasgele örneklemenin neden olduğu çevresel risk modellerinde belirsizliği değerlendirmek amacıyla metal konsantrasyonlarının dağılımını tahmin etmek için matematiksel istatistiklere ve olasılık teorisine dayanan MCS kullanılmıştır (Qu vd. 2018). EPA tarafından da çevresel etki risk değerlendirmesi konusunda MCS kullanımı konusunda genel prensipler belirlenmiştir. Bu yöntemin temel amacı, maruz kalma veya risk tahminlerindeki belirsizliği ve değişkenliği karakterize etmek, nicel olarak tanımlamak olduğu belirtilmiştir (EPA 1997).

Risk değerlendirmesi yapılırken limanın açığında demirlemiş bir geminin neden olduğu petrol sızıntısının büyüklüğü geminin türü ve büyüklüğüne göre değişecektir. Petrol deşarjının küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırmak ve ardından her sonucun olasılığını tahmin etmek daha kolay olabilir. Aynı zamanda, Monte Carlo yöntemi sayısal problemlerin çözülmesini sağlar. Bu çevresel risk değerlendirmesi için önemlidir, çünkü açık modeller dahili olarak tutarlı fikirlerin geliştirilmesi için bir çerçeve ve sezginin sonuçlarını araştırmak için bir platform sağlar. Bu model bize kararları gerektirmeye, sorunları açıklığa kavuşturmaya ve önemli parametreleri tanımlamayı sağlar (Burgman 2005).

Monte Carlo yönteminin avantajları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Rausand 2011):

- Kullanımı kolaydır.
- Doğrudan modele uygulanabilir. Örneğin Taylor genişletme yöntemi gibi yedek (alternatif) modeller geliştirmemize gerek yoktur.
- Girdi değişkenleri için birçok farklı dağılım arasından seçim yapılabilir ve çeşitli alternatifleri test edilebilir.
- Birçok disipline/alana yönelik özel programları mevcuttur.

Monte Carlo simülasyonu, olasılık dağılımlarını bir risk modeli aracılığıyla entegre etmek ve yaymak için etkili bir yaklaşım sağlamaktadır (Rausand 2011). Risk değerlendirmesi yapılırken limana gelen geminin neden olduğu sintine miktarı geminin türü ve büyüklüğüne göre değişecektir (Burgman 2005).

Gemilerden kaynaklı atıkların oluşumu gelen gemi sayısı, gemilerin makine gücü, personel ile yolcu sayısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörlerinden gelecek yıllar için değişimi net olmayan belirsiz ve rastgele değişen faktörlerdir. Bundan dolayı gemi kaynaklı atıkların riskinin belirlenmesi için Monte Carlo yöntemi kullanılmıştır.

2.9 Lineer Regresyon Analizi

Lineer regresyon modelleri öngörüler üretebilen, yorumlanması kolay bir matematiksel formül sağlaması nedeniyle geleceğe yönelik tahminlerde bulunulması sağlamaktadır.

İstatistiksel bir model, bir durumun veya sürecin basit bir açıklamasıdır. Regresyon analizi, bir veya daha fazla yanıt değişkeni (bağımlı değişkenler ve genellikle y ile gösterilir) ve yordayıcılar (bağımsız değişkenler, kontrol değişkenleri olarak da adlandırılır ve $x_1, x_2, x_3..$ olarak gösterilir) arasındaki ilişkiyi bulma yöntemidir. Bir regresyon analizi bu ilişkiyi açıklarken aşağıdaki denklemi kullanır.

Üç tür regresyon analiz yöntemi vardır. Birincisi, basit doğrusal regresyondur. Basit doğrusal regresyon yöntemi, iki değişkenin arasında oluşan doğrusal ilişkiyi modelleme amacıyla kullanılır. Bunlardan biri bağımlı değişken olarak ifade edilen -y ve diğeri bağımsız değişken olarak ifade edilen -x 'tir. Örnek olarak, basit doğrusal regresyon yönteminde, karın kasının gücü (y) ve güçlü vücut kütlesi indeksi (x) arasındaki ilişkiyi modelleyebilir (Yan ve Su 2009). Basit regresyon modeli genellikle aşağıdaki biçimde yazılır;

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (2.2)$$

Burada y bağımlı değişken, β_0 -y eksenini kestiği nokta, β_1 regresyon çizgisinin eğimi, x bağımsız değişken ve ϵ rastgele hatayı ifade etmektedir. Basit doğrusal regresyonda normal dağılım olarak sıfır olarak kabul edilir ve dağılımın sabit varyans $\text{Var}(\epsilon) = \sigma^2$ ile dağıtıldığı varsayılır.

Birden fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değişkenden oluşan lineer regresyon modeli çoklu lineer regresyon olarak ifade edilmektedir. Çoklu lineer regresyon, yanıt değişkeni olarak ifade edilen model parametrelerinin doğrusal bir fonksiyonu olduğunu ve birden fazla bağımsız değişken olduğunu kabul eder. Çoklu doğrusal regresyon modelinin denklemi genellikle aşağıdaki gibidir:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_n + \epsilon \quad (2.3)$$

Burada y bağımlı değişken, y bağımlı değişkendir, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ regresyon katsayıları ve $x_1, x_2, \dots, x_n$ ise modeldeki bağımsız değişkenlerdir. Basit regresyon analizinde oluğu gibi yine normal dağılım olarak sıfır olarak kabul edilir ve dağılımın sabit varyans $\text{Var}(\epsilon) = \sigma^2$ ile dağıtıldığı varsayılır.

Çoklu doğrusal regresyon modelinde birden fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken ile arasındaki doğrusal ilişkiyi belirlenirken basit doğrusal regresyon modelinde bir bağımlı değişken ile sadece bir bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişki belirlenebilir (Yan ve Su 2009).

Üçüncü tip regresyon, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin regresyon parametrelerinde doğrusal olmadığını varsayan doğrusal olmayan regresyondur. Doğrusal olmayan regresyon modeli (büyüme modeli) örneği şu şekilde yazılabilir:

$$y = \frac{\alpha}{1 + e^{\beta t}} + \epsilon \quad (2.4)$$

Burada y belirli bir organizmanın zamanın bir fonksiyonu olarak büyümesidir t, α ve β değişkenlere göre değişmesi ϵ ise rastgele hatayı ifade etmektedir. Doğrusal olmayan regresyon modeli, model parametrelerinin tahmini, model seçimi, model teşhisi, değişken

seçimi, aykırı değer tespiti veya özeli gözlem tanımlama açısından doğrusal regresyon modelinden daha karmaşıktır (Yan ve Su 2009).

Regresyon analizi, pratikte en yaygın kullanılan istatistiksel yöntemlerden biridir. Regresyon analizinin uygulamaları tıp, biyoloji, tarım, ekonomi, mühendislik, sosyoloji, jeoloji vb. gibi birçok bilimsel alanda kullanılmaktadır (Yan ve Su 2009).

Sızıntı Miktarının Deniz Kazaları Risk Modeli konusunda yapılan çalışmada Antalya Körfezi'ne gelecek yıllarda gelecek gemi sayıları da lineer regresyon yöntemi ile tahmin edilmiştir ve yıllık olarak yaklaşık 80 gemi artacağı belirtilmiştir (Küçükosmanoğlu 2008).

2.10. Deniz Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Deniz suyu Dünya yüzeyinin yüzde 70'inden fazlasını kaplamaktadır. Deniz suyu, yüzde 96,5 su, yüzde 2,5 tuz, diğer kısmı da çözünmüş inorganik ile organik maddeler, partiküller, birkaç atmosferik gazdan oluşan karmaşık bir karışımıdır (Byrne vd. 2020). Deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri enlem, derinlik, karaya yakınlığı ve tatlı su girişine göre değişkenlik göstermektedir (Byrne vd. 2020).

Deniz suyu, ticari açıdan önemli çeşitli kimyasal elementlerin zengin bir kaynağıdır. Dünyadaki magnezyumun çoğu, büyük miktarlarda brom gibi deniz suyundan geri kazanılır. Dünyanın bazı bölgelerinde, sodyum klorür (sofra tuzu) hala deniz suyunun buharlaştırılmasıyla elde edilir. Buna ek olarak, tuzdan arındırıldığında denizden gelen su sınırsız içme suyu sağlayabilir. Tatlı su kıtlığını gidermek için Orta Doğu'da ve başka yerlerde deniz kıyıları boyunca kuru alanlarda birçok büyük tuzdan arındırma tesisi inşa edilmiştir (Byrne vd. 2020). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete 2004b)'te verilen deniz suyunun genel kalite kriterleri Çizelge 2.18'de verilmiştir.

Deniz suyu, tüm tatlı su türlerinden daha fazla çözünmüş iyon içerir. Bununla birlikte, çözünen maddelerin oranları önemli ölçüde farklılık gösterir. Örneğin, deniz suyu nehir suyundan yaklaşık 2,8 kat daha fazla bikarbonat içermesine rağmen, tüm çözünmüş iyonların bir oranı olarak deniz suyundaki bikarbonat yüzdesi nehir suyundan çok daha düşüktür. Bikarbonat iyonları, nehir suyundaki çözünen maddelerin %48'ini, ancak deniz suyu için yalnızca %0,14'ünü oluşturur (Pinet 1996).

Bunlar gibi farklılıklar, deniz suyundaki maddelerin çözünme sürelerinden kaynaklanmaktadır; sodyum ve klorür çok uzun çözünme sürelerine sahipken, kalsiyum (karbonat oluşumu için hayati önem taşır) çok daha hızlı çökelme eğilimindedir (Pinet 1996). Deniz suyunda en çok bulunan çözünmüş iyonlar sodyum, klorür, magnezyum, sülfat ve kalsiyumdur (Hogan 2010).

Denizdeki yaşamın en önemli kaynağı olan litre başına 2 mikrogram nitrojen atomu konsantrasyonlarındaki amino asitler de dahil olmak üzere küçük miktarlarda başka maddeler bulunur (Tada vd. 1998). Deniz suyundaki çeşitli tuz bileşeninin oranları şu şekildedir; Cl^- %55, Na^+ %30,6, SO_4^{2-} %7,7, Mg^{+2} %3,7, Ca^{+2} %1,2, K^+ %1,1 ve %0,7 diğer elementlerden oluşur.

Çizelge 2.18. Deniz suyunun genel kalite kriterleri (Resmi Gazete 2004b)

Sıra No	Parametre	Kriter	Düşünceler
1	pH	6,0-9,0	Doğal su içi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini %90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
2	Renk ve bulanıklık	Doğal	
3	Yüzer madde	-	
4	Askıda katı madde (mg/L)	30	
5	Çözünmüş oksijen (mg/L)	Doygunluğun %90'ından fazla	Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılarla çöp vb. katı maddeler bulunamaz.
6	Parçalanabilir organik kirleticiler	-	Çözünmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
7	Ham petrol ve petrol türevleri (mg/L)	0,003	
8	Radyoaktivite	-	
9	Üretkenlik	-	
10	Zehirlilik	Bulunmayacak	Seyreldikten sonra çözünmüş oksijen varlığını yukarıda öngörülen değerden daha fazla tehlikeye düşürecek miktarda olmamalıdır.
11	Fenoller (mg/L)	0,001	
12	Çeşitli ağır metaller		
13	Bakır (mg/L)	0,01	
14	Kadmiyum (mg/L)	0,01	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihan hiç bulunmamalıdır.
15	Krom (mg/L)	0,1	
16	Kurşun (mg/L)	0,1	
17	Nikel (mg/L)	0,1	
18	Çinko (mg/L)	0,1	Söz konusu deniz ortamına ait doğal radyoaktivite tür ve seviyeleri aşılmayacaktır. Yapay radyoaktivite ölçülmeyecek düzeyde bulunacaktır.
19	Civa (mg/L)	0,004	
20	Arsenik (mg/L)	0,1	
21	Amonyak (mg/L)	0,02	Söz konusu deniz ortamına ait mevsimsel üretkenlik seviyeleri korunacaktır.

2.10.1. pH

pH, deniz suyu kimyası konusunda bilgi sahibi olmak konusunda kullanılacak önemli parametrelerden biridir. CO₂ sisteminin ana değişkeni olan pH, karbonat iyonu (CO₃²⁻), CO₂ karbonik asit (H₂CO₃) ve bikarbonat iyonu (HCO₃⁻) olarak deniz suyunda bulunma oranını belirlemektedir.

Denizler tüm antropojenik CO₂ emisyonlarının neredeyse yarısını emdiğinden dolayı (Feely vd. 2004), yüzey deniz suyu pH'sı yılda ~ 0,002 birim azalırken, kalsit ve aragonit doygunluk oranları ise yılda ~ 1 m'ye varan oranlarda artmaktadır (Feely vd. 2004)

Denizlerdeki pH değerlerinin 7,5-8,4 arasında değiştiği bilinmektedir. Ortalama değer 7,8 olarak kabul edilmektedir. Denizlere antropojenik CO₂ alımı, dünyadaki yüzey sularının pH'ında bir düşüşe yol açmaktadır (Caldeira ve Wickett 2003, 2005; Orr vd. 2005; Raven vd. 2005).

Deniz suyunun kimyasal reaksiyonlarını, denge koşullarını ve biyolojik toksisitesi gibi kimyasal ve biyokimyasal özelliklerini etkilediğinden dolayı önemli özelliklerinden biridir (Bates 1982; Dickson 1984, 1993 a,b; Herczeg vd. 1985; ISO 2007; Millero vd. 2009). Deniz suyu pH'ı için özellikle önemli olan pH'ın fonksiyonları olan asit-baz

sistemleridir (Millero vd. 2009). Denizlerde fosil yakıt CO₂ salımının artmasıyla birlikte, şu anda pH'daki düşüşün etkisinin dikkate alınması önemlidir (Marion vd. 2009; Millero vd. 2009).

Denizlerin pH'sının son 20 milyon boyunca nispeten aynı kaldığını yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Pearson ve Palmer 2000; Pagani vd. 2005). Sıcaklık ve pH, deniz ortamındaki biyolojik tepkilerin temel faktörleridir. Yapılan araştırmalar denizdeki ısınmanın ve asitleşmenin deniz ekosistemi ve biyolojik çeşitlilik üzerinde önemli tehditler oluşturduğunu göstermektedir (Gattuso vd. 2011). Bu yüzyılın sonunda, ortalama yüzey deniz suyu pH'sının 0,2 ila 0,3 birim azalacağı (Hoegh-Guldberg 2014) ve okyanus yüzey sıcaklığının 1,8-4 ° C artacağı tahmin edilmektedir (IPCC 2014).

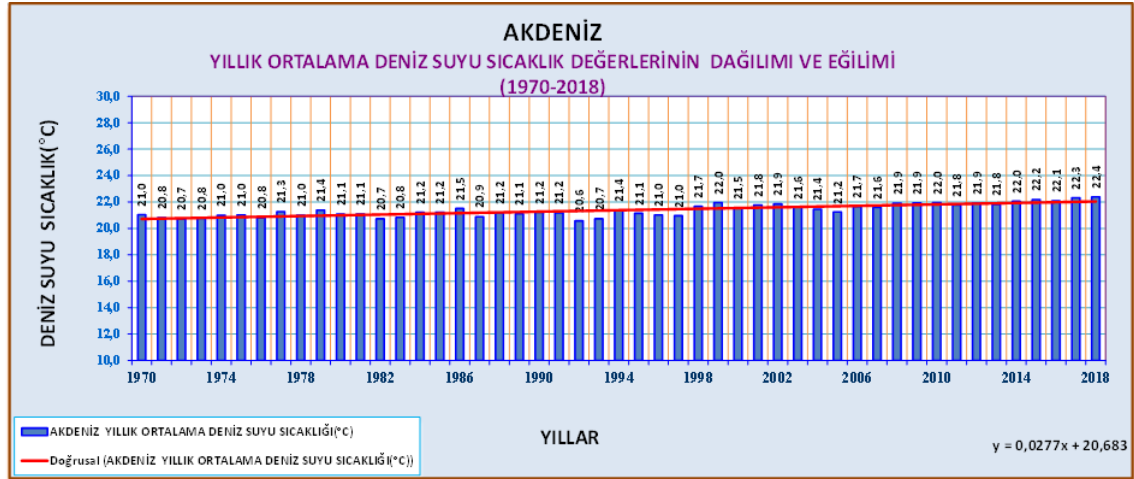
Deniz asitlenmesi, deniz ekosistemlerinin şu anda karşı karşıya olduğu en büyük tehditlerden biridir (Halpern vd. 2008; Harley vd. 2006). İnsan kaynaklı CO₂ emisyonlarının neden olduğu deniz asitlenmesi, okyanus karbonat kimyasında ölçülebilir değişikliklere yol açmıştır (Olafsson vd. 2009; Santana-Casiano vd. 2007) ve açık denizde bu yüzyılın sonunda yüzey deniz suyu pH'ını 0,4 birim düşürmesi öngörülmektedir (Caldeira ve Wickett 2003, 2005).

Deniz yüzey sularındaki pH, büyük ölçüde CO₂'deki miktarına göre değişkenlik göstermektedir. Çünkü karbonat iyon konsantrasyonu (CO₃²⁻) konsantrasyonu, ilgili zaman ölçeklerinde nispeten eşittir ve okyanus suları çoğunlukla Ca²⁺'da doymuştur (Caldeira ve Berner 1999). Antropojenik faaliyetlerden kaynaklı CO₂ emisyonlarından kaynaklanan okyanus asitlenmesi, açık okyanusta pH'daki uzun vadeli değişikliklerin baskın bir faktörüdür ve çoğu kıyı habitatlarında bulunan organizmaların gelecekteki durumu için tehdit oluşturmaktadır. Deniz suyu pH'ı üzerindeki bu antropojenik etkiler, kıyı sularının pH'ında gelecekteki durumunu tahmin etmek için bölgesel çalışmaların gerekli olduğunu göstermekte ve deniz suyu asitleşmesine karşı savunmasız olan kıyı organizmalarını korumak için bu çalışma sonuçlarına göre yerel olarak bu durumu önleme konusunda alınacak tedbirleri belirlemekte faydalı olacaktır (Duarte vd. 2013). Göycincik vd. (2018) tarafından İskenderun Körfezinde yapılan çalışmada deniz suyunun ortalama pH değeri 8,04 ve ortalama iletkenlik değeri ise 103.430 µS/cm olarak tespit edilmiştir.

2.10.2. Sıcaklık

Sıcaklık parametresi deniz suyunun durumunu belirlemede kullanılan önemli bir veri olmasının yanında diğer birçok parametreyi de etkilemektedir. İklim değişikliklerinin en etkin ve doğru bir şekilde tespit edilebilmesi denizlerdeki sularda meydana gelen soğuma ve ısınma olaylarıdır. Denizlerde meydana gelen soğuma veya ısınma olaylarının deniz ekolojik yapısı üzerindeki etkisinin deniz canlılarını ciddi derecede etkilediğinden deniznin ekonomik ve sosyal faydalarını etkilendiğinden izlenmesi gereken bir parametredir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021b).

Deniz suyu sıcaklığı, atmosferde meydana gelen sıcaklık değişikliklerinin deniz suyu üzerinde ani bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak deniz sularının sıcaklık değişimlerini etkileyen nedenler bulunduğu enlem, denizdeki akıntılar, tuzluluk miktarı ve rüzgarın şiddeti ile yönü olarak sıralanabilir.



Şekil 2.10. 1970–2018 yılları arası Akdeniz de ölçülen yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıkları (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021b)

2018 yılındaki deniz suyu sıcaklıkları ortalamaları Akdeniz’de 22,4°C, Ege Denizi’nde 19,8°C, Marmara Denizi’nde 17,4°C ve Karadeniz’de 16,5°C olarak gerçekleşmiştir. 1970–2018 yılları arasında Akdeniz de ölçülen yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıkları (°C) Şekil 2.9’da gösterilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021b).

Deniz sularının yüzeyindeki suların sıcaklıklarında güneş ışınları şiddeti süresi ile akıntılara bağlı olarak günlük değişimler meydana gelir. Bahse konu değişimler derinliği az olan deniz bölümlerinde daha fazladır. Deniz sularının yüzey sıcaklığındaki değişiklikler, güneş ışınlarının şiddeti ile etki zamanına göre değişiklik gösterir. Bahse konu değişimim kutuplara yakınlaştıkça denizin derinleri ile deniz yüzeyinde çok düşük olmasına rağmen, derinliği azaldığı sahil sularında çok daha fazla olduğu bilinmektedir. Örnek olarak, kutuplara yakın bölgelerde 0,3-0,5 °C’lik azami değişime rağmen sahillerde ve sıg sulardaki değişim 2-3 °C’ye ulaşır (Anonim 15, 16 2021).

2.10.3. Tuzluluk

Deniz suyunda tuzluluk, bir kilogram deniz suyundaki gram cinsinden toplam çözülmüş madde miktarı olarak ifade edilmektedir. Bundan dolayı binde birim olarak tanımlanır. Birçok denizde tuzluluk değerleri ortalama 35 ppt civarındadır (Anonim 17 2021).

Tuzluluğu ölçmek için eskiden kullanılan birimler, Binde kısım veya gram/kilogram (1 ppt=1 g/kg) standarttı. Son dönemlerde tuzluluk değerleri, birimsiz Pratik Tuzluluk Ölçeğine dayalı PSU olarak rapor edilmektedir. psu, ppt ve SA g/kg birimleri neredeyse eşdeğerdir (ve çoğu zaman birbirinin yerine geçer) (Anonim 17 2021). Her üç yöntem de deniz suyunda yaklaşık 35 tuzluluk değerine dayanmaktadır. Denizlerin çoğu bölümünde tuzluluk miktarı %3,1-3,8 arasında değişmekte olup denizlerde bulunan tuzluluk miktarı değişiklik göstermektedir. Denizlerin ile nehirlerde karıştığı yani tatlı suyla deniz suyunun karıştığı mansaplarda deniz suyunun tuzluluk oranı karışmıdan dolayı doğal olarak azalmaktadır (Anonim 18 2020).

Deniz suyundaki yüksek miktarda tuz bulunması kabuklu deniz canlılarının yaşamını olumsuz yönde etkileyebilir (EPA 2001). Tuzluluğa etkileyen en önemli element Cl⁻ iyonudur. Tuzluluk, klorinite (Cl⁻) parametresine dayanarak oluşturulan aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$S = 0,03 + 1,805 (Cl^-) \quad (2.5)$$

Burada S, tuzluluğu (g/kg) ve Cl⁻, kloriniteyi (g/kg) ifade etmektedir (Kocataş 1986). Tuzluluk, denizdeki konuma ve deniz derinliğe göre değişiklik göstermektedir. Denizlerdeki tuzluluk buzların erimesi, yağış miktarı ve akarsulardan denizlere gelen tatlı sular gibi nedenlerden dolayı azalır ancak buzlanmanın ve buharlaşmanın etkisiyle artmaktadır. Ekvatora yakın bölgelerde tuzluluk diğer bölgelere göre yıllık yağış miktarı buharlaşmadan fazla olduğundan deniz suyu tuzluluğu diğer yerlere göre daha azdır. Buharlaşma enlemlerin artmasıyla nispi olarak azaldığından tuzluluk da azaltılmaktadır (Öztürk 1996).

Türkiye’de Akdeniz sahillerinde sıcaklığın çok yüksek olmasından dolayı buharlaşma yüksektir ve bundan dolayı tuzluluk da yüksektir. Akdeniz’e göre sıcaklığın çok daha düşük olduğu Karadeniz sahillerinde ise akarsuların yüksek debisi ile yüksek miktarlarda yağıştan dolayı buharlaşmanın fazla olması sebebiyle denizdeki tuzluluk oranı daha düşüktür (Berkün 2006). Ülkemizde Akdeniz %38, Karadeniz %18, Marmara %23 tür ve Ege Denizinde tuzluluk oranı ise %35’tir.

2.10.4. Elektriksel İletkenlik (EC)

Deniz suyunun elektrik akımını iletme yeteneği elektriksel iletkenlik olarak ifade edilmektedir elektriksel iletkenliğin ölçülmesiyle deniz suyundaki klorür, nitrat, sülfat, fosfat, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyum gibi çözülmüş inorganik maddelerin mevcut olup olmadığı da belirlenmiş olacaktır (Doğanay 2014). Deniz suyunda bu maddelerin bulunması elektriksel iletkenliği artırır. Sıcaklık ile suların elektriksel iletkenlik değeri arasından doğru orantı bulunmaktadır. Sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenlik de artar.

Çözülmüş inorganik maddelerin varlığı denizde ekosistem için çok büyük bir öneme sahiptir. Çünkü bahse konu maddelerin varlığı organizmaların hücrelerinin su ihtiyaçlarını karşılar ve düzenler (Doğanay 2014). Fakat, çözülmüş inorganik maddeler eğer yüksek konsantrasyon ile deniz suyunda bulunursa deniz ekosisteminin dengesini bozmakta ve çözülmüş oksijen miktarını azaltmaktadır (Doğanay 2014).

Elektriksel iletkenlik ve çözülmüş katı maddeler arasındaki ilişki aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir (EPA 2001).

$$EC (\mu S/cm) \times 2/3 = \text{Toplam Çözülmüş Katı Madde (TDS) (mg/L)} \quad (2.6)$$

2.10.5. Işık Geçirgenliği-Seki Derinliği

Deniz suyunda bulanıklık, güneş ışınlarının geçirgenliğinin etkileyen bir faktördür. Açık denizlerde bulanıklık denizdeki canlıların üretkenliği ile gerçekleşirken, kıyılarda bu durumun yanında insan faaliyetlerin kaynaklı çeşitli faaliyetler de

bulanıklığa sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak kıyı suları, açık denizlere nispeten bulanıklığı fazla olduğundan ışık geçirgenliği daha düşüktür (Geldiay ve Kocataş 1998).

Deniz suyunun bulanıklığı yani ışık geçirgenliği, seki diski ismi verilen ve 20 cm çapa sahip siyah-beyaz renkte bir disk kullanılarak ölçülmektedir. Bahse konu disk suya bırakılmakta ve ağırlığı ile batmaktadır. Diske bağlanan uzunluğu metrik olarak ayrılmış olan el incesi ile deniz suyunda göremediğimiz derinlik seki disk derinliği olarak belirlenmektedir. Bu disk ile belirlenen derinlik güneş ışığının %90 ve üzeri oranda söndüğü derinlik olarak tanımlanmaktadır (Uslu ve Türkman 1987).

Denizde bulunan askıda katı maddelerin, yaşayan canlıların varlığını gösteren parametre ışık geçirgenliği olarak ifade edilmektedir. Bundan dolayı deniz suyu kalitesi konusunda dikkate alınan bir parametredir. Fakat, deniz suyunda bulunan çözünmüş maddelerin varlığı ışık geçirgenliği değeri ile belirlenememektedir. Bulanıklık ve ışık geçirgenliği arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Işık geçirgenliği değeri, seki diski adı verilen alet ile maksimum ulaştığı derinliğin metre cinsinden gösterilmesi ile ölçülmektedir (EPA 2001).

2.10.6. Askıda katı madde (AKM)

Askıda katı madde miktarının fazla olması durumunda deniz suyunun fiziksel olarak kirlenmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı deniz suyundaki bulanıklığın ile toksisiteyi artırabileceği gibi ışık geçirgenliğini de azaltarak sudaki oksijen miktarını azaltır ve bunun sonucunda denizdeki canlılara zarar verebilmektedir. Askıda katı maddelerin miktarı, türü ile sudaki canlıların büyüklük ve çeşidine göre bu etki değeri değişmektedir.

Deniz suyunda askıda çözünmüş organik maddeler ile organik ve inorganik maddelerin bulunması deniz suyunun optik özelliğini etkileyerek ışık geçirgenliğini azaltabilirler. Bundan dolayı denizdeki canlılar için çok önemli bir besin kaynağı olan güneş ışınları deniz suyunda hem absorpsiyon ve dağılma nedeniyle kayba uğradığından suyun derinlerine ulaşamamaktadır. Deniz suyunda bulunan askıda katı maddeler ışık geçirgenliğini azaltarak dolaylı veya doğrudan su canlılarının yaşam ortamlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Doğanay 2014).

2.10.7. Deniz suyundaki fosfor miktarı

Atıksularda ve doğal sularda genel olarak fosfor fosfat olarak bulunmaktadır. Bu fosfat çeşitleri, orto-fosfatlar, metal ile diğer polifosfatlar ve organik fosfatlardır. Çevre Mühendisliği çalışmalarında ölçülen fosfat çeşitleri orto-fosfatlar, poli-fosfatlar ve organik fosfatlardır. Kullanımı yaygın olan fosfat bileşikleri Çizelge 2.19’da verilmiştir.

Bitkilerin ve hayvanların gövde yapısında bulunan fosfor önemli bir elementtir. Denizlerdeki ekosisteminde bulunan fosfor miktarı da kimyasal açıdan önemli bir unsurdur. Denizlerde fosforlar çeşitli bileşikler halinde bulunmakta olup doğal sular ile atıksularda birçok etkileşime girmektedir.

Çizelge 2.19. Yaygın olarak kullanılan fosfor bileşikleri (Anonim 19 2022)

<i>Fosfor Bileşikleri</i>	<i>Kimyasal Formülü</i>
Ortofosfatlar	
Trisodyum fosfat	Na_3PO_4
Disodyum fosfat	Na_2HPO_4
Monosodyum fosfat	NaH_2PO_4
Diamonyum fosfat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Polifosfatlar	
Sodyum hegzametafosfat	$\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$
Sodyum tripolifosfat	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
Tetrasodyum pirofosfat	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

2.10.8 Yağ ve gres

Deniz suyundaki yağ ve gres miktarı özellikle sintine gibi petrol türevli atıklardan kaynaklanmaktadır. Yağ ve gres denizdeki yaşama ve alıcı ortama zararlı maddelerdir (Birgül 2006). Deniz yüzeyinde oluşan yağ ve gres su yüzeyinde ince bir tabaka oluşturarak ışık ile oksijenin yeteri miktarda deniz canlılarına ulaşmasını engellemektedir. Ayrıca emülsifiye yağlar balıklar üzerinde zehir etkisi göstermektedir. Deniz tabanına çöken yağ ve gres dipteki canlıların hayatının özellikle balık larvalarının (yumurtalarının) tehdit etmektedir. Gemilerden kaynaklı sintine suyu atığı yüksek oranda yağ içeren bir atık olduğundan balıkların üzerinde ciddi olumsuz etki yaratmaktadır.

2.10.9 Ağır metaller

Ağır metaller, besin zincirinde başta yer alan besinleri meydana getiren fitoplanktonlar veya denizdeki diğer organizmalar tarafından tüketilmesiyle balıklara sonrasında ise insanlara kadar ulaşabilmektedir. Ağır metallerin balıklarda bulunma miktarları ise balık cinsine göre beslenme alışkanlığı ve canlı tarafından alınan metal miktarına bağlıdır (Aközcan 2009). Ağır metaller belli miktarlarda olsalar bile denizdeki canlılar üzerinde zararlı etki gösterebileceklerinden dolayı deniz suyunda bulunma miktarları kontrol edilmelidir. Ağır metaller eser veya iz element olarak da isimlendirilir. Ağır metaller; Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, T, U, V, Zn, Al ve Cu olarak belirlenmiştir.

Toprakta ağır metaller ve yoğun antropojenik faaliyetler denizlerde ağır metal kirliliğinin ana kaynakları olarak kabul edilmektedir (Yalçın vd. 2016; Li 2006). Sahillerde insanlar, plaj kumu ile vücut teması ve deniz suyunu yutarak ağır metallerden kolayca etkilenebilir (Qu vd. 2012). Yalçın (2020a) tarafından Antalya Kemer bölgesinde yapılan çalışmada 47 noktadan alınan örneklerde Ca, Cr, Fe, Ti ve Pb anormal şekilde yoğunlaştığı ve Cr, Pb ve Cu bazı numunelerde kirletici olarak yüksek risk seviyesi gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek Cr konsantrasyonunun oluşumunun doğal faaliyetlerden kaynaklandığı, Pb ve Cu'nun ise insan faaliyetlerinden dolayı oluştuğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada kirliliğin doğasını ve riskini değerlendirmeye yönelik

nitel yaklaşım, kirlilik Endeksi gibi kirlilik değerlendirme endeksi uygulaması kullanılarak yapılmıştır. Risk indeksini hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$PI = C / MPC \quad (2.7)$$

Burada C, ağır metalin konsantrasyonu ve MPC, maksimum izin verilebilir konsantrasyonu önceki çalışmalarda ölçülen konsantrasyonu (MPC) ifade etmektedir. Zenginleştirme Faktörü (Ef), belirli bir elementin, numunelerdeki geçmiş dönemlerde ölçülen konsantrasyonlarının seçilen referans elemente oranını ölçmek için kullanılmaktadır (Simex 1981; Ephraim 2014). Zenginleşme faktörü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır;

$$EF = [C/Fe]_{\text{örnek}}/[C/Fe]_{\text{geçmiş}} \quad (2.8)$$

[C / Fe] numunesi, numunedeki ağır metal ile Fe konsantrasyon oranı ve [C / Fe] geçmişteki ağır metal ile Fe oranının geçmişteki değeridir Yalçın (2020a).

Ağır metallerin bireysel ve/veya toplu olarak etkileşim ortamları içinde biyolojik topluluk için potansiyel oluşturabilecekleri kirlilik (risk) düzeyini değerlendirmek için, potansiyel ekolojik indeks kullanılmaktadır Yalçın (2020a). Potansiyel ekolojik indeks aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır;

$$Ef = CF_{\text{metal}} \times Tf \quad (2.9)$$

$$RI = \sum Ef \quad (2.10)$$

Tek bir ağır metal kirliliği için potansiyel ekolojik risk endeksi (Ef) olduğunda, RI, ayrı ayrı ağır metallerin (Ef) toplamı olan kapsamlı potansiyel ekolojik risk endeksidir; CF, geçmiş dönemde ölçülen değerleri kullanılarak hesaplanan bir elementin kirlilik faktörüdür (Turekian ve Wedepohl 1961). Tf, belirli bir elementin biyolojik toksik tepki faktörünü ifade etmektedir. Ağır metaller denizde serbest iyonlar, organik ile inorganik bileşikler ve maddeler tarafından adsorbe edilerek bulunabilirler. Deniz dibine çökmüş olarak bulunmaları durumunda dahi, kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar ile eski iyonik hallerine dönüşüp toksik etki yapabilirler (Batkı 1995). Bazı Akdeniz kıyıları antropojenik ve doğal faktörler nedeniyle iz metallerle kirlendiği değerlendirilmektedir (Mulsow vd. 2001; Rouibah 2001; Yoshida vd. 2004).

Dünyada sulardaki sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçları Çizelge 2.20’de verilmiştir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği Tablo 4’e göre deniz suyu kalitesinin belirlenmesinde bulunması gereken ağır metaller ile miktarları belirlenmiş olup Çizelge 2.21’de verilmiştir.

Kemer bölgesindeki Ayışığı Plajı kumlarının ağır metal miktarlarının kimyasal analizinin veri analizi çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Mg, Fe, Al, Ti, Sr, Mn, Cr, Ni, Zn, Zr, Cu, Rb, Si, Fe, Al, K, Ti ve P ağır metalleri incelenmiş ve regresyon modelinde belirleme katsayısı (R^2) % 63,6 olarak hesaplanmıştır (Yalçın 2020b).

Çizelge 2.20. Dünyada sulardaki sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçları (Rahman vd. 2019)

Metal	Karnafully Nehri, Bangladeş (Momin Siddique ve Aktar 2012) (mg/kg)	Fujian Sahili (Zhang 2008)	Tirumalairaj Nehri, Hindistan (Venkatraman vd. 2014)	Ulsan Körfezi (Ra vd. 2014)	Tamilnadu, Hindistan (Harikrishnan vd. 2015)	Jinzhou Körfezi (Zhang vd. 2008)	Sitakunda, Bangladeş (Rahman vd. 2019)	Standart Değerler
Cr	Ö/Y*	4,5–279	0,96–4,01	17,8–90,6	80,3	44–72	7,95–19,22	77,2 (IAEA) (1990)
Cu	34,71–70,5	2–64	13,65–28,17	12,5–384,7	Ö/Y	9–1227	15,4–21,95	33 (IAEA) (1990)
Ni	19,87–42,02	2,1–53,3	0,52–2,01	7,1–47	24,8	Ö/Y	Ö/Y	35 (Wedepohl 1969/1978)
Pb	Ö/Y	7,7–144	1,73–6,74	18,1–108,8	Ö/Y	21,8–1828	65,5–116,9	19 (Salomon ve Forstner 1984)
Zn	91,71–126,35	4–319	23,4–56,32	91,6–4.356	39,49	4–319	124,3–176,4	95 (GESAMP 1982)
Fe	2.723,38–379,76	Ö/Y	1.736,3–3.144	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	62,990–75,210	4100 (IAEA) (1990)
Zr	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	169,3–258,12	160 (Mason 1966)
Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	30,4–40,54	26 (Mason 1966)
Sr	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	121,1–177,06	300 (Mason 1966)
Rb	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	248,2–194,5	140 (Mason 1966)
As	Ö/Y	2,4–15,1	Ö/Y	7–34	Ö/Y	20,4–820	9,5–13,6	13 (Mason 1966)

*Ö/Y: Ölçüm yapılamamıştır.

Çizelge 2.21. Deniz suyunda bulunabilecek ağır metaller ve miktarları (Resmi Gazete 2004b)

Sıra No	Parametre	Kriter
1	Bakır (mg/L)	0,01
2	Kadmiyum (mg/L)	0,01
3	Krom (mg/L)	0,1
4	Kurşun (mg/L)	0,1
5	Nikel (mg/L)	0,1
6	Çinko (mg/L)	0,1
7	Civa (mg/L)	0,004
8	Arsenik (mg/L)	0,1
9	Amonyak (mg/L)	0,02

Türkmen tarafından (2011) İskenderun Körfezi'nde deniz suyundaki ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) miktarları incelenmiştir. Bahse konu çalışmada deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550 mg/L, Fe: 0,2995 mg/L, Cu:

0,0652 mg/L, Pb: 0,6173 mg/L, Zn: 0,0709 mg/L, Co: 0,2589 mg/L, Cr: 0,1689 mg/L, Al: 0,1875 mg/L, Mn: 0,1079 mg/L ve Ni: 0,2769 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Göycincik vd. (2018) tarafından İskenderun Körfezinde yapılan çalışmada 4 ayrı noktada 15 günlük aralıklarla deniz suyu numunelerinin içerdiği sekiz ağır metalin (B, Al, Cr, Fe, Ni, Cu, As, Se) konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu ağır metallerin değerleri; B: 6,559; Al: 0,666; Cr: 0,243; Fe: 7,142; Ni: 0,094; Cu: 0,364; As: 0,055 ve Se: 0,275 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre B, Al, Cr, Fe, Cu ve Se elementlerinin konsantrasyonlarının sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Ni ve As elementlerinin ise sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Göycincik 2018).

2.11. Tez Çalışmasının Amacı ve Özgünlüğü

Bu tez çalışmasında, Antalya Körfezi için elde edilen bu verilerle gemilerden kaynaklı atıkların oluşturduğu deniz kirliliği riskinin kontrolü konusunda gemilerin, atık alım tesislerinin ve limanların uygulamalarına yönelik ihtiyaçların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Antalya Körfezi'ne gelen gemilerin oluşturduğu sintine suyu ve evsel atıksu atıkların gemilerin tiplerine göre miktarı hesaplanmış ve Antalya Körfezi'nde bulunan atık alım tesislerinin aldığı atık miktarı ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaz mevsiminde bir adet gezi teknesinden ve bir adet ticari gemiden sintine suyu ve atıksu örnekleri alınarak analiz edilmiş ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen parametre ile PAH değerlerine göre denize deşarj edilmesi durumunda oluşturacağı etki belirlenmeye çalışılmıştır. Atık miktarı ile oluşturacağı etki değerleri kullanılarak gelecek yıllarda Antalya Körfezi için gemi kaynaklı atıkların oluşturacağı risk belirlenmeye çalışılmıştır.

Denizler hava, kara ve deniz gibi çeşitli kaynaklardan kirlenmektedir. Bahse konu kirleticilerin arasında en önemli ve ciddi etkiyi denizin denizden kirlenmesi oluşturmaktadır. Bu kaynaklardan oluşan kirliliğin boyutu yerel özellikle kalmamaktadır ve hızlı yayılım nedeniyle uluslararası önem kazanmıştır. Denizin denizden kirlenmesinde en önemli kaynaklar deniz ulaşımını sağlayan gemilerdir. Gemi kaynaklı kirleticilerin başında deniz ekosistemine en fazla zararı veren petrol ve petrol ürünleri gelmektedir. Gemilerin sevk ile idaresinde kullanılan sistemlerinde meydana sintine atıkları ve geminin en altında toplanmakta olup içeriğindeki yağ ile petrol nedeniyle deniz ekosistemine ciddi etkileri olan bir atıktır. Sintinenin içeriğinde bulunan yağ yoğunluğu deniz suyundan daha düşük olduğundan deniz yüzeyinde yağlı tabaka oluşturmaktadır. Bu yağlı tabaka deniz canlılarının ihtiyacı olan oksijenin su içine girişini engellemekte, canlıların yaşamını sınırlandırmakta ve ekosistem dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu bozulmalar deniz alglerinin fotosentez aktivitesinin azalması ve besin zincirin izleyen basamaklarının zarar görmesi gibi sonuçlar oluşturur.

Denizlerimizde petrol ürünlerinin karakterizasyonuna ilişkin çalışmalarına rastlansa da sintine suyu, kontrolü ve yönetimi konularında literatürde henüz bir çözüm oluşturulamamıştır. Denizlerde petrol kirliliği ve kazalardan kaynaklı oluşabilecek kirlilik konusunda risk değerlendirmesi ve yönetimi çalışmaları yapıldığı görülmüştür. Ancak, gemilerden kaynaklı atıkların risk değerlendirmesi ve kontrolü konusunda çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada risk değerlendirmesi ve gemi atıklarının kontrolü kapsamında, AIS (Otomatik Tanımlama Sistemi) kullanılarak Antalya Körfezi'nden geçen gemilerin sayısı, büyüklüğü, tipi (kargo, akaryakıt, gezinti, balıkçı

gibi) gibi bilgiler ve literatürden bir geminin üretebileceği sintine ve atıksu miktarı verileri kullanılarak Antalya Körfezi için gemi kaynaklı sintine ile atıksuların miktarları hesaplanacaktır. Ayrıca mevsimsel olarak denizden alınan numunelerin kimyasal ve fiziksel analizleri yapılarak Antalya Körfezi'ndeki durum belirlenerek gemi kaynaklı atıkların etkisi belirlenmeye çalışılacaktır. Hesaplanan veriler kullanılarak Antalya Körfezi için gemi kaynaklı atıkların deniz kirliliğine etkisinin risk değerlendirmesi yapılacak ve böylece mevzuat ve yapısal ihtiyaçlar belirlenerek gemi atıkların kontrolü konusunda en iyi yöntem ortaya çıkarılmaya çalışılacak ve atığın gemiden alınıp bertarafına kadar olan süreç için akış diyagramları oluşturulacaktır.

Yasamak için ihtiyaç duyduğumuz oksijenin %70'i denizler tarafından sağlanmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Ülkemizin, turizm, balıkçılık ve deniz ticareti açısından büyük bir gelir kaynağı olan Mavi Vatan denizlerimizin kirlilikten korunması büyük bir öneme sahiptir. Denizlerimizin korunması amacıyla, çalışma bölgesine bir yıl boyunca gelen gemi sayısından üretebilecekleri atık miktarları hesaplandı ve gemi kaynaklı atıkların deniz kirliliğine etki olasılığı sayısal ve mevsimsel olarak belirlenmeye çalışıldı. Antalya Körfezi için elde edilen bu verilerle gemi kaynaklı atıkların oluşturduğu deniz kirliliği riskinin belirlenmesi ve kontrolü konusunda gemilerin, atık alım tesislerinin ve limanların uygulamalarına yönelik ihtiyaçlar belirlendi. Ayrıca atıkların gemilerden alınıp bertarafına kadar olan süreç için eylemler açıklandı.

Çalışma bölgesinde incelenen araştırmalarda gemi trafiğine bağlı kirleticilerin karakterizasyonu, toksisitesi akıbetleri, liman ve marinalarda atık alımları konusunda uluslararası çalışmaya rastlanırken ulusal bazda oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Konuyla ilgili bölgesel bazda ve gemi kaynaklı kirleticilerin çevresel risk değerlendirmesi konusunda literatürde eksikliği gözlenmiştir. Bu nedenlerle, bu tez çalışması bilimsel özgünlük ve güncel geçerlilik özelliklerini taşımaktadır.

Konunun önemi yukarıda belirtildiği gibi denizlerimizde petrol ürünlerinin karakterizasyonuna ilişkin çalışmalarına rastlansa da sintine suyu, kontrolü ve yönetimi konularında literatürde henüz bir çözüm oluşturulamamıştır. Denizlerde petrol kirliliği ve kazalardan kaynaklı oluşabilecek kirlilik konusunda risk değerlendirmesi ve yönetimi çalışmaları yapıldığı görülmüştür. Ancak, gemilerden kaynaklı atıkların risk değerlendirmesi ve kontrolü konusunda çalışmaya rastlanmaması nedeniyle özgün bir çalışma özelliğindedir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması kapsamında Antalya Körfezi'ndeki kirlilik durumunu belirlemek amacıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde belirlenen 11 noktadan alınan deniz suyu örneklerinin analiz edildi. İlk analiz sahada alınan deniz suyu numunesinin anlık pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik (EI), tuzluluk (PSU), oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP) ve ışık geçirgenliği değerleri ölçülmüştür. Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında askıda katı madde (AKM), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) klorofil-*a*, anyonik yüzey aktif madde (YAM), orto-fosfat (o-PO₄³⁻), nitrat+nitrit (NO₃⁻+NO₂⁻), yağ-gress ve toplam fosfor (TP) analizleri yapılmıştır. Ayrıca deniz suyu örneklerinin ağır metal analizleri Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne yaptırılmıştır.

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuların analizlerinin yapılması amacıyla yaz mevsiminde 12 metreden büyük gezi teknesi ile boyu 100 metreden büyük bir ticari gemiden alınan sintine ile atıksu örneklerinin mineral yağ, suda PAH analizleri TÜBİTAK Çevre Laboratuvarına ve ağır metal analizleri Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne yaptırılmıştır. Tez çalışması kapsamında yapılan analizlerin ölçüm limitleri, yöntemleri ve birimleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Denizden alınan numunelerin işlem ve analiz akış diyagramı Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.1. Çalışma Bölgesi

Batısında bulunan Eşen Çayı'ndan doğusunda bulunan Kaledron (Kaldıran) Çayı'na kadar olan Antalya İlinin kıyıları 640 km. uzunluğa sahip olup düz hat olarak ise 500 km'dir. Bu kıyı uzunluğu ile Akdeniz Bölgesi kıyı uzunluğunun %40'ını oluşturur. Yaklaşık olarak 2,5 milyon nüfusu sahip Antalya merkez kısmını kapsayan alan Turizm Merkezi statüsündedir. Bölgede kıyı yapılarından yük, yolcu ve yat gemilerinin barınmasını sağlayan bir "Liman" ve "Balıkçı Barınağı" bulunmaktadır.

Antalya kıyılarında vatandaşın kullanımına yönelik rekreatif alanlardan dünyaca ünlü Konyaaltı Plajı bulunmaktadır. Şehir merkezinin bulunduğu bölümdaki tarihi yapılar, falezler ile rekreasyon alanları, "Kaleiçi yat Limanı" ile bütünleşerek kentin simgesi durumuna gelmiştir. Bölgenin doğu kısmında, kıyılarda tematik özellikle turizm tesisleri bulunmaktadır. Antalya'da, uluslararası özelliğe sahip bir adet havalimanını bulunmakta olup diğer bölgelerde bulunan turizm tesislerine ulaşım katkı sağlamaktadır (Antalya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2019).

Antalya tarihsel yapısıyla kültür turizmi, deniz ve doğal güzellikleriyle insanların yoğun olarak ilgisini çeken Türkiye ve Dünya turizminde lider, önemli turizm bölgelerinden biridir. Antalya'da yerleşik nüfus yaklaşık 2,5 milyon kişi olmakla birlikte yaz aylarında nüfusu 5 milyon kişinin üzerine çıkmaktadır. 2019 yılı içerisinde 15 milyondan fazla turist Antalya'yı ziyaret etmiştir (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü 2019)

Antalya Körfezi'nde Şekil 3.2'de gösterildiği gibi 5 ticari şirkete ait akaryakıt dolum tesislerine akaryakıt getiren petrol tankeri gemilerden akaryakıt transferini sağlamak amacıyla denizden petrol hattı geçmektedir.

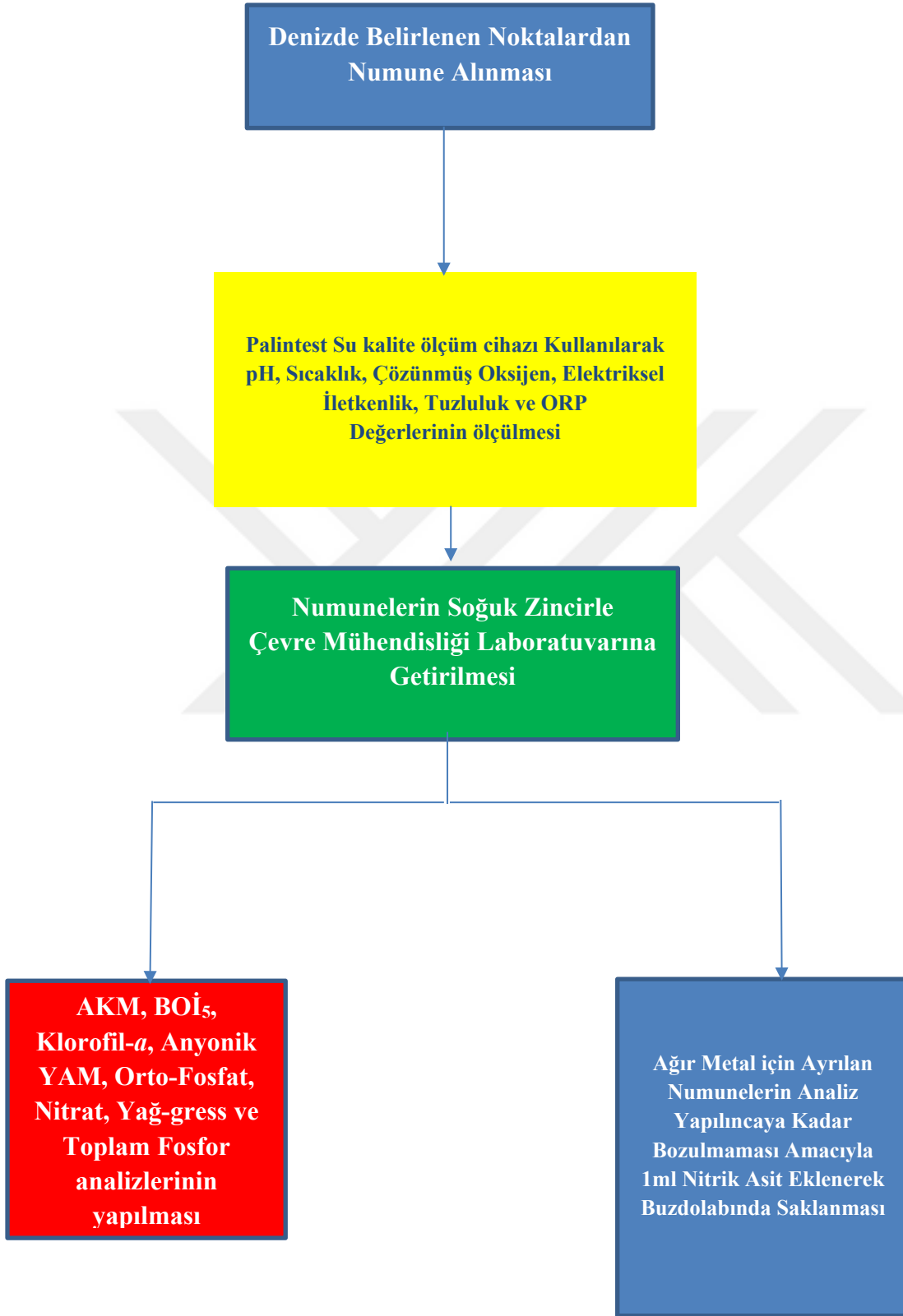
Çizelge 3.1. Sintine suyu, atıksu ve deniz suyu analizi yapılan parametreler, ölçüm aralıkları ve analiz yöntemleri- kaynakları

No	Analiz adı	Ölçüm Aralığı ve Birimi	Yöntem
Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler			
1	Elektriksel İletkenlik	0-100 mS/cm	Palintest Su kalite ölçüm cihazı Probu ile sahada ölçülmüştür.
2	Tuzluluk	0-70 ppt, 0,01 ppt duyarlılığında. Toplam Çözünmüş Katı ise hesaplanan parametredir	Palintest Su kalite ölçüm cihazı Probu ile sahada ölçülmüştür.
3	Sıcaklık	-5-50°C ve 0,01 °C duyarlılığında	Palintest Su kalite ölçüm cihazı Probu ile sahada ölçülmüştür.
4	pH/ORP	0-14 birim ve 0,01 birim duyarlılığında, ORP: -999 to +999 Mv ve 0,1 mV duyarlılığında	Palintest Su kalite ölçüm cihazı Probu ile sahada ölçülmüştür.
5	Çözünmüş Oksijen	0-50 mg/L ölçüm aralığında ve 0,01 mg/L duyarlılığında	Palintest Su kalite ölçüm cihazı Probu ile sahada ölçülmüştür.
6	Çözünmüş Oksijen Doygunluğu	%0-500 ve %0,01 duyarlılığında	Palintest Su kalite ölçüm cihazı Probu ile sahada ölçülmüştür.
7	Işık Geçirgenliği-Seki derinliği	0-50 m, 0,1 m duyarlılığında	Seki disk ile sahada ölçülmüştür.
8	Askıda Katı Madde (AKM)	103-105°C'de kurutularak, mg/L	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında 2540D, APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
9	Yüzer madde	Yüzer halde sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.	Sahada görsel inceleme ile belirlenmiştir.
10	Toplam fosfor (TP)	0,08-6µM ölçüm sınırlarında (kalay klorür metodu) yaş oksidasyon ile, µg/L,	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında 2540D, APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
11	Nitrat+nitrit azotu	Nitrat+nitrit azotu 0,05-45 µM ölçüm sınırları içinde Cd-Cu indirgeme yöntemi, kullanılarak, toplam inorganik azot konsantrasyonu hesaplanacaktır.	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında 4500N-ENO ₃ , 4500N-B NO ₂ , 4500N-F- NH ₃ , APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
12	Orto-fosfat (o-PO ₄ ³⁻)	0, 03-5 µM/L aralığındaki ölçüm sınırları içinde fosfo-molibdat karışımı oluşturularak Askorbik asit metodu	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında 4500P-E, APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
13	Klorofil-a	0,05-20 mg/m ³ (=µg/L) Aseton Ekstraksiyon yöntemi ile	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
14	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	Ölçüm aralığı 1-9 mg/L (seyretme yapılmadan), mg/L	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.

Çizelge 3.1'in devamı

No	Analiz adı	Ölçüm aralığı ve birimi	Yöntem
15	Deterjan (Anyonik Yüzeyaktif Maddeler-YAM)	Ölçüm aralığı 5-5540 MBAS, Metilen mavisine yüzey aktif madde yöntemi ile	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
Diğer Tehlikeli Maddeler			
16	Yağ-Gres	Ölçüm limiti 5-1000 mg/L, Hekzan yöntemi ile, mg/L	Çevre Müh. Bölüm laboratuvarında 5520D, APHA.AWWA, WEF 1995'de belirtilen yöntem ile yapılmıştır.
17	Mineral yağ (C1-C40)	ISO 9377 PART4, ölçüm aralığı 0,1 mg/L'den büyük	TÜBİTAK'a hizmet alımı ile yaptırılmıştır.
18	Poli Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)	Intergovernmental Oceanographic Commission (1984) Manual for Monitoring Oil and Dissolved /Dispersed Petroleum Hydrocarbons in Marine Waters and on Beaches'da belirtilen yöntem ile, ölçüm aralığı 0,01 µg/L'den büyük, µg/L	TÜBİTAK'a hizmet alımı ile yaptırılmıştır.
19	Petrol fraksiyonları: (C1- C4), nafta (C5-C10), kerosin (C10-C14), dizel (C14-C18), yağlama yağı (C18-C50) vaks (C16- C70)	UNEP, 1986. Baseline studies and monitoring of oil and petroleum hydrocarbons in marine waters (MED POL 1). MAP Technical Report Series, No. 1, sayfa. 81-86. 'da belirtilen yöntemi ile, ölçüm aralığı 0,01 µg/L'den büyük, µg/L	TÜBİTAK'a hizmet alımı ile yaptırılmıştır.
20	Ağır Metaller	V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Fe, Cd, S, As, Pb, Hg	Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne hizmet alımı ile yaptırılmıştır. XRF cihazı ile ölçüldü.

Antalya Körfezi'nde yük taşımacılığının yanı sıra günübirlik yolcu taşımacılığı, özel yatlar ile düzenlenen geziler ile özellikle kış aylarında da balıkçı tekneleri tarafından yoğun olarak balıkçılık faaliyetleri yapılmaktadır. Antalya'nın en büyük ilçeleri olan Konyaaltı'nda 2 adet liman ve Alanya'da ise 1 adet yolcu gemileri tarafından kullanılan liman bulunmaktadır. Denizcilik faaliyetlerinde en çok günübirlik yat turları ile özel yat seyirleri yapılmaktadır. Antalya Körfezi'nde 2 adedi büyük ticari gemi limanı olmak üzere 6 adet yat limanı ve 5 balıkçı barınağı olmak üzere toplam 11 adet liman bulunmaktadır (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü 2019).



Şekil 3.1. Denizden alınan numunelerin işlem ve analiz akış diyagramı



Şekil 3.2. Antalya Körfezi denizde petrol boru hatları kaynağı (Anonim 20 2020)

3.2. Deniz Suyu Örnekleri Alınan Noktalar

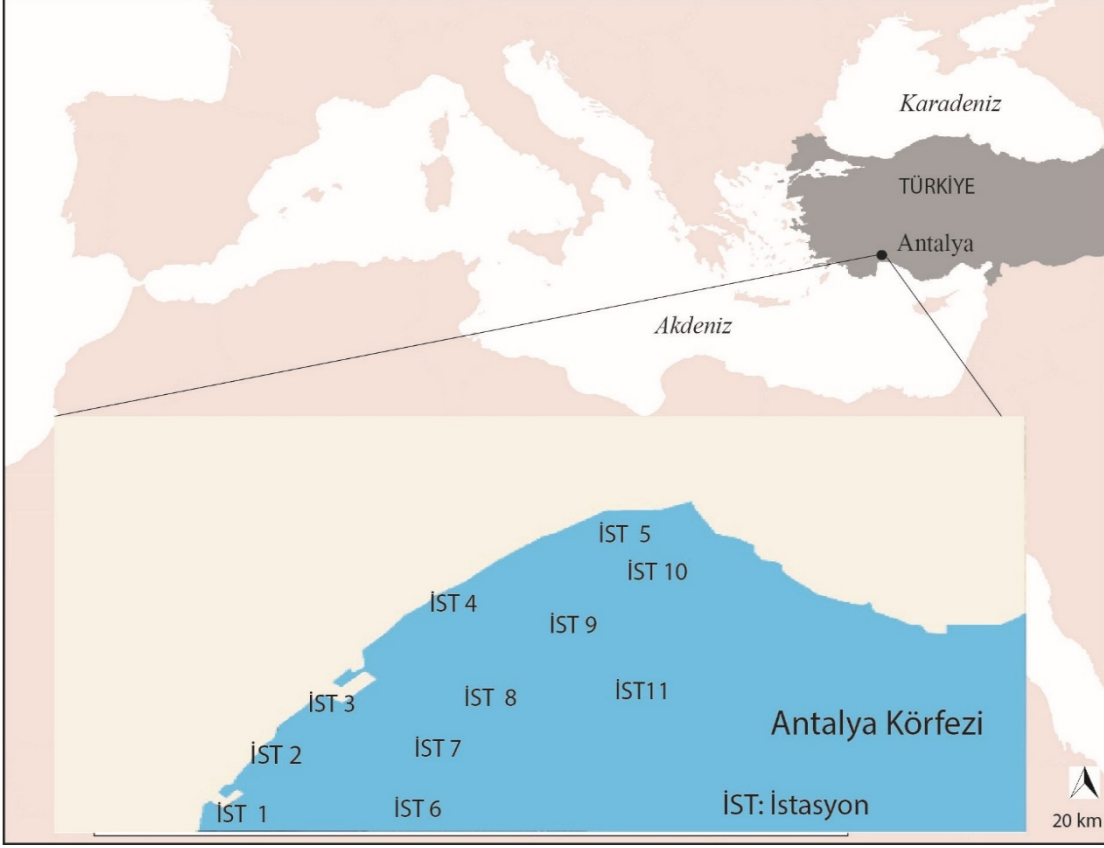
Numune noktaları belirlenirken limana gelen gemilerin izlediği rota, demir yerleri, gezi teknelerinin güzergahı ile daha önce derin deniz deşarjı yapılan bölge dikkate alınmıştır. Numune alınacak 11 nokta belirlenmiş ve dört mevsimde örnek alınmıştır. Numune alınan noktaların haritada gösterimi Şekil 3.3'te ve koordinatları ise Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Örnekleme noktalarının nasıl seçildiği aşağıdaki maddelerde açıklanmıştır;

- 1 numaralı nokta, gezi teknelerinin seyir güzergahı, Antalya Balıkçı barınağı limanı ve yoğun olarak kullanılan plajların yakınında,
- 2 numaralı nokta Antalya balıkçı barınağına giden teknelerin yoğun olarak seyir yaptığı ve sahilde plajların bulunmasından,
- 3 numaralı nokta Antalya limanına gelen büyük ticari gemilerin demirde beklediği bölge ve sahilinde plajlar olduğundan,
- 4 ve 9 numaralı noktalar Antalya'nın ünlü Konyaaltı plajları bulunmasından,
- 5 ve 10 numaralı noktalar Antalya'ya gelen yat ve gezi teknelerin yoğun olarak kullandığı Kaleiçi limanı bulunmasından,
- 6 numaralı nokta balık çiftliklerine yakın olmasından,
- 7 numaralı nokta derin deşarj hattının bulunması, Antalya limanına gelen gemilerin demirde bekleme bölgesi ve petrol boru hatlarının bulunmasından,
- 8 numaralı nokta Antalya limanına gelen gemilerin demirde bekleme noktası ve limana gelen gemilerin geliş rotası üzerinde olmasından,

-11 numaralı nokta ise diğer noktalara göre daha açıkta kontrol noktası olmasından

dolayı seçilmiştir. Denizden numune alınırken çekilen görsel Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Numune alınan istasyonlar



Şekil 3.4. Denizden numune alınması

Çizelge 3.2. Denizden numune alınan noktaların koordinatları

İstasyon	Koordinat	Derinlik
1 Çaltıcak	36° 47' 6.2988" K 30° 34' 58.1592" D	18,5 m
2 Sıçan Adası	36° 48' 49.6002" K 30° 35' 54.5352" D	13 m
3 Liman Sarısu Plajı	36° 49' 26.0796" K 30° 36' 23.3094" D	14 m
4 Konyaaltı Belediyesi	36° 51' 32.6658" K 30° 38' 54.348" D	26,5 m
5 Kaleiçi Limanı Girişi	36° 52' 25.2048" K 30° 41' 53.16" D	37 m
6 Çaltıcak	36° 46' 44.94" K 30° 35' 33.5868" D	40 m
7 Sıçan Adası	36° 47' 52.9182" K 30° 36' 32.184" D	49 m
8 Sarısu Plajı Açıkları	36° 48' 57.3372" K 30° 37' 6.9492" D	43 m
9 Konyaaltı Açıkları	36° 50' 59.4528" K 30° 39' 19.1874" D	220 m
10 Kaleiçi Açıkları	36° 51' 56.505" K 30° 41' 47.6016" D	44 m
11 Kontrol Noktası	36° 48' 37.6158" K 30° 38' 37.266" D	330 m

3.3. Sahada Ölçülen Fiziko-Kimyasal Parametreler

Palintest marka Macro 900 model su kalitesi ölçüm cihazı kullanılarak pH/ORP (mV), sıcaklık (°C), elektriksel iletkenlik (µs/cm), Ç.O. (mg/L), Ç.O.D. (%), tuzluluk (psu) ve TDS (mg/L) ölçümleri yapılmıştır. Işık geçirgenliği belirlemek için ise seki disk (m) ile sahada ölçüm yapılmıştır. Sahada denizden alınan numunelerin yapılan ölçümleri ilişkin fotoğraf Şekil 3.5'te verilmiştir. Sahada ölçülen fiziksel parametreler ve PALİNTEST (MACRO 900) cihazının ölçüm aralıkları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Numune alınan noktalardaki ışık geçirgenliği seki disk kullanılarak Şekil 3.6'da gösterildiği şekilde belirlenmiştir. Seki disk Şekil 3.6'da görüldüğü gibi dış bölümündeki çapı 30 cm, iç bölümündeki çapı 20 cm olan daire şeklinde ve ikisi beyaz ikisi siyah olmak üzere dört eşit parçaya bölünmüş metal plakalardan meydana gelmektedir. Ucuna bağlanan halat ile denize daldırılıp beyaz parçalar kayboluncaya kadar halat salınır. Kaybolduğu mesafedeki halat uzunluğu ışığın ulaşabildiği son noktayı ifade eder.



Şekil 3.5. Denizden alınan numunelerin fiziksel parametrelerin ölçülmesi



Şekil 3.6. Numune alınan noktalarda seki disk ile bulanıklığın belirlenmesi

Çizelge 3.3. Sahada ölçülen fiziko-kimyasal parametreler ve ölçüm aralıkları

Parametreler	Ölçüm Aralığı	Ekipman
pH	0 ve 14 birim aralığında, 0,01 birim duyarlılığında	PALİNTTEST (MACRO 900)
Sıcaklık (°C)	-5 ve 50 °C aralığında ve 0,01°C duyarlılığında	
Ç.O (mg/L)	0,01 – 50 mg/L aralığında ve 0,01 mg/L duyarlılığında	
Ç.O.D (%)	%0,01 – 500 aralığında ve %0,01 duyarlılığında	
Tuzluluk (PSU)	0,01 – 70 Psu aralığında ve 0,01 Psu duyarlılığında	
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	0,01 – 9.999 µS/cm aralığında ve 0,01 µS/cm duyarlılığında	
Işık Geçirgenliği (m)	0,1 – 50 m aralığında 0,1 m duyarlılığında	Seki Disk

3.4. Deniz Suyu Kalitesini Belirlemek Amacıyla Yapılan Analizler

Deniz suyunun kalitesini ve kirlilik değerlerini belirlemek amacıyla seçilen istasyonlarda yaz mevsimi Temmuz, sonbahar mevsimi Kasım, kış mevsimi Şubat ve ilkbahar mevsimi Nisan aylarında Sahil Güvenlik Komutanlığı gemileri kullanılarak numune alınmış Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında kimyasal analizlerden AKM, BOİ₅, klorofil-*a*, anyonik YAM, orto-fosfat (o-PO₄³⁻), nitrat+nitrit (NO₃⁻+NO₂⁻), yağ-gress ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Denizden BOİ₅ analizi için 1 L'lik cam şişelere, yağ-gress analizi için yine 1 L'lik cam şişelere ve diğer analizler içinde 5 L'lik plastik numune kaplarına olmak üzere numuneler alınarak soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir.

3.4.1. BOİ₅ (Biyokimyasal oksijen ihtiyacı) tayini

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) suda mevcut olan oksijenin, sudaki mikroorganizmalar tarafından ne kadar hızlı kullanıldığını tespit etmek amacıyla uygulana biyolojik bir prosedürdür. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı tayini Standart Metotlar (APHA, AWA ve WEF 1995) kullanılarak yapılmıştır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) belirli bir süre içerisinde (5 gün) ve belirli bir sıcaklıkta (20 °C) aerobik bakterilerin parçalanabildiği organik maddeler için tüketilen oksijen miktarını ifade etmektedir. Çalışmada yapılan çözünmüş oksijen analiz düzeneği Şekil 3.7'de verilmiştir.

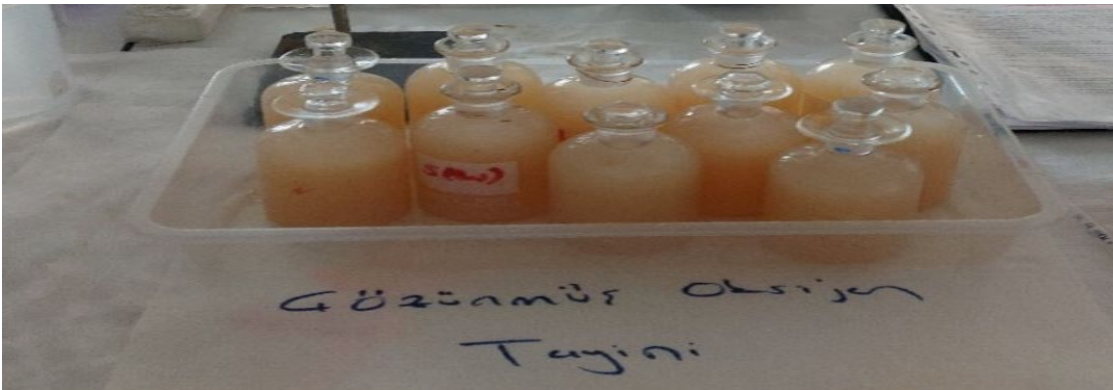
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı 5210 numaralı standart metotta belirtildiği şekilde yapıldı ve sonuçlar mg/L olarak verildi. Buna göre numuneler denizden cam şişelere numunelere alındı, soğuk zincir ile muhafaza edildi ve 2 saat içerisinde analizleri yapıldı. Numunelere 300 mL'lik cam BOİ şişelerine alınmış ve içerisine sırasıyla 2 mL MnSO₄

ile 2 mL alkali iyodür-azid reaktifi şişenin tam dibine gelecek şekilde pipet yardımı ile ilave edilmiştir. Şişeler 15 defa ters düz edilmiş ve Şekil 3.8’de gösterilen çökelek oluşmuştur.



Şekil 3.7. Çözünmüş oksijen analiz düzeneği

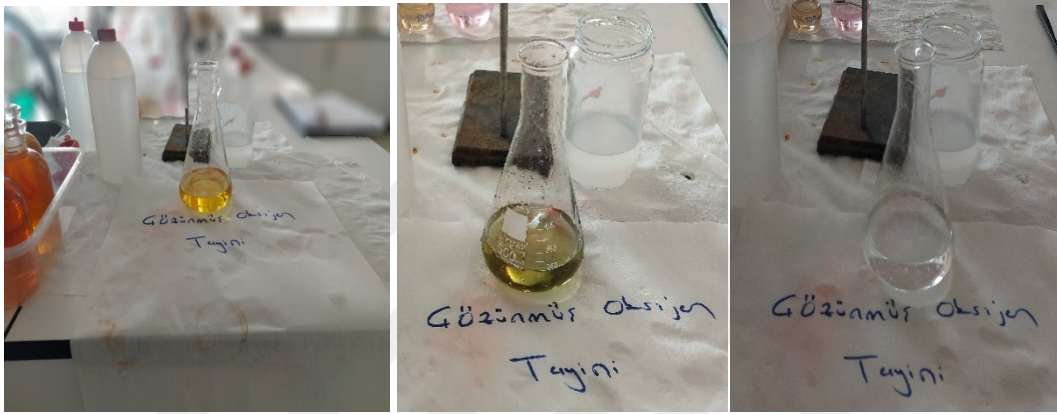
Çökelek oluşmasına müteakip numuneler 10 dakika süre ile karanlık bir ortamda çökmeye bırakılmıştır. Daha sonra şişelerin kapağı açılarak 2 ml H_2SO_4 ilave edilmiş ve oluşan çökelek tamamen çözünene dek ters düz edilmiş ve Şekil 3.9’daki duruma gelerek çözünmüştür. Çökeleğin çözünmesinden sonra şişeden erlene 200 mL ölçülerek alınmıştır. Erlene alınan çözeltiliye 0,025 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile açık sarı renge dek titre edilmiştir. Daha sonra iki damla bir gün önce hazırlanıp bir gece bekletilmiş nişasta çözeltisi ilave edilir ve oluşan mavi renk kaybolana dek yani çözelti renksiz hale gelene dek titrasyona devam edilmiştir. Tiyosülfat çözeltisi ve nişasta eklendiğinde oluşan renkler konusundaki durum Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Deney sonunda harcanan tiyosülfat miktarı mg/L cinsinden çözünmüş oksijen değerine eşittir.



Şekil 3.8. Çözünmüş oksijen analizinde numunelerde çökelek oluşması



Şekil 3.9. Çözünmüş oksijen analizinde numunelerde oluşan çökeleğin çözünmesi



Şekil 3.10. Çözünmüş oksijen analizinde numunelerin renk değişimi

3.4.2. AKM (askıda katı madde) tayini

Askıda katı maddeler suların görünüm, içme suyu olarak kullanımı, endüstriyel alanda kullanımı çeşitli amaçlar için yararlanılmasını doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. AKM miktarı deni sularında ışık geçirgenliğini azaltarak diplerde birikintilere neden olarak veya direk zarar vermek suretiyle suda yaşayan canlılarının doğal ortamlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu özelliklere sahip olmasından dolayı AKM miktarı yüzeydeki sular ve atıksularda ölçülmesi gereken önemli bir veridir. AKM tayini APHA, AWA ve WEF (1995)'de belirtilen standart yöntemlere göre yapılmıştır.

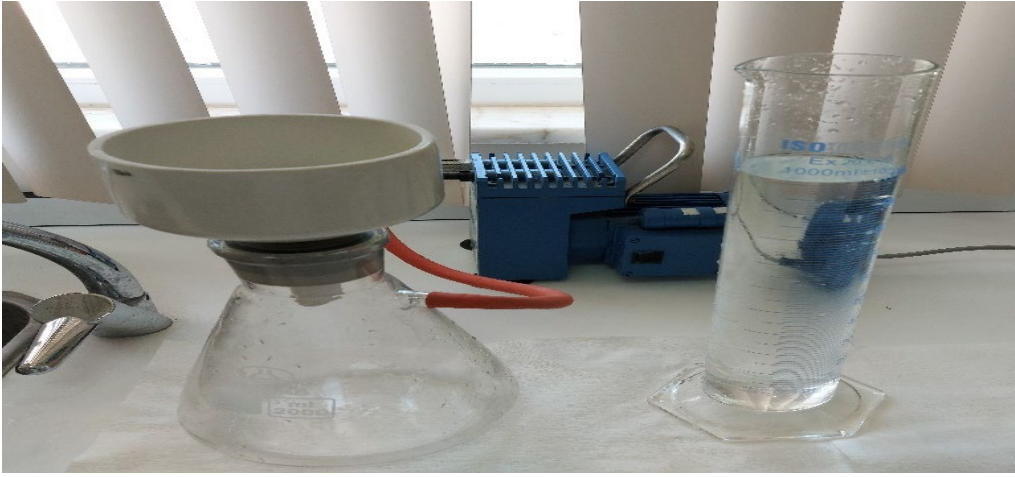
105 °C'de etüvde 1 saat bekletilip, desikatörde soğutulduktan sonra sabit tartımı alınmış filtre kağıdı filtrasyon düzeneğine yerleştirilip her bir nokta için 1 L deniz suyu numunesi süzüldü. Süzme işlemi bittikten sonra fitre kağıdı 103-105 °C'de etüvde 1 saat kurutulmuş ve sonra desikatörde soğutulduktan sonra tartımı alınmıştır. Tartım işlemleri bittikten sonra AKM aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$AKM \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(A-B) \cdot 1000}{V} \quad (3.1)$$

Burada A, filtre kağıdının son tartımı, B fitre kağıdının ilk tartımı ve V ise süzülen numune hacminin mL olarak miktarını ifade etmektedir. Bu çalışmada desikatörde soğutulan filtre kağıtları Şekil 3.11'de ve filtrasyon düzeneği Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Desikatörde soğutulan filtre kağıtları



Şekil 3.12. Filtrasyon düzeneği

3.4.3. Klorofil-*a* tayini

Spektrofotometrik Metot SM 10200 H (Vollenweider) analiz metodu kullanıldı. 2,5 L deniz suyu numunesi üçlü manifold düzeneğinden Whatman GF/C cam elyaf filtre kağıdından süzüldü. Filtre kağıtları oda sıcaklığında 3-4 saat kurutuldu ve daha sonra filtre eşit iki parçaya bölünerek ependorf tüplerinde alınan numuneler analiz edilinceye kadar -18 C⁰ bekletildi. Analiz, %90 oranında aseton konan 10 ml'lik tüplere alınan filtreler parçalanarak bir gün soğukta ve karanlık ortamda bekletildi. Bir gün bekletildikten sonra santrifüj sonrası filtre kağıdından ayrılan ve berraklaştırılan örnekler spektrofotometrede 630 nm, 645 nm, 663 nm, 665 nm ve 750 nm dalga boylarında 665 nm ile 750 nm ayrıca sülfürik asit konularak ölçümleri yapılmıştır. Klorofil-*a* tayini filtrasyon düzeneği Şekil 3.13'te gösterilmiştir. Dalga boylarına göre yapılan ölçüm sonucunda aşağıdaki formül kullanılarak klorofil-*a* değeri hesaplanmıştır.

$$\text{CHL-}a \text{ (Klorofil-}a\text{)} = ((26,7 \times (A-B) \times 10) / V) \times 2 \quad (3.2)$$

Burada A, 665 nm ile 750 nm dalga boylarında ölçülen değerlerin farkını, B, 665 nm ile 750 nm dalga boylarında asitli olarak yapılan ölçüm değerlerin farkını ve V ise süzülen numune miktarını ifade etmektedir.



Şekil 3.13. Klorofil-*a* tayini filtrasyon düzeneği

3.4.4. Deterjan (anyonik YAM) analiz yöntemi

Metilen mavisi aktif maddesi (MBAS) anyonunu ile metilen mavisi katyonunun birleşmesiyle iyon çifti oluşturmaları sonucunda katyonik bir boya olan metilen mavisi oluşur. Birleşme sonucunda ortaya çıkacak mavi renkteki tonun değişikliği MBAS'ın miktarını göstermektedir. YAM MBAS aktivitesi gösteren en önemli maddelerden biri olmakla beraber, bahse konu aktiviteyi gösteren tek anyon olmadığı da bilinmektedir.

Bu analiz yönteminde metilen mavisinin anyonik yüzey aktif maddeler ile reaksiyonunda oluşan mavi renkte iyon veya tuz çifti oluşturmaları prensibiyle yapılmaktadır. Bu metotta; anyonik yüzey aktif maddeleri ile diğer sülfonatlar etkin sonuçlar vermekte olup bu yöntem kullanılarak tayin edilen maddeler 'metilen mavisi aktif maddeleri' olarak ifade edilmektedir. Anyonik deterjanlar ile metilen mavisi reaksiyonu sonucunda oluşan mavi renkte tuz, kloroform kullanılarak çözülür ve oluşan mavi renkteki yoğunluk konsantrasyon ile orantılı olarak değişmektedir.

Alınacak örnek hacmi, tahmin edilen MBAS (Metilen mavisi aktif maddesi) konsantrasyonuna göre aşağıda Çizelge 3.4'te verilen tabloda verilen değerlere göre belirlenerek ayırma hunisine alınır. Akdeniz için daha önce yapılan çalışmalara göre tahmin edilen MBAS konsantrasyonu 0,4-250 mL arasında olduğu düşünüldüğünden 250 mL örnek kullanılarak deterjan tayini yapılmıştır.

250 mL ayrılan örneğe 10 mL kloroform ve 25 mL metilen mavisi reaktifi eklenmek suretiyle 30 sn süre tutularak iyice çalkalanma işlemine tabi tutulur. Çalkalamadan sonra tabakaların ayrılarak kloroform tabakası tam olarak çökene kadar beklenir. Kloroform tabakasının çökmesinden sonra bu tabaka ikinci bir ayırma hunisine aktarılır. İlk ayırma hunisinde bulunan deşarj borusu az miktarda kloroform kullanılarak yıkanır. İlk ayırma hunisinde bulunan numunelere iki defa 10 mL'lik kloroform ekstrakt edilir. Kloroform ekstraktlarının hepsi ikinci bir ayırma hunisine aktarılır. Kloroform tabakası ayrılmasından sonra cam yününden süzülerek 100 mL'lik balon jojeye aktarılır. Bu karışımın absorbands değeri aynı şekilde işlem görmüş saf suya karşı 652 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede okunur. YAM tayini için oluşturulan düzenek Şekil 3.14'te gösterilmiştir.

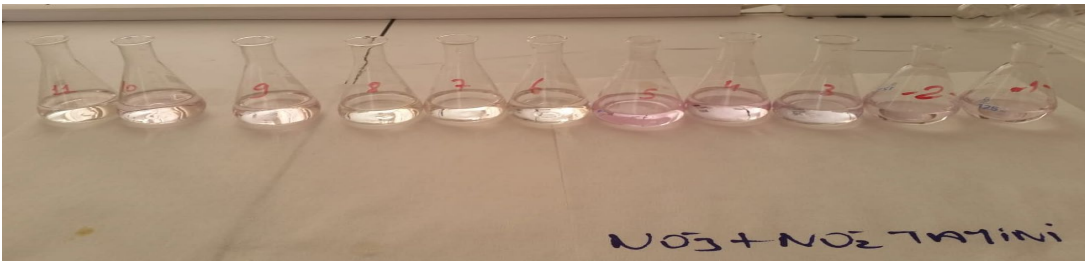
Çizelge 3.4. MBAS konsantrasyonuna göre kullanılacak örnek miktarı

Tahmin Edilen MBAS Konsantrasyonu	Kullanılacak Örnek Hacmi (mL)
0,025-0,08	400
0,08-0,4	250
0,4-2	100

**Şekil 3.14.** YAM analizi düzeneği

3.4.5. Nitrat ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) tayini

Nitrat tayini, Strickland ve Parson (1972)'e göre spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemde analiz deniz suyundaki nitratın kadmiyum-bakır indirgeme kolonundaki tepkime ile nitrite indirgemesine göre yapılmaktadır. Deniz suyundaki nitrit iyonları sülfanilamid ile tepkimeye girerek pembe renk almaktadır. 25 mL indirgenmiş örneğe, standart solüsyonlara ve blank örneğine 0,5 mL sülfanilamide eklenmiş, karıştırılmış ve 3-8 dk aralığındaki sürede 0,5 mL N (-1 naftil) etilendiamine solüsyonu ilave edilerek ve karıştırılmıştır. Renklenen örnekler 10 dakika sonra 545 nm ayarlanmış spektrofotometre de blank örneğe karşı ölçülmüştür. Nitrat tayini için yapılan analize ilişkin resim Şekil 3.15'te verilmiştir.

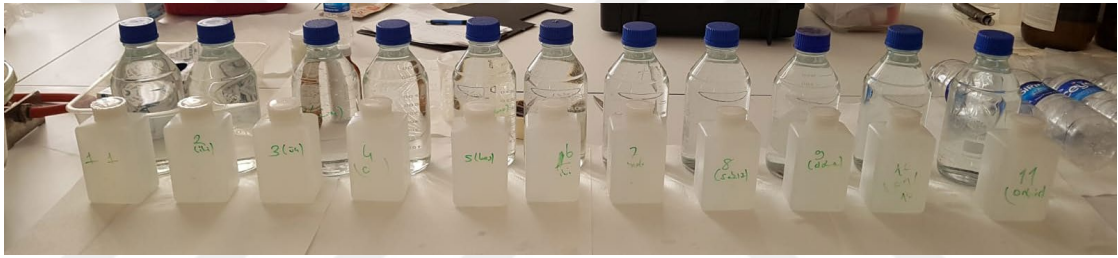
**Şekil 3.15.** Nitrat analizi düzeneği

3.4.6. Orto Fosfat (o-PO_4^{3-}) tayini

Fosfat tayini, askorbik asit yöntemine kullanılarak spektrofotometre ile ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Alınan deniz suyu örneklerine amonyum molibdat ve potasyum antimonil tartarat eklendi ve asit ortamda ortofosfatla fosfomolibdik asit oluşturuldu. Bu asit çözeltisine askorbik asit eklenerek molibden mavisine indirgendi. İçerisinde bulunan Fosfat konsantrasyonuna göre maviye boyanan örnekler T24 marka UV-Vis spektrofotometrede 885 nm dalga boyunda ölçüldü.

3.4.7. Toplam fosfor (TP) tayini

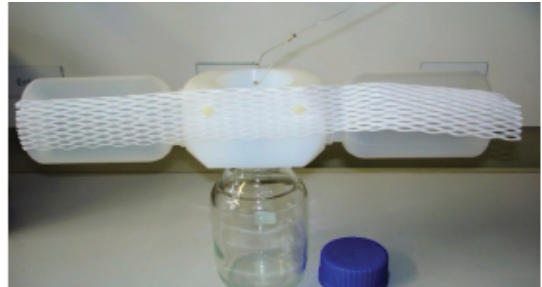
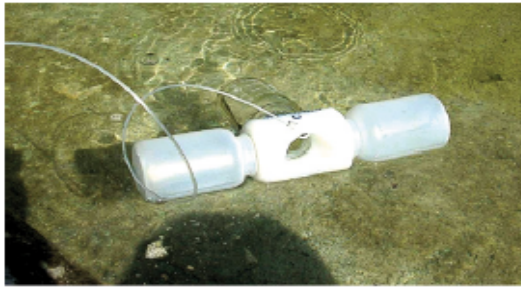
4500D numaralı APHA, AWA ve WEF 1995'te belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Asidik koşullar altında fosfor amonyum molibdat ile reaksiyona girerek molibdo fosforik asit oluşturuldu. Molibdo fosforik asit vanadyum ile aratan konsantrasyonlarda sarı renk verir. Deniz suyu örneklerinden 7 mL alındı ve üzerine 2 mL renk geliştirici ile 1 mL safsu eklendi. Bu işlemlerden sonra numunelerim 690 nm dalga boyunda ayarlanmış T24 marka UV-Vis spektrofotometre ile ölçümü yapıldı. Toplam fosfor (TP) tayini analizine ilişkin düzenek Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Toplam fosfor (TP) tayini deney düzeneği

3.4.8. Yağ ve gres tayini

Fingas ve Fieldhouse (2014) tarafından kullanılan Şekil 3.17'de gösterilen aparat bazı modifikasyonlar yapılarak imal edilerek Denizden yağ ve gres analizi için numune alınması amacıyla kullanılmıştır. Modifikasyon yapılarak imal ettirilen aparat Şekil 3.18'da verilmiştir. Denizden alınan numuneler 1 L'lik cam şişelere alındı ve soğuk zincirde laboratuvara getirildi. Deniz suyu numuneleri analiz yapılmıncaya kadar asitlendirilerek buzdolabında saklandı. Yağ gres tayini Standart Metotlarda belirtilen (APHA, AWA ve WEF, 1995) yöntemlere uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 3.17. Denizden yağ ve gres numunesi almak için kullanılan aparat (Fingas ve Fieldhouse 2014)



Şekil 3.18. Denizden yağ ve gres numunesi alınmasında modifikasyon yapılarak imal ettirilen aparat

3.4.9. Ağır metal analizleri

Denizden alınan numunelerden ağır metal analizi için alınanlar asitlendirilerek buzdolabında saklanmıştır. Ağır metal analizleri XRF cihazı kullanılarak Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümüne hizmet alımı ile yaptırılmıştır.

Ağır metal analizleri Rigaku marka X ışınları difraktometresi ile yapıldı ve cihazın fotoğrafı Şekil 3.19’da verildi.



Şekil 3.19. Ağır metal analizlerinin yapıldığı cihaz

3.5. Gemilerden Numune Alınması ve Yapılan Analizler

Sintine suyu ve atıksu örnekleri aşağıdaki Çizelge 3.5’te bilgileri verilen boyu 12 metreden büyük günübirlik gezinti teknesi ve boyu 100 metreden büyük bir ticari gemiden Eylül ayında alınmıştır.

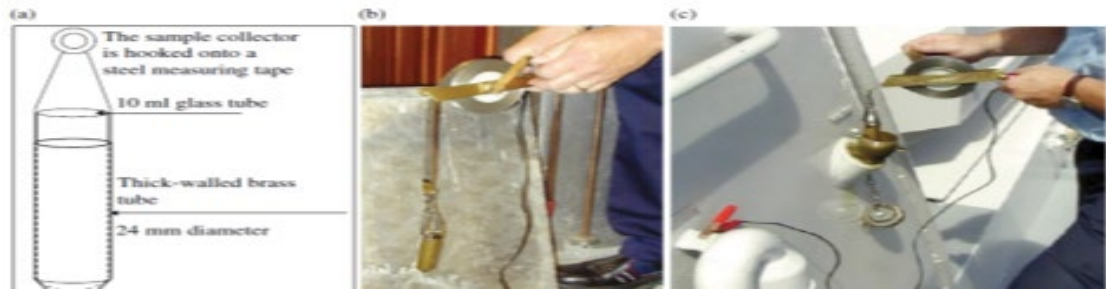
Numunelerde buharlaşma veya biyodegradasyon gibi hidrokarbon miktarını etkileyebilecek olayları önlemek ve analiz için TÜBİTAK-MAM, İzmit’e gönderileceğinden bu numuneler asitlenerek saklandı. Numuneler 3 L’lik amber cam şişelere alındı ve analiz öncesinde $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}$ sıcaklık aralığında muhafaza edildi. Bu işlem için “su kirliliği kontrolü yönetmeliği” numune alma ve analiz metotları tebliği prosedürü uygulandı. Bu yönetmeliğin deniz ortamından numune alma esasları madde 12’e göre ve

gemilerin sebep olduğu kirliliğin tespiti için denizden ve gemilerden numune alma koruma esasları madde 13'e göre yapılmıştır (Resmi Gazete 2004b).

Ayrıca belirlenen 4 adet gezi teknesinden alınan atıksu numunelerinin sahada pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, ORP, gravity ve bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Bahse konu numunelerin A.Ü. Çevre Mühendisliği bölüm laboratuvarlarında AKM, BOİ₅, Deterjan, Fosfat ve Nitrat analizleri yapılmıştır. Ağır metal numuneleri plastik şişede 500 mL alınacak ve HNO₃ ile pH<2 ayarlanarak korunmuştur. PAH numuneleri Amber renkli cam şişede en az 2,5 L alındı ve hava kalmayacak şekilde kapağı kapatıldı. Alınan numunelerinin, toplam yağ, suda polisilik aromatik hidrokarbon (PAH) ile ağır metal analizleri yaptırıldı ve mevzuat ile literatürdeki bilgilere göre karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir.

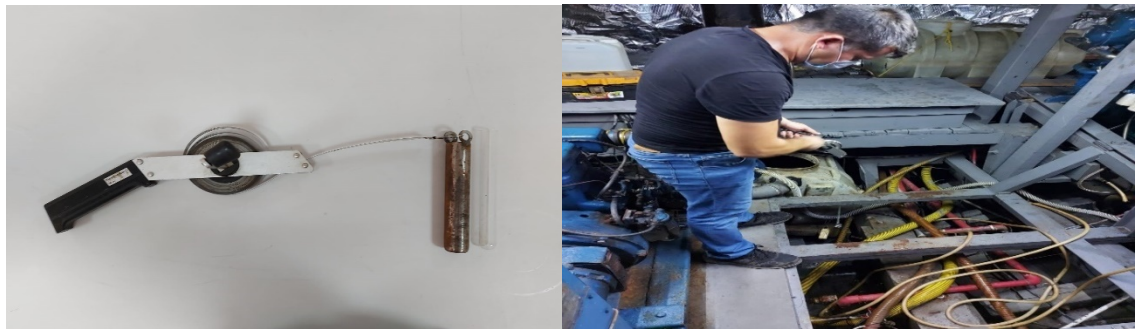
Çizelge 3.5. Sintine suyu ve atıksu örnekleri alınan gemilerin özellikleri

Gemi Tipi	Gemi Bilgileri
Gezi Teknesi	Boy:27 m Yolcu Kapasitesi: 167
Kargo Gemisi	IMO Numarası: 8420361 Boy: 116 m Yapım Yılı:1987



Şekil 3.20. Gemiden sintine numunesi alınması için kullanılan aparat (Fingas ve Fieldhouse 2014)

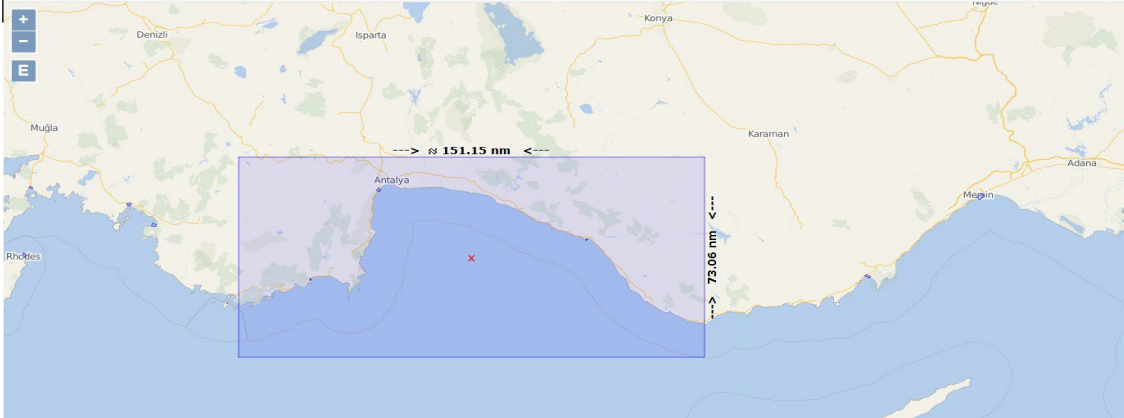
Fingas ve Fieldhouse (2014) tarafından gemiden sintine alınmasında kullanılması önerilen Şekil 3.20'de gösterilen aparat modifiye edilerek imal ettirilmiş olup gemiden sintine numunesi alınırken kullanılmış ve Şekil 3.21'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Gemiden sintine numunesi alınması için imal ettirilen aparat

3.6. Antalya Körfezi'ne Gelen Gemi Sayısının Belirlenmesi

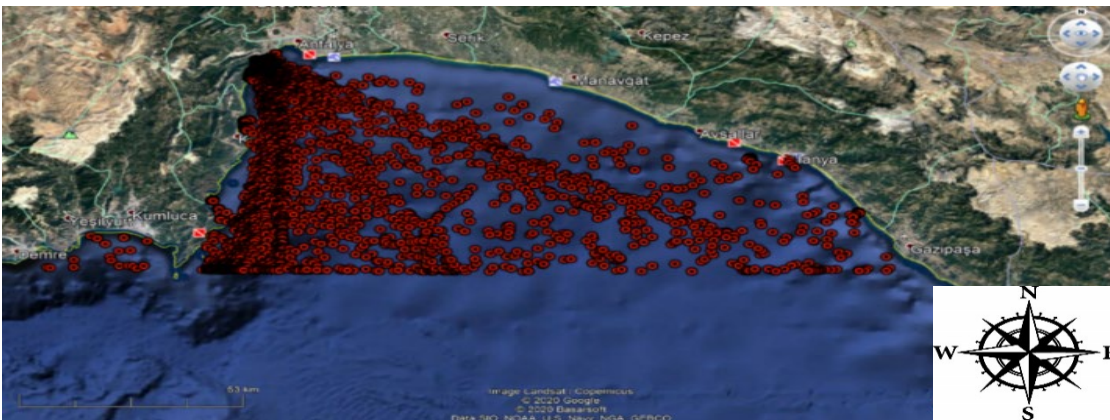
Antalya Körfezi'nden seyir yapan gemilerin; geminin tipi, personel sayısı, yolcu sayısı, ne kadar süredir seyir yaptığı ve makinelerinin gücü bilgileri bir yıl boyunca her ay için ayrı olarak VT EXPLORER LTD. 'den hizmet alımı ile satın alınarak temin edilmiştir. Gemi hareketleri bilgilerinin alındığı bölge Şekil 3.22'de gösterilmiştir. Bahse konu bölgede seyir yapan tüm gemilerin bilgileri kullanılarak oluşturabilecekleri sintine suyu ve atıksu katı atık miktarları hesaplandı.



Şekil 3.22. Gemi bilgilerinin alındığı bölge

Antalya Körfezi'nde 2011-2020 yıllarında gelen gemi sayıları Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerinden temin edilerek Çizelge 3.6'da verilmiştir. Bu veriler Antalya, Alanya, Kaş, Finike ve Kemer limanlarını kapsamaktadır.

Antalya Limanından 2016 yılında 2,6 milyon ton civarında ithalat ve ihracat gerçekleştiğini gerçekleştirmiştir. Konteyner elleçlemesi 2018 yılında 190.841 ton 'dur. Antalya Körfezi'nde 2018 yılında seyir yapan gemilerin izleri Şekil 3.23'te gösterilmiştir. 2018 yılında Antalya Körfezi'nde seyir yapan 100 Grt'dan büyük gemileri aylık olarak süre, gemi tipi, makine gücü, Grt ve yapım yılı Fleetmoon'dan temin edilmiştir. Bu bilgilere göre Antalya Körfezi'nde aylık olarak seyir yapan gemi sayısı ve Grt Çizelge 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.23. Antalya Körfezi’nde 2018 yılında seyir yapan gemilerin yoğunluk haritası

Çizelge 3.6. Antalya Körfezi’nde 2011-2021 yıllarında gelen gemi sayıları (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2022)

Yıl	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Antalya	1363	1270	1312	1110	1037	863	750	739	524	703	748
Alanya	153	109	104	44	71	39	76	112	69	20	19
Kaş	854	824	485	468	548	527	494	514	514	5	8
Kemer	18	9	25	139	121	115	133	169	-	-	-
Finike	11	16	24	46	46	35	30	35	2	-	1
Toplam	2399	2228	1950	1807	1823	1579	1483	1569	1109	728	776

Çizelge 3.7. 2018 yılında Antalya Körfezi’ne gelen gemilerin bilgileri ile seyir yaptığı gün sayısı

Ay	Gemi Sayısı	Toplam Tonaj (Grt)	Seyir Yapılan Gün Sayısı Ortalaması
Ocak	46	511139	1,69
Şubat	24	313349	1,91
Mart	36	555413	1,88
Nisan	35	621912	1,85
Mayıs	42	625448	1,73
Haziran	40	686477	1,77
Temmuz	37	643700	1,86
Ağustos	33	454558	1,30
Eylül	42	355763	1,02
Ekim	29	412714	1,89
Kasım	36	268760	1,08
Aralık	37	415084	1,72
Toplam	437	5864317	1,64

3.6.1. Antalya Körfezi’ndeki Limanlarda Bulunan Gemi Sayısı

Antalya Körfezi’ndeki yat limanları ve kapasiteleri Çizelge 3.8’de verilmiştir (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü 2019). Ayrıca Antalya Körfezinde bulunan liman ve iskelelerdeki gemi sayısı ile gezi tekneleri ile günlük olarak seyir yapan yolcu sayısı bilgileri liman yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiş ve Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Antalya Körfezi’ndeki yat limanları ve kapasiteleri

Yat Limanı Adı	İlçe	Yat Bağlama Kapasitesi
Makmarin Kaş Marina	Kaş	472
Setur Finike Marina	Finike	340
Alanya Marina	Alanya	287
Setur Antalya Marina	Konyaaltı	200
Kemer G Marina	Kemer	150
Kaleiçi Yat Limanı	Muratpaşa	66

Antalya-Kemer hattında 2017 yılında 28.262 yolcu, 2018 yılında 31.758 yolcu ve 2019 yılında 22.420 yolcu taşınmıştır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2022). 2020 yılında ise tüm dünyayı etkisi altına alan koronavirüs salgını nedeniyle taşınan yolcu sayısına dair istatistik veri yayınlanmamıştır.

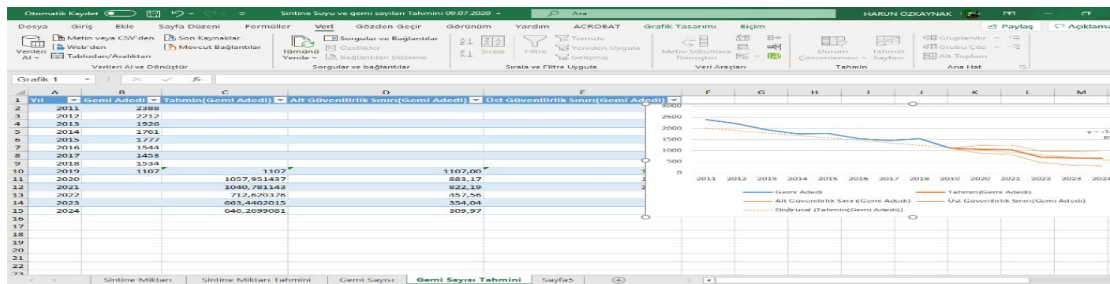
Çizelge 3.9. Antalya Körfezi'ndeki limanlar tekne kapasitesi ve yolcu sayıları

Sıra No	Liman Adı	Tekne Sayısı	Kişi Kapasitesi (Günlük)
1	Alanya Balıkçı Barınağı	256	-
2	Side Antik Liman	57	-
3	Manavgat	57	-
4	Kaleiçi Yat Limanı	49	-
5	Setur Yat Limanı	42	-
6	Kemer Yat Limanı	223	3.000
7	Çıralı	15	250
8	Adrasan	70	1.750
9	Kekova	95	550
10	Kalkan	45	700
11	Kaş	50	800
12	Demre	46	750
13	Finike Yat Limanı	49	-

Ulaştırma Bakanlığı (Denizcilik Müsteşarlığı) tarafından Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) Klas-B CS cihazının Gemilere donatılmasına ve özelliklerine dair tebliğ çıkarılmıştır (Resmi Gazete 2008). Bu tebliğe göre AIS sisteminin 2008 yılından itibaren özellikleri belirtilen tüm gemilerde bulundurulması zorunlu hale getirilmiştir. Ancak 10 metreden küçük özel tekneler, boyu 15 metreden küçük balıkçı tekneleri ve 12'den az yolcu taşıyan yolcu gemilerinde AIS sistemi zorunlu değildir.

3.7. Lineer Regresyon ile Gelecek Yıllarda Antalya Körfezi'nde Seyir Yapacak Gemilerin Tahmin Edilmesi

Antalya Körfezi'ne 2011-2020 yıllarında gelen gemi sayıları verileri kullanılarak lineer regresyon yöntemi ile 2021-2025 yılları arasında gelecek gemi sayıları tahmin edilmiştir. Bu analiz Excel programında bulunan lineer regresyon özelliği kullanılarak yapılmıştır. Excel programında yapılan lineer regresyona ait görsel Şekil 3.24'te verilmiştir.



Şekil 3.24. Excel programında bulunan lineer regresyon özelliğinin kullanılması

3.8. Gemilerin Üreteceği Sintine Suyu ile Atıksu Miktarının Lineer Regresyon ile Tahmin Edilmesi

Antalya Körfezi'nde toplam 18 adet liman atık alan tesis bulunmaktadır. Bu atık alım tesisleri tarafından 2018 yılında alınan toplam sintine atığı miktarı 1.604,728 m³, 2019 yılında 1.813,13 m³ ve 2020 yılında 346,88 m³ atık gemilerden alınmıştır. Bu atık miktarının %99'luk kısmı Port Akdeniz Antalya Liman İşletmeleri tarafından alınmıştır. Bu atık alım tesislerinden Port Akdeniz Antalya Liman İşletmeleri A.Ş. tarafından 2009-2020 yılları arasında toplanan sintine ve atıksu miktarları verileri kullanılarak lineer regresyon yöntemi ile gelecek dönemlerde oluşabilecek sintine ile atıksu miktarları hesaplanmıştır.

Geçmiş yıllardaki verilere bakıldığında Antalya Körfezi'nde oluşan sintine atığının %90'nın Port Akdeniz Limanı atık alım tesisleri tarafından toplandığı görülmektedir. Bundan dolayı 2021-2025 yılları arasında Antalya Körfezi'ndeki sintine suyu atıklarının tahmin edilmesi amacıyla 2013-2020 yılları arasında Port Akdeniz Limanı tarafından toplanan sintine suyu atık miktarına ilişkin veriler kullanılarak 2021-2025 yılları arasında oluşabilecek miktar Microsoft Excel'de lineer regresyon yöntemi ile tahmin edilmiştir. Antalya Körfezi'nde 2018-2021 yılları toplanan atık miktarı verileri kullanılarak 2021-2025 yılları arasında oluşabilecek miktar Microsoft Excel'de lineer regresyon yöntemi ile tahmin edilmiştir.

3.9. Monte Carlo Yöntemi Kullanılarak Bir Geminin Üreteceği Sintine Atığı ve Atıksu Miktarının Risk Dağılımının Belirlenmesi

Antalya Körfezi'ne gelecek yıllarda gelecek gemi sayısı, gemi türü, geminin makine gücü, personel sayısı, seyir süresi, yolcu sayısı gibi bilgiler rastgele olaylardır. Bundan dolayı bu tez çalışmasında Antalya Körfezi'ne gelecek yıllarda gelebilecek gemi sayısı, bu gemilerin üretebileceği sintine ve atıksu miktarları Excel programı kullanılarak lineer regresyon yöntemi ile dağılım olarak hesaplanmıştır.

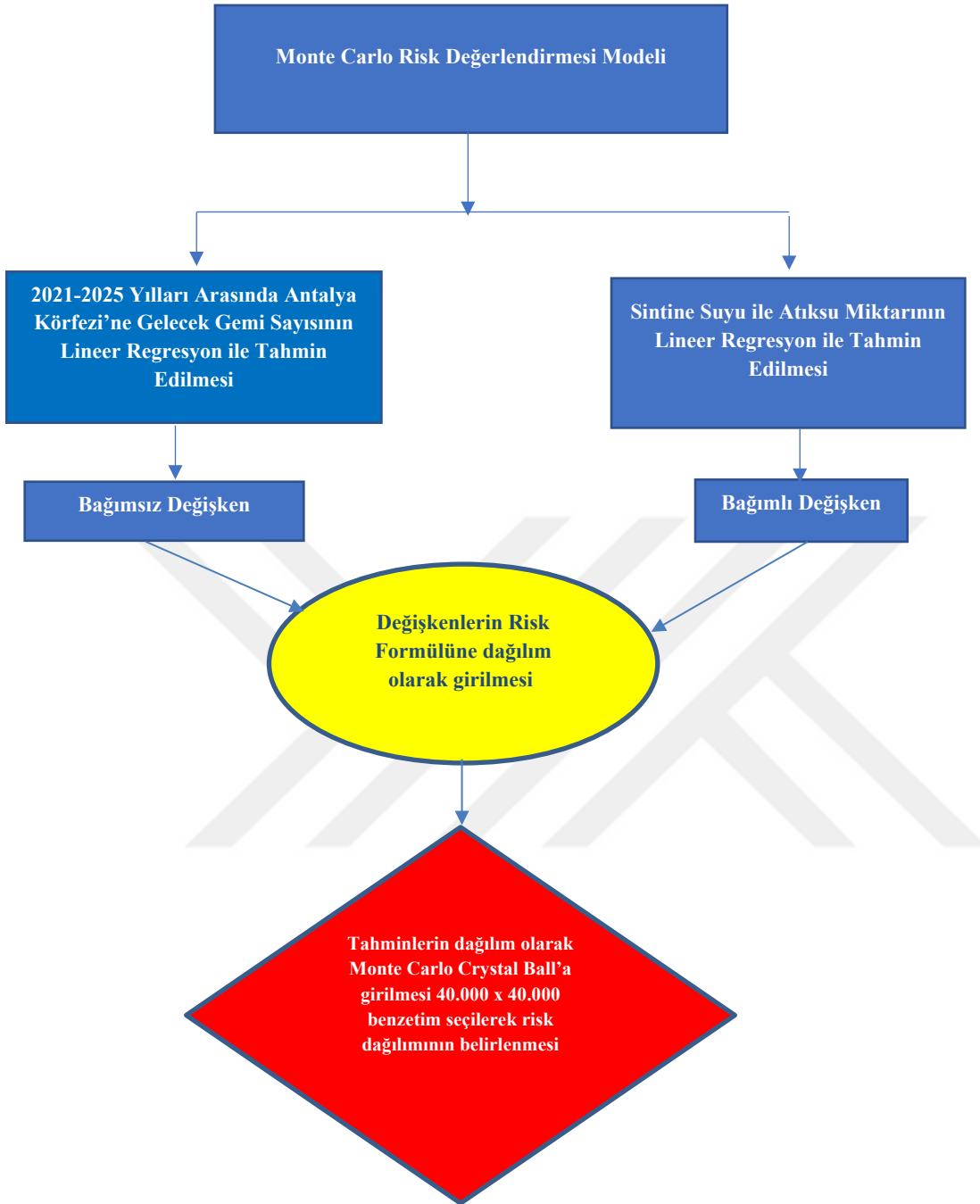
Atıksu ve sintine suyu için yukarıda belirtilen formüller kullanılarak tahmin edilen gemi miktarı ile Monte Carlo Crystal Ball kullanılarak risk dağılımları aşağıdaki formüller kullanılarak dağılım olarak belirlenmiştir.

$$\text{Risk}_{(\text{sintine})} = \text{Tahmin Edilen Gemi Sayısı} \times \text{Tahmin Edilen Sintine Miktarı} \quad (3.3)$$

$$\text{Risk}_{(\text{atıksu})} = \text{Tahmin Edilen Gemi Sayısı} \times \text{Tahmin Edilen Atıksu Miktarı} \quad (3.4)$$

3.10. Antalya Körfezi'nde Oluşan Sintine ve Atıksu Miktarının Belirlenmesi

Belirlenen sintine ve atıksu oluşumu olasılık dağılımları ile gemi sayısı tahmini dağılımları kullanılarak, denizde oluşacak durumu gerçeğe yakın modellemek amacı ile, MCS ile 40.000 x ile 40.000 benzeşim ile risk dağılımı simülasyonlar oluşturulmuştur. Simülasyonlar sonucunda Antalya Körfezi için sintine suyu ve atıksu oluşumunun risk dağılımları belirlenmiştir. Kullanılan hesaplama yöntemine ilişkin akış diyagramı Şekil 3.25'te verilmiştir.



Şekil 3.25. Monte Carlo risk dağılımı hesaplama modeli

Antalya Körfezi'nde 01 Ocak 2019-15 Eylül 2021 tarihleri arasında seyir yapan gemiler ait tip, makine gücü ve boyut bilgileri hizmet alımı temin edilmiştir. Temin edilen bu bilgiler kullanılarak Antalya Körfezi'nde bir geminin ürettiği sintine ve atıksu miktarları hesaplanmıştır. Sintine suyu makineden kaynaklı yağlar, yakıtlar ve yıkama suları gibi birçok kirleticiden oluşan karmaşık bir yapıya sahip karışımdır. Bundan dolayı bir geminin üretebileceği sintine suyunu hesaplamak için seyir sırasında makinelerde çıkabilecek arızalar, makine gücü, kullanılan yakıt ile yağın kalitesi, geminin yaşı, makinelere en son yapılan bakım zamanı gibi birçok bilgiye ihtiyaç vardır. Kaynak

taraması bölümünde belirtildiği gibi bir çalışmada bir geminin üreteceği sintine miktarı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır (Jalkanen vd. 2020);

$$byolcu = 0.1313p + 373.4 \quad (3.5)$$

$$bdiğer = 0.0247p + 154.4 \quad (3.6)$$

Burada bir geminin üretebileceği günlük sintine atığı miktarı (L/gün) makine gücünün (p) bir fonksiyonu kullanılarak hesaplanmaktadır.

Bir geminin üretebileceği atıksu miktarı gemideki personel sayısı, yolcu sayısı ve seyir süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bir geminin seyir bölgelerindeki bekleme süresi ile yolcu gemisindeki kişi sayısını kullanarak, üretilen siyah ve gri atık su miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir (Perić ve Račić 2019);

$$Gri Atıksu Miktarı (m3) = \frac{Kx Fgx t}{1000} \quad (3.7)$$

$$Siyah Atıksu Miktarı (m3) = \frac{Kx Fbx t}{1000} \quad (3.8)$$

Burada K, gemide bulunan ortalama kişi sayısını, Fg, kişi başına üretilen gri su miktarı olan 1.325 L/kişi/saat, Fb kişi başına üretilen siyah su miktarı olan 10.54 L/kişi/saat ve t ise bölgedeki seyir süresini ifade etmektedir.

3.11. MCS ile Sintine ve Atıksuyun Oluşturduğu İnsan Sağlığı Riskinin Belirlenmesi

İdeal olarak, değişkenlerin olasılık dağılımlarının seçimi, gözlenen değişkenliğe yol açmada anahtar olduğu düşünülen ve altta yatan fiziksel süreçlerin veya mekanizmaların dikkate alınmasına dayanmalıdır. Örneğin, maruziyet değişkeni çok sayıda başka rastgele değişkenin sonucuysa, test için bir log normal dağılım seçmek daha uygun olacaktır (EPA 1997). MCS kullanılarak riskin hesaplanması dağılım olarak yapıldığından bu çalışma da log normal dağılım kullanılarak risk hesaplandı.

MCS, olasılık dağılım fonksiyonları aracılığıyla belirsizliği değerlendirmek için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu çalışmada gemilerden kaynaklı sintine ile atıksuların içeriğindeki Cu, Fe, S, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Cd, Hg ve Pb ağır metallerin ölçülen ve literatürdeki değerleri ile Akdeniz'deki konsantrasyon değerleri kullanılarak MCS ile insan sağlığı riski belirlenmeye çalışılmıştır.

RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund), Cilt 3 (EPA 2001) 'de sağlanan risk denklemi ile denizdeki ağır metallere insanların deriden de maruz kalacağı bilindiğinden bu riski hesaplamak amacıyla kullanılan formül (Zheng vd. 2013; Cao vd. 2017; Saha vd. 2017) birleştirilerek aşağıdaki formüller kullanılarak kanserojen risk belirlenmiştir;

$$Risk (yutarak) = CSF \frac{CxIRxEFxED}{BWxAT} \quad (3.9)$$

$$Risk (deri yoluyla) = CSF \frac{CxSAxKpxETxEFxEDx10}{BWxAT} \quad (3.10)$$

burada C, bir maruziyet ortamındaki kimyasalın konsantrasyonu (mg/L), SA maruz kalan yüzeyin alandır (m²), EF maruziyet sıklığını (gün/yıl), ED maruz kalma süresini (yıl), BW vücut ağırlığını (kg), AT ortalama süreyi (kanserojen için 70 yıl ve diğerleri için 30 yıl olarak kabul edilir), ET maruz kalma süresini (saat/gün), Kp, derinin su altı maruziyeti yoluyla geçirgenlik katsayısını (cm/saat), IR, alım oranını (L/gün) ve CSF, kimyasal madde için kanser eğim faktörünü (doğrusal düşük doz kanser potansiyel faktörü) (mg/kg/gün) ifade etmektedir. Bu çalışmada MCS'ye, CSF, AT, ED ve Kp değerleri sabit olarak girilmiştir. Ölçülen ağır metallere kanserojen olarak kabul edilen beş tanesi Cr, Cd, As, Ni ve Co için kanserojen risk hesaplanmıştır (IARC 2013). Ağır metallerin MCS ile hesaplanmasında kullanılan CSF değerleri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Ağır metallerin oluşturduğu kanserojen olmayan risk aşağıdaki formüller kullanılarak belirlenmiştir;

$$Risk (yutarak) = \frac{CxIRxEFxED}{BWxAT} / RfD \quad (3.11)$$

$$Risk (deri yoluyla) = \frac{CxSAxKpxETxEFxEDx10}{BWxAT} / RfD \quad (3.12)$$

burada C, bir maruziyet ortamındaki kimyasalın konsantrasyonu (mg/L), IR, alım oranını (L/gün), EF maruziyet sıklığını (günler/yıl), ED maruz kalma süresini (yıl), BW vücut ağırlığını (kg), AT ortalama süreyi (kanserojen için 70 yıl ve diğerleri için 30 yıl olarak kabul edilir), SA maruz kalan yüzeyin alanını (m²), Kp, derinin su altı maruziyeti yoluyla geçirgenlik katsayısını (cm/saat), ET maruz kalma süresini (saat/gün) ve RfD (mg/kg/gün) referans dozu ifade etmektedir. MCS ile hesaplanmasında kullanılan RfD değerleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. MCS ile hesaplamada formülde kullanılan CSF ve RfD değerleri

Ağır Metal	CSF (Ağız Yoluyla) (Chen vd. 2019a)	CSF (Deri Yoluyla) (Chen vd. 2019a)	CSF (Ağız Yoluyla) (Soleimani vd. 2020)	RfD (Ağız Yoluyla) (Chen vd. 2019a)	RfD (Deri Yoluyla) (Chen vd. 2019a)
	mg/kg/gün	mg/kg/gün	mg/kg/gün	mg/kg/gün	mg/kg/gün
Pb	*T/E	T/E	0,002	1,40× 10 ⁻³	5,25× 10 ⁻⁴
Cr	5,01× 10 ⁻¹	2,00× 10 ¹	T/E	3,00× 10 ⁻³	3,00× 10 ⁻³
Cd	T/E	T/E	0,005	5,00× 10 ⁻⁴	1,00× 10 ⁻⁵
Mn	T/E	T/E	T/E	1,40× 10 ⁻¹	2,33× 10 ⁻²
Co	T/E	T/E	T/E	3,00× 10 ⁻⁴	6,00× 10 ⁻⁵
Ni	1,70	4,25× 10 ¹	T/E	2,00× 10 ⁻²	5,40× 10 ⁻³
Zn	T/E	T/E	T/E	3,00× 10 ⁻¹	6,00× 10 ⁻²
V	T/E	T/E	T/E	9,00× 10 ⁻³	9,00× 10 ⁻³
Fe	T/E	T/E	T/E	7,00× 10 ⁻¹	1,40× 10 ⁻¹
As	1,50	3,66	T/E	3,00× 10 ⁻⁴	1,23× 10 ⁻⁴
Hg	T/E	T/E	T/E	3,00× 10 ⁻⁴	2,10× 10 ⁻⁵
Cu	T/E	T/E	T/E	4,00× 10 ⁻²	1,20× 10 ⁻²

* T/E: Tespit edilememiştir.

Bu çalışmadaki, deri yoluyla risk değerlendirme hesaplamasında bazı değerler literatürden alınmıştır. Kp değerleri (Cd, Cr, As, Fe, Mn, Co, V ve Hg için 1×10^{-3} ; Pb için 1×10^{-4} ; Zn için 6×10^{-4} ; Ni için 2×10^{-4} cm/saat) USEPA (2011) kaynağından alınmıştır. CSF, geçmiş dönemde ölçülen değerleri kullanarak hesaplanan bir elementin kirlilik faktörüdür (Turekian ve Wedepohl 1961). IR, alım oranı (L / gün) ifade edilen CSF değerleri Javed ve Usmani (2016) ve Chen (2019a) alınmıştır. Bu formüldeki AT değeri için kanserojen maddeler için 70 yıl kanserojen olmayanlar için 30 yıl olarak kullanılmıştır (Chen 2019a). Ağır metallerden beş tanesi (Cr, Cd, As, Ni ve Co), Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından olası kanserojenler olarak sınıflandırılmış (IARC 2013) olup bu çalışmada da aynı metaller kanserojen kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Benzer şekilde, Custodio vd. (2020) ve Chen (2019a) tarafından, insan sağlığı riskinin belirlenmesi çalışmalarında da literatür değerleri kabulü ile hesaplamalar yapılmıştır.

Ağır metal konsantrasyonları da maruziyet değişkeni çok sayıda başka rastgele değişkenin sonucu olduğundan (EPA 1997) log normal dağılım seçilmiştir. Chen (2019a) tarafından yapılan çalışmada V'nin dağılımı normal dağılıma yakinken, diğer potansiyel olarak zararlı elementler normal olmayan dağılım özelliklerini gösterdiği belirlenmiştir. Literatürden elde edilen ve bu çalışmada risk formülünde kullanılan sabit değerler ve kabuller Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Risk formülünde kullanılan değerler ve kabuller

Risk Formülündeki Parametre	Dağılım (Saha vd. 2017)	Ortalama	Standart Sapma	Birim
IR (günlük alım oranı) (L/gün)	Log-normal	2,20	0,34	L
BW (vücut ağırlığı) (kg)	Log-normal	70	10,71	kg
SA (derinin yüzey alanı) (m ²)	Log-normal	1,8	0,092	m ²
EF (maruziyet sıklığı) (gün/ yıl)	Triangular	-	-	gün
ET (maruziyet zamanı)	Triangular	-	-	saat
Kp (cm/saat)	Cd, Cr, As, Fe, Mn, Cu, V ve Hg 1×10^{-3} cm/saat Pb = 1×10^{-4} cm/saat Zn = 6×10^{-4} cm/saat Ni = 2×10^{-4} cm/saat Co = 4×10^{-4} cm/saat	USEPA 2011		
ED (maruziyet süresi) (yıl)	Kansorejenler için 70 diğerleri için 30 kabul edilir.	Cr, Cd, As, Ni ve Co kansorejendir.		
AT (Ortalama Süre)	AT = 365 × ED	-		

3.12. Gemilerden Kaynaklı Atık Yönetimi Konusunda Anket Uygulaması

Le vd. (2014) tarafından 2006-2007 yıllarında 5 limandaki çevresel yönetim sistemi (EMS) konusunda yapılan çalışmada kullanılan ve EMS (Çevresel Yönetim Sistemi)'nin gerektirdiği çeşitli adımlara ilişkin yerel paydaşların yanı sıra limanın çevre yöneticilerinin bilgileri hakkında gerçek bilgiler isteyen ECOPORTS Vakfı tarafından

geliştirilen Kendi Kendini Tanılama Yöntemine dayanan sorular kullanılmıştır (Le vd. 2014). Bu ankette kullanılan sorular, daha önce de Avrupa birçok limanda kullanılmış ve liman çevre faaliyetleri hakkında sağlam gerçek veriler sağladığı belirlenmiştir (Le vd. 2014). Bu çalışmada Le vd. (2014) tarafından kullanılan anket soruları ilk önce gemilerden atık alınmasında görevli 5 limanda çalışan ve en gemide 5 yıl çalışmış gemi çalışanlarına gönderilmiştir. Gelen geri dönüşlere ve belirlemek istediğimiz konulara göre anket yeniden düzenlenmiştir. Le vd. (2014) tarafından kullanılan anket soruları ve daha önce de Roloff (2008) tarafından da kullanılmıştır.

Sosyal endişelerden kaynaklı hassas konularda anketlere yanıt verme oranları düşüktür. Çünkü insanlar genellikle çevresi tarafından yanlış anlaşılabilir, sosyal çevresinden baskı oluşturabilecek soruları içeren anketlere katılmakta isteksiz davranırlar (Dillman vd.1993; Tourangeau vd. 2010). Bu çalışmada da anketi test amacıyla gönderdiğimiz katılımcılar kişisel bilgileri vermenin ankete katılım konusunda isteksizliğe neden olabileceği belirttiklerinden Le vd. (2014) tarafından ilk bölümde kullanılan kişisel bilgiler bölümü anketten çıkarılmıştır.

Uyguladığımız anket çalışmasının güvenilirliği, bilgilendirme metinleri (Bonsall ve Shires 2008), kişisel verilerin gizliliği (Singer 1995), katılımcıların özellikleri (eğitim, cinsiyet ve ekonomik durumu) (Dillman 2011), anket yönteminin seçilmesi (Dillman 2011; Sax vd. 2003) ek bilgileri elde edebilmek için açık uçlu soruların olması (Dillman 2011; Sax vd. 2003) gibi birçok değişik faktöre bağlı olabilir. Bundan dolayı bu çalışmada hazırlanan anket raporlamanın tarafsız olarak yapılabilmesi, katılımcıların daha kolay ulaşım cevaplayabilmesi amacıyla çoktan seçmeli, kişisel soruların bulunmadığı ve internetten doldurabilecekleri şekilde uygulanmıştır. Uygulanan anket soruları EK 5'te verilmiştir.

3.13. İstatiksel Analiz

SPSS programı kullanılarak çalışmada elde edilen fiziko-kimyasal analiz sonuçlarının aralarındaki ilişkiler ve korelasyon istatistiksel olarak analiz edilmiştir. SPSS programında bulunan ONE-WAY ANOVA metodu LSD testiyle elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizleri ve PEARSON metodu kullanılarak ise 1. önem seviyesi (0,05) ve 2. önem seviyesi (0,01) mertebelerinde korelasyon hesaplamaları yapılarak değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan terimleri tanımları aşağıda verilmiştir.

Negatif Korelasyon: iki istasyon veya iki parametrenin değerlerinin karşılaştırılması sonucunda aralarında sayısal ölçekte 0'dan -1'e doğru yaklaştığını belirten, bir veri azalırken diğerinin arttığını gösteren terimdir.

Pozitif Korelasyon: iki istasyon veya iki parametrenin değerlerinin karşılaştırılması sonucunda aralarında bulunan ilişkinin pozitif yönlü ve doğrusal olduğunu, aralarındaki ilişkinin sayısal ölçekte 0'dan 1'e doğru yaklaştığını gösteren ve birlikte artıp birlikte azaldığını ifade eden terimdir.

Zayıf İlişki: Değerlendirilen iki parametrenin benzerlik veya farklılıkları ile aralarındaki ilişkideki benzerlik ve farklılığı belirleyen 0,5'ten küçük ve -0,5'ten büyük sayısal verilere ait sonuçları ifade eden terimdir.

Güçlü İlişki: Değerlendirilen iki parametrenin aralarındaki olan ilişkinin yüksek oranda olduğunu belirleyen, 0,5'ten büyük ve -0,5'ten küçük verilere ait sonuçları ifade eden terimdir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

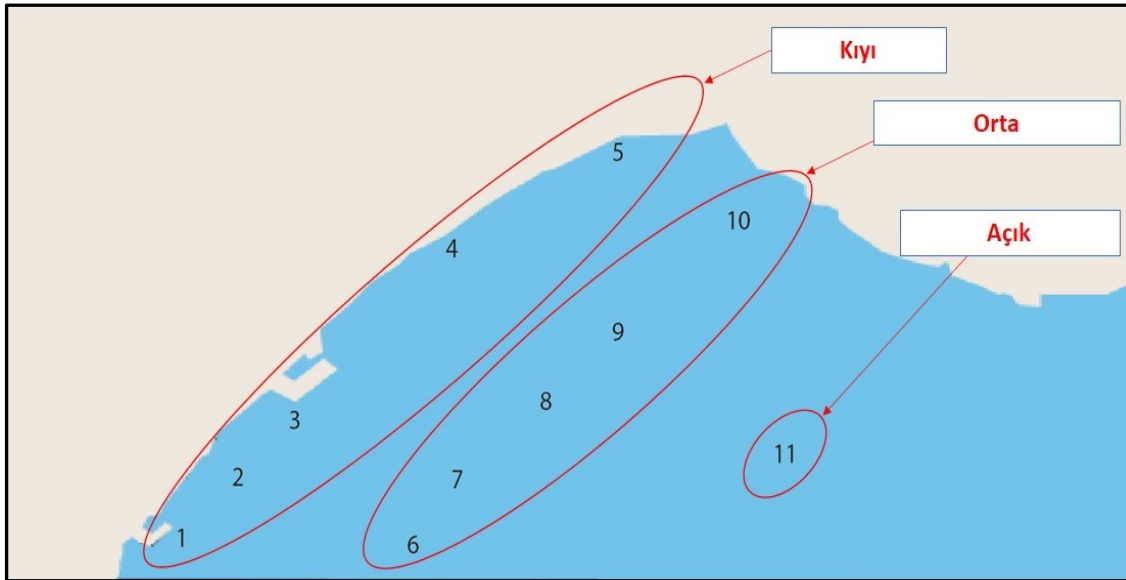
Bu çalışmada materyal ve metot bölümünde belirtildiği gibi öncelikle Antalya Körfezi'ndeki deniz suyu kalitesi ile kirlilik değerlerini belirlemek amacıyla deniz suyu numunelerinin sahada ve laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Ayrıca gemi kaynaklı kirliliğin etkisini de belirlemek amacıyla iki gemiden alınan sintine ve atıksu örnekleri analiz edilmiştir. Bahse konu analizler dışında Antalya Körfezi için gemi kaynaklı atıkların riskini belirlemek amacıyla MCS yöntemiyle 2021-2025 yılları arasında Antalya Körfezi'nde oluşacak sintine ve atıksu riski hesaplanmıştır. Sintine ve atıksu içeriğindeki ağır metallerin oluşturacağı insan sağlığı riski de yine MCS yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde materyal ve metot bölümünde belirtilen bölgede seyir yapan gemilerin bilgileri kullanılarak oluşan sintine ile atıksu miktarı belirlenmiş ve toplanan atık miktarı ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada toplam 11 numune noktası belirlendi ve elde edilen sonuçlar kıyı hattında olan 1,2,3,4 ile 5 numaralı istasyonlar, açık deniz hattı ise 6,7,8,9 ile 10 numaralı istasyonlar ve kontrol istasyonu olarak belirlenen 11 numaralı istasyon olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Örneklem noktalarının gruplandırılmasında kıyı ve açık deniz noktalarının etkileşimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

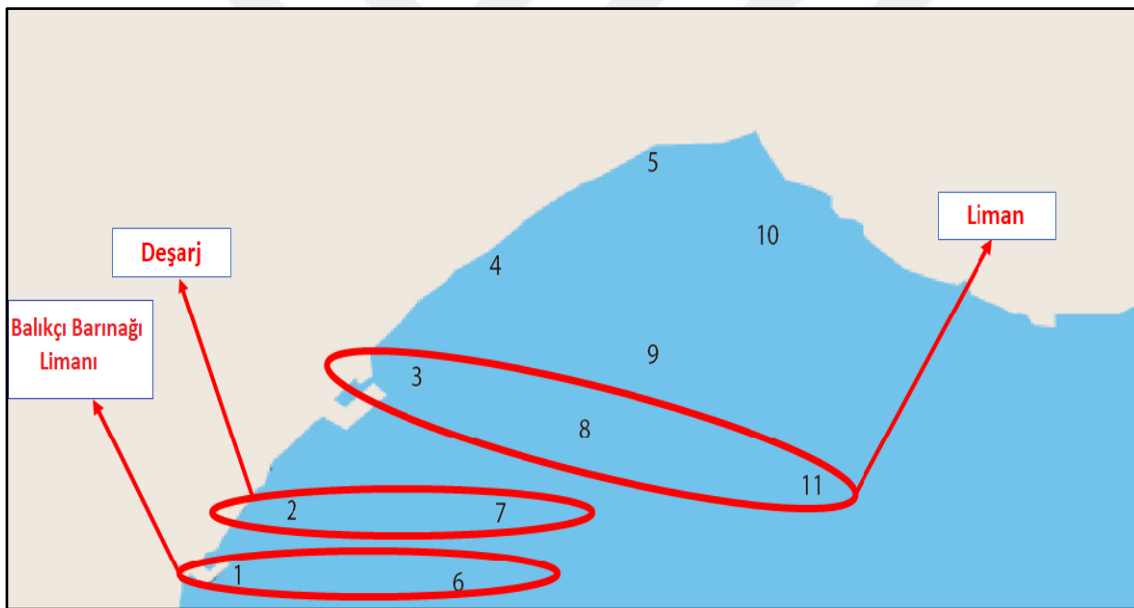
Örneklem noktaları su kütlelerinin, birbirleri ile ve özelliklerine göre karşılaştırma analizi 2 farklı gruplandırma ile yapılmıştır. Yapılan gruplandırmalar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kıyı-Orta-Açık deniz gruplandırması: Yüzme, su sporları gibi faaliyetlerin yapıldığı kıyı bölgesi, deniz turizmi amaçlı teknelerin geçiş güzergahı ve kıyıdan uzak bölge ve temiz olduğu tahmin edilen kontrol noktasından oluşmaktadır. Liman-Deşarj Hattı-Balıkçı Barınağı Limanı gruplandırması: Liman faaliyetleri, AAT-derin deniz deşarj hattı etkisi ve balıkçı barınağı çevresinde yat ve vb. faaliyetlerin etkisini belirlemek amacıyla Liman (3., 8. ve 11. istasyonlar)-Deşarj hattı (2. ve 7. istasyonlar)-Balıkçı barınağı limanı (1. ve 6. istasyonlar)-istasyon gruplarından oluşmaktadır. Ayrıca her mevsimde istasyonlar tek tek karşılaştırması yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan gruplandırmalara dayalı olarak ölçülen parametreleri ve ekolojik verilerinin istatistiksel olarak benzerlikleri ve farklılıkları belirlenmesi LSD analizi ile yapılmıştır. Oluşturulan gruplandırmaların gösterimleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İstasyonların gruplandırılması

Grup	İstasyonlar
Kıyı, Orta, Açık	1. kesit: 1,2,3,4,5 2. kesit:6,7,8,9,10 3. kesit:11
Liman, Deşarj, Balıkçı barınağı	Balıkçı barınağı:1,6 Deşarj:2,7 Liman:3,8,11



Şekil 4.1. Kıyı-Orta-Açık kesitlerin deniz gruplandırması



Şekil 4.2. Liman-Deşarj Hattı-Balıkçı Barınağı Limanı gruplandırması

4.1. Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi’nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin mevsimsel olarak ölçülen fiziksel ve biyokimyasal değerlerin ortalamaları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Antalya Körfezi’nde mevsimsel olarak ölçülen fiziksel ve biyokimyasal verilerin ortalamaları

pH Mevsimsel Ortalamalar					Sıcaklık (C°) Mevsimsel Ortalamalar				
Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
1.Kesit	7,98	7,49	7,17	7,72	1.Kesit	29,72	21,86	17,58	17,90
2.Kesit	8,00	7,54	7,07	7,77	2.Kesit	29,68	21,52	17,40	17,64
3.Kesit	8,37	7,59	7,45	7,50	3.Kesit	29,80	21,50	16,80	17,00
Ç.O. (mg/L) Mevsimsel Ortalamalar					Ç.O.D. (%) Mevsimsel Ortalamalar				
Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
1.Kesit	6,44	6,85	7,42	7,45	1.Kesit	97,38	97,38	95,38	96,18
2.Kesit	6,41	6,58	7,34	7,42	2.Kesit	96,96	96,96	95,28	96,04
3.Kesit	6,50	6,56	7,69	7,05	3.Kesit	95,30	95,30	98,20	93,00
Işık Geçirgenliği (m) Mevsimsel Ortalamalar					İletkenlik (mS/cm) Mevsimsel Ortalamalar				
Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
1.Kesit	10,50	15,20	12,40	10,60	1.Kesit	74,25	79,29	76,20	76,14
2.Kesit	12,10	20,60	13,20	13,20	2.Kesit	76,36	81,29	77,95	78,25
3.Kesit	12,00	22,00	19,00	21,00	3.Kesit	75,54	79,57	82,80	78,68
AKM (mg/L) Mevsimsel Ortalamalar					BOİ ₅ (mg/L) Mevsimsel Ortalamalar				
Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
1.Kesit	49,62	60,28	57,24	40,70	1.Kesit	1,06	0,40	0,44	1,08
2.Kesit	56,70	54,90	60,60	54,00	2.Kesit	0,44	0,32	0,30	1,12
3.Kesit	48,40	48,30	43,60	56,00	3.Kesit	0,60	0,30	0,20	0,80
Tuzluluk (psu) Mevsimsel Ortalamalar					Deterjan (mgMBAS/L) Mevsimsel Ortalamalar				
Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Kesitler	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
1.Kesit	58,42	64,72	60,90	60,42	1.Kesit	0,22	0,09	0,20	0,73
2.Kesit	60,56	65,53	62,43	63,04	2.Kesit	0,23	0,75	0,53	0,87
3.Kesit	59,50	64,23	63,60	64,27	3.Kesit	0,13	0,15	0,69	0,95

4.1.1. pH

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi’nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin pH ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek pH değeri yaz mevsiminde 8 numaralı istasyonda 8,58 ve en düşük değer ise kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 6,36 olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama pH değerinin ise 7,61 olduğu hesaplanmıştır.

Yapılan pH ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 6,61 ve en yüksek değer ise 5 numaralı istasyonda 8,58, ortalama pH değeri ise 8,03,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 6,95 ve en yüksek değer ise 10 numaralı istasyonda 7,92, ortalama pH değeri ise 7,52,

- Kış mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 6,36 ve en yüksek değer ise 4 numaralı istasyonda 7,76, ortalama pH değeri ise 7,15,

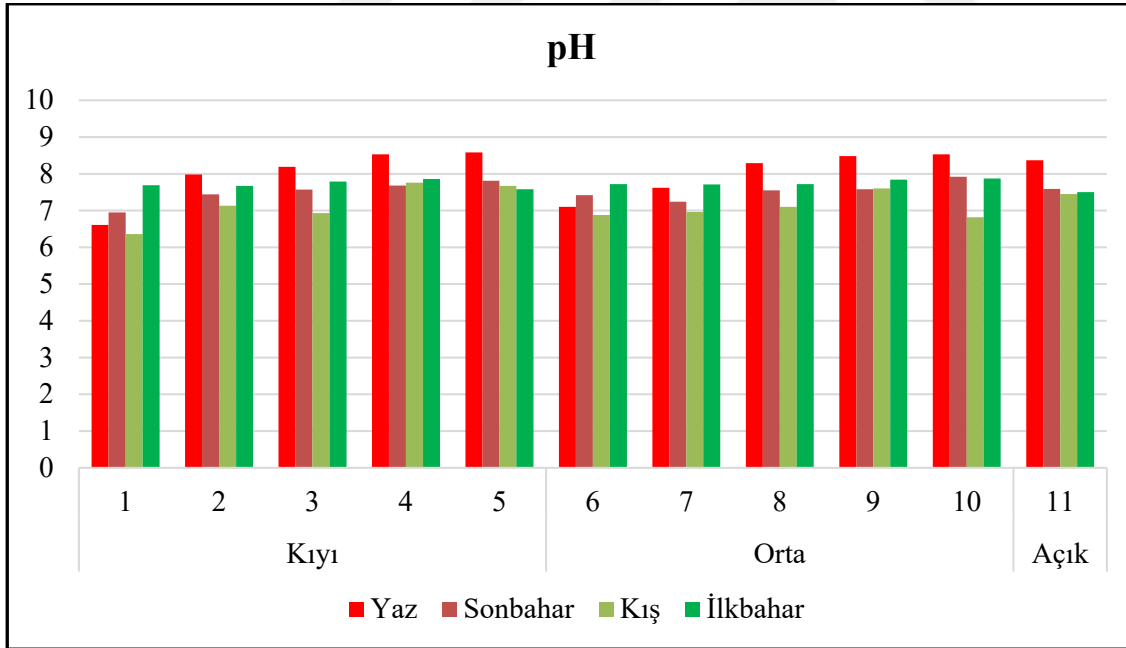
- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 7,5 ve en yüksek değer ise 10 numaralı istasyonda 7,87, ortalama pH değeri ise 7,72,

yıllık ortalama ise 7,61 olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmada kıyı istasyonlarında ölçülen en düşük pH değeri kış mevsiminde 2 numaralı istasyonda 6,36 ve en yüksek pH değeri ise yaz mevsiminde 5 numaralı istasyonda 8,58 olarak belirlenmiştir. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen pH değerlerinin ortalaması ise 7,59 olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ise ölçülen en düşük pH değeri kış mevsiminde 10 numaralı istasyonda 6,82 ve en yüksek pH değeri yaz mevsiminde yine 10 numaralı istasyonda 8,53 olarak ölçülmüştür. Orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen pH değerlerinin ortalaması ise 7,6 olarak hesaplanmıştır.

Açık kesit (Kontrol noktası) deniz su kütleleri olan 11 numaralı istasyonda en düşük pH değeri kış mevsiminde 7,45 ve en yüksek pH değeri 8,53 olarak yaz mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen pH değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Mevsimsel olarak ölçülen pH değerleri

İstasyonlar arasında yapılan karşılaştırmada 1 numaralı istasyon ile 4, 5, 8, 9, 10 ve 11 numaralı istasyonlar arasında istatistiksel olarak (p: 0,05) önemli farklılık belirlenmiştir. Diğer istasyonlara göre Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi 1 numaralı istasyonun pH değerlerinin diğer istasyonlarda farklı olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin 1 numaralı istasyonun balıkçı barınağı limanına yakın olmasından dolayı

oluşan gemi trafiğinden ve yerel oluşan güneydoğu-kuzey batı yönlü yüzey akıntılarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.3. Antalya Körfezi’nde belirlenen 1 numaralı istasyonunun diğer istasyonlarla istatistiksel olarak karşılaştırılması

Referans İstasyon	İstasyonlar	Sig.
1	2	,060
	3	,040
	4	,003
	5	,005
	6	,268
	7	,161
	8	,029
	9	,007
	10	,013
	11	,019

pH parametresi ile tuzluluk (R^2 : 0,914) arasında güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ancak herhangi bir anlamlı negatif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Ölçülen pH parametresinin istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan LSD istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü benzerlik (p:0,976),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında az güçlü benzerlik (p:0,630),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında az güçlü benzerlik (p:0,651)

olduğu görülmüştür.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: İstasyonlarda ölçülen pH değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Yaz mevsimi pH karşılaştırması değerlendirildiğinde, ilkbahar (p:0,010), sonbaharın (p:0,03) ile güçlü farklılık olduğunu, yaz ile kış (p:0,007) mevsiminin ise çok güçlü farklı pH yapısında olduğu görülmektedir. Sonbahar ve kışın (p:0,051) az benzerlik, Sonbahar ve ilkbahar (p:0,391) ise daha az benzerlik veya diğerlerine göre daha fazla farklılık gösterdiği görülmektedir. Tüm pH verilerinin mevsimsel değerlendirmesinde ilkbahar, yaz ve sonbaharın değerlerinin farklı olduğu ve denizin sıcaklık farklılaşmasının ve karışım dönemi olan ilkbahar ve sonbahar değerlerinin daha fazla benzediğini ve doğal yapısına uyduğunu söylemek mümkündür.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. pH değerleri balıkçı barınağı ile deşarj hattı farklı iken liman ile çok daha farklıdır. Deşarj hattı ile liman hattı ise orta benzerlik göstermektedir.

Denizlerin pH değerleri 7,5-8,4 aralığında değişmekte olup denizlerin pH değeri için kabul edilmekte olan ortalama değer ise 7,8'dir (Özyurt vd. 2001). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete 2004b)'ne göre deniz suyu için pH değeri 6-9 arasında değişmesi gerekmektedir.

pH, suların asitlik ve bazlık düzeylerini su kalitesini ve uygunluğu belirlemede en önemli parametrelerden biridir. Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek pH değeri yaz mevsiminde 5 numaralı istasyonda 8,58 ve en düşük değer ise kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 6,36 olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama pH değerinin ise 7,61 olduğu hesaplanmıştır. Antalya Körfezi'nde Konyaaltı'nda en yüksek ve en düşük pH 8,3-7,2 ve Lara'da 8,3-7,1 aralığında ve ortalama 7,9 olarak bildirilmiştir (Topaloğlu 2010). Faselis koyunda pH değerleri en düşük 7,01 ve en yüksek 8,82'dir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek pH değeri ilkbahar mevsiminde 8,57 ve en düşük değer ise kış mevsiminde 7,52 olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). Verilerimiz çalışma alanında yapılan diğer araştırmalarla karşılaştırıldığında, pH değerleri, her iki çalışma ile benzerlik göstermektedir. Göycincik vd. (2018) tarafından İskenderun Körfezinde yapılan çalışmada deniz suyunun yıllık ortalama pH değeri 8,04 olarak ölçülmüş olup bu çalışmada da ise ortalama pH değeri 6,9-7,95 arasında değişmektedir.

Su kalitesinin belirlenmesinde önemli parametrelerden biri olan pH değerlerinin "Yerüstü Su Kalite Kriterleri Yönetmeliği" Tablo 6'ya göre tüm su sınıflarında 6-9 aralığında değişmesi gerekmektedir. Bu mevzuata göre bu çalışmada elde edilen pH sonuçları değerlendirildiğinde ölçüm yapılan deniz alanındaki suyun kalitesinin iyi olduğu belirlenmiştir. Yerüstü su kalitesi yönetmeliği Ek 5, Tablo 6'a göre pH 6-9 sınırları arasında kalarak iyi su kalitesi sınıfındadır (YSKY 2016).

4.1.2. Sıcaklık

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek sıcaklık değeri yaz mevsiminde 9 numaralı istasyonda 30 °C ve en düşük değer ise kış mevsiminde 11 numaralı istasyonda 16,8 °C olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama sıcaklık değerinin ise 21,6 °C olduğu hesaplanmıştır. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen sıcaklık değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çalışmada kıyı istasyonlarında ölçülen en yüksek deniz suyu sıcaklığı değeri yaz mevsiminde 2 numaralı istasyonda 29,9 °C ve en düşük deniz suyu sıcaklığı ise ilkbahar mevsiminde 3 numaralı istasyonda 17,1 °C olarak ölçülmüştür. Orta kesit deniz

istasyonunda ölçülen en yüksek deniz suyu sıcaklığı değeri yaz mevsiminde 9 numaralı istasyonda 30 °C ve en düşük deniz suyu sıcaklığı ise kış mevsiminde yine 9 numaralı istasyonda 17 °C olarak belirlenmiştir. Açık kesit (Kontrol) istasyonunda ise ölçülen en yüksek deniz suyu sıcaklığı değeri yaz mevsiminde 29,8 °C ve en düşük deniz suyu sıcaklığı değeri de kış mevsiminde 16,8 °C olarak ölçülmüştür.

Yapılan sıcaklık ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 5,6 ile 7 numaralı istasyonda 29,5 °C ve en yüksek değer ise 9 numaralı istasyonda 30 °C, ortalama sıcaklık değeri ise 29,71 °C,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda 21,1 °C ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 22,5 °C, ortalama sıcaklık değeri ise 21,1 °C,

- Kış mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 16,8 °C ve en yüksek değer ise 1 ile 7 numaralı istasyonda 17,9 °C, ortalama sıcaklık değeri ise 17,4 °C,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 17 °C ve en yüksek değer ise 1 numaralı istasyonda 18,9 °C, ortalama sıcaklık değeri ise 17,7 °C,

yıllık ortalama ise 21,51 °C olduğu hesaplanmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Antalya Körfezi'nde 2020 yılında ölçülen en yüksek deniz suyu sıcaklığı değeri Sonbahar mevsiminde Eylül ayında 31,2 °C ve en düşük deniz suyu sıcaklığı değeri ise kış mevsiminde şubat ayında 15,7 °C olarak ölçülmüştür. 2021 yılında ölçülen en yüksek deniz suyu sıcaklığı değeri Sonbahar mevsiminde Eylül ayında 33 °C ve en düşük deniz suyu sıcaklığı değeri ise ilkbahar mevsiminde nisan ayında 17,1 °C olarak ölçülmüştür (MGM 2021).

İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm mevsimlerde istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerleri arasında karşılaştırmada farklılık olmadığı ve yüksek derecede benzerlik olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık parametresi ile çözünmüş oksijen arasında (R^2 : -0,830) güçlü negatif korelasyon, sıcaklık artışı ile çözünmüş oksijenin azaldığını; sıcaklık ile NO_3^- arasında (R^2 : 0,574) orta ve klorofil-*a* arasında (R^2 : 0,739) güçlü pozitif korelasyon ise birincil üretimin sıcaklık ile doğru orantılı olarak arttığını kanıtlamaktadır. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

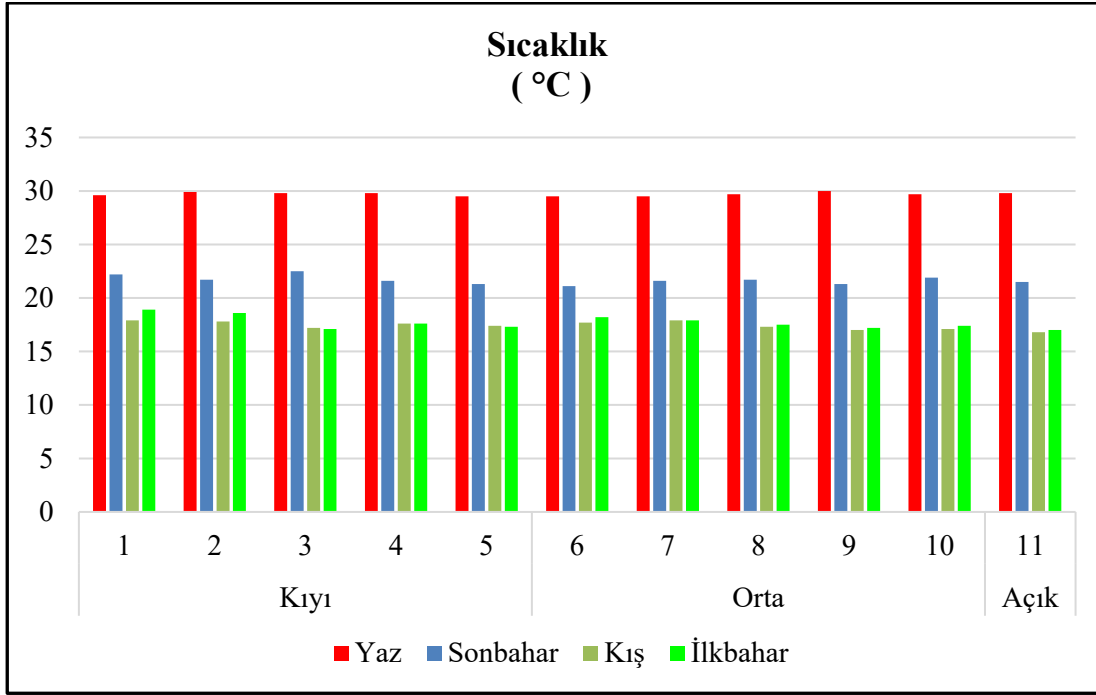
Kıyı-Orta-Açık su kütleli gruplarının değerlendirmesi: Mevsimsel olarak ölçülen sıcaklık parametresinin istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,961),

- 1. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,908),

- 2. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,946)

olduğu görülmüştür.



Şekil 4.4. Mevsimsel olarak ölçülen sıcaklık değerleri

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel kesit ortalamalarının karşılaştırılması kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Sıcaklık değerlerinin ilkbahar ve kış mevsimi sıcaklık değerlerinin az derecede benzediği ($p:0,370$) diğer mevsimlerde ise mevsimsel olarak birbirinden oldukça farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirilmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Sıcaklık değerlerinin tüm istasyon gruplarında çok benzer özellik sergilediği görülmüştür.

2018 yılı ortalama deniz suyu sıcaklıkları Akdeniz’de ortalama 22,4°C olarak ölçülmüştür (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021b). Bu çalışmada 11 istasyonda ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.2’de verilmiş olup tüm mevsimlerde ölçülen ortalama sıcaklık değeri 21,6 °C olarak hesaplanmıştır. 1970-2021 yılları arasında Antalya Körfezi’nde ölçülen deniz suyu sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilerek çalışma kapsamında kullanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2020 yılında Antalya Körfezi’nde ölçülen deniz suyu sıcaklığı ortalama değeri 22,8 °C ve 2021 yılında ise 22,9 °C olarak ölçülmüştür. İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi’nde yapılan çalışmada deniz suyundaki sıcaklık değerlerinin 23,3-30 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek sıcaklık değeri yaz mevsiminde 31,2 °C ve en düşük değer ise kış mevsiminde 17,8 °C olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017).

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 ile 2000 yıllarında sıcaklık değerlerinin 16,4-29,5 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000). Daha sonra, derin deniz deşarjı ve liman çevresinde yapılan çalışmada 50 m'ye kadar derinliğe kadar ölçülen sıcaklık değerlerinin 15,4-28,1°C arasında değiştiği (Yalçın 2011) bildirilmiştir.

4.1.3. Çözünmüş Oksijen

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin çözünmüş oksijen ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm mevsimlerde istasyonlarda ölçülen çözünmüş oksijen değerleri arasında karşılaştırmada farklılık olmadığı ve yüksek derecede benzerlik olduğu belirlenmiştir.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen değeri kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 7,92 mg/L ve en düşük değer ise yaz mevsiminde 5 numaralı istasyonda 6,14 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama çözünmüş oksijen değerinin ise 6,99 mg/L olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmada mevsimsel olarak kıyı istasyonlarında ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen değeri kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 7,92 mg/L ve en düşük çözünmüş oksijen değeri ise yaz mevsiminde 5 numaralı istasyonda 6,14 mg/L olarak belirlenmiştir. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerlerinin ortalaması ise 7,07 mg/L olarak hesaplanmıştır. Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen değeri ilkbahar mevsimde 9 numaralı istasyonda 7,58 mg/L ve en düşük çözünmüş oksijen değeri sonbahar mevsiminde 6 numaralı istasyonda 6,22 mg/L olarak belirlenmiştir. Orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerlerinin ortalaması ise 6,98 mg/L olarak hesaplanmıştır. Kontrol noktası olan açık su kütlesi 11 numaralı istasyonda en yüksek çözünmüş oksijen değeri kış mevsiminde 7,69 mg/L ve en düşük çözünmüş oksijen değeri de yaz mevsiminde 6,5 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen çözünmüş oksijen değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.5'te verilmiştir.

Yapılan çözünmüş oksijen ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 6,14 mg/L ve en yüksek değer ise 1 numaralı istasyonda 6,95 mg/L, ortalama çözünmüş oksijen değeri ise 6,43 mg/L,

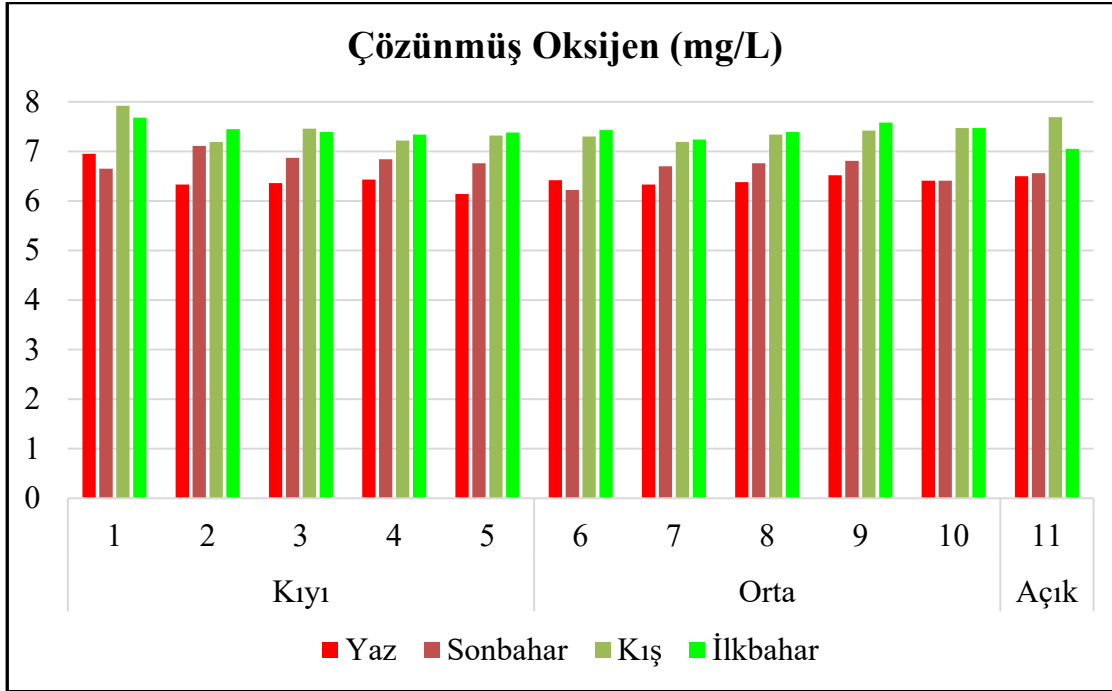
- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda 6,22 mg/L ve en yüksek değer ise 2 numaralı istasyonda 7,11 mg/L, ortalama çözünmüş oksijen değeri ise 6,7 mg/L,

- Kış mevsiminde en düşük değer 7 numaralı istasyonda 7,19 mg/L ve en yüksek değer ise 1 numaralı istasyonda 7,92 mg/L, ortalama çözünmüş oksijen değeri ise 7,41 mg/L,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 7,05 mg/L ve en yüksek değer ise 1 numaralı istasyonda 7,68 mg/L, ortalama çözünmüş oksijen değeri ise 7,4 mg/L,

olduğu hesaplanmıştır.

Yaz mevsiminde ölçülen değerlerin en düşük seviyelerde kış mevsiminde ise en yüksek seviyelere ulaştığı görülmüştür. Çözünmüş oksijen ile sıcaklık ters orantılı olduğundan kış mevsiminde en yüksek değerler ölçülmüştür.



Şekil 4.5. Mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerleri

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2016) Ek 5 Tablo 3 Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kriterlerine göre bu çalışmada ölçülen çözünmüş oksijen sonuçları değerlendirildiğinde Akdeniz için Ç.O değerleri tüm su sınıflarında ≥ 7 ile 6 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bahse konu tabloya göre kış ile ilkbahar mevsimlerinde istasyonlarda ölçülen sonuçlar açısından deniz suyu kalitesinin çok iyi I.sınıf, olduğu belirlenmiştir.

Çözünmüş oksijen ile sıcaklık arasında (R^2 : -0,830) güçlü negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerleri istasyonları kıyı (1.kesit), orta (2.kesit) ve açık (3.kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü benzerlik (p : 0,791),

- 1. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,813),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,978)

olduğu görülmüştür. Çözünmüş oksijen kıyı ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2 kesit birbirine benzerken, 1. ile 3.kesitin birbirine daha fazla benzer olduğu ve 2. ile 3. kesitin ise diğer kesitlere göre birbirine daha fazla benzer su kütleleri olduğu görülmektedir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütleleri gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen çözünmüş oksijen değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Yaz, sonbahar ve kış değerleri (p:0,000) birbirine benzerken, ilkbahar değerlerinin diğer mevsimlerden farklı (p:0,248-0,335) olduğu görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde de ilkbahar ve kış farklılığı doğal mevsimsel değişimlere işaret etmektedir. Ayrıca, mevsimsel sıcaklık değişimi ve birincil üretimden dolayı çözünmüş oksijen ve çözünmüş oksijen doygunluğu ilkbahar ve diğer mevsimlerde farklılıklar göstermesi doğal sonuçtur. Çözünmüş oksijen değerleri ise çözünmüş oksijen doygunluğundan farklı yaz sonbahar (p:0,158), kış-ilkbahar (p:0,224) daha fazla benzemesi uzamış kış ve uzamış yaz mevsimini ifade edebilir. İklim değişimi nedeniyle deniz suyunun sıcaklık değişimleri aralık ayına kadar yaz-sonbahar değerlerine yakın seyretmektedir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Çözünmüş oksijen değerlerinin tüm istasyon gruplarında çok benzer özellik sergilediği görülmüştür.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin 5,35-9,23 mg/L arasında ve 2000 yılında ise 6,53-8,62 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. 1999 yılında en yüksek çözünmüş oksijen değerlerinin ilkbahar mevsiminde ve en düşük değerlerin ise sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. 2000 yılında en yüksek çözünmüş oksijen değerlerinin kış mevsiminde ve en düşük değerlerin ise yaz mevsiminde ölçülmüştür (Muhammetoğlu vd. 2000).

Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek çözünmüş oksijen değeri kış mevsiminde 8,52 mgO₂/L ve en düşük değer ise yaz mevsiminde 6,10 mgO₂/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerinin 7,40 mgO₂/L olduğu tespit edilmiştir (Belcioğlu 2017). Antalya Körfezi'ne yakın Faselis koyunda en yüksek ilkbaharda 8,33 mgO₂/L, en düşük değer yaz mevsiminde 6,03 mgO₂/L ve ortalama 7,28 mgO₂/L ölçülmüştür. Çalışmamızda ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında 1999-2021 yılları arasında çözünmüş oksijen düzeyinin benzer değerlerde ve yönetmelikte belirtilen sınırlar içinde kalmaktadır.

4.1.4. Çözünmüş Oksijen Doygunluğu Sonuçları

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz

suyu numunelerinin çözünmüş oksijen doygunluk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen doygunluk değeri yaz ile sonbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda %99,5 ve en düşük değer ise kış ile ilkbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda %94 olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama çözünmüş oksijen doygunluk değerinin ise %96,35 olduğu hesaplanmıştır. Çalışmada mevsimsel olarak kıyı istasyonlarında ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen doygunluk değeri sonbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda %99,5 ve en düşük değer ise kış mevsiminde yine 2 numaralı istasyonda %94,3 olarak belirlenmiştir. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin ortalaması ise %96,6 olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen değeri yaz ile sonbahar mevsimlerinde 9 numaralı istasyonda %98,5 ve en düşük çözünmüş oksijen değeri kış ile ilkbahar mevsimlerinde 7 numaralı istasyonda %94 olarak belirlenmiştir. Orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerlerinin ortalaması ise %96,3 olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) deniz su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen değeri kış mevsiminde %98,2 ve en düşük çözünmüş oksijen değeri de ilkbahar mevsiminde %93 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.6'da verilmiştir.

Yapılan çözünmüş oksijen doygunluk ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda %94,1 ve en yüksek değer ise 2 numaralı istasyonda %99,5, ortalama çözünmüş oksijen doygunluk değeri ise %97,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda %94,1 ve en yüksek değer ise 2 numaralı istasyonda %99,5, ortalama çözünmüş oksijen doygunluk değeri ise %97,

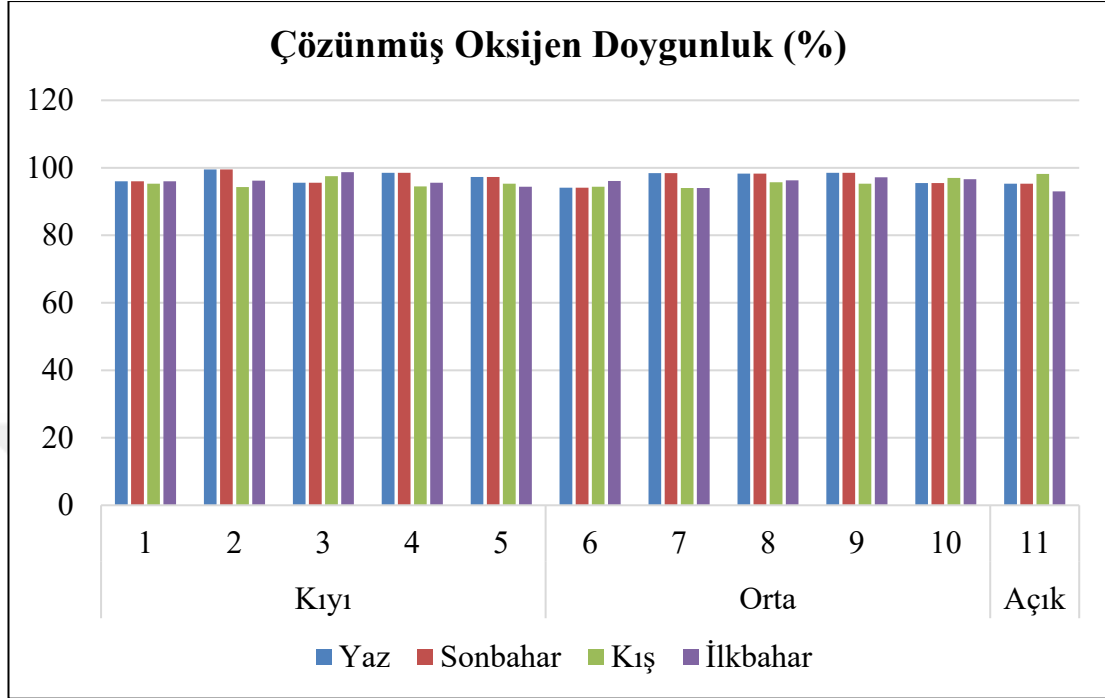
- Kış mevsiminde en düşük değer 7 numaralı istasyonda %94 ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda %98,2, ortalama çözünmüş oksijen doygunluk değeri ise %95,59,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda %93 ve en yüksek değer ise 2 numaralı istasyonda %98,7, ortalama çözünmüş oksijen doygunluk değeri ise %95,83,

olduğu hesaplanmıştır.

İstasyonlarda ölçülen çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin Yerüstü Su Kalitesi yönetmeliğinin (YSKY 2016) ekinde bulunan Tablo 6 Rekreasyon Maksadıyla

Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler kapsamında belirtilen değer olan %80'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen doygunluk değerleri

İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 6 ile 2 (p:0,032), 3 (p:0,080), 4 (p:0,091), 8 (p:0,048) ve 9 (p:0,032) numaralı istasyonlar arasında en güçlü farklılık,

olduğu görülmüştür.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel olarak ölçülen çözünmüş oksijen doygunluk değerleri istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,796),

- 1. kesit ile 3. kesit arasında farklılık (p: 0,294),

- 2. kesit ile 3. kesit arasında az benzerlik (p: 0,418)

olduğu görülmüştür.

Çözünmüş oksijen doygunluğu kıyı ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2 kesit birbirine benzerken, 1. ile 3.kesit arasında farklılık ve 2. ile 3. kesitin ise birbirine daha az benzer su kütleleri

olduğu görülmektedir. Bu durum, kıyı ve deniz trafiği etkileşiminin olduğunu, açık ve kontrol istasyonu içeren 3. kesitin bundan daha az etkilendiğini kanıtlamaktadır.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı, (1,6), deşarj hattı (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Çözünmüş oksijen doygunluğu değerlerinin Konyaaltı istasyon gurubunun balıkçı barınağı (p: 0,302), deşarj hattı (p: 0,386) az benzerlik ya da kısmi farklılık göstermektedir. Diğer istasyon gruplarının birbirleri ile çok benzerlik (p: 0,900-0,862) sergilediği görülmüştür.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin %65,87-95,98 arasında ve 2000 yılında ise %82,31-97,87 arasında değiştiği belirlenmiştir. 1999 yılında en yüksek çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin ilkbahar mevsiminde ve en düşük değerlerin ise sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. 2000 yılında en yüksek çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin sonbahar mevsiminde ve en düşük değerlerin ise yaz mevsiminde ölçülmüştür (Muhammetoğlu vd. 2000). Çıralı sahilinde yapılan çalışmada ise en yüksek çözünmüş oksijen doygunluk değeri kış mevsiminde %103,7 ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde %87,7 olarak belirlenmiştir. (Belcioğlu 2017).

Çalışmamızda ölçülen ÇOD %98,5 ile %94 arasında değişmektedir. Sonuçlar, ilgili yönetmelik ve literatür değerleri ile Antalya Körfezi'nde belirlenen ÇOD konsantrasyonu karşılaştırmasında benzer sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. ÇOD ve ÇO anlık olarak birincil üretim ve biyokimyasal reaksiyonlara değişebilen bir parametre olması nedeniyle genel mevsimsel değişiklikleri de yansıtmaktadır.

4.1.5. Tuzluluk

İletkenlik ve tuzluluk, farklı su kütleleri arasında büyük farklılıklar gösterir. Deniz derinlikleri ve yüzeyde tuzluluk ve iletkenlik farkları denize tatlı su gidisini ve kirlilik yükleri hakkında bilgi verebilmektedir. Gemilerden kaynaklı sınıra ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek tuzluluk değeri sonbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda 68,64 psu ve en düşük değer ise kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 48,64 psu olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama tuzluluk değerinin ise 62,08 psu olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmada mevsimsel olarak kıyı bölümünde ölçülen en yüksek tuzluluk değeri 48,64 psu ile kış mevsiminde şubat ayında 1 numaralı istasyonda ve en düşük tuzluluk değeri ise 68,64 psu ile sonbahar mevsiminde kasım ayında 2 numaralı istasyonda ölçülmüştür. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen tuzluluk değerinin ortalaması ise 61,1 psu olarak hesaplanmıştır.

Orta kesitte ölçülen en yüksek tuzluluk değeri sonbahar mevsiminde kasım ayında 10 numaralı istasyonda 67,49 psu ve en düşük tuzluluk değeri ise yaz mevsiminde temmuz ayında yine 10 numaralı istasyonda 57,99 psu olarak ölçülmüştür. Orta kesit deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen tuzluluk değerinin ortalaması ise 62,89 psu olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) deniz su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen tuzluluk değerleri incelendiğinde yaz mevsiminde temmuz ayında 59,5 psu, sonbahar mevsiminde kasım ayında 64,23 psu, kış mevsiminde şubat ayında 63,6 psu ve ilkbahar mevsiminde nisan ayında 64,27 psu olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada mevsimsel olarak belirlenen tuzluluk değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.7’de verilmiştir.

Yapılan tuzluluk ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 54,9 psu ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 63,8 psu, ortalama tuzluluk değeri ise 54,49 psu,
- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 60,02 psu ve en yüksek değer ise 2 numaralı istasyonda 68,64 psu, ortalama tuzluluk değeri ise 65,04 psu,
- Kış mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 48,64 psu ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 65,5 psu, ortalama tuzluluk değeri ise 61,84 psu,
- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 52,15 psu ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 65,04 psu, ortalama tuzluluk değeri ise 61,96 psu, olduğu hesaplanmıştır.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Mevsimsel olarak ölçülen tuzluluk değerleri istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

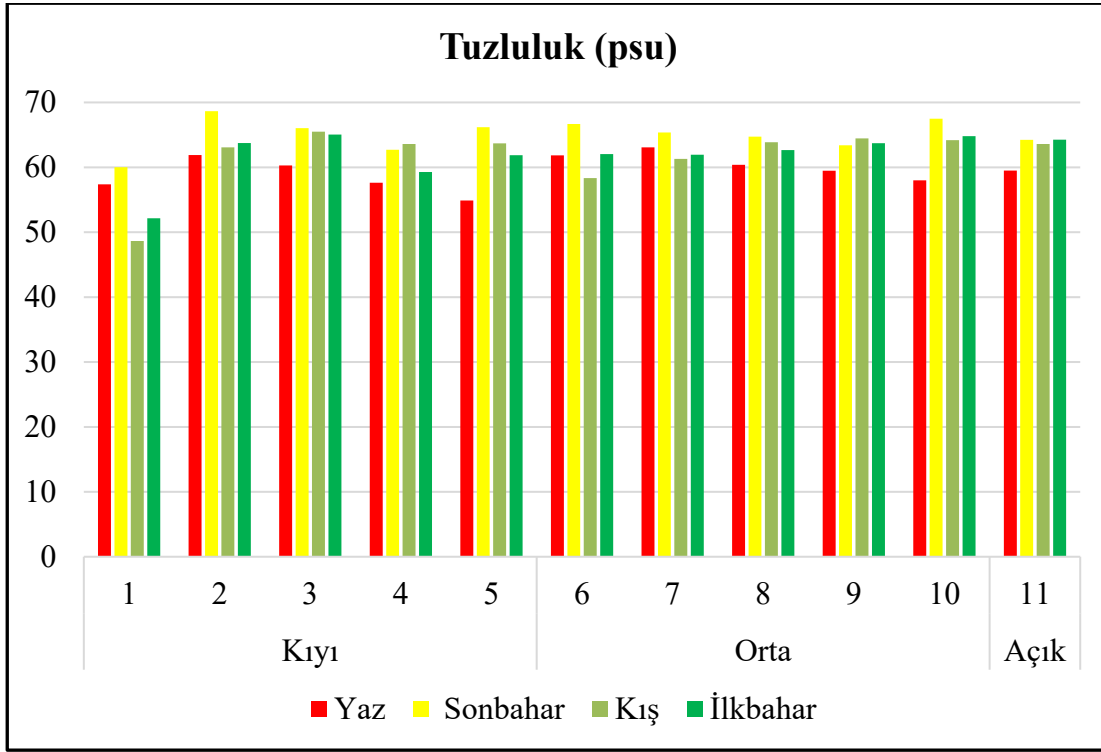
- 1. kesit ile 2. kesit arasında az güçlü farklılık (p: 0, 310),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında az güçlü farklılık (p: 0,308),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,995)

olduğu görülmüştür. Tuzluluk kıyı ve orta ve kontrol olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2. ve 3. kesitler birbirine az benzeyen su kütleleri iken 2. ile 3. kesitler bulunan su kütlelerinin birbirine çok benzer olduğu belirlenmiştir.

İstasyonlar arasında yapılan istatistik analiz sonucunda 1 numaralı istasyon ile tüm istasyonlar arasında güçlü farklılık ve diğer istasyonlar ise güçlü benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen tuzluluk değerleri LSD analizi

ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Kış ve ilkbahar değerlerinin ($p: 0,818$) birbirine çok benzediği, uzamış kış olgusunu kanıtlar niteliktedir. Ayrıca yağışlar nedeniyle yüzey tuzluğunda kış verilerine benzerlik göstermektedir. Oysa tuzluluk deniz yüzeyinde yıl boyunca çok az değişiklik göstermektedir. Diğer mevsimlerde tuzluluk birbirinden farklı bir su kütlesi özelliği sergilemektedir. Bu durum mevsimsel özellikler içinde değerlendirilebilir. Ayrıca 1 numaralı istasyon diğer istasyonlardan düşük tuzluluk ile tatlı su girdisini işaret etmektedir. Bu bölgede 2. ve 7. istasyonların deşarj hattında gelen tatlı su kütlesinin akıntı yönü batıya doğru yönelmesi ve yeraltı su girişleri ile açıklanabilir.



Şekil 4.7. Mevsimsel olarak ölçülen tuzluluk değerleri

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Tuzluluk değerlerinin balıkçı barınağı ile deşarj hattı orta dereceli benzerken liman ile çok daha benzerdir. Deşarj hattı ile liman hattı ise orta benzerlik göstermektedir.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama tuzluluk değerlerinin ‰38,04-39,00 arasında ve 2000 yılında ise ‰38,80-39,27 arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000). Benzer şekilde Antalya Körfezi'nde yapılan bir başka çalışmada 50 m derinliğe kadar ölçülen sıcaklık değerlerinin ‰37,9-39,6 arasında değiştiği belirlenmiştir (Yalçın 2011).

İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada tuzluluk değerlerinin ‰39,2-39,6 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek tuzluluk değeri kış mevsiminde 51,93 psu ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde 15,0 psu olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). Antalya Körfezi'nde literatürde ölçülen tuzluluk değerleri ile çalışmamızda ölçülen değerler karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olmadığı mevsimsel ve yıllık değişimler içinde kaldığı düşünülmektedir.

4.1.6. İletkenlik

Genellikle, dünya okyanuslarında, deniz suyunun elektriksel iletkenliği sıcaklığa, tuzluluğa ve kısmen de basınca (derinliğe) bağlıdır. Denizlerde, elektriksel iletkenlik, sodyum klorür (NaCl) tuzlarının ayrışması sonucu katyonlar (Na⁺) ve anyonlar (Cl⁻) bir elektrik alanı varlığında hareket ettiklerinde, bir elektrik akımı üretimi gerçekleşir. Elektriksel İletkenlik tuzluluk ve sıcaklık ile doğru orantılıdır. Akdeniz'de (ve genellikle Atlantik'te) buharlaşma yağış miktarını aştığı için, benzer sıcaklıklardaki diğer yerlere kıyasla hem tuzluluk hem de iletkenlik yüksektir (Tyler vd. 2017).

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek iletkenlik değeri sonbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 84,7 mS/cm ve en düşük değer ise kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 64,06 mS/cm olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama iletkenlik değerinin ise 77,6 mS/cm olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmada mevsimsel olarak kıyı bölümünde ölçülen en yüksek iletkenlik değeri sonbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda 82,44 mS/cm ve en düşük iletkenlik değeri kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 64,06 mS/cm ölçülmüştür. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen iletkenlik değerinin ortalaması ise 76,4 mS/cm olarak hesaplanmıştır.

Orta kesitte ölçülen en yüksek iletkenlik değeri sonbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 84,7 mS/cm ve en düşük iletkenlik değeri ise yaz mevsiminde 10 numaralı istasyonda 73,91 mS/cm olarak ölçülmüştür. Orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen iletkenlik değerinin ortalaması ise 78,5 mS/cm olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen iletkenlik değerleri incelendiğinde en yüksek değer kış mevsiminde 82,8 mS/cm ve en düşük değer ise yaz mevsiminde 75,54 mS/cm olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen iletkenlik değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.8'de verilmiştir.

Yapılan iletkenlik ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

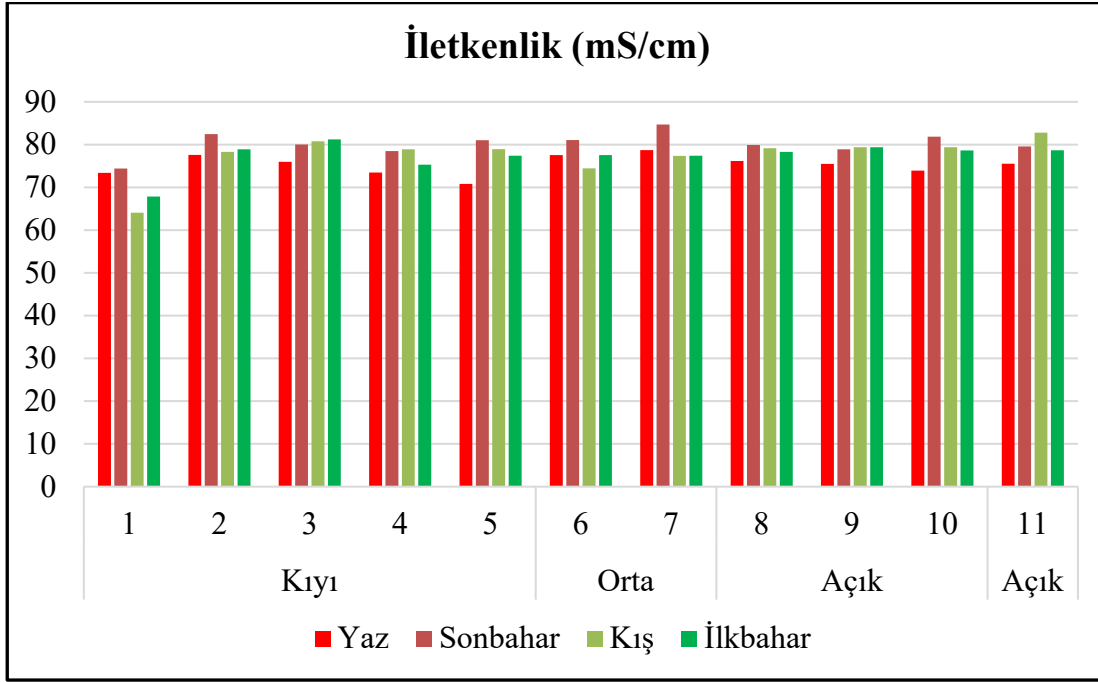
- Yaz mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 70,81 mS/cm ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 78,71 mS/cm, ortalama iletkenlik değeri ise 75,33 mS/cm,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 74,42 mS/cm ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 84,7 mS/cm, ortalama iletkenlik değeri ise 80,22 mS/cm,

- Kış mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 64,06 mS/cm ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 82,8 mS/cm, ortalama iletkenlik değeri ise 77,59 mS/cm,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 67,85 mS/cm ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 81,2 mS/cm, ortalama iletkenlik değeri ise 77,33 mS/cm,

olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Mevsimsel olarak ölçülen iletkenlik değerleri

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 1 numaralı istasyon ile tüm istasyonlar arasında güçlü farklılık ve diğer istasyonların ise güçlü benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

İletkenlik ile Tuzluluk arasında güçlü korelasyon ($R^2:0,964$) hesaplanmıştır. 1. istasyonun tuzluluk ve iletkenlik değerlerinin korelasyonunu da anlaşılabilirliği gibi diğer istasyonlardan farklı bir su kütlesi özelliğindedir.

İletkenlik ile tuzluluk arasında ($R^2:0,964$) güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel olarak ölçülen iletkenlik değerleri istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü farklılık (p: 0,273),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında güçlü farklılık (p: 0,151),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında benzerlik (p: 0,698)

olduğu görülmüştür. İletkenlik kıyı ve açık ve kontrol olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2. ve 3. kesitler birbirine az benzeyen farklı su kütleleri iken 2. ile 3. kesitler bulunan su kütlelerinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen iletkenlik değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. İletkenlik değerleri tuzluluk ile benzer eğilim gösterse de iletkenlikte, kış aylarında sıcaklık azalması nedeniyle sonbahar (p:0,530) ve ilk bahar (p:0,450) su kütlesi ile benzer özellik sergilemektedir. Yaz ayları değerleri ile sonbahar (p:0,021) ve kış (p:0,058) farklı su kütlesi değerleridir ve mevsimsel değişimler uyumludur.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirilmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. İletkenlik değerleri karşılaştırıldığında, balıkçı barınağı ile liman çevresi su kütlesinin çok benzer olduğunu (p:0,829), deşarj hattı su kütlesi (p:0,319-0,523) ile daha az benzer olduğunu söyleyebiliriz.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama iletkenlik değerlerinin 57,82-58,56 mS/cm arasında ve 2000 yılında ise 58,16-59,26 mS/cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000). İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada iletkenlik değerlerinin 58,1-63,9 μ S/cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek iletkenlik değeri kış mevsiminde 67,68 mS/cm ve en düşük değer ise yaz mevsiminde 21,99 mS/cm olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). Antalya Körfezi'nde literatürde ölçülen iletkenlik değerleri ile çalışmamızda ölçülen değerler karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olmadığı mevsimsel ve yıllık değişimler içinde kaldığı görülmektedir.

4.1.7. ORP (Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli)

ORP, tek bir molekülün başka bir molekülü ne kadar etkili bir şekilde oksitleyebildiğini gösteren bir ölçümdür. ORP tipik olarak, klor gibi kimyasal dezenfektanların ne kadar etkili olduğunu belirlemek için kullanılır. Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin ORP

ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 11 numaralı istasyon ile tüm istasyonlar arasında güçlü farklılık ve diğer istasyonların ise güçlü benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek ORP değeri kış mevsiminde 11 numaralı istasyonda 422 mV ve en düşük değer ise yaz mevsiminde 1 numaralı istasyonda 84 mV olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama ORP değerinin ise 178,5 mV olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmada mevsimsel olarak kıyı bölümünde ölçülen en yüksek ORP değeri 1 numaralı istasyonda kış mevsiminde 291 mV ve en düşük ORP değeri yaz mevsiminde yine 1 numaralı istasyonda 84 mV ölçülmüştür. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen ORP değerinin ortalaması ise 169,8 mV olarak hesaplanmıştır.

Orta kesit denizde ölçülen en yüksek ORP değeri ilkbahar mevsiminde 8 numaralı istasyonda 261 mV ve en düşük ORP değeri ise yaz mevsiminde 6 numaralı istasyonda 85,6 mV olarak ölçülmüştür. Açık deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen ORP değerinin ortalaması ise 171,2 mV olarak hesaplanmıştır. ORP, genellikle sudaki kirlilik seviyelerini belirlemek için kullanılır, tipik olarak sudaki kirlilik ne kadar fazlaysa iletkenlik değeri o kadar yüksek olur. Deniz ve okyanuslarda canlıların yaşam koşulların için 200-500 mV olması önerilmektedir (Kane 2016). Örneğin, Saf su $0,055\mu\text{S/cm}$, musluk suyu $50-100\mu\text{S/cm}$ ve deniz suyu normalde $53,00\text{ mS/cm}$ civarında bir iletkenlik değerine sahiptir.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen ORP değerleri incelendiğinde en yüksek değerin kış mevsiminde 422 mV ve en düşük değerin ise yaz mevsiminde 101 mV olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen iletkenlik değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.7’de verilmiştir.

Sıcaklık, ORP ve çözünmüş oksijen ilişkisi incelendiğinde, sıcaklık arttıkça suyun çözünmüş oksijen tutma yeteneği azalması sonucu ORP seviyeleri düşer. Bu nedenle günün farklı saatlerinde veya farklı mevsimlerde ORP ölçümleri değişiklik gösterebilir. Basınç ve tuz içeriği (tuzluluk) de Ç.O. düzeylerini ve dolayısıyla ORP düzeylerini etkiler. Basınç azaldıkça Ç.O. da azalır ve tuzluluk arttıkça Ç.O. azalır. Çalışmamızda, Yaz aylarında düşük ORP değerleri yüksek sıcaklık ve düşük Ç.O. düzeylerini kanıtlamaktadır (Şekil 4.9).

Yapılan ORP ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 84 mV ve en yüksek değer ise 5 numaralı istasyonda 110,6 mV, ortalama ORP değeri ise 99,16 mV,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda 123 mV ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 292 mV, ortalama ORP değeri ise 180 mV,

- Kış mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 178 mV ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 422 mV, ortalama ORP değeri ise 240,36 mV,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 3 numaralı istasyonda 157 mV ve en yüksek değer ise 8 numaralı istasyonda 261 mV, ortalama ORP değeri ise 194,45 mV,

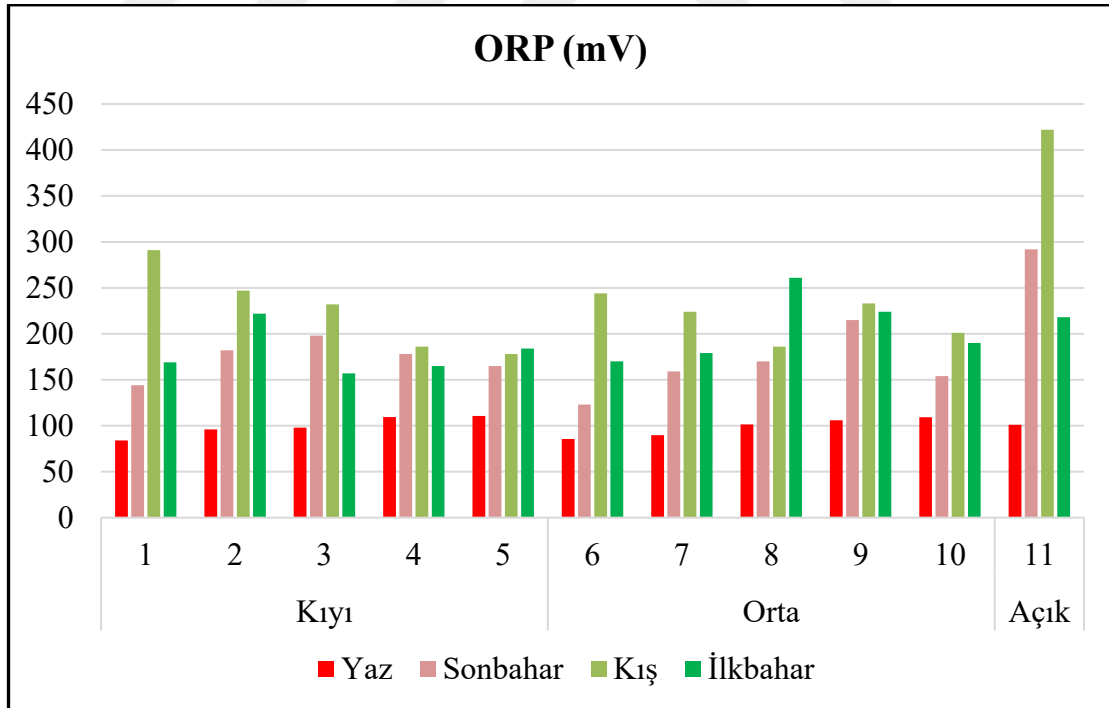
olduğu hesaplanmıştır.

ORP ile çözünmüş oksijen arasında ($R^2:0,686$) güçlü pozitif korelasyon ve ORP ile sıcaklık arasında ($R^2:-0,738$) güçlü negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel olarak ölçülen ORP değerleri istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü benzerlik ($p: 0,982$),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında güçlü farklılık ($p: 0,193$),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında farklılık ($p: 0,2$)

olduğu görülmüştür. ORP kıyı ve orta ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2. kesitler birbirine çok benzeyen su kütleleri iken 1. ile 3. kesitler ve 2. ile 3. kesitlerin birbirinden farklı su kütleleri olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Mevsimsel olarak ölçülen ORP değerleri

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Ölçülen ORP değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Yaz değerleri ile

sonbahar ($p:0,084$) ve kış ($p:0,010$) değerleriyle farklı su kütlesi özelliği gösterse de sonbahar ve ilkbahar ($p:0,874$) çok güçlü benzer özellik sergilemektedir. Su kütlesinin mevsimsel değişimi ile ORP değerleri orantılıdır.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. ORP değerlerinin balıkçı barınağı ile liman su kütlesinde ($p:0,992$) çok benzer durum sergilediğini, deşarj ile liman hatlarının ise çok az benzer olduğu belirlenmiştir.

4.1.8. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin TDS ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 1 numaralı istasyon ile tüm istasyonlar arasında güçlü farklılık ve diğer istasyonların ise güçlü benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

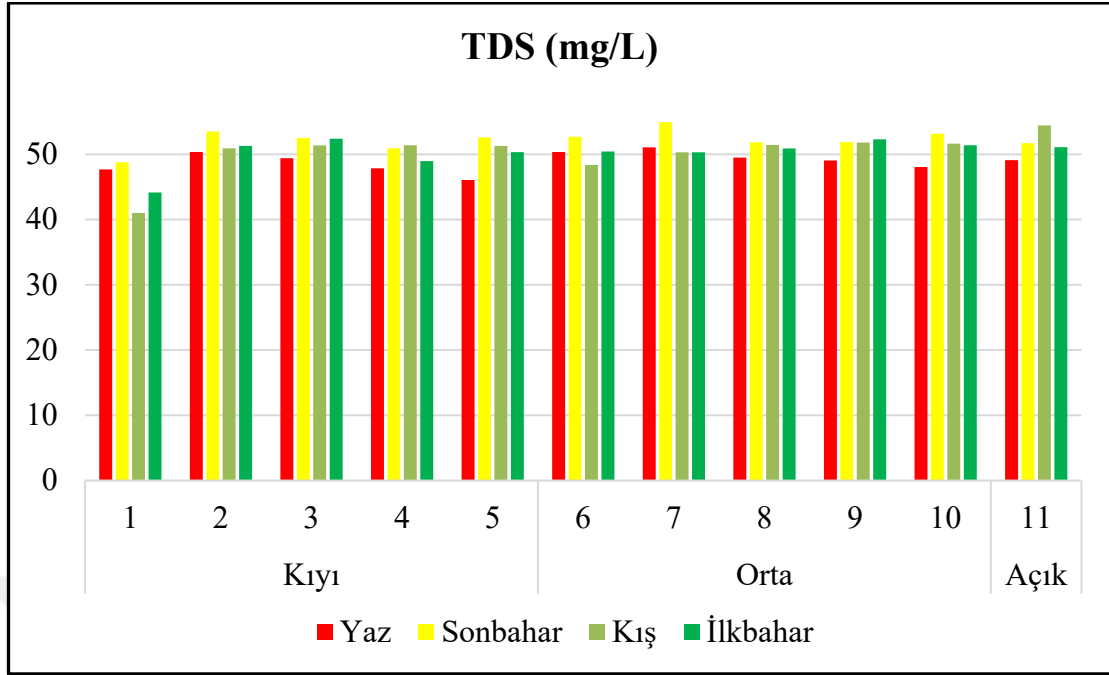
Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek TDS değeri sonbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 54,93 mg/L ve en düşük değer ise kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 41,01 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama TDS değerinin ise 50,47 mg/L olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmada mevsimsel olarak kıyı bölümünde ölçülen en yüksek TDS değeri 2 numaralı istasyonda sonbahar mevsiminde 53,49 mg/L ve en düşük TDS değeri kış mevsiminde yine 1 numaralı istasyonda 41,01 mg/L ölçülmüştür. Kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen TDS değerinin ortalaması ise 49,64 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Açık denizde ölçülen en yüksek TDS değeri sonbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 54,930 mg/L ve en düşük TDS değeri ise yaz mevsiminde 10 numaralı istasyonda 48,050 mg/L olarak ölçülmüştür. Açık deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen TDS değerinin ortalaması ise 51,070 mg/L olarak hesaplanmıştır. Denizlerde TDS konsantrasyonu Baltık denizinde 7,000, Karadeniz'de 20,000 ve Akdeniz'de 39,000 mg/L olarak bildirilmektedir (Motevalli vd. 2018).

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen TDS değerleri incelendiğinde en yüksek değer kış mevsiminde 54,44 mg/L ve en düşük değerin ise yaz mevsiminde 49,1 mg/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen TDS değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.10'da verilmiştir.

TDS ile tuzluluk ($R^2:0,957$) ve iletkenlik ($R^2:0,993$) arasında güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.



Şekil 4.10. Mevsimsel olarak ölçülen TDS değerleri

Yapılan TDS ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 46,06 mg/L ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 51,07 mg/L, ortalama TDS değeri ise 48,96 mg/L,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 48,8 mg/L ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 54,93 mg/L, ortalama TDS değeri ise 52,23 mg/L,

- Kış mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 41,01 mg/L ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 54,44 mg/L, ortalama TDS değeri ise 50,36 mg/L,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 44,15 mg/L ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 52,4 mg/L, ortalama TDS değeri ise 50,32 mg/L,

olduğu hesaplanmıştır.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Ölçülen TDS değerleri istasyonları kıyı (1.kesit), orta (2.kesit) ve açık (3.kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü farklılık (p: 0,267),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında güçlü farklılık (p: 0,143),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında benzerlik (p: 0,682)

olduğu görülmüştür. TDS kıyı ve açık ve kontrol olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2. ve 3. kesitler birbirinden farklı su kütleleri iken ve 2. ile 3. kesitlerin birbirine benzer su kütleleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ORP ve TDS ölçümlerine uygulanan istatistiksel analiz sonucundan benzer su kütlesi özelliği sergiledikleri görülmüştür.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1.kesit), orta (2.kesit) ve açık (3.kesit) istasyonlarda ölçülen TDS değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. TDS, katıların 2 mikrometre (nominal boyut veya daha küçük) küçük tüm inorganik ve organik maddelerin çözünmüş birleşik içeriğinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. TDS, Kış değerleri ile sonbahar ($p:0,620$) ve ilkbahar ($p:0,477$) değerleriyle benzer su kütlesi özelliği göstermekte olup, diğer mevsimlerde ($p:0,082-0,0243$) farklı su kütlesi olduğunu sergilemekte ve bu durum mevsimsel değişimler ilişkilendirilebilir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. TDS değerleri, iletkenlik ve ORP de olduğu gibi balıkçı barınağı ile liman su kütlesinin ($p:0,721$) çok benzer buna karşılık deşarj hattının orta benzer derecede olduğu ortaya çıkmıştır. Karasal akarsu girdileri, yağmur ve kirlilik yanında, atıksu derin deniz deşarjları da tuzluluğa ve TDS'ye katkıda bulunabilir, çünkü atık su atıksuda tuz iyonlarını miktarı yüksektir ve bir petrol sızıntısı da toplam çözünmüş katıların artırma etkisine sahiptir (Thirumalini ve Kurian 2009).

4.1.9. Işık Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu alınan noktaların sahada seki disk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda ölçülen en yüksek ışık geçirgenliği değeri sonbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda 24 m ve en düşük değeri ise kış mevsiminde 6 numaralı istasyonda 8 m olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama ışık geçirgenliği değerinin ise 13,93 m olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek ışık geçirgenliği değeri sonbahar mevsiminde 4 numaralı istasyonda 21 m ve en düşük ışık geçirgenliği değeri kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 9 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen ışık geçirgenliği değerlerinin ortalaması ise 12,1 m olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek ışık geçirgenliği değeri sonbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda 24 m ve en düşük ışık geçirgenliği değeri de kış mevsiminde 6 numaralı istasyonda 8 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen ışık geçirgenliği değerlerinin ortalaması ise 14,8 m olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen ışık geçirgenliği değerleri incelendiğinde en yüksek değer sonbahar mevsiminde 22 m ve en düşük değerin ise yaz mevsiminde 12 m olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen ışık geçirgenliği değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.11’de verilmiştir.

Yapılan ışık geçirgenliği ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

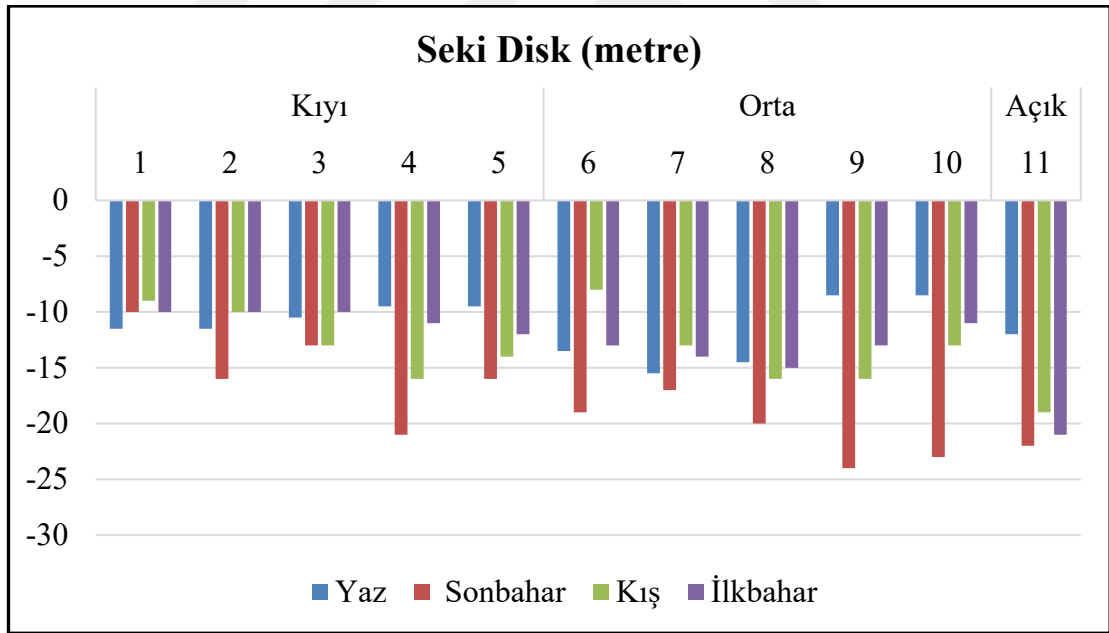
- Yaz mevsiminde en düşük değer 9 ile numaralı istasyonlarda 8,5 m ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 15,5 m, ortalama ışık geçirgenliği değeri ise 11,36 m,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 10 m ve en yüksek değer ise 9 numaralı istasyonda 24 m, ortalama ışık geçirgenliği değeri ise 18,27 m,

- Kış mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda 8 m ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 19 m, ortalama ışık geçirgenliği değeri ise 13,36 m,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 1,2 ile 3 numaralı istasyonlarda 10 m ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 21 m, ortalama ışık geçirgenliği değeri ise 12,73 m,

olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.11. Mevsimsel olarak ölçülen ışık geçirgenliği değerleri

İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1 ile 8 (p: 0,036), 9 (p: 0,075) ve 11 (p: 0,06)) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık,

- 2 ile 11 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,027),

- 3 ile 11 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,022),
- 5 ile 11 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,057),
- 6 ile 11 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,082),
- 8 ile 1 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,036),
- 9 ile 1 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,075),
- 11 ile 1 (p: 0,006), 2 (p: 0,027), 3 (p: 0,022), 5 (p: 0,057) ve 6 (p: 0,082) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık,

olduğu görülmüştür.

Işık geçirgenliği ile tuzluluk ($R^2:0,581$), TDS ($R^2:0,588$) ve orto-fosfat (PO_4^{3-}) ($R^2:0,513$) arasında güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir. Çalışmada, deniz suyunda iyon konsantrasyonu ve sıcaklık ile Ç.O ilişkisi verileri ile değerlendirildiğinde ışık geçirgenliğinin yaz döneminde azaldığı, kontrol istasyonu ile kıyı istasyonları su kütlelerindeki farklılık veri analizleri ile kanıtlanmıştır.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Ölçülen ışık geçirgenliği değerleri istasyonları kıyı (1.kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında az güçlü farklılık (p: 0,343),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında az güçlü farklılık (p: 0,186),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında güçlü farklılık (p: 0,038)

olduğu görülmüştür. Ölçülen ışık geçirgenliği değerlerinin kıyı, orta ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında tüm kesitlerdeki su kütleleri arasında güçlü farklılık olduğu görülmüştür.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen ışık geçirgenliği değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Işık geçirgenliği mevsimsel farklılık ve benzerlikleri LSD testi ile belirlenmiş ve ölçülen seki disk değerlerine göre yaz mevsimi su kütlesinin sonbahar ile çok farklı olduğunu (p:0,035), kış mevsimi ile ilkbahar (p:0,983) su kütlesinin ise çok benzer bir su kütlesine sahip olduğunu söyleyebiliriz. Bu durumda ilkbahar döneminde ışık geçirgenliğinin azalması beklenirken tuzluluk değerlerinde de gözlenen uzamış kış mevsimi olgusuna işaret etmektedir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Işık geçirgenliği açısından liman ve deşarj hattı çevresinin su kütlesi

birbirinden tamamen farklılık gösterirken balıkçı barınağı ile liman çevresi su kütlesi orta derecede benzerdir.

Ölçülen seki disk değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) Ek 5 Tablo 6 Rekreasyon maksadıyla kullanılan kıyı ve geçiş sularının sağlaması gereken standart değerlere göre değerlendirilmiş olup %95 zorunlulukla ışık geçirgenliğinin 2 metre ışık geçirgenliği olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar yönetmelikle belirtilen yöntem ile hesaplanarak yapılan değerlendirmede %95 ihtimalle 1,51 m ve %90 ihtimalle 1,12 m olduğu görülmüştür.

Antalya Körfezi'nde yapılan çalışmada ilkbahar ve yaz mevsimlerinde en yüksek ışık geçirgenliği değerleri 22,1 ve 18,6 m olarak ve en düşük değerler ise kış mevsiminde 5 m olarak belirlenmiştir (Yalçın 2011).

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 ile 2000 yıllarında ışık geçirgenliği ortalama değerlerinin 4,58-18,42 m arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek değerler yaz mevsiminde ve en düşük değerler ise ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür (Muhammetoğlu vd. 2000). Çalışmada ölçülen en yüksek ve en düşük ışık geçirgenliği literatür değerleri ile karşılaştırıldığında benzerlik gösterse de mevsimsel ve yıllar arası iklimsel değişimler sonucu küçük farklılıklar gözlenmiştir.

4.1.10. İnorganik azot analizi sonuçları Nitrit+Nitrat (NO_x)

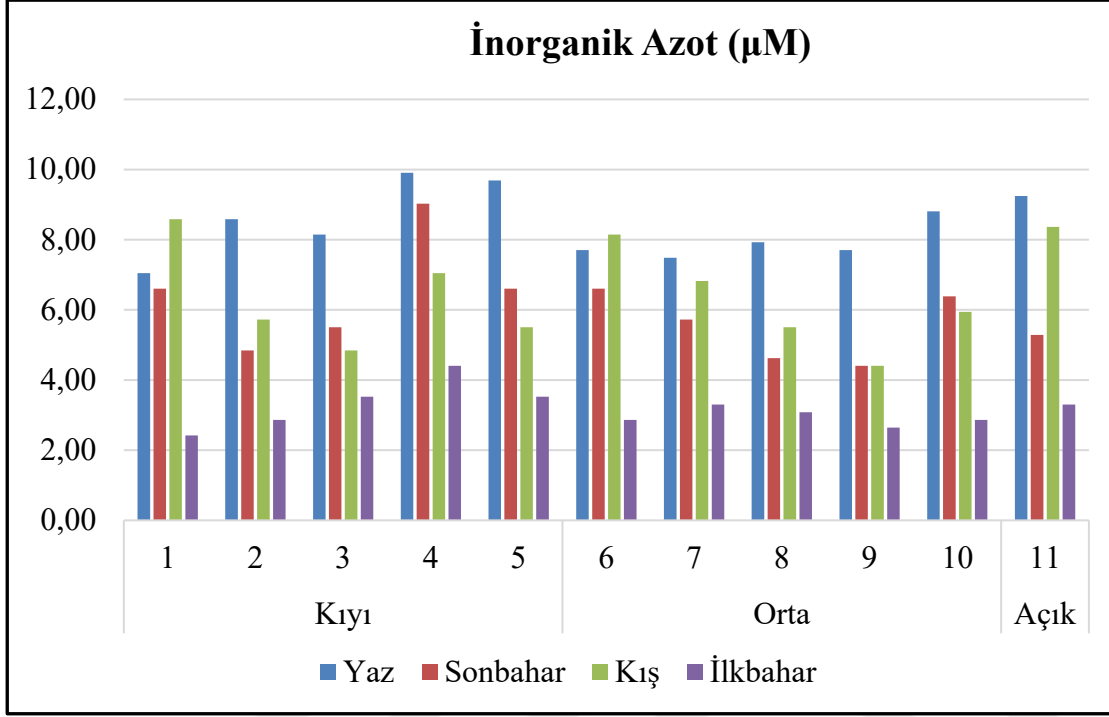
İnorganik azot, NO_x: Oksitlenmiş azotlu bileşikler olarak (NO₃-N + NO₂-N) formunda tayin edilmiştir. Elde edilen değerler, mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin gemilerden kaynaklı sıntıne ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ve mevcut durumu belirlemek amacıyla istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm mevsimlerde istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerleri arasında karşılaştırmada farklılık veya benzerlik tespit edilmemiştir.

Tüm istasyonlarda en yüksek inorganik azot değeri yaz mevsiminde 4 numaralı istasyonda 9,91 µM ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 1 numaralı istasyonda 2,42 µM olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama inorganik azot değerinin ise 5,99 µM olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek inorganik azot değeri yaz mevsiminde 4 numaralı istasyonda 9,91 µM ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 1 numaralı istasyonda 2,42 µM olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen inorganik azot değerlerinin ortalaması ise 6,22 µM olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek inorganik azot değeri yaz mevsiminde 10 numaralı istasyonda 8,81 µM ve en düşük değeri ise ilkbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda 2,64 µM olarak belirlenmiştir. Ayrıca açık deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen inorganik azot değerlerinin ortalaması ise 5,65 µM olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen inorganik azot değerleri incelendiğinde en yüksek değerin yaz mevsiminde 9,25 μM ve en düşük değerin ise ilkbahar mevsiminde 3,30 μM olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen inorganik azot değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12. Mevsimsel olarak ölçülen inorganik azot değerleri

Yapılan inorganik azot ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 7,04 μM ve en yüksek değer ise 4 numaralı istasyonda 9,91 μM , ortalama inorganik azot değeri ise 8,39 μM ,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 9 numaralı istasyonda 4,4 μM ve en yüksek değer ise 4 numaralı istasyonda 9,03 μM , ortalama inorganik azot değeri ise 5,96 μM ,

- Kış mevsiminde en düşük değer 9 numaralı istasyonda 4,40 μM ve en yüksek değer ise 1 numaralı istasyonda 8,59 μM , ortalama inorganik azot değeri ise 6,44 μM ,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyon 2,42 μM ve en yüksek değer ise 4 numaralı istasyonda 4,4 μM , ortalama inorganik azot değeri ise 3,16 μM ,

olduğu hesaplanmıştır.

İnorganik azot ile sıcaklık arasında ($R^2: 0,574$) güçlü pozitif korelasyon ve çözünmüş oksijen ile arasında ise ($R^2: -0,517$) güçlü negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel olarak ölçülen inorganik azot değerlerinin istasyonları Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında benzerlik (p: 0,778),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,980),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında benzerlik (p: 0,759)

olduğu görülmüştür. Kıyı su kütlesi ile orta su kütlesi birbirine daha az benzerken, kıyı ve açık su kütleleri birbirine daha benzerdir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen inorganik azot değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. $\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}$ konsantrasyonunun mevsimsel olarak su kütlesi değişimi incelendiğinde kış mevsiminin Nitrit+nitrat konsantrasyonunun yaz (p:0,036) mevsimi ile kış mevsimi ile sonbaharın (p:0,035) farklı ve diğer mevsimlerde ise (p:0,001-0,0002) tamamen farklı su kütleleri olduğu hesaplandı. İlkbahar ve yaz aylarında nitrat konsantrasyonu birincil üretimin ve 1. tüketicilerin suda aktif olduğuna işaret edebilir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirilmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. NO_3 açısından değerlendirildiğinde balıkçı barınağı, deşarj hattı (p:0,881) ve liman su kütlesinin (p:0,857) oldukça benzer olduğunu belirlendi. Sadece liman ile deşarj hattında (p:0,742) çok az bir farklılık gözlemlendi.

Denizde nitrat+nitrit miktarı genel olarak 1–25 μM aralığında değiştiği bilinmektedir (Kennish 1997). Çalışmada ölçülen değerler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (2016) Tablo 3 Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri tablosunda Ege-Akdeniz için verilen değerlere göre değerlendirilmiştir. Mevsimsel ortalama sonuçlarla verilerimiz değerlendirildiğinde yaz mevsiminde 8,91 $\mu\text{g N/L}$ ile II (iyi) kalite su sınıfında, sonbahar mevsiminde 5,96 $\mu\text{g N/L}$ ile yine II (iyi) kalite su sınıfında, kış mevsiminde 7,04 $\mu\text{g N/L}$ ile benzer şekilde II (iyi) kalite su sınıfında ve ilkbahar mevsiminde ise 3,16 $\mu\text{g N/L}$ ile I (çok iyi) kalite su durumunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm istasyonlarda ölçülen yıllık ortalama verileri değerlendirildiğinde 6,27 $\mu\text{g N/L}$ ile II (iyi) kalite su sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama inorganik azot değerlerinin 0,2-0,5 mg/L arasında ve 2000 yılında ise 0,1-0,24 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000). İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada inorganik azot değerlerinin 0,05-1,67 μM , 2015 yılında ise 13,8-0,29 μM arasında değiştiği belirlenmiştir (Atıcı 2017).

Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek inorganik azot değeri ilkbahar mevsiminde 17,37 μM ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde 0,72 μM olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017).

4.1.11. Orto-Fosfat (PO_4^{3-}) analizi konsantrasyonları sonuçları

Deniz sularındaki orto-fosfat değerleri 0–3 μM arasında değişmektedir (Kennish, 1997). Mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin orto-fosfat analizleri yapılarak gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ve mevcut durumu belirlemek amacıyla istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm mevsimlerde istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerleri arasında karşılaştırmada 11 numaralı istasyon ile diğer tüm istasyonlar arasında farklılık olduğu benzerlik olmadığı belirlenmiştir.

Tüm istasyonlarda en yüksek orto-fosfat değeri sonbahar mevsiminde 11 numaralı istasyonda 10,482 μM ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 5 ile 8 numaralı istasyonlarda 0,035 μM olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen orto-fosfat değerinin ortalaması ise 0,717 μM olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek orto-fosfat değeri ilkbahar mevsiminde 3 numaralı istasyonda 0,635 μM ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 5 numaralı istasyonda 0,035 μM olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen orto-fosfat değerlerinin ortalaması ise 0,143 μM olarak hesaplanmıştır.

Orta kesit deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek orto-fosfat değeri sonbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda 8,859 μM ve en düşük değeri ise ilkbahar mevsiminde 8 numaralı istasyonda 0,035 μM olarak belirlenmiştir. Ayrıca açık deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen orto-fosfat değerlerinin ortalaması ise 0,563 μM olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen orto-fosfat değerleri incelendiğinde en yüksek değer sonbahar mevsiminde 10,482 μM ve en düşük değerin ise yaz mevsiminde 0,069 μM olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen orto-fosfat değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.13'te verilmiştir.

Yapılan orto-fosfat ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 7 numaralı istasyonda 0,068 μM ve en yüksek değer ise 6 numaralı istasyonda 0,075 μM , ortalama orto-fosfat değeri ise 0,07 μM ,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda 0,106 μM ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 10,482 μM , ortalama orto-fosfat t değeri ise 1,896 μM ,

- Kış mevsiminde en düşük değer 2,4,5 ile 7 numaralı istasyonlarda 0,071 μM ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 6,706 μM , ortalama orto-fosfat değeri ise 0,76 μM ,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 2,3,5 ile 8 numaralı istasyonlarda 0,035 μM ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 0,635 μM , ortalama orto-fosfat değeri ise 0,138 μM ,

olduğu hesaplanmıştır.

Orto-fosfat ile ORP arasında (R^2 : 0,488) pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel olarak ölçülen inorganik azot değerlerinin istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında güçlü benzerlik (p : 0,848),

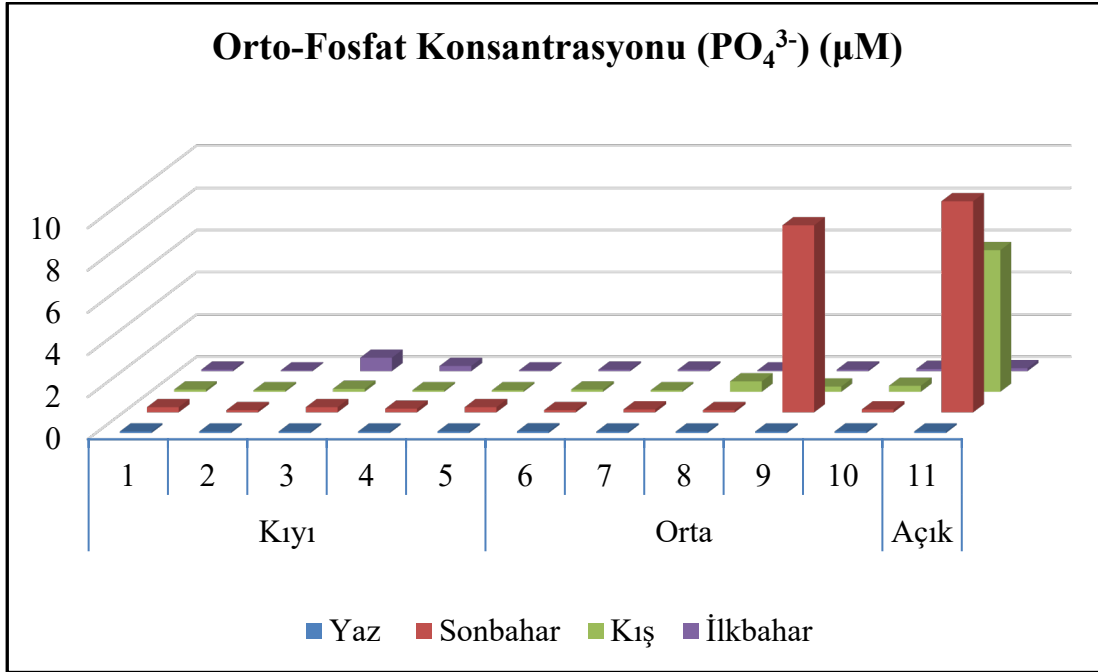
- 2. kesit ile 3. kesit arasında güçlü farklılık (p : 0,109)

olduğu görülmüştür. Su kütleleri birbirine benzerken, 1. kesit ile 3. kesit birbirinden tamamen farklı su kütlesidir. Benzer şekilde 2 kesit ile 3. kesit (0,109) farklı su kütlesi olduğu bulunmuştur. Orto-fosfat konsantrasyonu açısından kıyı, orta ve açık bölgelerde bulunan istasyonlarda bulunan su kütlelerinin birebirinden farklı olduğu belirlenmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen PO_4 değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. PO_4 , konsantrasyonun mevsimsel olarak su kütlesi değişimi incelendiğinde ilkbahar mevsiminin konsantrasyonunun yaz mevsimi ile (p :0,980) çok benzer yoğunluğa sahip olduğunu kış mevsiminde ise, yaz (p :0,428), sonbahar (p :0,519) ve ilkbahar (p :0,442) aralığında orta derecede benzerlik olduğu hesaplanmıştır. Fosfat suda sınırlayıcı bir elementtir ve ilkbahar ve uzamış yaz mevsimi su kütlelerinde birincil üretimin aktif olduğunu göstermektedir. İlkbahar ile kış arasında klorofil-*a* değerleri de bu aktiviteyi desteklemektedir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirilmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Ekosistemde sınırlayıcı element olan orto-fosfat açısından su kütleleri değerlendirildiğinde, balıkçı barınağı ile deşarj hattının (p :0,099) birbirinden farklı su kütlesine sahip olduğu, buna karşın balıkçı barınağı ile liman çevresinin ise orta derecede benzer su kütlesine sahip olduğu hesaplandı. Liman çevresi ile deşarj hattı su kütlesi karşılaştırıldığında ise çok az benzer ya da az farklı su kütlesi olduğu söylenebilir.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama inorganik fosfat değerlerinin <0,01- 0,042 mg/L arasında ve 2000 yılında ise <0,01-0,056 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000).



Şekil 4.13. Mevsimsel olarak ölçülen orto-fosfat değerleri

İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada inorganik fosfat değerlerinin 0,03-0,08 µM arasında değiştiği belirlenmiştir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek inorganik fosfat değeri kış mevsiminde 6,24 µM ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde 0,0403 µM olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). Çalışmamızda belirlenen fosfat konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında Çıralı kış mevsimi ile Antalya Körfezi değerlerinin benzer olduğunu ve karasal kaynaklı yüzey ya da yer altı su karışımından kaynaklanabileceği kanısını oluşturmuştur. Faselis'te ise pik değerler dışında benzer sonuçlar bulunmuştur.

4.1.12. Toplam fosfor konsantrasyonları analiz sonuçları

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda en yüksek toplam fosfor değeri ilkbahar mevsiminde 3 numaralı istasyonda 1,95 µg/L ve en düşük değer ise kış mevsiminde 9 numaralı istasyonda 0,22 µg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama toplam fosfor değerinin ise 0,89 µg/L olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek toplam fosfor değeri ilkbahar mevsiminde 3 numaralı istasyonda 1,95 µg/L ve en düşük değer ise kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 0,35 µg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen toplam fosfor değerlerinin ortalaması ise 0,92 µg/L olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek toplam fosfor değeri ilkbahar mevsiminde 8 numaralı istasyonda 1,43 µg/L ve en düşük değeri ise kış mevsiminde 9 numaralı istasyonda 0,22 µg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen toplam fosfor değerlerinin ortalaması ise 0,88 µg/L olarak hesaplanmıştır. Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen toplam fosfor değerleri incelendiğinde en yüksek değer sonbahar mevsiminde 1,17 µg/L ve en düşük değeri ise yaz mevsiminde 1,48 µg/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen toplam fosfor değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.14'te verilmiştir.

Yapılan toplam fosfor ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 4,8 ile 9 numaralı istasyonlarda 0,43 µg/L ve en yüksek değer ise 5 numaralı istasyonda 0,74 µg/L, ortalama toplam fosfor değeri ise 0,5 µg/L,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 3 numaralı istasyonda 0,56 µg/L ve en yüksek değer ise 5 numaralı istasyonda 1,52 µg/L, ortalama toplam fosfor değeri ise 1,05 µg/L,

- Kış mevsiminde en düşük değer 8 numaralı istasyonda 0,22 µg/L ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 1,21 µg/L, ortalama toplam fosfor değeri ise 0,68 µg/L,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 0,52 µg/L ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 1,95 µg/L, ortalama toplam fosfor değeri ise 1,34 µg/L,

olduğu hesaplanmıştır.

İstasyonlar arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 4 ile 6 numaralı istasyonlar arasında en güçlü benzerlik (p: 1,000),

- 2 ile 9 numaralı istasyonlar arasında güçlü benzerlik (p: 0,976),

- 7 ile 11 numaralı istasyonlar arasında güçlü benzerlik (p: 0,970),

- 5 ile 1 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,035),

- 5 ile 2 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,129),

- 5 ile 7 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,184),

- 5 ile 9 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,136),

- 5 ile 10 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,115),

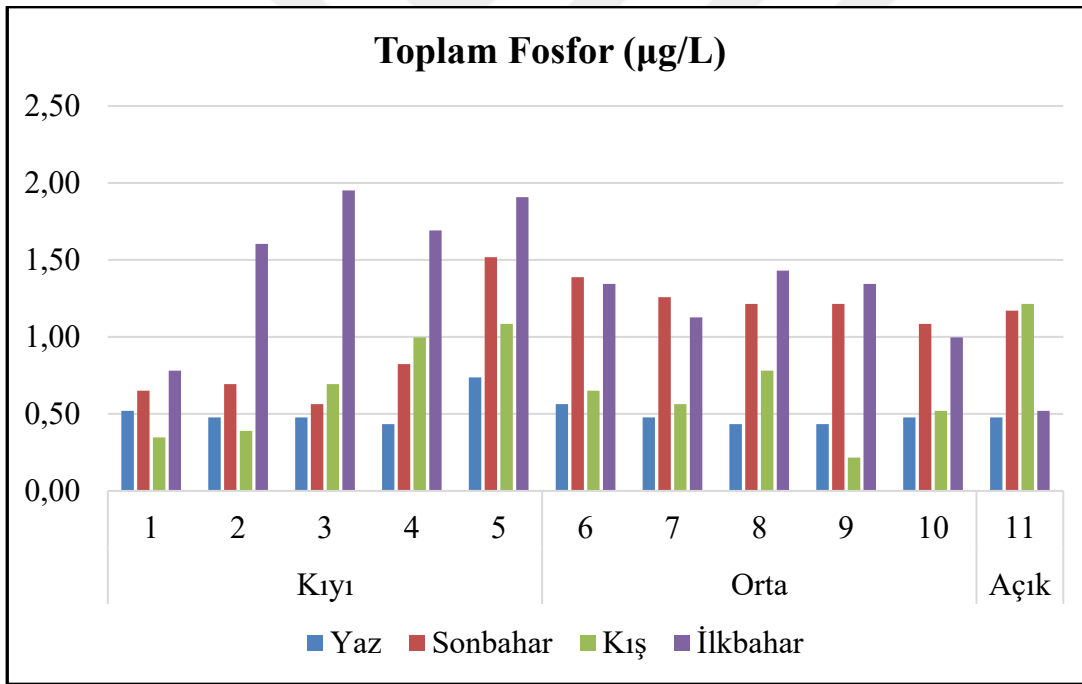
- 5 ile 11 numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık (p: 0,173)

olduğu görülmüştür.

Toplam fosfor ile sıcaklık arasında ($R^2: 0,470$) pozitif korelasyon ve toplam fosfor ile inorganik azot arasında güçlü pozitif korelasyon ($R^2: 0,511$) olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Ölçülen toplam fosfor değerlerinin istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm kesitlerin su kütlelerinin birbirine benzediği belirlenmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen toplam fosfor değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. TP değerleri ilkbahar mevsimi değerleri ile sonbahar ($p:0,902$) değerleriyle yüksek derecede benzer su kütlesi özelliği gösterse de yaz mevsimi su kütlesinin sonbahar ve ilkbahar su kütlesi ile farklı yapıda olduğu görülmektedir. Toplam fosfor organik ve inorganik fosforun toplamından oluşmakta ve sıcaklık farklılığı nedeniyle denizde karışım dönemi ilkbahar ve sonbaharda su kütlelerinin özelliklerinde benzerlikleri LSD analizi ile kanıtlanmıştır.



Şekil 4.14. Mevsimsel olarak ölçülen toplam fosfor değerleri

Çalışmada ölçülen değerler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (2016) Tablo 3 Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri tablosunda Ege-Akdeniz için verilen değerlere göre değerlendirilmiştir. Mevsimsel ortalama sonuçlarla verilerimiz değerlendirildiğinde yaz mevsiminde 0,5 µg P/L ile I (çok iyi) kalite su sınıfında, sonbahar mevsiminde 1,05 µg P/L ile yine I (çok iyi) kalite su sınıfında, kış mevsiminde 0,68 µg P/L ile benzer şekilde I (çok iyi) kalite su sınıfında ve ilkbahar mevsiminde ise 1,34 µg P/L ile I (çok iyi) kalite

su durumunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm istasyonlarda ölçülen yıllık ortalama verileri değerlendirildiğinde 0,89 µg P/L ile I (çok iyi) kalite su sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Toplam fosfor açısından orto-fosfattan farklı durum gözlenmiştir. Sadece balıkçı barınağı ile liman çevresi su kütlesinin daha az benzediği (p:0,619), deşarj hattının ise balıkçı barınağı (p:0,823) ve balıkçı barınağı su kütlesinin (p:0,782) çok benzer olduğunu belirlendi. Elde edilen analiz sonuçlarına göre inorganik fosforun toplam fosfora dönüşümünün balıkçı barınağı ve liman çevresinde daha benzer bir yapı veya ekolojik benzerlik olduğunu kanıtlamaktadır.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama toplam fosfor değerlerinin <0,01- 0,062 mg/L arasında ve 2000 yılında ise 0,014-0,076 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000).

İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada toplam fosfor değerlerinin 0,0023-0,05 µM arasında değiştiği belirlenmiştir. İçemer vd. (2022) tarafından 2015 yılında Faselis koyunda ölçülen toplam fosfor değerlerinin 0,67-1,22 µM arasında değiştiği belirlenmiştir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek toplam fosfor değeri sonbahar mevsiminde 1,05 µM ve en düşük değer ise kış mevsiminde 0,32 µM olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017).

4.1.13. Askıda katı madde (AKM) konsantrasyonları analizi sonuçları

Gemilerden kaynaklı sıntıne ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin AKM analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel analiz yapılarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda en yüksek AKM değeri kış mevsiminde 8 numaralı istasyonda 75,8 mg/L ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 30,7 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama AKM değerinin ise 53,8 mg/L olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek AKM değeri sonbahar mevsiminde 3 numaralı istasyonda 72 mg/L ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda 31 mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen toplam AKM değerlerinin ortalaması ise 51,9 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek AKM değeri kış mevsiminde 8 numaralı istasyonda 75,8 mg/L ve en düşük değeri ise ilkbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 30,7 mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen AKM değerlerinin ortalaması ise 56,6 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen AKM değerleri incelendiğinde en yüksek değer ilkbahar mevsiminde 56 mg/L ve en düşük değer ise kış mevsiminde 43,6 mg/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen AKM değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.15'te verilmiştir.

Yapılan AKM ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 36,7 mg/L ve en yüksek değer ise 6 numaralı istasyonda 60,3 mg/L, ortalama AKM değeri ise 52,73 mg/L,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 10 numaralı istasyonda 44,3 mg/L ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 72 mg/L, ortalama AKM değeri ise 56,75 mg/L,

- Kış mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 43,6 mg/L ve en yüksek değer ise 8 numaralı istasyonda 75,8 mg/L, ortalama toplam AKM değeri ise 57,53 mg/L,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 7 numaralı istasyonda 30,7 mg/L ve en yüksek değer ise 9 numaralı istasyonda 67,6 mg/L, ortalama toplam AKM değeri ise 48,14 mg/L,

olduğu hesaplanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda AKM analiz sonuçlarının 1 numaralı istasyon ile sırasıyla 7 (p: 0,997), 4 (p:0,992), 3 (p: 0,898) ve 2 (p: 0,830) numaralı istasyonlar arasında güçlü benzerlik göstermektedir. 1 ile 6 (p:0,219) numaralı istasyonların birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

2 numaralı istasyon ile sırasıyla 3 (p: 0,930), 10 (p:0,853), 1 (p:0,830), 7 (p:0,827) ve 4 (p:0,822) numaralı istasyonlar arasında güçlü benzerlik olduğu belirlenmiştir. 2 ile 6 (p:0,308) numaralı istasyonların ise birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

3 numaralı istasyon ile 6 (p:0,269) numaralı arasında farklılık mevcut iken, 2 (p:0,930), 1 (p:0,898) ve 4 (p:0,890) numaralı istasyonlar arasında güçlü benzerlik göstermektedir.

4 numaralı istasyon ile sırasıyla 7 (p:0,995), 1 (p:0,992), 3 (p:0,890) ve 2 (p:0,822) numaralı istasyonlar ile güçlü benzerlik göstermektedir.

5 numaralı istasyon ile 6 (p:0,092) istasyonlar arasında güçlü farklılık ve 5 ile 8 (p:0,223) numaralı istasyonlar arasında ise az güçlü farklılık vardır. 5 numaralı istasyon ile 1 (p:0,634), istasyonlar arasında ise güçlü benzerlik göstermektedir. 6 numaralı istasyon ile 5 (p:0,092) ve 11 (p:0,104) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık mevcut iken, 1, 4, ve 7 numaralı (p:0,218) istasyonlar arasında az güçlü farklılık vardır. 6 numaralı istasyon ile 8 (p: 0,627) numaralı istasyonlar arasında ise benzerlik göstermektedir.

6 numaralı istasyon ile 5 (p:0,092) ve 11 (p:0,104) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık mevcut iken 1, 4, ve 7 numaralı istasyonlar (p:0,218) arasında az güçlü farklılık vardır. 6 ile 8 (p:0,627) numaralı istasyonlar arasında ise benzerlik belirlenmiştir.

7 ile 6 (p: 0,092) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık mevcut olup, 1,2,3 ve 4 numaralı istasyonlarla arasında güçlü, diğer istasyonlarla ise az güçlü farklılık vardır.

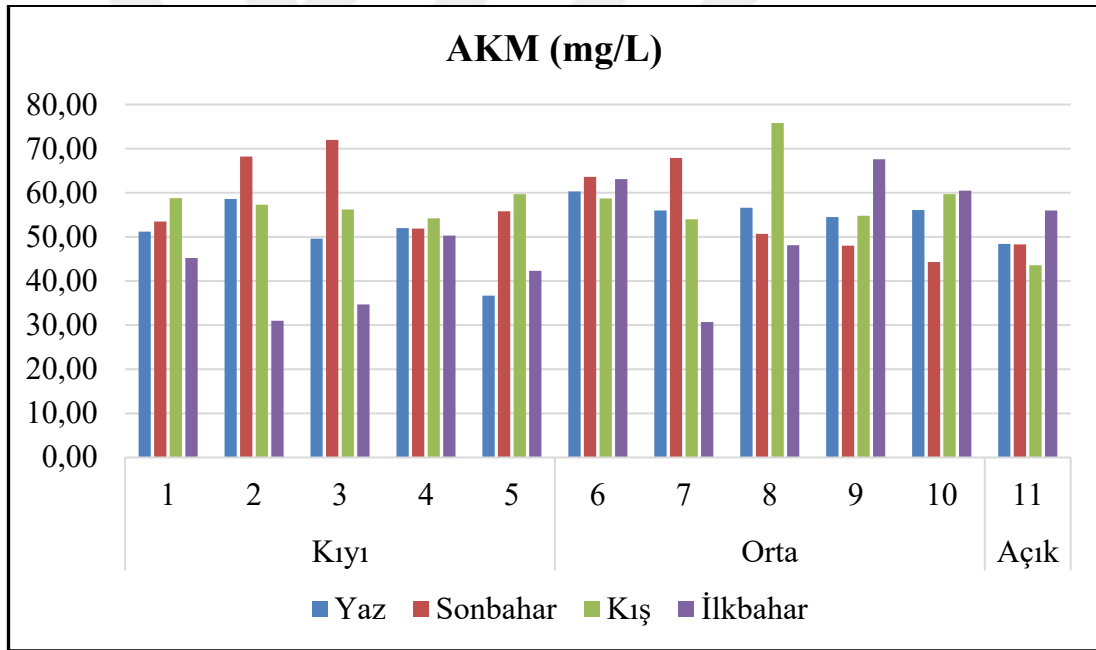
8 numaralı istasyon ile 5 (p:0,223) ve 11 (p:0,246) istasyonlar arasında güçlü farklılık mevcut olup, 9 ve 10 numaralı istasyonlarla güçlü, diğer istasyonlarla ise az güçlü benzerlik vardır.

9 numaralı istasyon ile 5 (p:0,311) ve 11 (p:0,340) istasyonlar arasında az güçlü farklılık mevcut olup, 2, 8 ve 10 numaralı istasyonlarla güçlü, diğer istasyonlarla ise az güçlü benzerlik vardır.

10 ile 5 (p:0,383) numaralı istasyonlar arasında az güçlü farklılık mevcut olup, 2, 3, 8 ve 9 numaralı istasyonlarla güçlü, diğer istasyonlarla ise az güçlü benzerlik vardır.

11 ile 5 (p:0,952) numaralı istasyonlar arasında güçlü benzerlik mevcuttur. Ayrıca 11 numaralı istasyon ile 6, 8 ve 9 numaralı istasyonlarla ise güçlü farklılık vardır.

AKM ile diğer parametreler arasında herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.



Şekil 4.15. Mevsimsel olarak ölçülen AKM değerleri

K1y1-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Ölçülen AKM değerlerinin istasyonları K1y1 (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında az benzerlik (p: 0,314),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında farklılık (p: 0,117),

- 1. kesit t ile 3. kesit arasında benzerlik (p: 0,520),

olduğu görülmüştür. AKM kıyı, orta ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. kesit ile 2. kesit su kütleleri az benzerken, 1. kesit ile 3. kesit birbirine biraz daha fazla benzemektedir. Ayrıca 2 kesit ile 3. kesitlerin farklı su kütleleri olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak açık kontrol noktasının ve orta ile kıyı su kütlelerinden farklı su kütlesi olduğu görülmüştür.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen AKM değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. AKM değerleri ilkbahar değerleri ile sonbahar (p:0,488) ve kış (p:0,558) değerleriyle orta derecede benzer su kütlesi özelliği gösterse de sonbahar ve kış (p:0,911) çok güçlü benzer özellik sergilemektedir. Bu sonuçlar su kütlesinin mevsimsel değişimi ile orantılıdır. Kış mevsim özellikleri ve iklim değişimi etkisi ile denize karasal kaynaklı partikül madde taşınımı gerçekleşmektedir. Bu nedenle sonbahar ve kış mevsimi su kütlelerinin benzer olduğunu kanıtlamaktadır.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirilmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. AKM deşarj hattı ile liman çevresinin (p:0,932) çok benzer su kütlesine sahip olduğu ve genel olarak tüm su kütlesinin benzer (p:0,757-0,822) özellik gösterdiği hesaplandı.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama AKM değerlerinin 17,06-53,33 mg/L arasında ve 2000 yılında ise 30,66-46,66 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000).

İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada AKM değerlerinin 2,65-4,86 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek AKM değeri yaz mevsiminde 1,72 mg/L ve en düşük değer ise yine yaz mevsiminde 0,79 mg/L olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). Bu çalışmada ölçülen AKM değerlerinin 30,7 ile 75,8 mg/L arasında değiştiği ve Muhammetoğlu vd. (2000) tarafından ölçülen değerler ile benzer olduğu görülmüştür.

4.1.14. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı analizi sonuçları

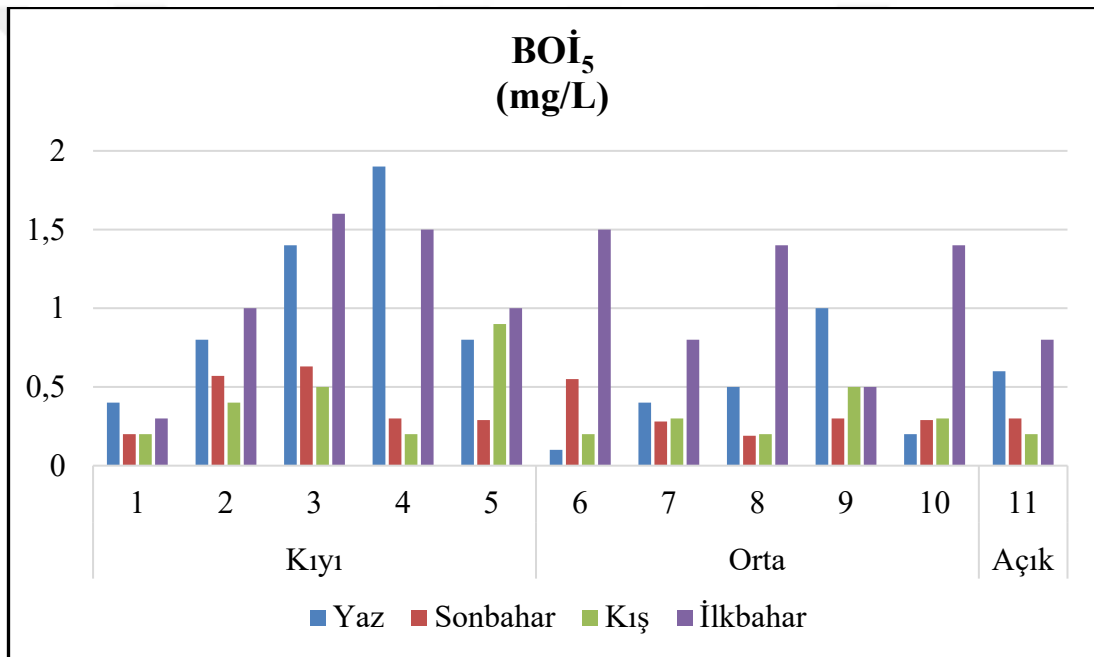
Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin BOİ₅ analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel analiz yapılarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda en yüksek BOİ₅ değeri yaz mevsiminde 4 numaralı istasyonda 1,9 mg/L ve en düşük değer ise yaz mevsiminde 6 numaralı istasyonda 0,1 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama BOİ₅ değerinin ise 0,63 mg/L olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek BOI_5 değeri yaz mevsiminde 4 numaralı istasyonda 1,9 mg/L ve en düşük değer ise sonbahar ile kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda 0,2 mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen BOI_5 değerlerinin ortalaması ise 0,74 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Açık deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek BOI_5 değeri ilkbahar mevsiminde 6 numaralı istasyonda 1,5 mg/L ve en düşük değeri ise yaz mevsiminde 6 numaralı istasyonda 0,1 mg/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca açık deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen BOI_5 değerlerinin ortalaması ise 0,55 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen BOI_5 değerleri incelendiğinde en yüksek değer ilkbahar mevsiminde 0,8 mg/L ve en düşük değerin ise kış mevsiminde 0,2 mg/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen BOI_5 değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Mevsimsel olarak ölçülen BOI_5 değerleri

Yapılan BOI_5 ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 6 numaralı istasyonda 0,1 mg/L ve en yüksek değer ise 4 numaralı istasyonda 1,9 mg/L, ortalama BOI_5 değeri ise 0,74 mg/L,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 8 numaralı istasyonda 0,19 mg/L ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 0,63 mg/L, ortalama BOI_5 değeri ise 0,35 mg/L,

- Kış mevsiminde en düşük değer 1,4,6,8 ile 11 numaralı istasyonlarda 0,2 mg/L ve en yüksek değer ise 5 numaralı istasyonda 0,9 mg/L, ortalama toplam BOI_5 değeri ise 0,35 mg/L,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 0,3 mg/L ve en yüksek değer ise 3 numaralı istasyonda 1,6 mg/L, ortalama toplam BOİ₅ değeri ise 1,07 mg/L,

olduğu hesaplanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda BOİ₅ analiz sonuçlarının 1 numaralı istasyon ile 3 (p: 0,031) ve 4 (p: 0,045) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık vardır. 1 ile 3 ve 7 (p: 0,617) numaralı istasyonların ise birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

2 numaralı istasyon ile 3 (p: 0,031) ve 4 (p: 0,045) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık vardır. 2 ile 3 ve 7 (p: 0,617) numaralı istasyonların ise orta güçlü benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

3 numaralı istasyon ile 1 (p: 0,031) ve 7 (p: 0,090) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık vardır. 3 ile 4 (p: 0,865) numaralı istasyonlar arasında ise güçlü benzerlik olduğu görülmektedir.

4 numaralı istasyon ile 1 (p: 0,045) numaralı istasyon arasında güçlü farklılık vardır. 4 ile 3 (p: 0,865) numaralı istasyonlar arasında ise güçlü benzerlik olduğu görülmektedir.

BOİ₅ ile diğer parametreler arasında herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Ölçülen BOİ₅ değerlerinin istasyonları Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında az benzerlik (p: 0,442),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında güçlü benzerlik (p: 0,782),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında az benzerlik (p: 0,305),

olduğu görülmüştür. BOİ₅ kıyı, orta ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. kesit ile 2. kesit ve 3. kesit su kütleleri az benzerken, 2. ile 3. kesitler su kütleleri birbirine biraz daha fazla benzemektedir. Ayrıca 2 ile 3. kesitlerin farklı su kütleleri olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kıyı su kütlesi ile orta su kütlesi birbirine daha az benzerken, orta ve açık su kütleleri birbirine daha benzer olduğu belirlenmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen BOİ₅ değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. BOİ₅, konsantrasyonun mevsimsel olarak su kütlesi değişimi incelendiğinde sonbahar mevsiminin BOİ₅ konsantrasyonunun kış mevsimi ile (p:0,871) çok benzer yoğunluğa sahip olduğunu diğer mevsimlerde ise (p:0,003-0,095) aralığında farklı bir su kütlesi ve/veya farklı konsantrasyonda olduğu

hesaplanmıştır. BOİ₅ suda organik madde varlığının bir göstergesi olarak dikkate alındığında, kış ve sonbaharda deniz suyunda organik madde varlığına işaret etmektedir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. BOİ₅ konsantrasyonunun belirlenen su kütleleri karşılaştırması sonucu, balıkçı barınağı ile deşarj hattı ve liman çevresi su kütlelerinin (p:0,762-0,701)) çok benzer, ancak deşarj hattı ile liman bölgesi su kütlelerinin daha az benzer (p:0,497) olduğu hesaplandı. Sonuçlara göre, Anyonik YAM konsantrasyonu gibi istasyon grubu deşarj hattının liman ve çevresi su kütlelerini etkilediğini söyleyebiliriz.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama BOİ₅ değerlerinin 0,18-7,10 mg/L arasında ve 2000 yılında ise 0,46-6,04 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek BOİ₅ değerlerinin sonbahar mevsiminde ve en düşük değerler ise kış mevsiminde ölçülmüştür (Muhammetoğlu vd. 2000).

İçemer vd. (2009) tarafından Antalya Körfezi'nde bulunan Faselis koyunda yapılan çalışmada BOİ₅ değerlerinin 0,8-2,90 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek BOİ₅ değeri yaz mevsiminde 0,86 mg/L ve en düşük değer ise kış mevsiminde 0,12 mg/L olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). İçemer vd. (2022) tarafından 2015 yılında Faselis koyunda ölçülen BOİ₅ değeri 0,54-2,10 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen BOİ₅ değerleri literatür değerleri ile karşılaştırıldığında, Antalya Körfezi'nde mevsimsel değişiklikleri içeren değer sınırları içinde kaldığı görülmektedir.

4.1.15. Yağ-gres analizi sonuçları

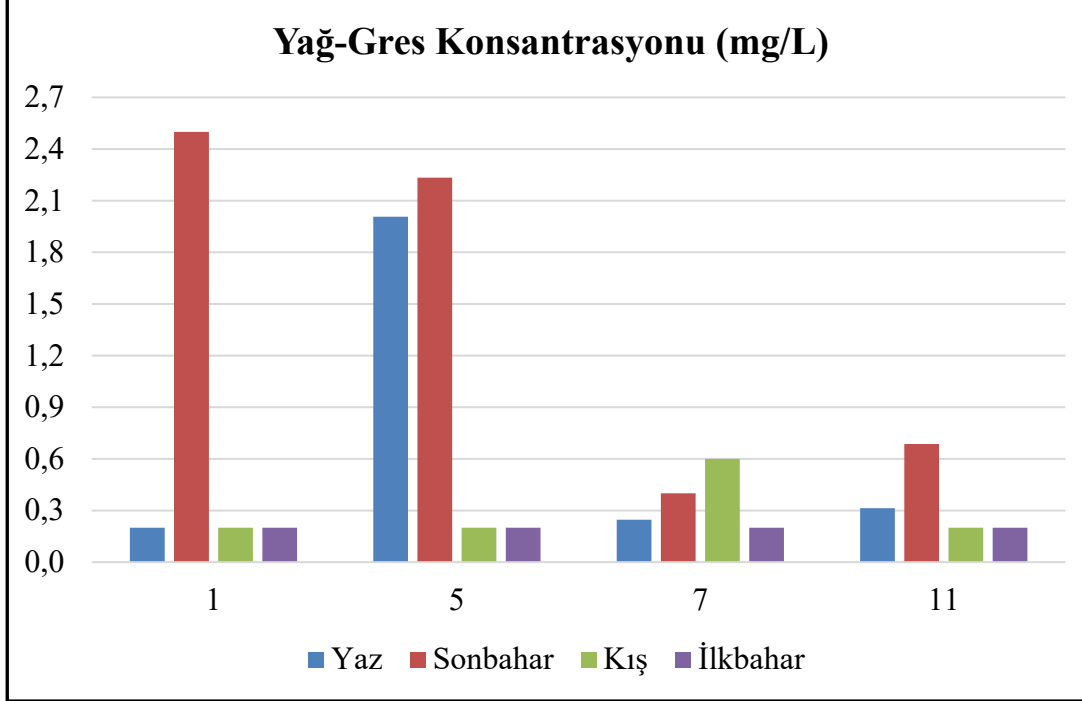
Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak 1, 5, 7 ve 11 numaralı istasyonlardan alınan deniz suyu numunelerinin yağ-gres analizleri yapılmıştır.

Belirlenen istasyonlarda ölçülen en yüksek yağ-gres değeri sonbahar mevsiminde 1 numaralı istasyonda 2,5 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama yağ-gres değerinin ise 0,7 mg/L olduğu hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen yağ-gres değerleri incelendiğinde en yüksek değerin sonbahar mevsiminde 0,7 mg/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak ölçülen yağ-gres değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.17'de verilmiştir.

Ölçülen yağ-gres değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) Tablo 3: Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri tablosuna (Çizelge 4.4) göre değerlendirilmiştir. Çalışmada ölçülen yağ-gres değerlerinin ortalamasının (0,7 mg/L) bu tabloya göre orta kaliteden daha düşük su kütlelerinin olduğu ve sonbahar ile yaz mevsiminde yağ-gres konsantrasyonunun çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonbahar mevsiminde 1. ve 5. istasyonda >0,3 mg/L'den yüksek bulunarak orta kalitede su olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, yaz mevsiminde

2,0 mg/L ile orta kalitede su sınıfında yer almıştır. 5. istasyon Kaleiçi yat limanı çıkışında olup, gününbirlik tur teknelerinin giriş çıkış yaptığı, açıktan gelen su kütleleri akıntıları ve yat limanı çıkışı ve tur tekneleri rotası üzerinde olduğu bir bölgedir. Bu nedenle 5. istasyon özel bir su kütlesi özelliği taşımaktadır.



Şekil 4.17. Mevsimsel olarak ölçülen yağ-gres değerleri

Çizelge 4.4. Genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından kıyı suları alıcı ortam kalite kriterleri (YSKY 2016)

Ege Akdeniz	Parametre	Su Kalite Sınıfları		
		I (Çok iyi)	II (İyi)	III (Orta)
	Yağ-gres (mg/L)	<0,2	0,3	>0,3

Yağ-gres sonuçlarının kalite değerlendirmesinde ilkbahar mevsiminde tüm kesitlerde 2.sınıf (iyi) kalitede, kış mevsiminde 1. ve 3. kesitlerde 2.sınıf (iyi) kalitede iken 2. kesitte 3.sınıf (orta) kalitede, sonbahar mevsiminde tüm kesitlerde 3.sınıf (orta) kalitede, yaz mevsiminde ise 1. ve 3. kesitlerde 3.sınıf (orta) kalitede iken 2. kesitte 2.sınıf (iyi) kalitede olduğu belirlenmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) kapsamında yapılan su kalite sınıf değerlendirmesi Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ölçülen yağ-gres değerlerinin mevsimsel su kalite değerlendirilmesi

Parametre	Kesitler	Mevsimsel Ortalama Değerler							
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Yağ-gres	1.Kesit	1,10	2,37	0,20	0,20	3. SINIF (ORTA)		2. SINIF (İYİ)	2. SINIF (İYİ)
	2.Kesit	0,25	0,40	0,60	0,20	2. SINIF (İYİ)	3. SINIF (ORTA)		
	3.Kesit	0,31	0,69	0,20	0,20	3. SINIF (ORTA)		2. SINIF (İYİ)	

Elde edilen analiz sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel analiz yapılarak karşılaştırılmıştır. İstasyonlar arası en güçlü benzerlik 7 (p:1,000) ve 11 numaralı istasyonlar arasında iken 1 ile 5 (p:0,525) numaralı istasyonlar arasında ise az güçlü benzerlik mevcuttur. 5 ile 7 ve 11 numaralı istasyonlar arasında ise güçlü farklılık (p:0,188) olduğu görülmüştür.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Ölçülen yağ-gres değerlerinin istasyonları Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda 1. kesit ile 2. (0,192) ve 3. kesit (0,192) su kütleleri tamamen farklı su kütleleridir. Oysa, 2. ve 3. kesitler su kütleleri birbirine çok benzemekte hatta tamamen aynı karakterdedir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen yağ-gres değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Yağ-gres değerleri kış mevsimi değerleri ile yaz (p:0,690) ve ilkbahar (p:0,789) değerleriyle yüksek derecede benzer su kütlesi özelliği gösterse de ilkbahar ve sonbahar (p:0,085) farklı su kütlesi özelliği sergilemektedir. AKM de olduğu gibi, kış mevsim özellikleri ve iklim değişimi etkisi ile denize karasal kaynaklı partikül madde taşınımı gerçekleşmektedir. Bu nedenle sonbahar ve kış mevsimi su kütlelerinin benzer olduğunu kanıtlamaktadır. Aynı zamanda, gemi trafiği kaynaklı atıklar nedeniyle kış aylarında gözlenen benzer su kütlelerini desteklemektedir.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Yağ-gres değerlerinin çalışma alanı su kütlelerinin değerlendirilmesi sonucunda liman çevresi su kütlelerinin balıkçı barınağı (p:0,288) ve deşarj hattı (p:0,159) farklı olduğu, balıkçı barınağı ile deşarj hattı su kütlelerinin ise benzer su kütlesi olduğu hesaplandı. Liman çevresi tüm mevsimlerde aktif kullanırken, balıkçı barınağı çevresi ise yaz dönemi yat turizmi nedeniyle daha aktif kullanılmaktadır. Oysa kış döneminde bile balıkçı barınağı su kütlelerinin yağ-gres miktarının yüksek olması akıntılar nedeniyle taşınan su kütlelerinin balıkçı barınağı giriş bölgesinde liman ile benzerlik oluşturmaya neden olabileceği düşünülmektedir.

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda 1999 ve 2000 yıllarında yapılan çalışmalarda yağ-gres bulunmadığı tespit edilmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000).

2015 ve 2016 tarihleri arasında sırasıyla kış, ilkbahar, yaz, sonbahar mevsimlerinde Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek değer kış mevsiminde 2,39 mg/L ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde 0,61 mg/L olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017).

Mevsimlere göre ortalama sonuçlar ise kış mevsiminde 1,74 mg/L, ilkbahar mevsiminde 1,62 mg/L, yaz mevsiminde 1,00 mg/L ve sonbahar mevsiminde 0,75 mg/L olduğu tespit edilmiştir (Belcioğlu 2017). İçemer vd. (2022) tarafından 2015 yılında Faselis koyunda ölçülen yağ-gres değerleri 1,99-2,06 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Literatür ile verilerimiz karşılaştırıldığında, Antalya Körfezi'nde yağ gres kirliliğinin azalmadığı, ilgili yönetmelikte sınır değerleri aştığı görülmektedir

4.1.16. Klorofil-*a* analizi sonuçları

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi'nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin klorofil-*a* analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel analiz yapılarak karşılaştırılmış ve istasyonlar arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

Tüm istasyonlarda en yüksek klorofil-*a* değeri yaz mevsiminde 7 numaralı istasyon ve sonbahar mevsiminde 3 ile 10 numaralı istasyonlarda da 1,92 mg/m³ ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda 0 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama klorofil-*a* değerinin ise 0,98 mg/m³ olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek klorofil-*a* değeri sonbahar mevsiminde 3 numaralı istasyonlarda 1,92 mg/m³ ve en düşük değer ise ilkbahar mevsiminde 5 numaralı istasyonda 0,1 mg/m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen klorofil-*a* değerlerinin ortalaması ise 1,76 mg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek klorofil-*a* değeri yaz mevsiminde 7 numaralı istasyonda 1,92 mg/m³ ve en düşük değeri ise kış mevsiminde 10 numaralı istasyon ile ilkbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda 0 mg/m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen klorofil-*a* değerlerinin ortalaması ise 1,63 mg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen klorofil-*a* değerleri incelendiğinde en yüksek değer sonbahar mevsiminde 1,50 mg/m³ ve en düşük değeri ise kış mevsiminde 0,20 mg/m³ olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen klorofil-*a* değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.18'de verilmiştir.

Yapılan klorofil-*a* ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

- Yaz mevsiminde en düşük değer 11 numaralı istasyonda 0,64 mg/m³ ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 1,92 mg/m³, ortalama klorofil-*a* değeri ise 1,24 mg/m³,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 4, 6 ile 9 numaralı istasyonlarda 1,07 mg/m³ ve en yüksek değer ise 3 ile 10 numaralı istasyonda 1,92 mg/m³, ortalama klorofil-*a* değeri ise 1,52 mg/m³,

- Kış mevsiminde en düşük değer 10 numaralı istasyonda 0,1 mg/m³ ve en yüksek değer ise 5 numaralı istasyonda 1,07 mg/m³, ortalama toplam klorofil-*a* değeri ise 0,49 mg/m³,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 5 numaralı istasyonda 0,1 mg/m³ ve en yüksek değer ise 10 numaralı istasyonda 1,84 mg/m³, ortalama toplam klorofil-*a* değeri ise 0,65 mg/m³,

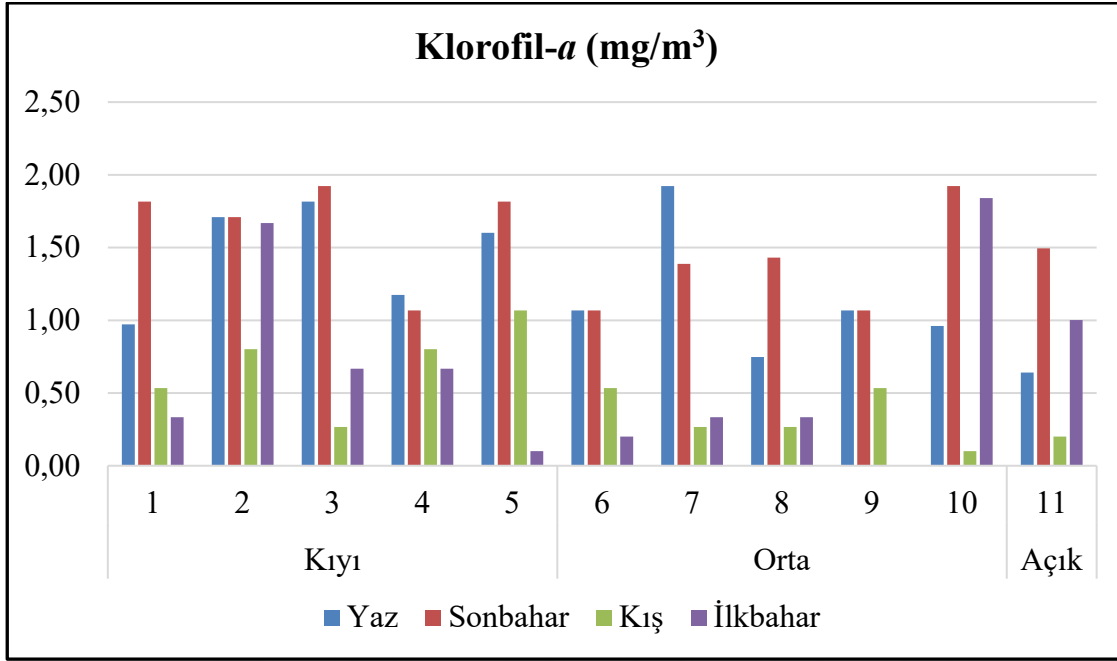
olduğu hesaplanmıştır.

Birincil üretimin göstergesi klorofil-*a* ile sıcaklık arasında (R^2 : 0,739) güçlü pozitif korelasyon ve benzer şekilde klorofil-*a* ile ORP arasında pozitif korelasyon (R^2 : 0,549) olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Mevsimsel olarak ölçülen klorofil-*a* değerlerinin istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda, kıyı, orta ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin su kütlelerinin benzer olduğu görülmektedir. Kıyı ve açık su kütlelerinin birincil üretimi birebirine çok benzer olduğu tespit edilmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen klorofil-*a* değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Klorofil-*a*, konsantrasyonun mevsimsel olarak su kütlesi değişimi incelendiğinde ilkbahar mevsiminin konsantrasyonunun kış mevsimi ile (p :0,058) çok farklı yoğunluğa sahip olduğunu, diğer mevsimlerde ise su kütlelerinin mevsimsel olarak çok farklı yapıda olduğu görülmektedir. İlkbahar ve uzamış yaz mevsimi, su kütlelerinde klorofil-*a* farklılıklarındaki mevsimsel değişimi kanıtlamaktadır.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Klorofil-*a* değerleri ortamdaki azot ve fosfat kullanımı sonucu oluşan fitoplanktona dayalı birincil üretimin göstergesidir. BOİ₅, orto-fosfat ve inorganik azot dağılımında olduğu gibi balıkçı barınağı ile liman su kütlelerinin çok benzer (p :0,871) deşarj hattının ise liman su kütlelerinden daha az benzer (p :0,739) olduğu hesaplandı.



Şekil 4.18. Mevsimsel olarak ölçülen klorofil-a değerleri

Ölçülen klorofil-a değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) Tablo 7: Ege ve Akdeniz Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterlerine (Çizelge 4.6) göre değerlendirilmiştir. Çalışmada ölçülen mevsimsel olarak ölçülen klorofil-a değerleri yönetmelik kapsamında değerlendirildiğinde ötrofikasyon kriterleri açısından yaz, sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde tüm kesitlerde, kış ayında da 1. kesitte mezotrofik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Kış aylarında 2.ve 3. kesitlerde ise Oligotrofik özellik gösterdiği görülmüştür. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) kapsamında yapılan ötrofikasyon kriterleri değerlendirmesi Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ege ve Akdeniz kıyı suları ötrofikasyon kriterleri (YSKY 2016)

	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik
Klorofil-a	<0,5	1	2	>2

Çizelge 4.7. Ölçülen klorofil-a değerlerinin mevsimsel ötrofikasyon kriterleri değerlendirilmesi

Alan		Mevsimsel Ortalamalar							
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Klorofil-a	1.Kesit	1,45	1,67	0,69	0,69	M	M	M	M
	2.Kesit	1,15	1,38	0,34	0,54	M	M	O	M
	3.Kesit	0,64	1,50	0,20	1,00	M	M	O	M

O: Oligotrofik, M: Mezotrofik

Antalya deniz deşarjı çevresinde deniz suyu kalitesinin izlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda 1999 yılında ortalama klorofil-*a* değerlerinin 0,2502-0,6676 µg/L arasında ve 2000 yılında ise 0,4487-0,6055 µg/L arasında değiştiği belirlenmiştir (Muhammetoğlu vd. 2000).

Çıralı sahilinde yapılan çalışmada en yüksek klorofil-*a* değeri kış mevsiminde 1,92 mg/ m³ ve tüm yıl boyunca ölçülen ortalama klorofil-*a* değeri ise 0,97 mg/m³ olarak belirlenmiştir (Belcioğlu 2017). İçemer vd. (2022) tarafından 2015 yılında Faselis koyunda ölçülen klorofil-*a* değerleri 0,86-2,6 µg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Literatür değerleri verilerimiz ile karşılaştırıldığında mevsimsel farklılıklar görülse de benzer değer sınırlarındadır.

Pettine vd. (2007) tarafından Akdeniz’de İtalya sahillerinde yapılan çalışmada klorofil-*a* değerlerinin 0,2-2,7 µg/L arasında değiştiği, Simboursa vd. (2005) tarafından Akdeniz’de yapılan çalışmada klorofil-*a* değerlerinin 0,6-2,21 µg/L arasında değiştiği ve Ege denizinde Ignatiades (2005) tarafından yapılan çalışmada klorofil-*a* değerlerinin 0,21-2,54 µg/L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Kayaalp ve Polat (2001) tarafından İskenderun Körfezinde yapılan çalışmada klorofil-*a* değerlerinin 0,12-0,83 µg/L arasında değiştiği, Tuğrul vd. (2011) tarafından Mersin Körfezinde yapılan çalışmada klorofil-*a* değerlerinin 0,05-3,5 µg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Literatürde ölçülen klorofil-*a* değerlerinin bu çalışmada ölçülen değerler ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

4.1.17. Anyonik YAM analizi sonuçları

Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun Antalya Körfezi’nde oluşabilecek deniz kirliliğine etkisini ile mevcut durumu belirlemek amacıyla mevsimsel olarak alınan deniz suyu numunelerinin anyonik YAM analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istasyonlar arasında istatistiksel analiz yapılarak karşılaştırılmıştır.

Tüm istasyonlarda en yüksek anyonik YAM değeri ilkbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 0,997 mgMBAS/L ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde 1 numaralı istasyonda 0,008 mgMBAS/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama anyonik YAM değerinin ise 0,456 mgMBAS/L olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kıyı istasyonlarda ölçülen en yüksek anyonik YAM değeri ilkbahar mevsiminde 4 numaralı istasyonda 0,866 mgMBAS/L ve en düşük değer ise sonbahar mevsiminde 1 numaralı istasyonda 0,008 mgMBAS/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca kıyı bölümünde mevsimsel olarak ölçülen anyonik YAM değerlerinin ortalaması ise 0,312 mgMBAS/L olarak hesaplanmıştır.

Orta deniz istasyonlarında ölçülen en yüksek anyonik YAM değeri ilkbahar mevsiminde 7 numaralı istasyonda 0,997 mgMBAS/L ve en düşük değeri ise yaz mevsiminde 7 numaralı istasyonda 0,077 mgMBAS/L olarak belirlenmiştir. Ayrıca orta deniz bölümünde mevsimsel olarak ölçülen anyonik YAM değerlerinin ortalaması ise 0,595 mgMBAS/L olarak hesaplanmıştır.

Açık (Kontrol noktası) su kütlesi olan 11 numaralı istasyonda ölçülen anyonik YAM değerleri incelendiğinde en yüksek değer ilkbahar mevsiminde 0,954 mgMBAS/L ve en düşük değerin ise yaz mevsiminde 0,131 mgMBAS/L olduğu belirlenmiştir. Çalışmada mevsimsel olarak belirlenen anyonik YAM değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.19’da verilmiştir.

Yapılan anyonik YAM ölçümleri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde;

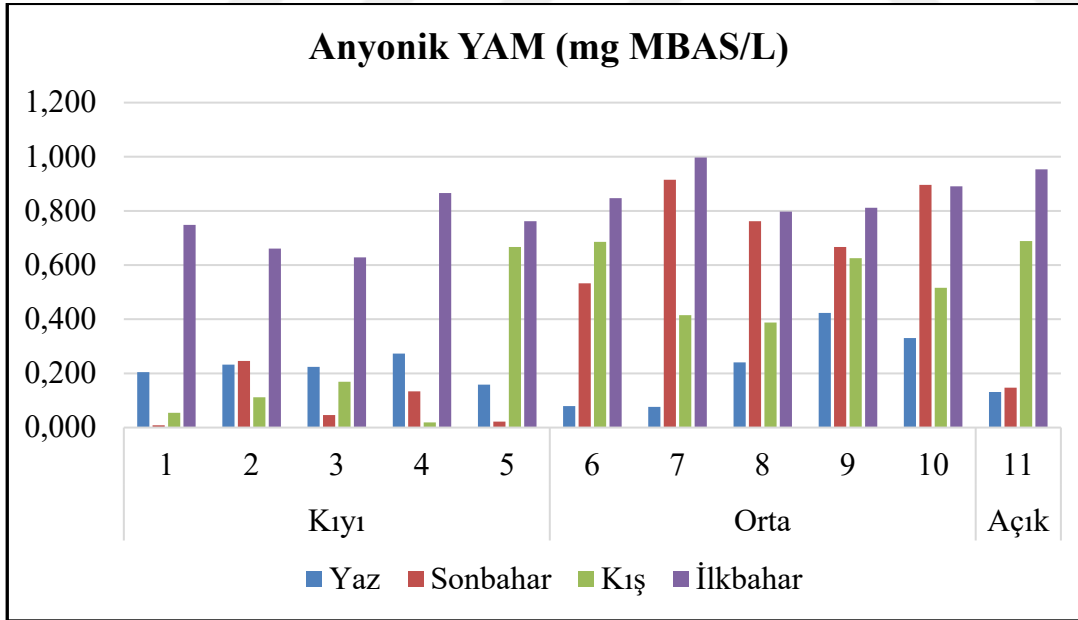
- Yaz mevsiminde en düşük değer 7 numaralı istasyonda 0,077 mgMBAS/L ve en yüksek değer ise 9 numaralı istasyonda 0,423 mgMBAS/L, ortalama anyonik YAM değeri ise 0,216 mgMBAS/L,

- Sonbahar mevsiminde en düşük değer 1 numaralı istasyonda 0,008 mgMBAS/L ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 0,915 mgMBAS/L, ortalama anyonik YAM değeri ise 0,398 mgMBAS/L,

- Kış mevsiminde en düşük değer 4 numaralı istasyonda 0,019 mgMBAS/L ve en yüksek değer ise 11 numaralı istasyonda 0,689 mgMBAS/L, ortalama toplam anyonik YAM değeri ise 0,395 mgMBAS/L,

- İlkbahar mevsiminde en düşük değer 3 numaralı istasyonda 0,628 mgMBAS/L ve en yüksek değer ise 7 numaralı istasyonda 0,997 mgMBAS/L, ortalama toplam anyonik YAM değeri ise 0,815 mgMBAS/L,

olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.19. Mevsimsel olarak ölçülen anyonik YAM değerleri

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda anyonik YAM analiz sonuçlarının 1 numaralı istasyon ile 10 (p: 0,087) numaralı istasyon arasında güçlü farklılık vardır. 1 ile 2 (p: 0,800), 3 (p:0,957) ve 4 (p:0,766) numaralı istasyonların ise güçlü benzerlik göstermektedir.

3 numaralı istasyon ile 10 (p: 0,087) numaralı istasyon arasında güçlü farklılık vardır. 3 ile 1 (p: 0,957), 2 (p: 0,842) ve 3 (p: 0,808) numaralı istasyonların ise güçlü benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

10 numaralı istasyon ile 1 (p: 0,087) ve 3 (p: 0,097) numaralı istasyonlar arasında güçlü farklılık vardır. 10 ile 7 (p: 0,804), 8 (p: 0,630) ve 9 (p: 0,908) numaralı istasyonların ise güçlü benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Anyonik YAM ile sıcaklık arasında (R^2 : - 0,507) güçlü negatif korelasyon, benzer şekilde anyonik YAM ile inorganik azot (NO_3^-) arasında güçlü negatif korelasyon (R^2 : - 0,565) ve anyonik YAM ile toplam fosfor arasında (R^2 : 0,514) güçlü pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile herhangi bir anlamlı negatif veya pozitif korelasyon tespit edilmemiştir.

Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Mevsimsel olarak ölçülen anyonik YAM değerlerinin istasyonları kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) olarak gruplandırılarak aralarındaki benzerlik ile farklılığı belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- 1. kesit ile 2. kesit arasında az benzerlik (p: 0,255),
- 2. kesit ile 3. kesit arasında benzerlik (p: 0,630),
- 1. kesit ile 3. kesit arasında az benzerlik (p: 0,491),

olduğu görülmüştür. Anyonik YAM kıyı, orta ve açık olarak isimlendirilen kesitlerin benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırıldığında 1. ile 2. ve 3. kesitler birbirine az benzer su kütleleridir. Ayrıca 2. ile 3. kesitler ise su kütleleri diğer kesitlerden daha fazla benzer olduğu belirlenmiştir.

Mevsimsel olarak Kıyı-Orta-Açık su kütlesi gruplarının değerlendirilmesi: Kıyı (1. kesit), orta (2. kesit) ve açık (3. kesit) istasyonlarda ölçülen anyonik YAM değerleri LSD analizi ile mevsimsel olarak karşılaştırılmıştır. Anyonik YAM konsantrasyonunun mevsimsel olarak su kütlesi değişimi incelendiğinde sonbahar mevsiminin yaz (p:0,477) ve kış (p:0,469) mevsiminde orta derecede benzer yoğunluğa sahip olduğunu fakat ilkbahar ile yaz (p:0,08), sonbahar (p:0,024), kış (p:0,080) mevsimlerinin çok farklı bir su kütlesine sahip olduğu hesaplanmıştır.

Balıkçı barınağı limanı-Deşarj-Liman gruplarının değerlendirilmesi: Liman çevresinde kullanım amacı ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla istasyonlar balıkçı barınağı (1,6), deşarj (2,7) ve liman (3,8,11) olmak üzere gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Anyonik YAM konsantrasyonu değerlerinin, deşarj hattı ile liman çevresi su kütlesinin (p:0,962) çok benzer, deşarj hattının liman ve balıkçı barınağı limanı ile orta benzer derecede (p:0,540-0,572) olduğu hesaplandı. Sonuçlara göre deşarj hattının, liman ve çevresi su kütlesini etkilediğini söyleyebiliriz.

4.2. Deniz Suyu ve Ekolojik Kalite Değerlendirmesi

Antalya Körfezi'ndeki deniz suyu kalitesi değerlendirmeleri, 16.06.2021 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan "Yerüstü Su Kalite Kriterleri Yönetmeliği" Ek 5' Tablo 3'te Yüzeysel Su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları kapsamında Ege-Akdeniz kıyı suları için verilen sınıflandırma ile sınır değerler dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.8). Yönetmelik kapsamında bu çalışmada ölçülen değerler ile yapılan değerlendirmeye ilişkin veriler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının mevsimsel ortalamaları Çizelge 4.8'de verilen yönetmelik sınır değerlere göre değerlendirildiğinde, Antalya Körfezi'ndeki NO_x kalitesi, ilkbahar mevsiminde 1 sınıf (çok iyi) kalitede iken, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde 2. sınıf (iyi) kalitedir.

Ç.O. kalitesi değerlendirildiğinde ilkbahar ile mevsimlerinde 1 sınıf (çok iyi) kalitede iken, yaz ile sonbahar mevsimlerinde 2. sınıf (iyi) kalitedir. TP ölçüm sonuçlarının tüm mevsimlerinde 1 sınıf (çok iyi) kalitede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Ege-Akdeniz için genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından kıyı suları alıcı ortam kalite kriterleri (YSKY 2021)

Parametre	Su Kalite Sınıfları		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L)	≥ 7	6	<6
TP (µg/L)	< 5	5-7	>7
NO _x (µg/L)	< 5	5-10	>10
Yağ-gres (mg/L)	< 0,2	0,3	>0,3
Yüzer madde	Yüzer halde sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.		

Yağ-gres sonuçlarının kalite değerlendirmesinde ilkbahar mevsiminde tüm kesitlerde 2.sınıf (iyi) kalitede, kış mevsiminde 1. ve 3. kesitlerde 2.sınıf (iyi) kalitede iken 2. kesitte 3.sınıf (orta) kalitede, sonbahar mevsiminde tüm kesitlerde 3.sınıf (orta) kalitede, yaz mevsiminde ise 1. ve 3. kesitlerde 3.sınıf (orta) kalitede iken 2. kesitte 2.sınıf (iyi) kalitede olduğu belirlenmiştir.

İçemer vd. (2022) tarafından 2015 yılında Faselis koyunda yapılan çalışmada Ç.O. değerlerinin 6,87-7,09 mg/L arasında değiştiği ve yapılan ekolojik kalite değerlendirmesinde 2 istasyonda iyi kalitede, 1 istasyonda çok iyi kalite olduğu

belirlenmiştir. TP ve NO_x değerleri açısından çok iyi kalitede olduğu görülmüştür. Ayrıca yağ-gres değerlerine göre zayıf kalitede olduğu tespit edilmiştir (İçemer vd. 2022).

Deniz sularının trofik seviyeleri NO_x, TP, klorofil-*a* ve seki disk derinliği parametreleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Örnekleme noktalarından alınan deniz suyunda Deniz suyu Ekolojik kalite değerlendirmesine yapılmıştır. Bu amaçla ülkemizde YSKY 2016, 2021- Tablo 3, Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri (Değişik: RG-16/6/2021-31513) kriterlerine göre Tablo 7’de verilen Ege ve Akdeniz Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterlerine göre değerlendirilmektedir (Çizelge 4.10) Bu ötrofikasyon kriterlerinde belirtilen sınır değerlerine göre yapılan değerlendirme ise Çizelge 4.11’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Antalya Körfezi alıcı ortam kalite kriterlerine göre Ç.O., TP, NO_x ve yağ-gres kalite sınıflandırması

Parametre	Kesitler	Mevsimsel Ortalama Değerler							
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
NOx	1.Kesit	8,67	6,52	6,34	3,35	2. SINIF (İYİ)			1. SINIF (ÇOK İYİ)
	2.Kesit	7,93	5,55	6,16	2,95				
	3.Kesit	9,25	5,28	8,37	3,30				
TP	1.Kesit	0,53	0,85	0,70	1,59	1. SINIF (ÇOK İYİ)			
	2.Kesit	0,48	1,23	0,55	1,25				
	3.Kesit	0,48	1,17	1,21	0,52				
Ç.O.	1.Kesit	6,44	6,85	7,42	7,45	2. SINIF (İYİ)		1. SINIF (ÇOK İYİ)	
	2.Kesit	6,41	6,58	7,34	7,42				
	3.Kesit	6,50	6,56	7,69	7,05				
Yağ-gres	1.Kesit	1,10	2,37	0,20	0,20	3. SINIF (ORTA)		2. SINIF (İYİ)	2. SINIF (İYİ)
	2.Kesit	0,25	0,40	0,60	0,20	2. SINIF (İYİ)	3. SINIF (ORTA)		
	3.Kesit	0,31	0,69	0,20	0,20	3. SINIF (ORTA)		2. SINIF (İYİ)	

Çizelge 4.10. Ege ve Akdeniz kıyı suları ötrofikasyon kriterleri (YSKY 2016)

	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hipertrofik
NO _x	<5	10	20	>20
TP	<5	7	11	>11
Klorofil- <i>a</i>	<0,5	1	2	>2
Seki Disk	>14	9	5	<5

Antalya Körfezi yaz ve sonbahar mevsiminde mezotrofik seviyededir. Yönetmelikte trofik seviyelerden en az iki parametrenin trofik seviyesinin aynı çıkması durumunda, bu trofik seviyenin geçerli olacağı, ancak klorofil-*a* seviyesinin bu iki parametrenin seviyesinden yüksek olması durumunda ise klorofil-*a* nın belirleyici olacağı belirtilmiştir. Kış mevsiminde ise genel olarak klorofil-*a* değerinin de oligotrofik seviyede olmasından dolayı oligotrofik seviyede olduğu değerlendirilmiştir. İlkbahar mevsiminde yine klorofil-*a* değerinin de mezotrofik seviyede olmasından dolayı mezotrofik seviyededir.

2015 yılında ise Faselis koyunda yapılan çalışmada seki disk değerlerine göre oligotrofik olduğu, arasında değiştiği belirlenmiştir. Faselis yaz döneminde mezotrofik seviyededir ancak ötrofik su kalitesi sınırlarına yaklaşmaktadır (Atıcı 2017).

Çizelge 4.11. Antalya Körfezi deniz suyu mevsimsel ortalamalarına göre kıyı suları ötrofikasyon seviyeleri

Alan		Mevsimsel Ortalamalar							
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
NO _x	1.Kesit	8,67	6,52	6,34	3,35	M	M	M	O
	2.Kesit	7,93	5,55	6,16	2,95	M	M	M	O
	3.Kesit	9,25	5,28	8,37	3,30	M	M	M	O
TP	1.Kesit	0,53	0,85	0,70	1,59	O	O	O	O
	2.Kesit	0,48	1,23	0,55	1,25	O	O	O	O
	3.Kesit	0,48	1,17	1,21	0,52	O	O	O	O
Klorofil- <i>a</i>	1.Kesit	1,45	1,67	0,69	0,69	M	M	M	M
	2.Kesit	1,15	1,38	0,34	0,54	M	M	O	M
	3.Kesit	0,64	1,50	0,20	1,00	M	M	O	M
Seki Disk	1.Kesit	10,50	15,20	12,40	10,60	M	M	M	M
	2.Kesit	12,10	20,60	13,20	13,20	M	O	M	M
	3.Kesit	12,00	22,00	19,00	21,00	M	O	O	O

O: Oligotrofik, M: Mezotrofik

Rekreasyon maksadıyla kıyı ve geçiş sularının sağlanması gereken standart değerlere göre yapılan değerlendirme:

Antalya Körfezi çalışma alanı rekreasyon maksadıyla yerel halk ile turistler tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanında bulunan yüzme suyu kalitesinin değerlendirilmesi ölçülen değerler ve gözlemsel bilgiler Çizelge 4.12’de Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 10/08/2016 Ek-5 Tablo 6: Rekreasyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlanması Gereken Standart Değerler ile karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde sınır değerleri aşmadığı ancak yüzeyde yağ-gres, sonbahar ve tanımlanamayan sıvı maddeler ile çöplerin yüzdüğü gözlenmiştir. 2015 yılında ise Faselis koyunda yapılan çalışmada sınır değerleri aşmadığı ancak yüzeyde yaz aylarında, yağ-gres, sonbahar ve kış aylarında tanımlanamayan sıvı maddelerin yüzdüğü 3-4 kez gözlenmiştir (Atıcı 2017).

Çizelge 4.12. Rekreasyon maksadıyla kullanılan kıyı ve geçiş sularının sağlanması gereken standart değerler ile karşılaştırılması

Parametre	Kesitler	Mevsimsel Ortalama Değerler				Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 10/08/2016 EK-5 Tablo 6: Rekreasyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlanması Gerekten Standart Değerler	
		Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar		
Bulanıklık Berraklık Işık Geçirgenliği (m)	1.Kesit	1,02	1,17	1,08	1,02	Bulanıklık Berraklık Işık Geçirgenliği (m)	Seki Disk Derinliği: 1 m (%90 kılavuz), 2 m (%95 kılavuz)
	2.Kesit	1,07	1,31	1,11	1,12		
	3.Kesit	1,08	1,34	1,28	1,32		
	Işık Geçirgenliği (m) Standart değerleri aşmamıştır						
Ç.O.D. (%)	1.Kesit	97,4	97,4	95,4	96,2	Ç.O.D. (%)	≥ %80
	2.Kesit	97,0	97,0	95,3	96,0		
	3.Kesit	95,3	95,3	98,2	93,0		
	Ç.O.D. (%) Standart değerleri aşmamıştır.						
pH	1.Kesit	7,98	7,49	7,17	7,72	pH	6- 9
	2.Kesit	8,00	7,54	7,07	7,77		
	3.Kesit	8,37	7,59	7,45	7,50		
	pH standart değerleri aşmamıştır						
Renk	Tüm alan	Doğal görünümlü				Renk	Renkte sıra dışı bir değişiklik olmayacaktır.
		Renkte sıra dışı değişiklik yoktur					
Karbon Kalıntı ve Yüzer Maddeler	Tüm alan	Mevcut				Karbon Kalıntı ve Yüzer Maddeler	Bulunmayacaktır
		Bir kez gözlemdi					
Sahil Koruma Bandı Genişliği (m)	Tüm alan	Kısmen mevcut Derinlik 20m'nin altındadır. 500m olması gerekirken 80-150m arasındadır. Sadece 420 m'lik sahil bandında mevcuttur.				Sahil Koruma Bandı Genişliği (m)	Derinliği 20 m ve altında olan sığ sularda kıyıdan: 500 m Derinliği 20 m'den fazla olan derin sularda kıyıdan: 300 m
Yüzer Madde (yağ ve gres dahil)	Tüm alan	Mevcut				Yüzer Madde (Yağ ve gres dahil)	Yüzer halde yağ, katran gibi sıvı maddeler, çöp vb. katı maddeler ile köpük bulunamaz.
		Yüzer halde yağ ve çöp gibi katı maddeler gözlemdi					

4.3. Deniz Suyunda ve Gemilerden Alınan Sintine ile Atıksuların Ağır Metal Analiz Sonuçları

Antalya Körfezi'nde seçilen 11 noktadan dört mevsimi kapsayacak şekilde Şubat, Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında 44 deniz suyu numunesi alınan numunelerin ölçülen ağır metal ortalama değerleri istasyon bazında Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Deniz suyu numunelerinde yapılan ağır metal analiz sonuçlarına göre ağır metallerin ortalama değerleri, Fe 5,78 mg/L, Cu 2,67 mg/L ve Zn 3,97 mg/L olarak hesaplanmış olup Akdeniz'de yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılması Çizelge 4.5'te verilmiştir. Diğer ağır metallerden Cr, 2 numaralı istasyonda kış mevsiminde ve 11 numaralı istasyonda yaz mevsiminde, ölçüm sınırları içinde kaldığından belirlenebilmiştir. Ayrıca Hg ise 5 numaralı istasyonda kış ile bahar mevsiminde, 10 numaralı istasyonda ve yaz mevsiminde ise 3 ile 4 numaralı istasyonlarda ölçüm sınırları içinde kaldığından ölçülebilmıştır.

Deniz suyunda ölçülen değerlerden Cu ile Cr'nin Türkmen (2011) ve Göycincik vd. (2018) tarafından ölçülen değerlerden 2-3 katı olduğu görülmüştür. Ölçülen Zn değerlerinin 4 mg/L olduğu ve bunun ise Türkmen (2011) tarafından ölçülen 0,0709 mg/L değerinden çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Fe miktarı 5,84 mg/L olarak ölçülmüş ve bu değerinin Göycincik vd. (2018) tarafından ölçülen 7,142 mg/L değerinden düşük Türkmen (2011) tarafından ölçülen 0,29 mg/L ile Morley vd. (1997) tarafından ölçülen 0,00088 mg/L değerlerinden ise çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dört istasyonda ölçülen Hg değerinin ise 15,11 mg /L olduğu ve daha önce Akdeniz'de yapılan Çizelge 4.14'te verilen çalışmalarda belirlenemediği ya da ölçüm sınırlarının altında kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.13. Çalışmada istasyon bazında ölçülen ortalama ağır metal değerleri

Ağır Metaller	Cr	Fe	Cu	Zn	Hg
İstasyonlar	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	Ö/Y *	6,5	2,69	4,19	Ö/Y
2	0,901	6,01	2,43	3,99	Ö/Y
3	Ö/Y	5,57	3,04	4,05	15
4	Ö/Y	5,61	2,975	3,63	17,9
5	Ö/Y	5,59	2,23	3,66	13,95
6	Ö/Y	5,9	2,78	4,02	Ö/Y
7	Ö/Y	6,17	2,89	4,18	Ö/Y
8	Ö/Y	5,47	2,76	3,73	Ö/Y
9	Ö/Y	6,46	2,9	4,67	Ö/Y
10	Ö/Y	5,17	2,06	4,06	13,6
11	0,47	5,81	2,61	3,77	Ö/Y

* Ö/Y= Ölçüm yapılamamıştır.

Çizelge 4.14. Akdeniz'de deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması

Metal	Türkmen (2011) (mg/L)	Göycincik vd. (2018) (mg/L)	Morley vd. (1997) (mg/L)	Bu Çalışma (mg/L)	Standart Değerler (YSKY 2016) Yıllık Ortalama (mg/L)	WHO (mg/L)
Cr	0,17	0,24	Ö/Y	0,69	0,042	0,05
Cu	0,07	0,36	Ö/Y	2,67	0,013	-
Ni	0,28	0,09	0,013	Ö/Y	0,086	0,5
Pb	0,62	Ö/Y	0,01	Ö/Y	0,013	0,01
Zn	0,07	Ö/Y	Ö/Y	3,99	0,533	-
Fe	0,30	7,14	0,01	5,84	0,036	-
As	Ö/Y	0,05	Ö/Y	Ö/Y	0,01	0,01
V	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	0,016	-
Mn	0,11	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	0,1-0,5	-
Co	0,26	Ö/Y	0,01	Ö/Y	0,003	-
Cd	0,06	*Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	0,002	0,03
Hg	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	15,11	0,007	0,06

* Ö/Y= Ölçüm yapılamamıştır.

Sintine suyu ve atıksu örnekleri materyal ve metot bölümünde özellikleri verilen boyu 12 metreden büyük günübürlük gezinti teknesi ve boyu 100 metreden büyük bir ticari gemiden Eylül 2021’de alınmıştır.

Sintine suyunda ölçülen değerler ve literatürde ölçülen değerler Çizelge 4.7’de, atıksuda ölçülen değerler ile literatürde ölçülen değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bu çalışmada sintine suyunda ölçülen Cu, V ve Zn değerleri karşılaştırıldığında diğer çalışmalarda ölçülen değerlerinden çok yüksek olduğu Çizelge 4.15’te görülmektedir. Atıksuda ölçülen değerlerden Cu, Fe ve Zn’nin Ytreberg (2020), Onwuegbuchunam vd. (2017) ve Mearns vd. (2003) tarafından ölçülen değerlerden yüksek olduğu Çizelge 4.16’da görülmektedir. Ayrıca atıksuda S, V, Mn ve Hg için literatürde ve bu çalışmada kullanılan ölçüm tekniği ile ölçülemediğinden bu ağır metallerin risk dağılımları belirlenememiştir.

2020 yılında Meishan Körfezi’nde yapılan çalışmada Zn’nin en önemli nedeninin gemi kaynaklı olduğunu ve Hg’nin atık sudan kaynaklandığını belirlenmiştir (Zhang vd. 2020). Benzer şekilde bu çalışmada da Çizelge 4.2’de verildiği gibi Zn değeri 3,99 mg/L ve Hg değeri 15,11 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu nedenle gemi faaliyetlerinin Akdeniz’de ağır metal kirliliğine neden olabileceği düşünülmektedir. Gemilerden çıkan atık sularda bulunan Zn’nin ciddi bir çevresel risk oluşturduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde bu çalışmada da gemilerden alınan atık su örneklerinde 4,63 mg/L ve 4,64 mg/L değerleri ölçülmüştür (Ytreberg vd. 2020).

Çizelge 4.15. Sintine suyundaki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırması

Metaller	Magnusson vd. 2018 (mg/L)	Olorunfemi vd. 2015 (mg/L)	EPA 1999 (mg/L)	Bu Çalışma Gezi Teknesi (mg/L)	Bu Çalışma Ticari Gemi (mg/L)
Cu	0,0254 ± 0,0131	0,5	0,2775-0,426	2,85	3,87
Fe	3,204 ± 0,132	Ö/Y*	0,432-0,531	Ö/Y	81,8
V	0,0378 ± 0,0234	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	1,51
Cr	0,0192 ± 0,0085	1,4	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Mn	0,161 ± 0,0588	3,9	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Co	0,0897 ± 0,0604	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Ni	0,0754 ± 0,0192	0,3	0,0977-0,245	Ö/Y	Ö/Y
Zn	0,310 ± 0,066	11,6	0,514-1,33	4,18	13,6
As	0,0019 ± 0,0003	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Cd	<0,0002	0,1	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Hg	0,0027 ± 0,0011	Ö/Y	0,032-0,0798	Ö/Y	Ö/Y
Pb	<0,004	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y

* Ö/Y= Ölçüm yapılamamıştır.

Çizelge 4.16. Atıksuda ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması

Metaller	Ytreberg 2020 (mg/L)	Onwuegbuchunam vd. 2017 (mg/L)	Mearns vd. 2003 (mg/L)	Bu Çalışma Gezi Teknesi (mg/L)	Bu Çalışma Ticari Gemi (mg/L)
Cu	0,267	0,0012	0,0829	2,47	1,68
Fe	Ö/Y	0,00202	Ö/Y	Ö/Y	8,7
V	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Cr	0,0073	Ö/Y	0,00342	Ö/Y	Ö/Y
Mn	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Co	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Ni	0,025	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Zn	0,517	0,00004	0,13	4,63	4,64
As	0,006	Ö/Y	0,0092	Ö/Y	Ö/Y
Cd	0,00016	0,00025	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Hg	0,00016	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y	Ö/Y
Pb	0,0256	Ö/Y	0,00296	Ö/Y	Ö/Y

* Ö/Y= Ölçüm yapılamamıştır.

4.4. Gemilerden Alınan Sintine ile Atıksuların Mineral Yağ ve PAH Analiz Sonuçları

Sintine suyu ve atıksu örnekleri materyal ve metot bölümünde özellikleri verilen boyu 12 metreden büyük günübirlik gezinti teknesi ve boyu 100 metreden büyük bir ticari gemiden Eylül ayında alınmıştır. Alınan numuneler ile denizdeki durumu görmek amacıyla 5 numaralı istasyondan alınan deniz suyu numunelerinin mineral yağ (C10-C40) ve PAH yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Magnusson vd. (2018) tarafından 7 gemiden alınan sintine suyu örneklerinde yapılan PAH, toplam yağ ve yağ fraksiyonları analizi ile bu çalışmada sintine suyu örneklerinin analiz sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.18’de verilmiştir. Asselin vd. (2008) tarafından 3 adet gemiden alınan sintine numunelerinde yapılan analiz sonuç ortalamaları toplam yağ miktarı ortalamasının 800 mg/L ve yağ fraksiyonlarının (C10-50) ortalamasının ise 441 ± 19 mg/L arsında değiştiği tespit edilmiştir. Gryta vd. (2001) tarafından sintine suyu içeriğindeki toplam yağ miktarının 124-360 mg/L arasında değiştiği ve yağ fraksiyonunun (C6 – C10) ise 0, 2 mg/L olduğu görülmüştür.

Ulusal olarak Sekman vd. (2011) ile Bilgili vd. (2016) tarafından Haydarpaşa liman atık alım tesisinden alınan numunelerin analiz edilmesiyle yapılan çalışmalarda sintine suyu içeriğindeki toplam yağ miktarının 6,5– 736 mg/L arasında değiştiği

belirlenmiştir. Benzer şekilde Ulucan ve Kurt (2015) tarafından Haydarpaşa limanı atık alım tesisinden alınan sintine numunesinde toplam yağ miktarının 93 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. Atıksu, Sintine ve Deniz Suyu analiz sonuçları

Numune	Mineral Yağ (C10-C40) (mg/L)	PAH (µg/L)
Deniz Suyu	0,078	0,132
Gezi Teknesi Atıksu	0,418	0,495
Ticari Gemi Atıksu	0,380	0,623
Gezi Teknesi Sintine	2,428	0,603
Ticari Gemi Sintine	1603,5	Ö/Y

McLaughlin vd. (2014) tarafından 3 tane geminin yağ-su ayırıştırıcısına girmeden önceki sintine içeriğindeki toplam yağ miktarlarının $8,22 \pm 2,87$ mg/L, $129,56 \pm 55,53$ mg/L ve $39,6 \pm 9,99$ mg/L arasında değiştiği görülmüştür. Karakulski ve Gryta (2017) tarafından Polonya’da bir liman atık alım tesisinden alınan sintine suyu örneğindeki toplam yağ miktarının 4,3-12,3 mg /L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sintine suyunun konusunda yapılan diğer çalışmalarda Tomaszewska vd. (2005) 107 mg/L, Chanthamalee vd. (2013) 58-976 mg/L ve Santisi vd. (2015) 36 mg/L toplam yağ miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca EPA (1999) tarafından askeri gemilerden alınan sintine numunelerinde toplam yağ miktarının 10-2.953 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Sintine suyu içeriği konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması

Parametre	Magnusson vd. (2018)	Bu Çalışma
Toplam PAH 16 (µg/L)	$83,0 \pm 40,5$	0,603
Toplam Yağ (µg/L)	$12,167 \pm 10,317$	-
Yağ Fraksiyonları (>C10-C40) (mg/L)	-	2,428-1603,5
Yağ Fraksiyonları (>C10-C12) (µg/L)	223 ± 108	-
Yağ Fraksiyonları (> C12-C16) (µg/L)	835 ± 619	-
Yağ Fraksiyonları> (C16-C35) (µg/L)	9.155 ± 7.970	-
Yağ Fraksiyonları> (C35<C40) (µg/L)	1.946 ± 1.624	-

Atıksu içeriğindeki PAH, toplam yağ ve yağ fraksiyonları konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde literatürde sadece Vicente-Cera vd. (2019) tarafından 4 gemiden alınan atıksu numunesinden alınarak yapılan çalışmaya rastlanılmıştır. Çalışmada toplam PAH 16 miktarlarının $2,808$ µg/L, $3,132$ µg/L, $2,757$ µg/L ve $2,678$ µg/L olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada atıksu içeriğindeki PAH miktarının $0,495$ µg/L ve $0,623$ µg/L olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçların Vicente-Cera vd. (2019) tarafından elde edilen sonuçlardan çok farklı olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin Vicente-Cera vd. (2019) tarafından PAH 16 miktarına bakıldığı, bu çalışmada ise toplam

PAH miktarı belirlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmada atıksu içeriğindeki mineral yağ miktarı analiz edilmiş 0,380 ve 0,418 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak atıksu içeriğindeki PAH, toplam yağ ve yağ fraksiyonları konusunda literatürde çalışmaya rastlanılmadığından bu çalışmada ilk defa atıksu içeriğindeki mineral yağ miktarı analiz edilmiş olduğundan literatüre çok önemli katkı sağlandığı düşünülmektedir.

4.5. Gemilerden Alınan Atıksuların Diğer Analiz Değerleri

Gemilerden kaynaklı atıksuların denize deşarj edilmeden önce bazı standartları sağlaması gerekmemektedir. MARPOL 73/78'e göre kıyıda 12 mil uzaklaşan gemiler hiçbir arıtım yapmadan atıksuları denize deşarj edebilmektedir. Ayrıca yine MARPOL 73/78'de gemiler kıyıda 3-12 mil uzaklıkta standartlara bağlı kalmadan "Ufalanmış ve dezenfekte edilmiş atıksuları deşarj edebilir" kuralı belirlenmiştir. Bu kapsamda bu çalışma kapsamında 4 adet gemiden alınan atıksu numuneleri analiz edilmiş olup literatürde yapılan çalışmalar ve MARPOL 73/78'de belirlenen standartlara göre değerlendirilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde pH değerlerinin 8,02-9,01, BOİ₅ değerlerinin 54,8-85,5 mg/L, AKM değerlerinin 148-1.556 mg/L, toplam nitrat değerlerinin 0,162-0,229 µg/L, toplam orto-fosfat değerlerinin 0,25-0,88 µg/L ve anyonik YAM değerlerinin ise 1,09-1,37 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Ayrıca gemilerden alınan atıksularda ölçülen diğer fiziksel parametreler değerlendirildiğinde ORP (Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli) değerlerinin 241-285 mV, sıcaklık değerlerinin 26-30,3 C⁰, çözülmüş oksijen değerlerinin 0,23-4,01 mg/L, toplam çözülmüş katı madde (TDS) değerlerinin 232,23-536,42 mg/L, iletkenlik değerlerinin 1.027- 6.492 mS/cm ve tuzluluk değerlerinin ise 0,02-3,94 Psu arasında değiştiği belirlenmiştir. Kersh vd. (2020) tarafından gemilerden kaynaklı atıksular konusunda yapılan çalışmada pH değerlerinin 7,8-8,2 arasında, tuzluluk değerlerinin 6,2,-6,8 g/L ve AKM değerlerinin 630-1.810 mg/L değiştiği belirlenmiştir.

Vicente-Cera vd. (2019) tarafından 4 gemiden alınan atıksu numunesinden alınarak yapılan çalışmada pH değerlerinin 6,9-7,5 arasında, iletkenlik değerlerinin 281-6.338 mS/cm arasında, anyonik YAM değerlerinin 1,8-5,9 mg/L arasında, toplam nitrat değerlerinin 30,4-79,1 mg/L arasında, BOİ₅ değerlerinin 65-527 mg/L arasında ve AKM değerlerinin 600-3.774 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada ölçülen pH değerlerinin Vicente-Cera vd. (2019) tarafından ölçülen değerlerden düşük olduğu ancak sadece bir gemide ölçülen 9,01 pH değerinin MARPOL 73/78 standarttı olan 6-9 'un üstünde olduğu belirlenmiştir. Vicente-Cera vd. (2019) tarafından ölçülen değerlerle bu çalışmada ölçülen iletkenlik değerlerinin yine benzerlik gösterdiği ve anyonik YAM değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Çalışmada ölçülen BOİ₅ değerlerinin MARPOL 73/78 tarafından belirlenen standartların üstünde olduğu ancak Vicente-Cera vd. (2019) tarafından ölçülen değerlerin çok altında olduğu görülmektedir. Tez çalışmasında ölçülen toplam azot (TN) değerlerinin Vicente-Cera vd. (2019) tarafından belirlenen değerlerin çok altında olduğu belirlenmiştir. Literatürde gemi kaynaklı atıksuların fiziksel parametreleri konusunda

yapılan çalışmaların bu çalışmadaki elde edilen sonuçlar karşılaştırılması Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Gemi kaynaklı atıksuların fiziksel parametreleri konusunda yapılan çalışmaların karşılaştırılması

Parametre	Vicente-Cera vd. (2019)	Kersh vd. (2020)	MARPOL 73/78	MEPC.159 (IMO-MEPC 2006)	MEPC.227 (IMO-MEPC 2012)	Bu Çalışma
AKM (mg/L)	600-3774	1220±590	50	35	35	148-1.556
KOİ (mg/L)	289-737	7067±470	-	125	125	-
BOİ ₅ (mg/L)	65-527	-	50	25	25	54,8-85,5
pH	6,9-7,5	8,0±0,2	6-9	6-8,5	6-8,5	8,2-9,01
NH ₄ ⁺ (mg/L)	-	1250±250	-	15	15	-
Toplam Azot (mg/L)	30,4-79,1	-	-	-	20	0,162x10 ⁻³ -0,229 x10 ⁻³
Toplam Fosfor (mg/L)	18,8-51,2	190±10	-	-	1	-
İnorganik Fosfat (mg/L)	-	190±10	*U	U	U	0,25 x10 ⁻³ -0,88 x10 ⁻³
Tuzluluk (g/L)	-	6,5±0,3	U	U	U	0,02-3,94
İletkenlik (µS/ cm)	1.086-6.338	-	U	U	U	1.027-6.492
YAM	1,8-5,9	-	U	U	U	1,09-1,43

*U: Uygulanmamaktadır.

4.6. Antalya Körfezi’nde Gemi Kaynaklı Atıkların Riskinin Monte Carlo Yöntemiyle Belirlenmesi

4.6.1. Sintine riski

4.6.1.1. Lineer regresyon ile gemilerden üretilen sintine suyu miktarının tahmin edilmesi

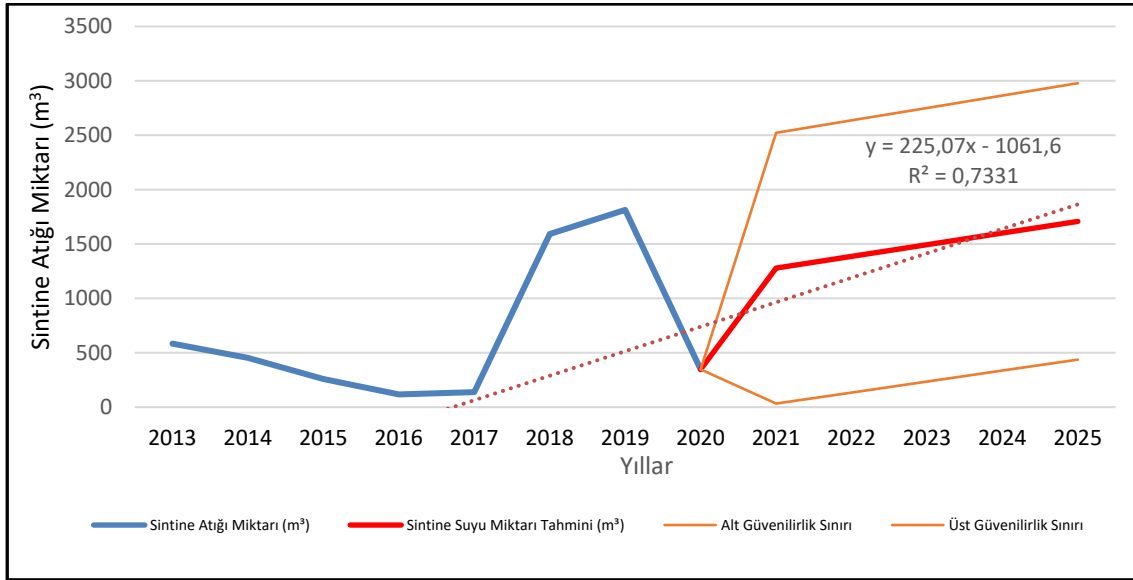
Geçmiş yıllardaki verilere bakıldığında Antalya Körfezi’nde oluşan sintine atığının %90’nın Port Akdeniz Limanı atık alım tesisleri tarafından toplandığı görülmektedir. Bundan dolayı 2021-2025 yılları arasında Antalya Körfezi’ndeki sintine suyu atıklarının tahmin edilmesi amacıyla 2013–2020 yılları arasında Port Akdeniz Limanı tarafından toplanan sintine suyu atık miktarına ilişkin veriler kullanılarak 2021–

2025 yılları arasında oluşabilecek miktar Microsoft Excel'de lineer regresyon yöntemi ile tahmin edilmiş ve Çizelge 4.20'de sunulmuştur.

Çizelge 4.20. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'nde oluşabilecek sintine miktarı tahmini

Yıl	2021	2022	2023	2024	2025
Sintine Suyu Miktarı (m³)	1.270	1.439	1.543	1.853	1.707

Sintine suyu atığının tahmini için yapılan lineer regresyon analizinin denklemi ve diyagramı Şekil 4.20'da gösterilmiştir. Yapılan lineer regresyonun korelasyon katsayısı olan R^2 değeri 0,7331 olup bu da tahmin edilen sintine suyu atık değerlerinin anlamlı olduğunu göstermektedir.



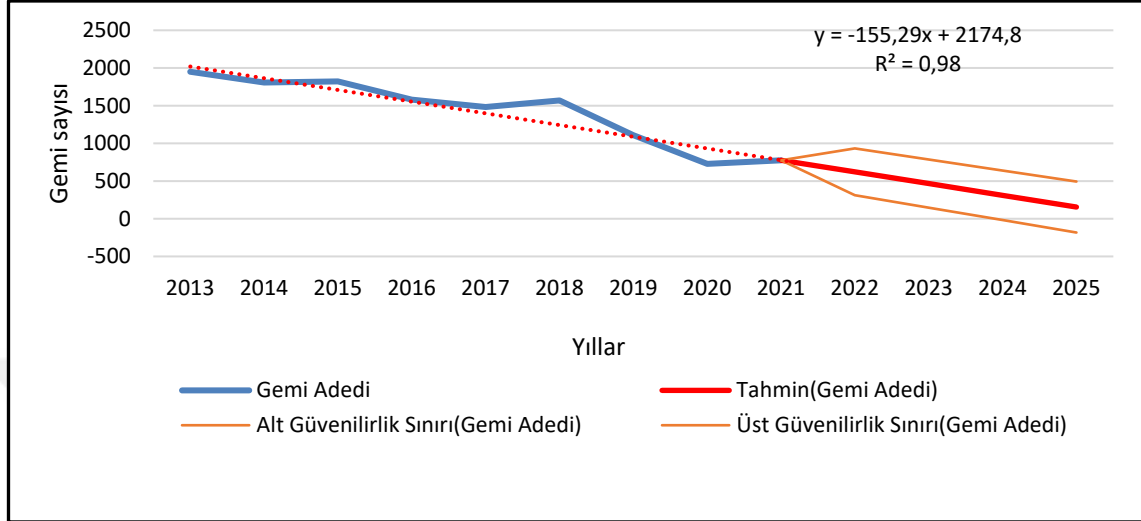
Şekil 4.20. Lineer regresyon ile hesaplanan önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ndeki tahmini sintine suyu atık miktarı

4.6.1.2. Lineer regresyon ile gemi sayısının tahmin edilmesi

2021-2025 yılları arasında Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayısı 2013-2020 yılları arasında gelen gemi sayısı verileri kullanılarak lineer regresyon yöntemi ile tahmin edilmiş ve Çizelge 4.21'de verilmiştir. Microsoft Excel'de yapılan lineer regresyon analizi sonucunda Antalya'daki gemi sayısının gelecek yıllar içinde azalacağı gözlemlenmiştir. Buna göre 2020 ile 2025 yılları arasında tahmini gemi sayısı %1,6–21,7 oranında azalırken, sintine atıkların ise %6,5–20 arasında artacağı belirlenmiştir.

Gemi sayısındaki azalmanın temel nedeni, gelişen teknoloji ile yeni nesil gemilerin boyutları ile makine gücünün artmasıyla daha fazla yük taşınabilmesi ve bu nedenle gemilerin üreteceği sintine suyu miktarının 2021 yılından itibaren önemli ölçüde değişmeyeceği beklenmektedir. Gemi sayısının tahmini için yapılan lineer regresyon analizinin denklemi ve grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir. Yapılan lineer regresyonun

korelasyon katsayısı olan R^2 değeri 1'e çok yakın olup bu da tahmin edilen gemi sayısının %93 oranında doğru olduğunu göstermektedir. Sızıntı miktarı için deniz kazası risk modeli üzerinde yapılan çalışmada, önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayısı lineer regresyon yöntemiyle tahmin edilmiş ve gemi sayının yılda yaklaşık 80 artacağı ifade edilmiştir (Küçükosmanoğlu 2008).



Şekil 4.21. Lineer regresyon ile hesaplanan önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ndeki gelecek gemi sayısı tahmini

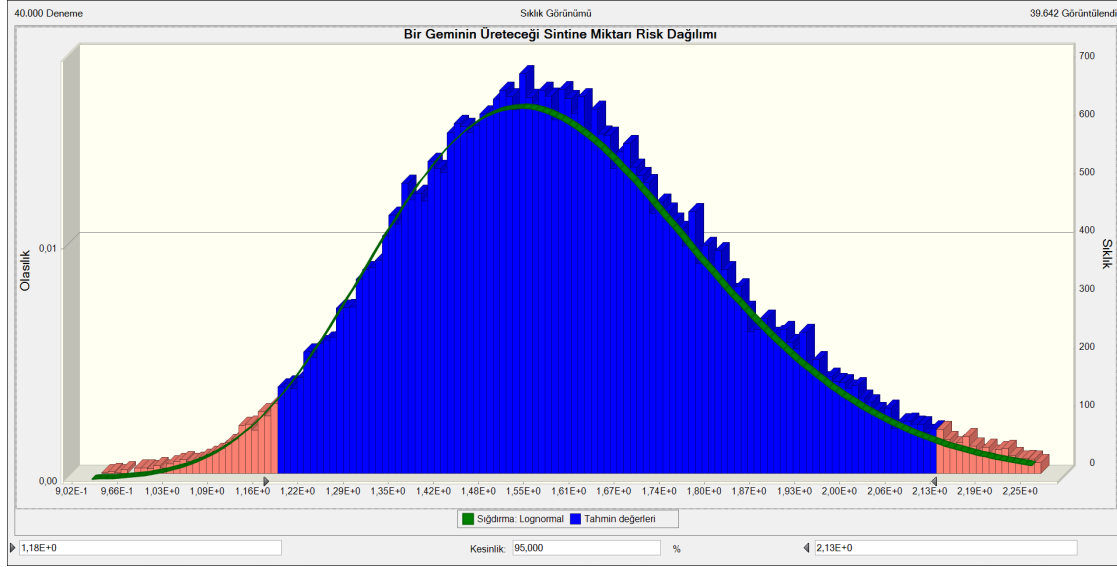
Çizelge 4.21. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'nde gelecek gemi sayısı tahmini

Yıllar	2021	2022	2023	2024	2025
Gemi sayısı	1.041	713	664	647	506

4.6.1.3. Bir gemiden kaynaklanan sintine suyu atıklarının risk dağılımının MCS ile belirlenmesi

Belirlenen sintine suyu oluşumu olasılığı ve gemi sayısı dağılımları kullanılarak, denizde oluşacak durumu gerçeğe yakın modellemek amaçlanmış ve Monte Carlo yöntemi kullanılarak 40.000x40.000 benzeşim simülasyonları ile Antalya Körfezi'nde sintine suyu oluşumunun risk dağılımı oluşturulmuştur.

Monte Carlo simülasyonu kullanılarak Antalya Körfezi için 2021-2025 yıllarında bir geminin oluşturabileceği sintine suyu miktarı risk dağılımı belirlenmeye çalışılmış ve risk dağılımının normal dağılım olduğu belirlenmiştir. Antalya Körfezi'nde hesaplanan risk dağılımına göre bir geminin günlük oluşturabileceği sintine suyu miktarının 0,78 ile 3,16 m³ arasında değişeceği standart sapmasının, 0,24 ve ortalamasının 1,60 olduğu belirlenmiştir. MCS kullanılarak %95'lik güven aralığı ile oluşturulan risk dağılımı Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22. Antalya Körfezi'nde gelecek yıllarda oluşacak sintine atığının risk dağılımı

Yıllara göre gemi sayıları ve sintine suyu miktarının olasılık dağılımları hesaplanmış ve Çizelge 4.22'te gösterilmiştir. Gemi sayıları için standart sapmanın 206,82 olduğu belirlenmiştir. Sintine miktarı için standart sapmanın 275,63 olduğu belirlenmiştir.

Sintine suyunun gemilerin rotasında kaçak olarak salınması tercih edilen bir süreçtir ve bu durum deniz suyunda, gemi nakliye şeritlerinin etrafındaki yağlı sintine suyu miktarının yükselmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, gemi trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde kaza riskleri dışında gelecekte oluşabilecek sintine suyu miktarını tahmin edebilen risk değerlendirmesi yapılması önemli hale gelmiştir.

Bu çalışmada, Antalya Körfezi için bir geminin üretebileceği sintine atığı miktarının 0,78 ile 3,16 m³ arasında değişeceği belirlenmiştir. Bu veri kullanılarak atık alım tesisi tarafından gemi sayısına göre alması gereken atık miktarı hesaplanabilecek ve devlet tarafından atık alım tesislerine yapılacak denetimlerde belirlenen miktardan daha az sintine atığı alınmış ise cezai yaptırımlar uygulanması yönünde yasal düzenlemeler yaparak gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesi sağlanabilecektir. Ayrıca Antalya Körfezi'ne önümüzdeki 5 yıllık tahmine göre sintine atığı miktarının 196,84-2401,63 m³ arasında değişeceği (Çizelge 4.14) ve atık alım tesislerinin mevcut haliyle yeterli olacağı belirlenmiştir. Ancak, 100 metreden küçük gemi, bot, yat vb. deniz turizmi araçlarından kaynaklanabilecek sintine atıkları ve deniz aracı sayısı bu çalışmada değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Turizm ve çevresel etkilere ilişkin çalışmalar devam etmekte olup riskleri daha sonra hesaplanacaktır.

Bir geminin üretebileceği sintine atığı miktarı konusunda literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında gemi tonaj ve makine gücüne göre yapıldığı görülmüştür (Çizelge 2.7). Bu çalışmada oluşturulan hesaplama modeli ise her gemi tipine uygundur. Taranan literatür ve Antalya Körfezi'nde bu hesaplama modeli ile ilgili sintine suyu miktarı tahminine yönelik çalışmaya rastlanmamıştır.

Çizelge 4.22. Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayıları ve oluşacak sintine miktarına ilişkin tahminler

Yıllar	Tahmin Edilen Gemi Sayısı	Yıllık Üretilen Sintine Miktarı Tahmini (m ³)
2021	883–1232,74	196,84–2070,98
2022	822,19–1259,37	279,49–2153,64
2023	457,56–967,68	362,14–236,30
2024	354,04–972,84	444,78–2318,96
2025	309,97–982,57	527,42–2401,63

Lineer regresyon yöntemi kullanarak çeşitli parametrelerle geleceğe yönelik tahmin aralığı belirlenebilmektedir. Çoklu lineer regresyon yöntemi ile deniz suyu kalite indekslerinin (Samsudina vd. 2019 gelecek tahmini için R^2 değeri (0,7113) 1'e yakın olduğundan tahminlerin tutarlılığı da %71 oranında olabilmektedir. Mu vd. (2018) tarafından kıyı denizlerdeki metallerin toksisitelerini tahmin etme konusunda yapılan çalışmada lineer regresyon yöntemi kullanılmış ve oldukça güçlü bağlantı (R^2 değeri 0.987) bulunmuştur. Çalışmamızda, Lineer regresyon yöntemi kullanarak belirlenen ve körfezde oluşabilecek sintine suyu miktarı tahmininde R^2 'nin değeri 1'e yakın olduğu dolayısıyla gemi sayısı tahminlerinin %87 oranında tutarlı olduğu görülmektedir.

Çoklu lineer regresyon yöntemi kullanılarak, kıyı ekosistemlerinde ise klorofil-*a* konsantrasyonunun tahmininde güvenilirlik oranını belirleyen R^2 değeri %84,8 (Franklin vd. 2020), Incheon Limanındaki gemilerden kaynaklı sera dışı gaz emisyonları tahmin edilmesi konusunda yapılan başka bir çalışmada makine gücü tahmininde R^2 değeri %85 (Lee vd. 2020), Hong Kong'un deniz sedimentinde ağır metallerin tahmininde her bir ağır metal için R^2 değeri %76-93 arasında değiştiği belirlenmiştir (Zhou vd. 2007). Son yıllarda önemli hale gelen Akdeniz'de plastik atıkların kirliliğinin ekolojik çeşitliliğe etkisinin riskini hesaplamak amacıyla yapılan çalışmada 84 türün maruz kalma riskinin tahmin etmek amacıyla lineer regresyon yöntemi kullanılmıştır (Compa vd. 2019). Yukarıda literatür sonuçları ile çalışmamız karşılaştırıldığında bir geminin üretebileceği sintine suyunu hesaplamada kullandığımız lineer regresyon yöntemi deniz kirliliği ve çevre kirliliği konusunda yapılan çalışmalarda da benzer şekilde kullanılmış güvenilir ve yaygın bir yöntem olduğunu görülmektedir.

Özellikle kıyı bölgelere yakın deşarjlarda ekolojik ve çevresel risk oluşmaktadır. Bu çevresel riskleri azaltmak amacıyla yapılan çalışmalarda sintine suyu kirleticilerinin, özellikle de petrol kaynaklı yağ ile ilgili bileşiklerin ve metallerin, Baltık Denizi'nde yoğun gemi faaliyetleri olan bölgelerdeki ekosistemlere zararlı etki riski Bayesian bileşik Poisson modeli yöntemi (Magnusson vd. 2018) ve balast suyu konusunda yapılan risk değerlendirmesi çalışmasında çevresel eşleştirme ve türlere özgü yöntemler kullanılarak (David vd. 2013) pek çok risk değerlendirmesi çalışması yapılmış ancak yapılan çalışmalarda Monte Carlo yöntemi kullanılmamıştır.

Klaipė'da limanında yapılan bir çalışmada gemi kaynaklı atıkların %73'ünü sintine suyunun gemi kaynaklı atıkların %73'ünü oluşturduğu ve miktarının 2008 yılı için 10,609 m³ olduğu belirlenmiştir (Dvarioniene vd. 2013). Oysa, 2020 yılı için Antalya limanında oluşması tahmin edilen sintine atığı 1133 m³ olarak hesaplanmıştır. Veriler arasında on iki yıllık bir fark olsa da Klaipė limanında 100 kat fazla olduğu görülmektedir.

Alaska Körfezi de hassas alanlar içinde olmasına rağmen, yolcu gemilerinin ürettiği sintine atığı miktarı üzerine yapılan çalışmada yılda 1800-7200 m³ olduğu belirlenmiştir (Alaska Department of Environmental Conservation 2000). Antalya Körfezi'ndeki sintine miktarı değerleri küçük olmasına rağmen, gemi trafiği dikkate alındığında ekolojik olarak hassas ve riskli bölge sınıfında olduğu göz önünde bulundurulması gereken bir unsurdur.

Gemilerin deşarjlarının zamanı ve miktarı belirsizlik içerdiğinden örneklemelerde rastgele olmaktadır. Bu faktörü dikkate alan Monte Carlo risk değerlendirmesi yöntemi ile her değişken için risk olasılık dağılımları oluşturulabilir. Yöntemde, her değişkenin olasılık dağılımlarından tekrarlı örnekleme ile gerçekleştirilir (Rausand 2011). Çevresel risk modelinde rastgele örneklemelerin neden olduğu belirsizliği gidermek ve ağır metal konsantrasyonlarının gelecek yıllardaki dağılımını tahmin etmek için istatistik ve olasılık teorisine dayanan Monte Carlo yöntemi kullanılmıştır (Qu vd. 2018). Monte Carlo yöntemi kullanılarak gemi kaynaklı sintine suyunun denize deşarj edilmesinin modellenmesi konusunda yapılan çalışmada gemi tiplerine ve geminin yaşına göre sintine suyu örnekleri alınmış ve konteyner gemilerinin daha çok sintine suyu ürettiği belirlenmiştir (Motoyoshi and Nishi 2020). Monte Carlo yöntemi kullanılarak bir geminin üretebileceği sintine miktarı risk dağılımı ilk kez bu çalışmada hesaplanmış ve literatüre katkı sağlanmıştır.

Özet olarak bir geminin üreteceği sintine suyu miktarı konusunda yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; genellikle gemi tiplerine göre hesaplama yapıldığı, belirli bir deniz alanı için gelecek dönemlerde oluşabilecek sintine miktarı konusunda risk belirlenmesine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile sintine suyu risk değerlendirmesinin geleceğe yönelik ihtiyaçlar belirlenmesi konusunda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4.6.2. Atıksu riski

Antalya Körfezi'nde atık alım tesisleri tarafından toplanan gemi atıksu miktarı bilgisi 2019'a kadar bulunmamaktadır. 2009-2021 yılları arasında Port Akdeniz Limanı atık alım tesisleri tarafından toplanan atıksu miktarları Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Antalya Körfezi'ne 2009-2021 yılları arasında toplanan atıksu miktarı

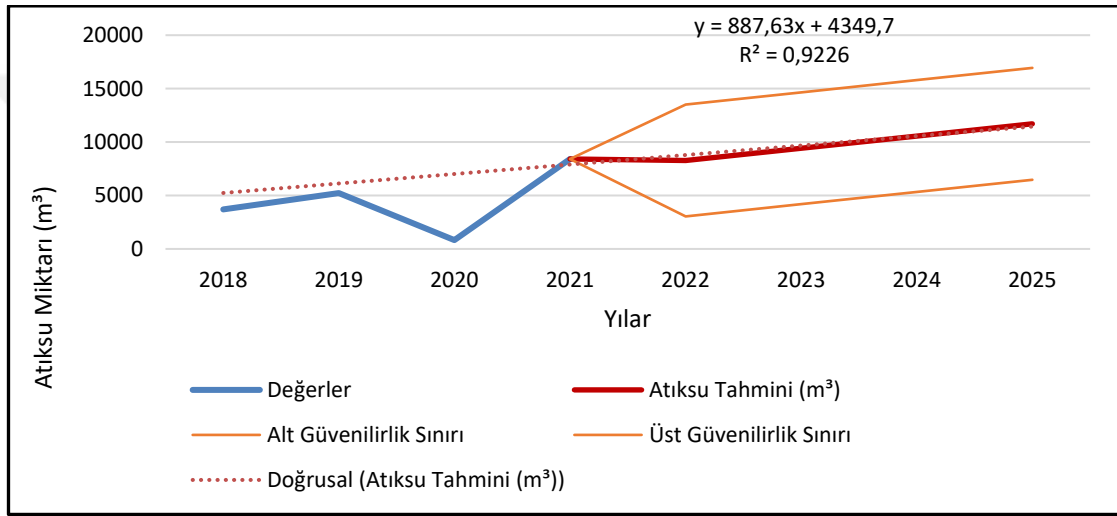
Yıl	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Atıksu Miktarı (m ³)	279,7	2524	25,7	4609	260	165,26	6,95	-	543	3696	5221,56	826,5	8414,27

Atıksu miktarı hesaplamalarında kullanılacak Antalya Körfezi'ne gelen gemi sayısı bilgisi Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 2011 yılından itibaren verildiğinden lineer regresyon ile yapılan tahminlerde bu tarihten sonraki veriler

kullanılmıştır. Ayrıca 2018'deki toplanan atıksu verileri arasında çok büyük farklılıklar olup tahminlerde R^2 değeri 0,5'in altında olduğundan dolayı 2018'den itibaren Antalya Körfezinde toplanan atık miktarı verileri Antalya Çevre ve Şehircilik İl müdürlüğünden temin edilerek kullanılmıştır. Antalya Körfezi'nde 2018-2021 yılları toplanan atık miktarı Çizelge 4.24'te verilmiştir. Bu nedenle gemi sayıları bilgisi için de benzer şekilde 2018'den itibaren olan veriler kullanılmıştır.

Çizelge 4.24. Antalya Körfezi'ne 2018-2021 yılları arasında toplanan atıksu miktarı

Yıl	2018	2019	2020	2021
Toplanan Atıksu Miktarı (m³)	3.696	5.221,56	826,5	8.414,27



Şekil 4.23. Lineer regresyon ile hesaplanan önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'ndeki oluşacak atıksu tahmini

Gemi kaynaklı atıksuyun tahmini için yapılan lineer regresyon analizinin denklemi ve diyagramı Şekil 4.23'te gösterilmiştir. Yapılan lineer regresyonun korelasyon katsayısı olan R^2 değeri 0,9226 olup bu da tahmin edilen atıksu değerlerinin anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca lineer regresyonun korelasyon katsayısı olan R^2 değeri 1'e çok yakın olup bu da tahmin edilen atıksu miktarının %92 oranında doğru olduğunu göstermektedir. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'nde oluşabilecek atıksu miktarı tahmini Çizelge 4.25'te verilmiştir. 2021-2025 yılları arasında Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayısı sintine suyu riski hesaplanırken tahmin edilen gemi sayıları kullanılmıştır.

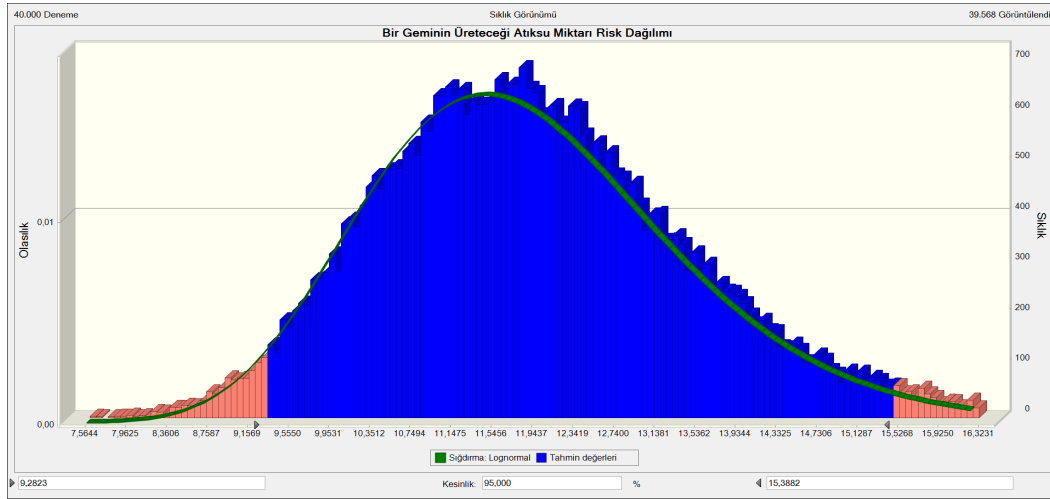
Çizelge 4.25. Önümüzdeki yıllarda Antalya Körfezi'nde oluşabilecek atıksu miktarı tahmini

Yıl	2021	2022	2023	2024	2025
Atıksu Miktarı (m³)	8.414	8.274	9.418	10.563	11.708

4.6.2.1 Bir gemiden kaynaklanan atıksu risk dağılımının MCS ile belirlenmesi

Belirlenen atıksu oluşumu olasılığı ve gemi sayısı dağılımları kullanılarak, denizde oluşacak durumu gerçeğe yakın modellemek amaçlanmış ve Monte Carlo yöntemi kullanılarak 40.000x40.000 benzeşim simülasyonları ile Antalya Körfezi'nde sintine suyu oluşumunun risk dağılımı oluşturulmuştur.

Monte Carlo simülasyonu kullanılarak Antalya Körfezi için 2021-2025 yıllarında bir geminin oluşturabileceği atıksu miktarı risk dağılımı belirlenmeye çalışılmış ve risk dağılımının normal dağılım olduğu belirlenmiştir. Antalya Körfezi'nde hesaplanan risk dağılımına göre bir geminin günlük oluşturabileceği atıksu miktarının %95 güven aralığında 9,28 ile 15,38 m³ arasında değişeceği standart sapmasının 1,55 ve ortalamasının 11,89 olduğu belirlenmiştir. MCS kullanılarak %95'lik güven aralığı ile hesaplanan risk dağılımı Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Antalya Körfezi'nde gelecek yıllarda oluşacak atıksuyun risk dağılımı

Çizelge 4.26. Antalya Körfezi'ne gelecek gemi sayıları ve oluşacak atıksu miktarına ilişkin tahminler

Yıllar	Tahmin Edilen Gemi Sayısı	Yıllık Üretilen Atıksu Miktarı Tahmini (m ³)
2022	822,19–1259,37	3.042,24-13.505,28
2023	457,56–967,68	4.186,89-14.649,97
2024	354,04–972,84	5.331,51-15.794,68
2025	309,97–982,57	6.476,12-16.939,41

Yıllara göre gemi sayıları ve sintine suyu miktarının olasılık dağılımları hesaplanmış ve Çizelge 4.26'da gösterilmiştir. Gemi sayıları için standart sapmanın 206,82

olduğu belirlenmiştir. Atıksu miktarı için standart sapmanın 1306,87 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Gemilerden kaynaklı atıksu miktarının hesaplanması konusunda yapılan çalışmalar (Shu vd. 2022)

Sıra No	Kaynak	Gemi Tipi	Toplam Atıksu (m³/kişi/gün)
1	AIDA (2019)	-	0,381
2	Seabourn (2018)	-	0,104
3	Kotrikla vd. (2021)	-	0,093
4	Parks vd. (2019)	-	0,204
5	Corporation ve PLC (2018)	-	0,211
6	Vicente-Cera vd. (2019)	-	0,117
7	Caribbean (2014)	-	0,208
8	EPA (2008)	-	0,286
9	Copeland (2008)	-	0,218
10	Butt (2007)	-	0,035
11	Furstenberg vd. 2009	Kargo	0,205
		Yolcu	0,190
		Tankerler	0,142
		Yardımcı Gemiler	0,215
12	Ytreberg vd. 2020	Tankerler	0,105
		Kargo	0,119
		Yolcu	0,157
		Balıkçı	0,222
		Açık Deniz Yardımcı Gemileri	0,153
Ortalama		0,178	

Literatürde gemiler tarafından üretilen atıksu miktarının hesaplanması konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde gemilerde bulunan kişi sayısı ve seyirde bulunduğu gün sayısına göre çalışmalar yapıldığı Çizelge 4.27’de görülmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda yine kişi ile seyir yapılan gün sayısına göre gemi tiplerine gemi kaynaklı atıksuyun hesaplandığı belirlenmiştir. Bu çalışmada hesaplanan atıksu miktarı ise bir geminin üretebileceği miktar olarak tahmin edilmiş olup literatürde ilk kez yapılmıştır. Ayrıca lineer regresyon ve MCS yöntemi birlikte ilk kez birlikte kullanılarak gemi kaynaklı atıksu miktarı belirlenmiştir. Bir gemi için bu çalışmada hesaplanan atıksu atığı miktarı riski aralığı bu özelliği ile her limanda ve her gemi tipine uygulanabilir. Ayrıca sintine suyunda olduğu gibi bu veri kullanılarak atık alım tesisi tarafından gemi sayısına göre alması gereken atık miktarı hesaplanabilecek ve devletler tarafından atık alım tesislerine yapılacak denetimlerde belirlenen miktardan daha az atıksu atığı alınmış ise

cezaî yaptırımlar uygulanması yönünde yasal düzenlemeler yaparak gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin önlenmesi sağlanabilecektir.

4.7. Gemilerden Kaynaklı Atıkların Yönetimi

Gemi kaynaklı atık yönetimi konusunda çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte risk değerlendirmesi en çok tercih edilen yöntemler arasındadır.

4.7.1. Risk değerlendirmesi

Bu bölümde gemilerden kaynaklı sintine ile atıksuların oluşturacağı ağır metal miktarının insan sağlığına oluşturacağı risk ve gelecek dönemlerde Antalya Körfezi'nde oluşacak gemi kaynaklı sintine ile atıksuların miktarı riski belirlenmeye çalışılmıştır. Risk değerlendirmeleri literatürde çok yaygın olarak kullanılan Monte Carlo yöntemi kullanılmıştır.

4.7.1.1. Gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun oluşturduğu insan sağlığı riski

Antalya Körfezi'nde gemilerden kaynaklı sintine ile atıksuyun içeriğindeki ağır metallerin insan sağlığına oluşturacağı riski belirlemek amacıyla deniz suyu, atık su ve sintine suyunda ağır metal ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen bu ağır metal değerlerin oluşturabileceği insan sağlığı riski MCS yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Ağır metal ölçüm sonuçları

Antalya Körfezi'nde seçilen 11 noktadan dört mevsimi kapsayacak şekilde Şubat, Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında alınan deniz suyu numunelerinde yapılan ağır metal analiz sonuçlarına göre ağır metallerin ortalama değerleri, Fe 5,78 mg/L, Cu 2,67 mg/L ve Zn 3,97 mg/L olarak hesaplanmıştır. Diğer ağır metallerden Cr, 2 numaralı istasyonda kış mevsiminde ve 11 numaralı istasyonda yaz mevsiminde, ölçüm sınırları içinde. Hg ise 5 numaralı istasyonda kış ile bahar mevsiminde, 10 numaralı istasyonda ve yaz mevsiminde ise 3 ile 4 numaralı istasyonlarda ölçüm sınırları içinde kaldığından ölçülebilmektedir. Akdeniz'de deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçları ve bu metallerin Türkiye ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2011) sınır değerleri karşılaştırması Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Sintine suyunda ölçülen değerler ve literatürde ölçülen değerler Çizelge 4.15'te, atıksuda ölçülen değerler ve literatürde ölçülen değerler Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu çalışmada sintine suyunda ölçülen Cu, V ve Zn değerleri karşılaştırıldığında diğer araştırmacıların değerlerinden çok yüksek olduğu Çizelge 4.15'te görülmektedir.

Atıksuda ölçülen değerlerden Cu, Fe ve Zn'nin Ytreberg (2020), Onwuegbuchunam vd. (2017) ve Mearns vd. (2003) tarafından ölçülen değerlerden yüksek olduğu Çizelge 4.16'da görülmektedir. Ayrıca atıksuda S, V, Mn ve Hg için literatürde ve bu çalışmada ölçüm sınırlarının altında olduğundan bu ağır metallerin risk dağılımları belirlenememiştir.

Bu çalışmada istasyon bazında ölçülen ağır metal değerlerinin ortalamaları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Deniz suyunda ölçülen değerlerden Cu ile Cr'nin Türkmen (2011) ve Göycincik vd. (2018) tarafından ölçülen değerlerden 2-3 katı olduğu

görülmüştür. Ölçülen Zn değerlerinin 4 mg/L olduğu ve bunun ise Türkmen (2011) tarafından ölçülen 0,0709 mg/L değerinden çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Fe miktarı 5,84 mg/L olarak ölçülmüş ve bu değerinin Göycincik vd. (2018) tarafından ölçülen 7,142 mg/L değerinden düşük Türkmen (2011) tarafından ölçülen 0,29 mg/L ile Morley vd. (1997) tarafından ölçülen 0,00088 mg/L değerlerinden ise çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dört istasyonda ölçülen Hg değerinin ise 15,11 mg /L olduğu ve daha önce Akdeniz’de yapılan Çizelge 4.5’te verilen çalışmalarda belirlenemediği ya da ölçüm sınırlarının altında kaldığı görülmüştür.

MCS ile sintine ve atıksuyun oluşturduğu insan sağlığı riskinin belirlenmesi

Çalışmada deniz suyu için bu çalışmada ölçülen ve literatürde Akdeniz’de ölçülen ağır metal konsantrasyonları ile gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuların içeriğindeki Cu, Fe, S, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Cd, Hg ve Pb ağır metallerin ölçülen ve literatürdeki ağır metal konsantrasyonları kullanılarak MCS ile insan sağlığı riski belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot bölümünde belirtilen risk formülündeki değerler ile Çizelge 4.13, Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15’te verilen değerler kullanılarak her bir ağır metalin oluşturulduğu insan sağlığı riski belirlenmiştir. MCS kullanılarak hesaplanan en yüksek ile en düşük kanserojen ve kanserojen olmayan ağır metallerin risk değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. MCS kullanılarak hesaplanan en yüksek ile en düşük kanserojen ve kanserojen olmayan ağır metallerin risk değerleri

Ağır Metal	Atıksu (Sindirim Yoluyla)	Sintine (Sindirim Yoluyla)	Atıksu (Sindirim Yoluyla)	Sintine (Sindirim Yoluyla)
	Kansorejen Risk		Kansorejen Olmayan	
Cr	0,3	0,38	1,69	2,85
Ni	0,59	0,81	H/Y	H/Y
As	0,12	0,11	3,06	0,03
Co	*H/Y	H/Y	2,56	1,7
Hg	H/Y	H/Y	Ö/Y**	3,4

* H/Y: Hesaplama yapılamamıştır. ** Ö/Y: Ölçüm yapılamamıştır.

Kanserojen Risk Dağılımının Belirlenmesi

Sintine ve atıksu içeriğindeki ağır metallerden kaynaklı MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen risk değerleri Çizelge 4.29’da verilmiştir. Burada görüldüğü üzere, insan sağlığı için en yüksek kanserojen risk oluşturan ağır metalin bu çalışmada ölçülemeyen ancak literatürdeki veriler kullanılarak yapılan hesaplamalara göre, sintine suyu içeriğindeki $8,06 \times 10^{-1}$ ile Ni’in yutma yoluyla bulaşma riskinin

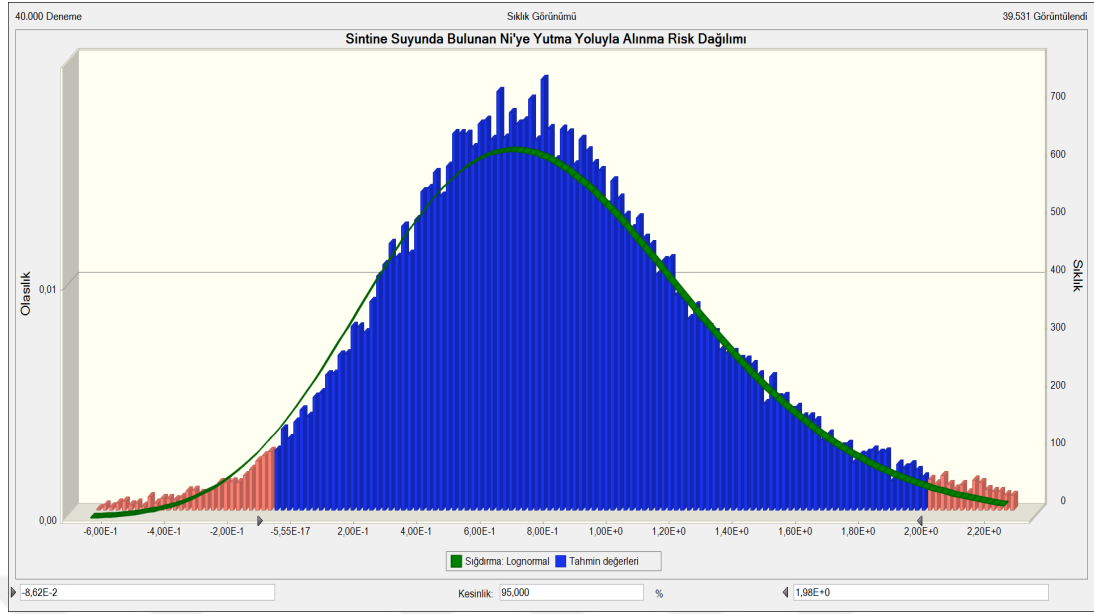
olduğu ve en düşük riskin ise atıksu içeriğindeki $5,32 \times 10^{-4}$ ile Cr'nin deri yoluyla bulaşma riski olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerden Ni için WHO tarafından belirlenen sınır değer 0,5 mg/L olduğu düşünüldüğünde literatürdeki değerler kullanılarak MCS ile hesaplanan 0,81 mg/L değerinin insan sağlığı için kanserojen olarak büyük risk oluşturduğu görülmektedir. Cr için atıksuyun yutma yoluyla alınma riskinin 0,29 mg/L ile deri yoluyla sintine suyundan alınma riski de 0,38 mg/L hesaplanmış olup, WHO tarafından belirlenen sınır değer olan 0,05 mg/L üstündedir. Ni için hesaplanan risk değerlerinin hepsinin WHO tarafından belirlenen sınır değeri olan 0,5 mg/L üstünde olduğu belirlenmiştir. As için WHO tarafından belirlenen sınır değer 0,01 mg/L olup atıksunun yutma yoluyla alınma riski 0,13 mg/L ve sintine suyunun yutma yoluyla alınma riski ise 0,11 mg/L olarak hesaplanmış olup bu değerlerinde sınır değerinin çok üstünde olduğu görülmektedir.

Sintine suyunda bulunan Ni'in yutma yoluyla alınmasının MSC risk dağılımı Şekil 4.25'te verilmiştir. Diğer ağır metallerin MCS risk dağılım grafikleri Şekil 4.26-4.36'da verilmiştir. Cd ve Co'nun kanserojen risk dağılımları CSF değerleri olmadığı için hesaplanamamıştır.

Sahillerdeki petrol türevli yağları içeriğindeki arseniğin MCS kullanılarak yapılan risk değerlendirmesinde kanserojen olmayan ağız ($1,10 \times 10^{-4}$) ve deri ($1,47 \times 10^{-4}$) ile kanserojen ağız ($1,88 \times 10^{-6}$) ve deri ($1,41 \times 10^{-6}$) yolla çocukların maruz kalma değerleri belirlenmiştir. Yapılan risk değerlendirmesi sonucunda deri yoluyla maruziyetin en yüksek riske ($2,88 \times 10^{-5}$) sahip olduğu belirlenmiştir (Altomare 2020). Yapılan bir çalışmada sadece içme suyunun yutulmasıyla oluşabilecek sağlık riskleri belirlenmiştir. Ancak kanserojen ve kanserojen olmayan risk incelenmemiştir (Kentel ve Aral, 2005).

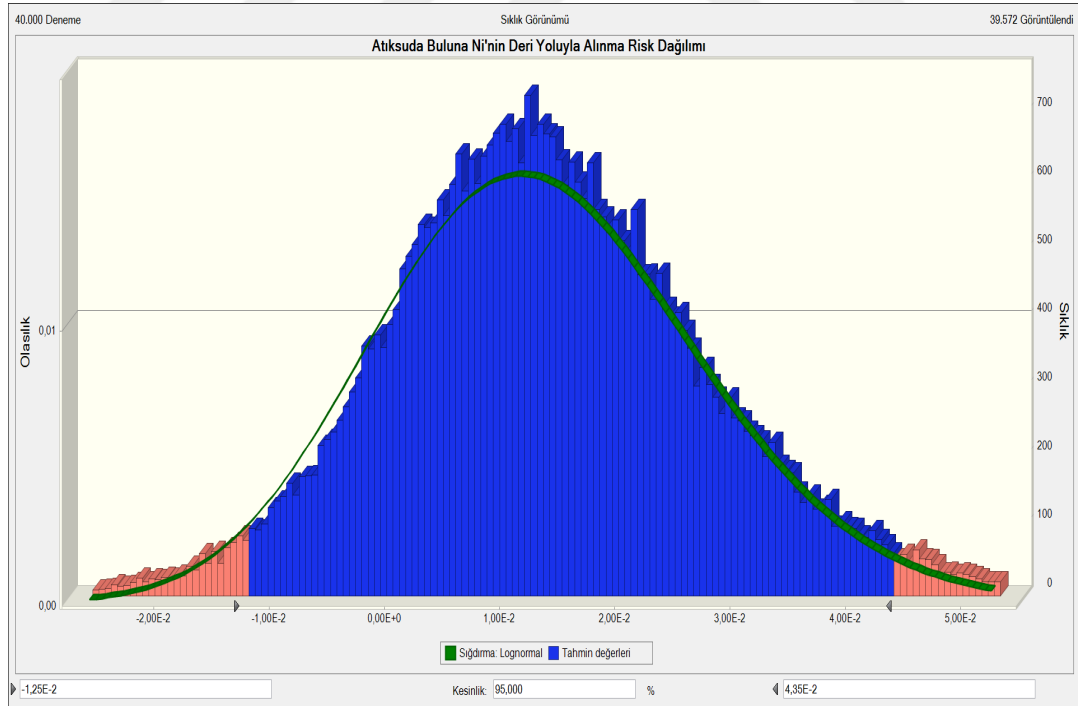
Çizelge 4.29. MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen risk değerleri

İstatistikler		Atıksu (Sindirim Yoluyla)	Atıksu (Deri Yoluyla)	Sintine (Sindirim Yoluyla)	Sintine (Deri Yoluyla)	Toplam
Cr	Ortalama	$2,78 \times 10^{-1}$	$5,07 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-1}$	$6,35 \times 10^{-4}$	$9,80 \times 10^{-1}$
	SP	$3,89 \times 10^{-1}$	$6,97 \times 10^{-4}$	$3,98 \times 10^{-1}$	$7,36 \times 10^{-4}$	$7,89 \times 10^{-1}$
	%95	$2,95 \times 10^{-1}$	$5,32 \times 10^{-4}$	$3,77 \times 10^{-1}$	$6,80 \times 10^{-4}$	$6,47 \times 10^{-1}$
Ni	Ortalama	$5,53 \times 10^{-1}$	$1,26 \times 10^{-2}$	$7,64 \times 10^{-1}$	$1,76 \times 10^{-2}$	$1,39 \times 10^0$
	SP	$6,27 \times 10^{-1}$	$1,39 \times 10^{-2}$	$5,16 \times 10^{-1}$	$1,17 \times 10^{-2}$	$1,17 \times 10^0$
	%95	$5,92 \times 10^{-1}$	$1,33 \times 10^{-2}$	$8,06 \times 10^{-1}$	$1,86 \times 10^{-2}$	$1,43 \times 10^0$
As	Ortalama	$1,12 \times 10^{-1}$	$1,29 \times 10^{-3}$	$1,06 \times 10^{-1}$	$1,20 \times 10^{-3}$	$2,21 \times 10^{-1}$
	SP	$1,45 \times 10^{-1}$	$1,61 \times 10^{-3}$	$1,53 \times 10^{-1}$	$1,73 \times 10^{-3}$	$3,02 \times 10^{-1}$
	%95	$1,21 \times 10^{-1}$	$1,36 \times 10^{-3}$	$1,13 \times 10^{-1}$	$1,27 \times 10^{-3}$	$2,37 \times 10^{-1}$
Ortalamaların Toplamı		$9,82 \times 10^{-1}$	$1,44 \times 10^{-2}$	$1,22 \times 10^0$	$1,95 \times 10^{-2}$	$2,24 \times 10^0$
%95'lerin Toplamı		$1,01 \times 10^0$	$1,51 \times 10^{-2}$	$1,27 \times 10^0$	$2,06 \times 10^{-2}$	$2,31 \times 10^0$

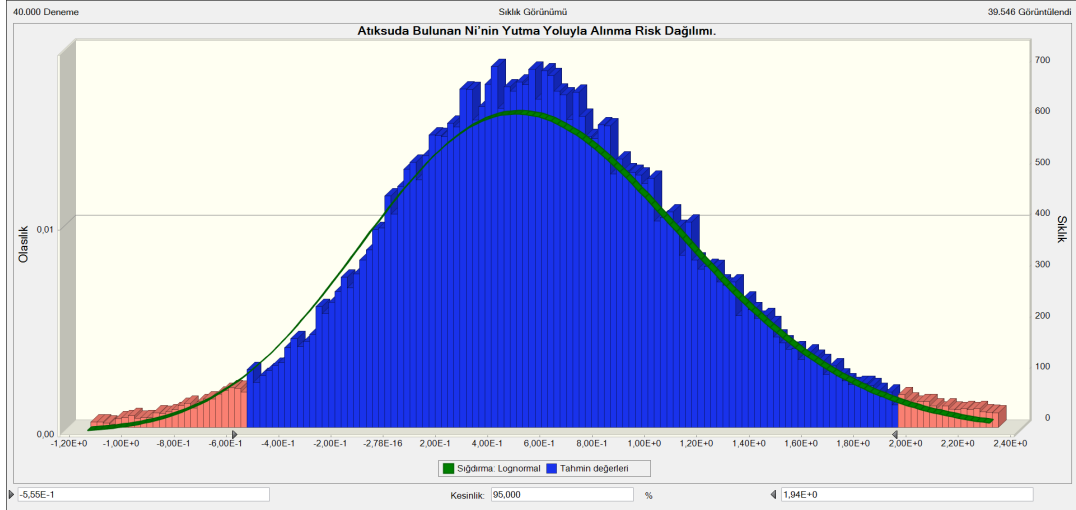


Şekil 4.25. Sintine suyunda bulunan Ni'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı

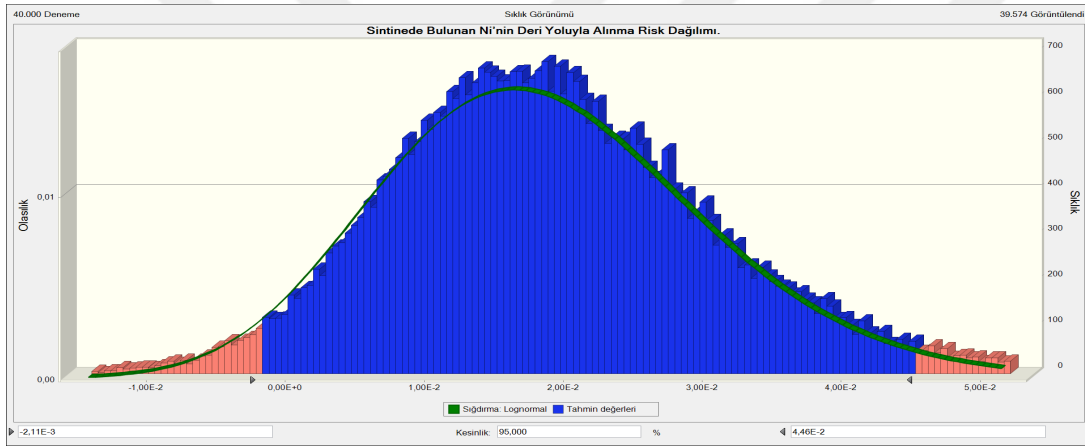
Ağır metallerin atıksudan dermal yol ile alınma riski değerlendirildiğinde sıralamanın $Ni > As > Cr$, atıksudan yutma yoluyla alınma riski ise $Ni > Cr > As$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Sintinedeki ağır metallerin dermal yolla alınma riski $Ni > As > Cr$ ve yutma yoluyla alınma riski $Ni > Cr > As$ olarak sıralanmaktadır.



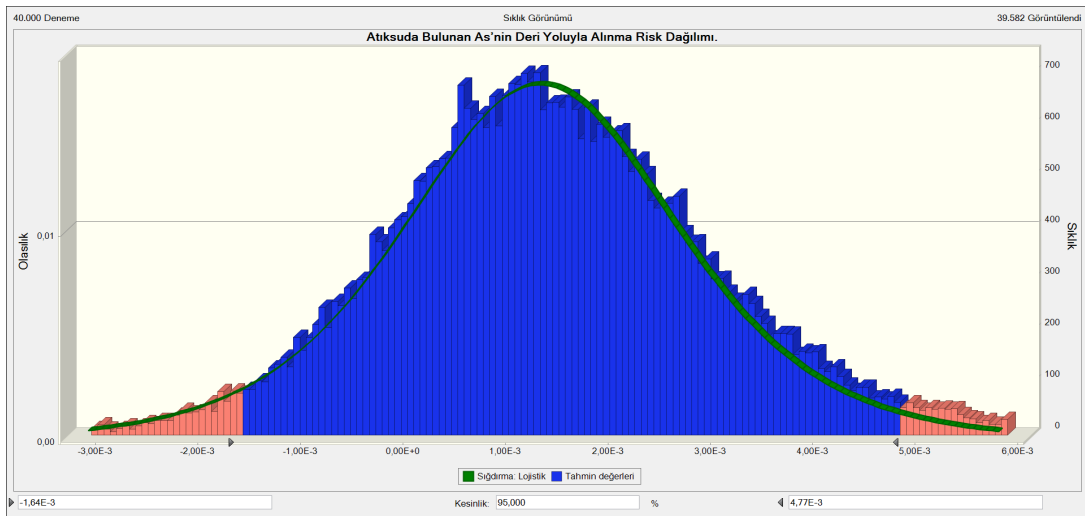
Şekil 4.26. Atıksuda bulunan Ni'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı



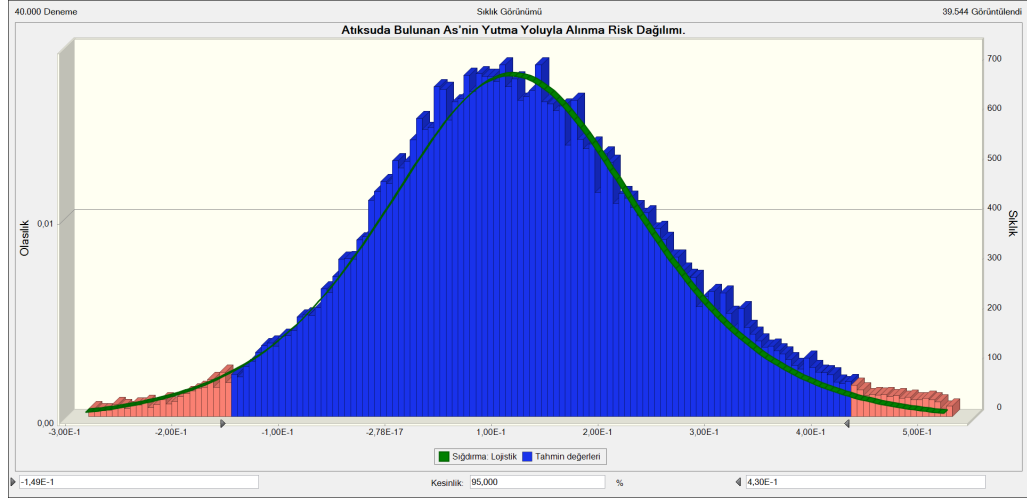
Şekil 4.27. Atıksuda bulunan Ni'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı



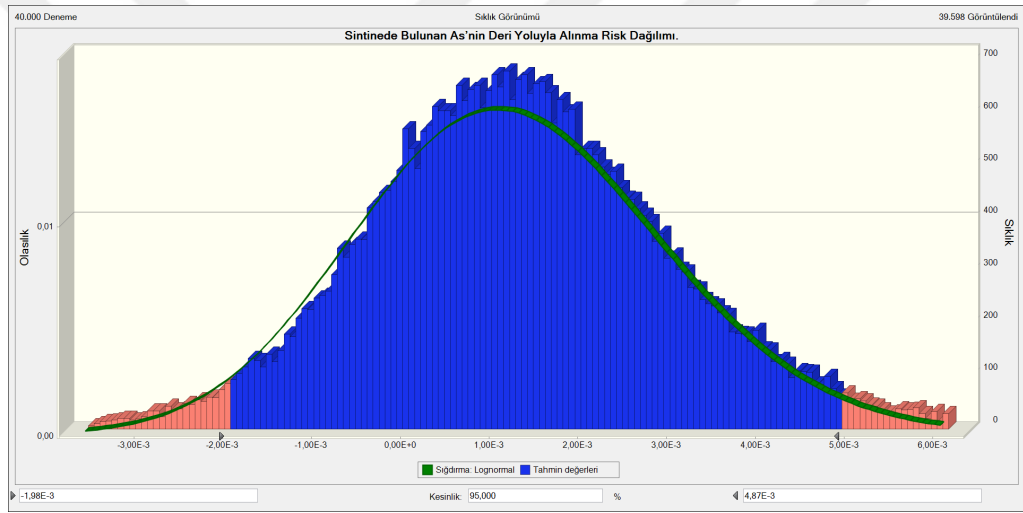
Şekil 4.28. Sintinede bulunan Ni'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı



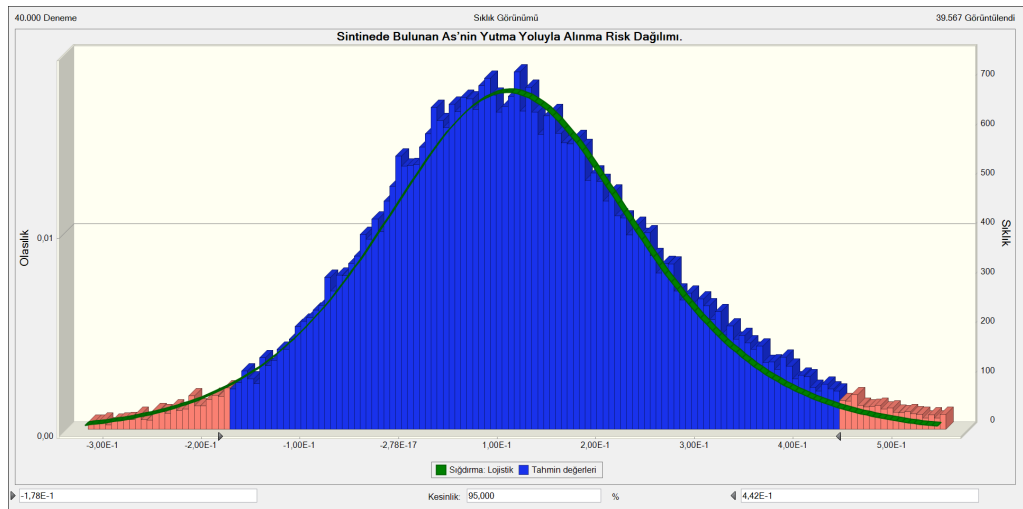
Şekil 4.29. Atıksuda bulunan As'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı



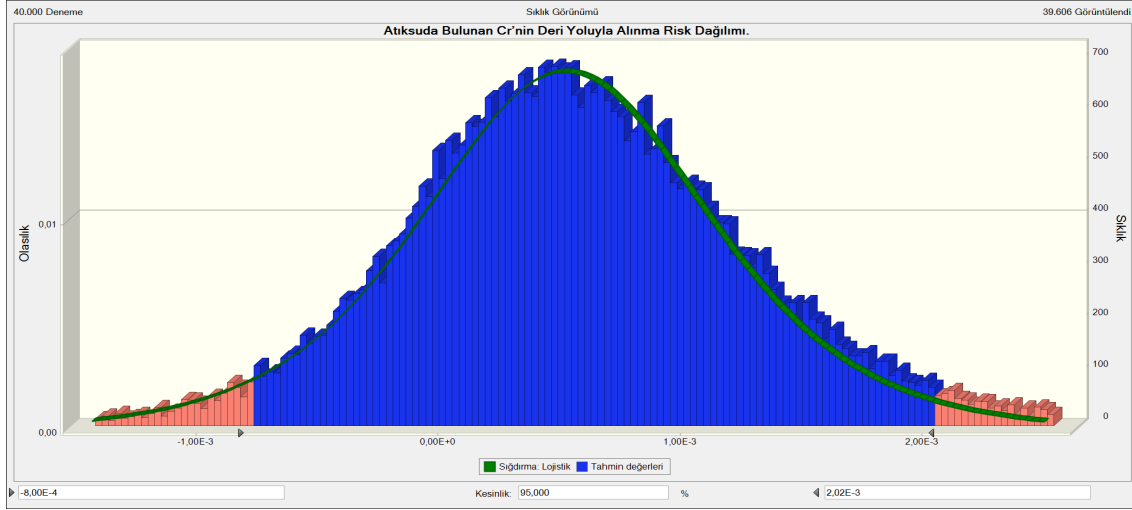
Şekil 4.30. Atıksuda bulunan As'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı



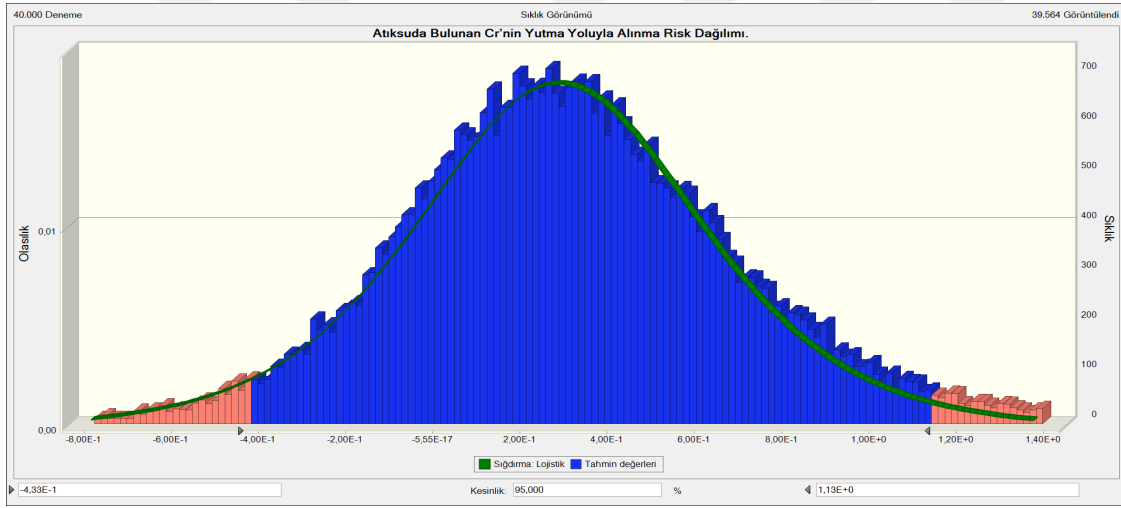
Şekil 4.31. Sintinde bulunan As'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı



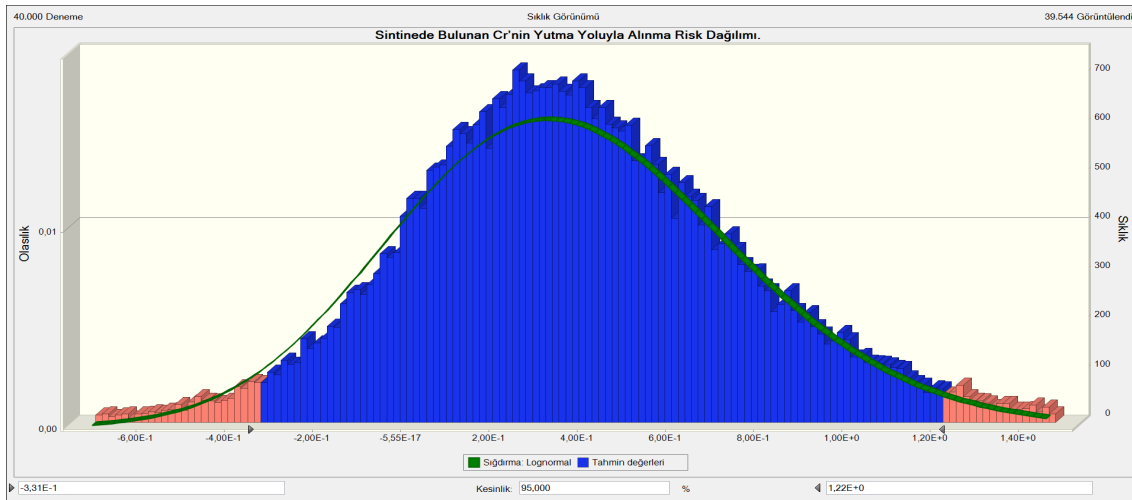
Şekil 4.32. Sintinde bulunan As'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı



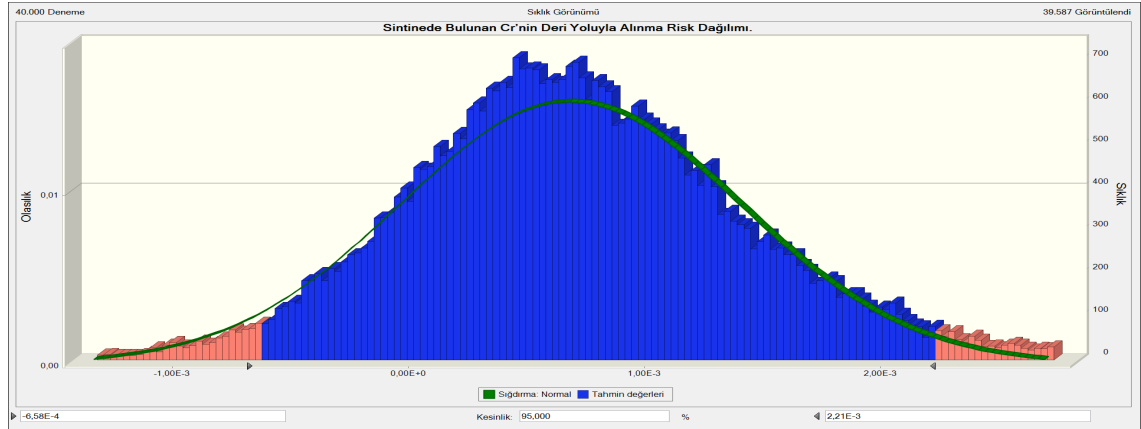
Şekil 4.33. Atıksuda bulunan Cr'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı



Şekil 4.34. Atıksuda bulunan Cr'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı



Şekil 4.35. Sintinede bulunan Cr'nin yutma yoluyla alınma risk dağılımı



Şekil 4.36. Sintinede bulunan Cr'nin deri yoluyla alınma risk dağılımı

Kanserojen Olmayan Risk Dağılımının Belirlenmesi

Sintine, atıksu ve deniz suyu içeriğindeki ağır metallerden kaynaklı MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen olmayan risk değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Bu çalışmada insan sağlığı için en yüksek kanserojen olmayan risk oluşturan ağır metalin sintine suyu içeriğindeki 3,39 ile Hg'nin yutma yoluyla bulaşma riskinin olduğu ve en düşük riskin ise atıksu içeriğindeki $5,12 \times 10^{-5}$ ile Zn'nin deri yoluyla bulaşma riski olduğu belirlenmiştir. Hesaplanan ağır metal kanserojen olmayan riski 1'in üstündeyse olumsuz sağlık etkileri olasılığı ve 1'in altındaysa olumsuz sağlık etkileri olmadığını göstermektedir (USEPA 2011).

Cu, Fe, V, Mn, Ni, Cd ve Pb değerlerinin 1'in altında olduğu ve insan sağlığı açısından olumsuz bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Atıksu içeriğindeki Cr'nin yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin 1,69 mg/L ve sintine içeriğindeki yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin ise 2,85 olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde atıksu içeriğindeki Co'nun yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin 2,56 ve sintine içeriğindeki yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin ise 1,7 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca atıksu içeriğindeki As'nin yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin 3,06 ve sintine içeriğindeki Hg'nin yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin ise 3,4 ile en yüksek riski oluşturduğu belirlenmiştir. Sintine ile atıksu içeriğindeki kanserojen olmayan toplam risk değerleri sıralamasının As> Cr> Co> Hg şeklinde olduğu ve değerlerin kabul edilebilir değer olan 1'in üzerinde olduğundan insan sağlığı riski oluşturduğu belirlenmiştir.

2020 yılında Meishan Körfezi'nde yapılan çalışma, Zn'nin en önemli nedeninin gemi kaynaklı olduğu ve Hg'nin atık sudan kaynaklandığını belirlemiştir (Zhang vd. 2020). Benzer şekilde bu çalışmada da Çizelge 4.5'te verildiği gibi Zn değeri 3,99 mg/L ve Hg değeri 15,11 mg/L olarak ölçülmüştür.

Literatürde birkaç çalışmada, insan faaliyetlerinin denizlerde ağır metal kirliliğine neden olduğunu değerlendirmiştir (Mulsow vd. 2001; Botté vd. 2010; Dessai ve Nayak 2009). Ancak bu çalışmalarda denizdeki ağır metal kirliliğinin hangi insan faaliyetinin kaynaklandığı incelenmemiştir.

Çizelge 4.30. MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen olmayan risk değerleri

İstatistikler		Atıksu Yutma Yoluyla	Atıksu Deri Yoluyla	Sintine Yutma Yoluyla	Sintine Deri Yoluyla	Toplam
Cu	Ortalama	0,0137676	0,0002062	0,0132393	0,000201	0,0274141
	SP	0,023401	0,0003501	0,0213641	0,0003258	0,045441
	95%	0,0147042	0,0002186	0,0139733	0,0002122	0,0291083
Fe	Ortalama	0,0048907	0,0001108	0,0035096	0,00008372	0,0085947
	SP	0,0089712	0,0002109	0,0082978	0,0001897	0,0176696
	95%	0,0052676	0,0001161	0,0036923	0,00008799	0,009164
V	Ortalama	*T/E	T/E	0,8832509	0,0040042	0,8872551
	SP	T/E	T/E	1,5450067	0,0070964	1,5521031
	95%	T/E	T/E	0,9503096	0,0043296	0,9546392
Cr	Ortalama	1,5938608	0,0071553	2,5847651	0,0121605	4,1979417
	SP	4,188305	0,0191794	4,7227134	0,0216054	8,9518031
	95%	1,6869873	0,0074531	2,8437182	0,0130773	4,5512359
Mn	Ortalama	T/E	T/E	0,0595795	0,0016197	0,0611993
	SP	T/E	T/E	0,1261246	0,0034331	0,1295577
	95%	T/E	T/E	0,0627949	0,0017668	0,0645617
Co	Ortalama	2,3599987	0,0281829	1,5710246	0,0149318	3,974138
	SP	3,4128698	0,0251617	2,8270833	0,0256707	6,2907855
	95%	2,5563837	0,0299013	1,6919398	0,0156585	4,2938832
Ni	Ortalama	0,0594741	0,0001952	0,0335937	0,0001138	0,0933768
	SP	0,1267451	0,00043	0,0948059	0,0003226	0,2223036
	95%	0,0642419	0,0002052	0,0354411	0,0001242	0,1000124
Zn	Ortalama	0,0037113	0,00004852	0,00574773	0,00008319	0,0095908
	SP	0,0066415	0,00009076	0,00714253	0,00009647	0,0139712
	95%	0,0039896	0,00005117	0,00621947	0,00008655	0,0103468
As	Ortalama	2,7818464	0,0341568	2,9126479	0,0326103	5,7612614
	SP	5,6162113	0,0622389	5,5312011	0,0622638	11,271915
	95%	3,0538807	0,0357044	3,0963149	0,0344657	6,2203658
Cd	Ortalama	0,0241106	0,0056022	0,0357484	0,0082488	0,07371
	SP	0,035465	0,0080373	0,0334968	0,0076138	0,0846128
	95%	0,0254578	0,0058554	0,0381872	0,0088543	0,0783547
Hg	Ortalama	T/E	T/E	3,2346663	0,2038807	3,438547
	SP	T/E	T/E	6,8524151	0,4456866	7,2981017
	95%	T/E	T/E	3,3915152	0,2157773	3,6072926
Pb	Ortalama	0,3546892	0,0004249	0,4727835	0,001375	0,8292725
	SP	0,7098101	0,0008595	0,8127913	0,0023161	1,525777
	95%	0,3761364	0,0004584	0,5045601	0,0014653	0,8826202
Ortalama Toplam		7,1963494	0,0760828	11,810557	0,2793127	19,362301
%95'in Toplamı		7,7870494	0,0799637	12,638666	0,2959057	20,801585

* T/E: Tespit edilmemiştir.

Kuzey Akdeniz'de yapılan çalışmada Hg, Zn, Cd ve Cu ağır metal kirliliğinin limanlardaki gemi faaliyetlerinden kaynaklanabileceği belirlenmiştir (Unep/Map. 2012). Benzer şekilde bu çalışmada da Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi Hg, Zn ve Cu değerleri kabul edilebilir sınırların üzerinde ölçülmüştür (WHO 2011; YSKY 2016). Bu nedenle bu çalışmada elde edilen ağır metal kirlilik değerlerinin gemilerden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi ağır metallerin neden olduğu bu çevresel risk, insan sağlığı için de ciddi bir risk oluşturabilir. Bu çalışma, insanların Akdeniz'deki gemilerden kaynaklanabilecek ağır metallere maruz kalmalarının sağlık açısından risk oluşturabileceğini belirlenmiştir. Ancak gemilerden kaynaklı sintine ile atıksuların deniz suyundaki ağır metaller üzerindeki etkileri Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilen çalışmalarda araştırılmamıştır.

Bu nedenle çalışma, deniz suyuna deşarj edilen sintine ve atık suların insan sağlığı üzerinde oluşturduğu riski inceleyen ilk çalışmadır. Bu çalışmanın sonuçlarını daha iyi anlamak amacıyla önümüzdeki yıllarda bu sonuçlar referans alınarak daha detaylı çalışmalar yapılmasının çok önemli olduğu sonuçlardan anlaşılmaktadır.

4.7.2. Atıkların miktarı riski

Antalya Körfezi'nde materyal ile metot bölümünde belirtilen bölgede 01 Ocak 2019-15 Eylül 2021 tarihleri arasında seyir yapan gemiler ait tip, makine gücü, tonaj ve boyut bilgileri gemilerin AIS sisteminden alınan bilgileri kaydeden firmadan hizmet alımı temin edilmiştir. Atıksuların hesaplanmasında kullanılmasına ihtiyaç duyulan personel sayısı bilgisi gemi adamları yönergesine göre makina ve tonaj bilgileri kullanılarak belirlenmiştir. Temin edilen verilerde toplam 1.261 farklı gemi ile 5.533 adet gemi hareketinin olduğu görülmüştür.

AIS sistemi bölgesel olarak gemilerden kaynaklı atıksu miktarının tahmininde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Shu vd. 2015). Chen vd. (2019b) tarafından yapılan çalışmada AIS bilgileri kullanılarak farklı bölgelerdeki atıksu miktarları hesaplanmıştır. Ancak bu çalışmada olduğu gibi farklı tipteki gemiler için hesaplama yapılmamıştır. Parks vd. (2019) tarafından Berling denizi bölgesinde seyir yapan gemilerin seyirleri esnasında ürettiği ortalama atıksu miktarı farklı tiplerdeki gemiler için AIS bilgileri kullanılarak hesaplanmıştır. Yteberg vd. (2020) tarafından Baltık denizindeki gri su miktarı AIS ve STEAM (Ship Traffic Emission Assessment Model) kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmalarda sadece belli tip gemiler veya belli tip gemilerin o bölge için ürettiği atık miktarları hesaplanmıştır.

Bir gemide bulunabilecek personel sayısı Gemi adamlarının Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Standartları Sözleşmesine (STCW) (IMO 2017) istinaden çıkarılan "Gemi adamları Yönetmeliği" (Resmî Gazete 2018) kapsamında 'Gemilerin Gemi Adamları ile Donatılmasına İlişkin Yönerge (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2014)'deki tablolardan geminin tipi, sefer bölgesi ve geminin büyüklüğü (gros tonaj) bilgileri kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu kapsamda bir gemide bulunabilecek en az personel sayısı özel tekneler hariç 2 kişi ve en fazla personel sayısı ise yük ile yolcu gemiler için en fazla 17 kişi olduğu bahse konu mevzuata göre belirlenmiştir. Ancak yolcu gemilerindeki kişi sayısı seyir durumuna göre çok farklılık gösterdiğinden dikkate alınmamıştır. Sadece yolcu kapasiteleri temin edilen verilerde bulunan yolcu gemileri için yolcu sayısı hesaplamalara dahil edilebilmiştir.

2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'ndeki liman atık alım tesisleri tarafından toplanan atık bilgileri Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğünden alınmış ve Çizelge 4.31'de verilmiştir. Antalya Körfezi'nde 2019-2021 yılları arasında 8.060 gemiden 3.003 m³ sintine, 14.462 m³ atıksu ve 6.831 m³ katı atık

toplandığı görülmektedir. Gemi başına düşen ortalama atık miktarına baktığımızda 0,38 m³ sintine, 1,8 m³ atıksu ve 0,85 m³ katı atık toplandığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde gemilerden toplanan atıklar

	2019	2020	2021	Toplam	Gemi Başına Ortalama Atık Miktarı
Gelen Gemi Sayısı	8.385	2.776	1.989	13.150	-
Atık Veren Gemi Sayısı	5.610	1.128	1.322	8.060	-
Sintine (m³)	1.813,13	346,88	842,55	3.003	0,38
Atıksu (m³)	5.221,56	826,5	8.414,27	14.462	1,8
Katı Atık (m³)	5601,6	489,01	739,99	6.831	0,85

4.7.2.1. Sintine miktarının hesaplanması

Bir geminin üretebileceği sintine miktarı makine gücü ve seyir yaptığı gün sayısı materyal ve metot bölümünde verilen formül aşağıdaki şekilde seyir yaptığı gün sayısı da eklenerek yeniden düzenlenerek hesaplanmıştır.

Materyal ve metot bölümünde belirtildiği gibi bir çalışmada bir geminin üreteceği sintine miktarı hesaplanırken Jalkanen vd. (2020) tarafından kullanılan formül bu çalışmada yeniden düzenlenerek aşağıdaki şekilde kullanılmıştır;

$$b_{\text{yolcu}} = (0.1313p + 373.4) \times t \quad (4.1)$$

$$b_{\text{diğer}} = (0.0247p + 154.4) \times t \quad (4.2)$$

Burada t geminin seyir yaptığı gün sayısını, p geminin makine gücünü (kW), b_{yolcu} (L/gün) yolcu gemilerinin ürettiği sintine miktarını ve b_{diğer} (L/gün) yolcu gemileri dışında kalan gemilerin ürettiği sintine miktarını ifade etmektedir.

Çalışmada temin edilen gemi bilgilerinden makine gücü ve seyir yaptığı gün sayısı bilgileri kullanılarak 2019-2021 tarihleri arasında Antalya Körfezi'nde her geminin oluşturduğu sintine miktarı hesaplanmış ve Çizelge 4.32'de verilmiştir. Gemi başına düşen ortalama sintine miktarına göre en yüksek miktarda sintine 7,67 m³ ile yolcu gemileri ve en düşük miktar ise 0,21 m³ ile yat tipi gemiler olmuştur.

Bir geminin üretebileceği sintine miktarı konusunda yapılan çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve Çizelge 4.33'te verilmiştir. EMSA (2016) ile Tomaszewska vd. (2005) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında en yüksek sintine üretim değerlerinin bu çalışmaya göre çok yüksek olduğu ancak gemi tipine göre hesaplama yapılmadığı belirlenmiştir. Literatürde sadece Onwuegbuchunam vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada birkaç gemi tipine göre sintine miktarının hesaplandığı ve hesaplanan değerlerin yıllık olduğu görülmektedir. Diğer çalışmalarda da çizelge 4.33'te görüldüğü

üzere belli bir gemi tipine, gemi tonajına ve makine gücüne göre sintine suyu miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.32. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi'nde gemilerden kaynaklı oluşan sintine miktarı

Gemi Tipi	Gemi Sayısı	Ortalama Makine Gücü (kW)	Bir Geminin Ortalama Sintine Üretim Miktarı(m ³)	Toplam Sintine Miktarı (m ³)
Balıkçı	155	1739,06	0,67	104,06
Tanker	84	7310,61	3,45	288,97
Hizmet Gemileri	43	1108,47	0,49	21,39
Yolcu	22	3012,9	7,67	168,9
Kargo	577	4310,69	1,12	649,72
Yat	320	832,6	0,21	65,47
Konteyner	60	13745,38	5,83	349,35
Toplam	1261	-	-	1647,86

Antalya Körfezi'nde 2019-2021 yıllarında toplanan sintine atık miktarı 3.000 m³ ve gemi başına düşen miktarın 0,38 m³ olduğu Çizelge 4.32'de görülmektedir. Bu çalışmada hesaplan toplam sintine atık miktarı 1.647 ve gemi başına üretilen sintine miktarının ise 0,21-7,67 m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Hesaplanan sintine atığı miktarının toplanan miktardan değerden az olmasının nedenleri;

- Gemilerin hesaplanan bölgeye girmeden önce atığın olmadığı kabul edilmesi,

- AIS sistemine sahip olmayan (10 metreden küçük özel tekneler, boyu 15 metreden küçük balıkçı tekneleri ve 12'den az yolcu taşıyan yolcu gemileri) gemilerin verilerinin bulunamaması,

- Teknik nedenlerle veya yasa dışı faaliyet icra eden gemilerin AIS sistemlerini kapatmasından dolayı verilerinin olmaması

olduğu değerlendirilmektedir.

Ancak Antalya Körfezi'nde toplanan atık miktarının gemi başına düşen 0,38 m³ lük değerin çok düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca toplanan atığın hangi gemi tarafından ne zaman verildiği ve en son atığı ne zaman verdiği kayıtları bulunmadığından verilerin sağlıklı olamadığı değerlendirilmektedir.

Antalya Körfezi için MCS kullanılarak yapılan sintine miktarı hesabında gemi başına 0,78 ile 3,16 m³ değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak 2019-2021 yılları arasında oluşacak sintine miktarının 1261 gemi için yapıldığında toplam sintine atığı miktarının 983,58-3984,76 m³ arasında değişeceği belirlenmiş ve elde edilen bu sonucun toplanan atık miktarına çok yakın olduğu görülmektedir. Sonuç olarak MCS yöntemi ile yapılan sintine atığı miktarı hesabının gerçeğe yakın sonuç verdiği de belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Gemilerin üreteceği sintine miktarı konusunda yapılan çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Sıra No	Kaynak	Gemi Tipi	Sintine Suyu Miktarı	Bu Çalışma
1	National Research Council 2003.	Makine gücüne göre hesaplanmıştır.	0,34-18,9 L/gün	0,21-7,67 m ³
2	EMSA 2016.	Her gemi için	0,01-13 m ³ /gün	0,21-7,67 m ³
3	De Osés, F. X. M. 2006.	Gemi tonajına göre hesaplanmıştır.	0,31-1,25 m ³ /1.000 dwt / Ay	0,21-7,67 m ³
4	Andersson vd. 2016.	20.000 HP	19 L/gün	0,21-7,67 m ³
5	Caric 2016.	3.000 yolcu kapasiteli yolcu gemisi	10 L/gün	0,21-7,67 m ³
6	Kallel vd. 2017.	3.960 KW, 4.163 Grt, 100 m, 14 Mürettebat	1 m ³ /ay	0,21-7,67 m ³
7	Onwuegbuchunam, Ebe, Okoroji ve Essien 2017.	Kargo Gemisi	3,7 m ³ (yıllık)	1,12 m ³
		Tanker	4 m ³ (yıllık)	3,45 m ³
		Römorklar	3,5 m ³ (yıllık)	0,49 m ³
		Yolcu Gemileri	1,8 m ³ (yıllık)	7,67 m ³
8	Tomaszewska vd. 2005.	Her Gemi	0,5–50 m ³ /gün	0,21-7,67 m ³

Özet olarak literatür incelendiğinde sintine atığı konusunda bir geminin üretebileceği sintine miktarı hesaplanmıştır. Ancak hassas alanları da içeren bir bölge için her gemi tipine göre hesaplama yapılan çalışmaya rastlanılmamıştır.

4.7.2.2. Atıksu miktarının hesaplanması

Bir geminin üretebileceği atıksu miktarı gemideki personel sayısı, yolcu sayısı ve seyir süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bir geminin seyir bölgelerindeki bekleme süresi ile yolcu gemisindeki kişi sayısını kullanarak, üretilen siyah ve gri atık su miktarı materyal metot bölümünde belirtilen Perić ve Račić (2019) tarafından geliştirilen formül ile hesaplanmıştır.

Antalya Körfezi'nde 2019-2021 yılları arasında seyir yapan gemilerin temin edilen bilgilerinden makine gücü ve tonaj bilgisi kullanılarak minimum personel sayısı gemi adamları yönergesine göre hesaplanmıştır.

Her gemi tipi için oluşacak siyah ve gri su miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan siyah su miktarı Çizelge 4.34'te verilmiştir. Çalışmada gemi tipine göre hesaplanan siyah su miktarında kişi başına siyah su üretimi 0,015 m³/gün/kişi olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.35'te verilen literatürdeki siyah su üretimi konusunda yapılan çalışmaların ortalaması 0,045 m³/gün/kişi olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kişi başı hesaplamalarda kullanılan değerin literatürde hesaplananın değerin üçte biri olduğu

görülmektedir. Buna rağmen 2019-2021 yılları için hesaplanan toplam siyah su miktarı 33.837, 45 m³ olup Antalya’da aynı yıllarda toplanan toplam atıksu miktarı ise 14.462 m³ olup bu miktara gri su eklenmemiştir. Bilindiği üzere MARPOL 73/78’e göre siyah sular 3 deniz milinden itibaren arıtılarak ve 12 deniz milinden itibaren ise arıtılmadan denize deşarj edilebilmektedir. Ayrıca sintine suların miktarın hesaplanması bölümün de belirtildiği üzere bu bölgede seyir yapan tüm gemilerin de bilgilerine de teknik sebeplerden ulaşılamadığından hesaplanan miktarın çok daha büyük olabileceği tahmin edilmektedir. Ancak Antalya Körfezi’nde hesaplanan siyah su miktarının yaklaşık %43’ü limanlardaki atık alım tesisine verilmiş kalan %57’lik kısım ise denize deşarj edilmiştir. Bu nedenle siyah suların içeriğindeki kirleticilerin Antalya Körfezi için risk oluşturabileceği değerlendirilmektedir.

Hesaplanan gri su miktarı Çizelge 4.36’da verilmiştir. Çalışmada gemi tipine göre gri su miktarı hesaplanırken kişi başına gri su üretimi 0,0013 m³/gün/kişi olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.37’de verilen literatürdeki siyah su üretimi konusunda yapılan çalışmaların ortalaması 0,164 m³/gün/kişi olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada kişi başı hesaplamalarda kullanılan değerin literatürde hesaplananın değerden ciddi derecede düşük olduğu görülmektedir. Buna rağmen 2019-2021 yılları için hesaplanan toplam gri su miktarı 4.609,88 m³ olmuştur. Bu miktar ile toplam Antalya körfezi için hesaplanan atıksu miktarının 42.279,99 m³ olduğu belirlenmiştir. Bu miktar, Antalya Körfezi’nde toplanan atıksu miktarının 3 katıdır. Sonuç olarak her ne kadar MARPOL 73/78’e göre daha önce belirtildiği gibi belli şartlarda atıksu deşarj edilebilse de bu miktar Antalya Körfezi için gemilerden kaynaklı atıksuların ciddi bir kirlilik riski oluşturduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.34. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi’nde gemilerden kaynaklı hesaplan siyah su miktarı

Gemi Tipi	Gemi Sayısı	Ortalama Yolcu ve Mürettebat Sayısı	Gemi Başına Üretilen Ortalama Siyah Su Miktarı(m ³)	Toplam Siyah Su Miktarı (m ³)
Balıkçı	155	2,6	0,013	1.880,25
Tanker	84	14,39	0,09	7.495,46
Hizmet Gemileri	43	3,54	26,65	1.145,91
Yolcu	22	132,55	129,89	2.857,19
Kargo	577	13,25	31,9	18.403,60
Yat	320	1,7	3,87	1.238,75
Konteyner	60	15,39	60,82	3.648,95
Toplam	1261	-	-	36.670,11

Çizelge 4.35. Siyah su miktarı konusunda yapılan çalışmaların özeti

Sıra No	Kaynak	Gemi Tipi	Kişi Başı Oluşan Siyah Su Miktarı (m ³ /gün/kişi)
1	AIDA (2019)	-	0,029
2	Parks vd. (2019)	-	0,034
3	Corporation ve PLC (2018)	-	0,065
4	Vicente-Cera vd. (2015)	-	0,034
5	EPA (2008)	-	0,032
6	Copeland (2008)	-	0,038
7	Butt (2007)		0,035
8	Furstenberg vd. (2009)	Kargo	0,086
		Yolcu	0,033
		Tankerler	0,037
		Hizmet Gemileri	0,062
Ortalama			0,045

Svaetichin ve Inkinen (2017) tarafından Baltık denizinde yapılan çalışmada 2.000-3.000 yolcu ile 300 mürettebatı olan yolcu gemilerinin seyir yaptığı belirlenmiştir. Kotrikla vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada 3.600 yolcuya sahip yolcu gemilerinin haftada 2.358 m³ atıksu ürettiği belirlenmiştir. Butt (2007) tarafından yapılan çalışmada yolcu gemilerinden kaynaklı atıksuların limanlarda azaltılması konusunda ve liman atık alım imkanlarını incelemiştir. Görüldüğü çalışmalarda sadece yolcu gemileri tarafından oluşturulan siyah su miktarları incelenmiştir. Çizelge 4.91’de özetlenen çalışmalarda da kişi başı üretim hesaplanmış sadece Furstenberg vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada gemi tiplerine göre siyah su miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca yapılan çoğu çalışmada atıksu miktarı bilgileri liman yöneticilerinden alındığında çok doğru bilgiler olmadığı değerlendirilmektedir. Benzer şekilde de bu çalışmada Antalya Körfezi’nde toplanan siyah su miktarı ile hesaplanan arasında büyük bir fark çıkmasının da bu sebepten kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.36. 2019-2021 yılları arasında Antalya Körfezi’nde gemilerden kaynaklı hesaplan siyah su miktarı

Gemi Tipi	Gemi Sayısı	Ortalama Yolcu ve Mürettebat Sayısı	Gemi Başına Ortalama Üretilen Gri Su Miktarı(m ³)	Toplam Gri Su Miktarı (m ³)
Balıkçı	155	2,6	0,0016	236,37
Tanker	84	14,39	0,09	942,27
Hizmet Gemileri	43	3,54	3,36	144,05
Yolcu	22	132,55	16,33	359,19
Kargo	577	13,25	4,01	2.313,55
Yat	320	1,7	0,49	155,73
Konteyner	60	15,39	7,65	458,72
Toplam	1.261	-	-	4.609,88

2010-2014 yılları arasında Helsinki ve Stockholm limanlarında toplanan atıksu miktarı 29,679-63,528 m³ arasında değişirken Copenhagen ve Tallinn limanlarında 3,216-14,631 m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Shu vd. (2022) tarafından Shenzhen ile Hong Kong limanlarında gemilerin AIS bilgileri kullanılarak yapılan çalışmada, 9,97 x 10⁷ m³'ü gri ve 2,13x 10⁷ m³'ü ise siyah su olmak üzere toplam 12,1 x 10⁷ m atıksu üretildiği belirlenmiştir. Ancak çalışmada gros tonaj bilgisi AIS bilgileri ile temin edilemediğinden gemi adamları hesaplanırken gros tonaja göre fonksiyon üretilerek gemi adamı sayıları tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.37. Gri su miktarı konusunda yapılan çalışmaların özeti

Sıra No	Kaynak	Gemi Tipi	Kişi Başı Oluşan Gri Su Miktarı (m³/gün/kişi)
1	AIDA (2019)	-	0,352
2	Seabourn (2018)		0,104
3	Kotrikla et al. (2021)		0,093
4	Parks vd. (2019)	-	0,170
5	Corporation ve PLC (2018)	-	0,146
6	Vicente-Cera vd. (2015)	-	0,083
7	Caribbean (2014)		0,208
8	EPA (2008)	-	0,254
9	Copeland (2008)	-	0,180
10	Furstenberg vd. (2009)	Kargo	0,119
		Yolcu	0,157
		Tankerler	0,105
		Hizmet Gemileri	0,153
Ortalama			0,164

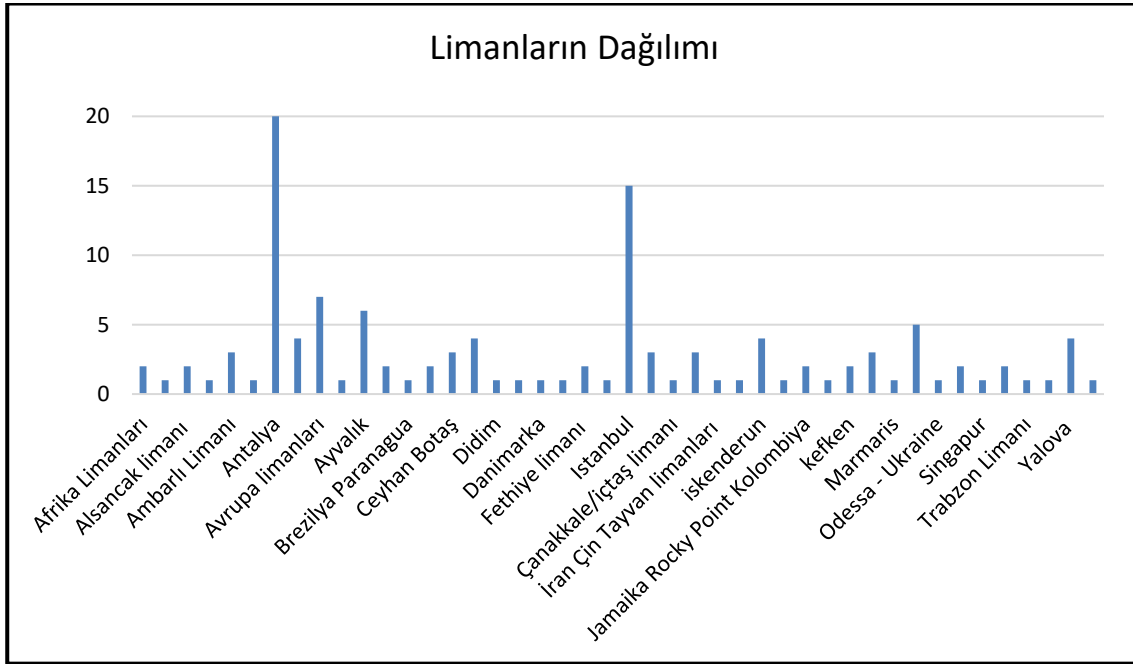
Bahse konu çalışmalarda da görüldüğü üzere atıksu miktarının miktarı limandan limana farklılık gösterdiği ve literatürdeki diğer çalışmaların kişinin ürettiği atıksu miktarını hesapladığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak gemi tipine göre hesaplama yapıldığından her bölgeye ve gemi tipine uygulanabilir bir atıksu hesaplama yöntemi önerdiği düşünülmektedir.

4.7.3. Anket değerlendirmesi

Gemilerden kaynaklı atıkların yönetimi konusunda limanlardaki ihtiyaçları belirleyerek uygulanabilir mevzuat ve yapısal öneriler oluşturmak amacıyla anket uygulanmıştır.

Hazırlanan anket denizcilik şirketleri, denizcilik fakülteleri, denizcilik yüksek okulları ve liman yöneticileri üzerinden gemi ile limanda çalışan personele GOOGLE FORMS (Ek 5'te verilmiştir) bağlantı linki paylaşılarak ulaştırılmıştır. Ankete toplam 123 kişi katılmış olup anketler IBM SPSS®25 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Katılımcıların %20'si olan 25 kişi anketi yurt dışı limanları ve geri kalanlar ise Türkiye bulunan farklı limanlar için doldurmuştur. Bundan dolayı bu anket çalışması gemilerden kaynaklı atıkların yönetimi konusunda sadece bir ülke veya bölgeyi değil dünyanın birçok yerinde olan ihtiyaçları belirlemeye çalışmıştır. Ankete katılanların limanlara göre

dağılımın grafiksel gösterimi Şekil 4.37’de verilmiştir. Türkiye limanlarında en çok katılımcının oluştuğu şehir 20 kişi ile Antalya olup onu 15 kişiyle İstanbul takip etmektedir.



Şekil 4.37. Katılımcıların anketi doldurdukları limanlara göre dağılımı

Anket sonuçları liman çalışanlarının verdiği cevaplar ile gemi çalışanlarının cevapları olarak değerlendirilmiştir. Katılımcıların görevi ve çalıştıkları gemi tipine göre Çizelge 4.38’de verilen 7 konuda değerlendirme yapılarak analiz edilmiştir.

Katılımcıların limanı kullanırken yaptıkları görev ve hangi gemi tipinde çalıştıklarına dair sayısal veriler Çizelge 4.39’da verilmiştir. Gemi tipine göre incelendiğinde en fazla katılımcının 59 kişi ile konteyner gemisinin olduğu görülmektedir. Deniz ticaret odası verilerine göre de dünya gemi ticaret filosunun en büyük pay %48 ile konteyner gemilerindedir (DTO 2022).

Çizelge 4.38. Ankette görev ve gemi tipine göre değerlendirilen konular

Sıra No:	Karşılaştırılan Konular
1	Gemilerden Kaynaklı Atıklar
2	Liman Çevre Yönetimi
3	Liman Gelişim, Yönetim Planı
4	Liman Çevre Yönetimi Dahil Olma
5	Çevre Sorunları Konusundaki Performans
6	Çevre Sorunları
7	Liman Çevre Sorunlarının İyileştirilmesi

Çizelge 4.39. Görev ve gemi tipine göre katılımcıların sayıları

Görev	Gemi tipi	Kişi sayısı
Liman çalışanı	-	40
Gemi Çalışanı	Konteyner	59
Gemi Çalışanı	Gezi teknesi	6
Gemi Çalışanı	Tanker	8
Gemi Çalışanı	Yat	7
Gemi Çalışanı	Yolcu	3
Toplam	123	

Ankette katılımcılara gemilerden kaynaklı atıkların yasa dışı olarak denize deşarj edilmesi konusunda sorulan sorulara ilişkin istatistiki bilgiler Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Anketin bu bölümünde katılımcılar birden fazla atık seçeneğini işaretleyebileceği şekilde soru hazırlanmıştır.

Katılımcılardan gemi çalışanlarının büyük kısmının sintine, atıksu, kirli balast suları ve yemek atıklarının denize yasa dışı olarak deşarj edildiğini söylemişlerdir. Benzer şekilde liman çalışanları da sintine ve atıksuyun gemilerden tarafından denize deşarj edildiğini belirtmişlerdir. Gemi çalışanlarının limanları kullanırken çalıştıkları gemi tipine göre atıkların yasa dışı olarak denize deşarj edilmesi konusunda verdikleri yanıtlar Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Gemi çalışanlarından konteyner gemisinde görevli olanların büyük bir bölümü sintine, atıksu, kirli balast ve yemek atıklarının denize deşarj edildiğini söylemişlerdir. Gezi teknesi ve yat çalışanlarının da hepsi sintine atığının ve büyük bir çoğunluğu da atıksuyun yasa dışı olarak denize deşarj edildiğini belirtmişlerdir. Yolcu gemisi çalışanları sintine, atıksu ile tuvalet ve lavabo sularının ve tanker gemisi çalışanlarının büyük çoğunluğu kirli balast sularının yasa dışı olarak denize deşarj edildiğini beyan etmişlerdir.

Çizelge 4.40. Yasa dışı olarak denize deşarj edilen atıkların dağılımı

Atık	Gemi Çalışanı		Liman Çalışanı	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Atıksu	40	80,0%	10	20,0%
Çamaşır Makineleri	1	100,0%	0	0,0%
Kirli Balast Suları	40	85,1%	7	14,9%
Plastik Atıklar	22	84,6%	4	15,4%
Sintine	46	79,3%	12	20,7%
Slaç	13	76,5%	4	23,5%
Slop	6	66,7%	3	33,3%
Tuvalet ve Lavabo Suları	1	100,0%	0	0,0%
Yemek Atıkları	42	91,3%	4	8,7%

Görüldüğü üzere liman çalışanı ile gemide görevli katılımcıların büyük çoğunluğunun gemilerden kaynaklı atıklardan sintine, atıksu ve yemek atıklarının denize yasa dışı deşarj edildiğini belirtmişlerdir. Bunun sonucunda da limanlarda bahse konu atıkların yönetimi ve kontrolü konusunda eksiklikler olduğu bu konularda tedbirler alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Katılımcılara kullandıkları veya çalıştıkları limanların çevre yönetimi olup olmadığı konusunda sorulan sorulara verdikleri yanıtların sayısal bilgileri Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Yasa dışı olarak denize deşarj edilen atıkların gemi tiplerine göre dağılımı

Atık	Konteyner Gemisi	Gezi Teknesi	Tanker Gemisi	Yat	Yolcu Gemisi
Katılımcı Sayısı	58	4	7	7	3
Atıksu	30	3	2	4	1
Çamaşır Makineleri	0	0	1	0	0
Kirli Balast Suları	31	2	5	2	0
Plastik Atıklar	15	4	1	1	0
Sintine	32	4	2	7	1
Slaç	9	2	1	1	0
Slop	2	2	2	0	0
Tuvalet ve Lavabo Suları	0	0	0	0	1
Yemek Atıkları	34	4	2	0	2

Anketin bu bölümünde de katılımcıların limanın çevre yönetimi konusundaki bilgi ve farkındalığını ölçmek amacıyla sorular hazırlanmıştır. Gemi çalışanların büyük bir kısmının limanın çevre yönetimi konusundaki sorulara verdiği cevaplarda limanın çevre yönetimi politikasının olduğunu ve bunu uyguladığını belirtmişlerdir. Liman çalışanlarının verdiği cevaplara incelendiğinde ise büyük bir kısmının limanın çevre yönetimi olmadığını veya bilmediklerini beyan etmişlerdir.

Her ne kadar gemi çalışanlarının çoğu limanın çevre politikası olduğunu söyleseler de liman çevre yönetimi konusunda uluslararası bir standart olan ISO 14001 olup olmadığı sorusuna büyük bir kısmı hayır veya bilmiyorum cevabını vermişlerdir. Dolayısıyla liman çevre yönetim politikası olsa bile bunun tam olarak uygulanıp uygulanmadığı konusunda limandan yararlanan paydaşlar ve liman çalışanlarının bilgilerinin olmadığı değerlendirilmektedir. Limanın çevre etki değerlendirilmesi konusunda yöneltile soruya da gemi çalışanlarının büyük bir kısmı hayır veya bilmiyorum cevabını vermiştir. Limanda çevre konusuyla ilgilenen uzman bir personeli olup olmadığına ilişkin soruya da liman çalışanların ve gemi çalışanlarının yarısının bilmediği veya hayır cevabını verdiği görülmektedir. Bunun sonucunda da limanların uyguladığı liman çevre politikası bulunduğu katılımcıların büyük bir kısmı tarafından belirtilse de uygulamada çevre yönetimi konusunda eksiklikler olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.42. Liman çevre yönetimi sorularına katılımcıların cevaplarının dağılımı

Liman Çevre Yönetimi Soruları	Evet		Hayır		Bilmiyorum	
	Gemi Çalışanı	Liman Çalışanı	Gemi Çalışanı	Liman Çalışanı	Gemi Çalışanı	Liman Çalışanı
Limanın Çevre Politikası Var mı?	53	14	5	14	25	12
Limanın Çevre Yönetim Sistemi Var mı?	53	13	6	15	24	12
Limanın ISO 14001'i Var mı?	28	5	1	13	54	22
Limanın Genişleme Planı Var mı?	31	14	5	12	47	14
Liman Çevre Etki Değerlendirmesi Yapıyor mu?	28	9	6	12	49	19
Limanın Petrol Sızıntısı Acil Durum Planı Var mı?	47	17	5	8	31	15
Limanda Çevre Konusuyla İlgilenen Uzman Bir Personeli Var mı?	38	17	9	11	36	12

Çizelge 4.43. Çevre yönetimine katkıda bulunman için kim iletişime geçti katılımcıların cevaplarının dağılımı

Çevre Yönetimine Katkıda bulunman için kim iletişime geçti?	Gemi Çalışanı	Liman Çalışanı
Acente Firması	2	0
Araştırma Enstitüleri	1	1
Devlet Kurumları	15	13
Devlet Kurumları Dışındaki Kurum ve Kuruluşlar	5	5
İletişim Kurulmadı	25	11
Liman İşletmecisi	19	5
Liman Yönetimi	34	13

Katılımcılara kullandıkları veya çalıştıkları limanların gelişim ile çevre yönetimine dahil olma konusunda sorulan sorulara verdikleri yanıtların sayısal bilgileri Çizelge 4.43'te verilmiştir. Ayrıca katılımcılar düşünceniz hangi yöntemler alındı sorusuna 41'i anket yoluyla, 31'i danışma toplantısı 16'sı mülakat/görüşme, 7'si resmi mektup ,1'i sözlü ,1'i kısa mesaj ile ve 38 katılımcı ise görüşünün alınmadığını belirtmişlerdir.

Katılımcılara kullandıkları veya çalıştıkları limanların gelişim ile çevre yönetimine dahil olma konusunda verdikleri yanıtlar incelendiğinde ise katılımcıların 113'ü liman gelişim ve liman yönetim planı konusunda fikirlerinin alınmadığını, sadece 10 kişi bu konularda fikirlerinin alındığını belirtmişlerdir. Katılımcılar çalıştıkları limanların gelişim ile çevre yönetimine dahil olma konusunda verdikleri cevaplarda fikirlerinin alınmadığını belirtse de Çizelge 4.43'te görüldüğü gibi katılımcıların büyük birçoğunu düşüncesinin alındığını beyan etmişlerdir. Bunun nedeninin görüşleri alınsa da limanı gelişimi ile çevre yönetimi uygulamasında fikirlerinin uygulandığını fiili olarak görmediklerinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Liman paydaşlarının görüşü alındıktan sonra bunun neden uygulanmadığının veya gelecekte planladığı gibi hususların geri bildirim olarak verilmesinin bu sorunu ortadan kaldıracaktır. Ancak ankete yaparken de yaşadığımız sorun olan kişisel bilgilerin verilmesinin bu uygulamanın önündeki en büyük engel olduğu düşünülmektedir. Bu konuda görüş bildirilen konularda yapılacak uygulamaların limanların işletmeleri tarafından internet sayfaları veya sosyal medya hesaplarından duyurulmasının daha etkin ile uygulanabilir olduğu ve farkındalığı artırabileceği değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.44. Limanın çevre yönetim sürecinde fikirlerinin alınması için tercih edecekleri yöntem

Eğer çevre yönetim süreci konusunda fikirlerinizin alınacak olursa bunun hangi yolla yapılmasını istersiniz?	Gemi Çalışanı	Liman Çalışanı
Anket	48	14
Danışma toplantısı	43	18
Mülakat/Görüşme	27	15
Resmi Mektup	12	6
Sms	1	0

Katılımcıların 77'si "Limanın Çevre Yönetimi Sürecine Dahil Olmak İster misiniz?" sorusuna evet ve 46 kişi ise hayır cevabını vermiştir. Limandan faydalanan paydaşların limanın çevre yönetimine dahil olmak istediği ancak bu liman işletmelerinin bu husus üzerinde durmadıkları değerlendirilmektedir. Limanın çevre yönetim sürecine dahil olma konusunda hangi yöntemle çevre yönetim süreci konusunda fikirlerinin alınmasını tercih edecekleri konusunda sorulan sorulara verdikleri cevaplara ilişkin sayısal bilgiler Çizelge 4.44'te verilmiştir. Çevre yönetim sürecine dahil olma konusunda katılımcıların büyük çoğunluğu anket, danışma toplantısı ve mülakat görüşme yöntemiyle fikirlerinin alınmasını tercih etmişlerdir. Gemi tipine göre verilen cevaplar incelendiğinde gezi teknesi çalışanlarının %84'ü danışma toplantısı yoluyla, diğer gemi tipleri olan konteyner, tanker, yat ve yolcu gemisi çalışanlarının ise anket, danışma toplantısı ile

mülakat görüşme yöntemiyle fikirlerinin alınması ağırlıklı olmak üzere eşit oranda bir dağılımla tercih ettikleri tespit edilmiştir.

Anketin liman çevre yönetim sorunları ve çözümleri konusunda sorulara katılımcıların verdiği cevaplara ilişkin sayısal veriler Çizelge 4.45’de verilmiştir. Katılımcıların performans göstergesi konusunda en zayıf bulduğu husus gemi çalışanlarının %45’nin ve liman çalışanlarının ise %58’nin belirttiği gibi gemilerden atıkların alınması/toplanması olduğu görülmektedir. Ayrıca atık yönetimi ile deniz kirliliğinin önlenmesi konusundaki performansının da gemi çalışanlarının %32 ve liman çalışanlarının %63’ü tarafından çok zayıf olarak gördüklerini beyan etmişlerdir.

Çizelge 4.45. Limanın çevre yönetimi konusundaki sorunların çözümündeki performansı

Performans Göstergesi	Gemi Çalışanı		Liman Çalışanı	
	Çok Zayıf	Çok İyi	Çok Zayıf	Çok İyi
Deniz Kirliliğinin Önlenmesi	14	4	13	4
Hava Kalitesi	9	3	11	3
Toprak Kalitesi	7	1	9	3
Atık Yönetimi	13	6	12	3
Gürültü Yönetimi	16	5	15	2
Trafik Yönetimi	11	6	12	3
GSMH Ekonomik Katkısı	8	16	7	7
Sağladığı İş İmkânı	6	18	9	6
Sosyal Katkı	6	9	12	4
Atık Alımı Konusunda Uygulanan Ücretler	12	5	12	2
Paydaşların Katılımı	10	5	12	1
Gemilerden Atıkların Alınması/Toplanması	37	14	23	5

Bunun yanında limanların sosyal ekonomik olarak sağlığı iş imkanı, ekonomik katkısı ile sosyal katkı konularında sağladığı imkanların performans göstergelerine ise gemi çalışanlarının %54’ü ve liman çalışanlarının % 42’si çok iyi olarak nitelendirmiştir. Sonuçlar incelendiğinde limanın sosyal ekonomik olarak katkısındaki performansı yüksek olsa da özellikle gemilerden kaynaklı atıkların yönetimi konusundaki performansının çok düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca limanın gemilere uyguladığı atık alım ücretleri performansından gemi çalışanlarının sadece %6’sı ve liman çalışanlarının ise %5’nin memnun olduğu belirlenmiştir. Bu da limanların uyguladıkları atık alım ücretleri konusunda gemilerin atığını vermesi yönünde yeterli teşvik veya imkan kabiliyetin olmadığını göstermektedir.

Katılımcılara uğradığınız veya çalıştığınız limanlarda çevreye zarar verebilecek çevre sorunları veya durumlar konusunda sorulan sorulara verdikleri yanıtlara ilişkin sayısal veriler Çizelge 4.46’de verilmiştir. Yanıtlardan diğer seçeneğini seçip açıklama yazanlar aşağıdaki konuları belirtmişlerdir;

- “Limanlardaki devlet tarafından yapılan denetimlerin daha ciddi ve toleranssız olması gerekiyor bu konuda yurtdışındaki limanları örnek gösterebiliriz”

- “Yetersiz eğitim”

- “Turistik tekneler seyir halindeyken denize uçan ambalaj atıkları”

- “Özellikle bu tarz saç teknelerin bağlamış olduğu limanlarda iskelelerde en büyük sorunlardan bir tanesi gemi çalışanlarının yemek yaptıktan sonra o atık yağı denize atmaları veya masayı topladıktan sonra gazeteyle birlikte masadaki birçok çer çöpü denize atmaları ve bunu yakalanmadıkları sürece normalmiş gibi görmeleridir.”

- “Gemilere gidecek olan kumanyaların transfer esnasında zarar görmesi veya denize dökülmesi.”

- “Herkes eğitilmiş olmasına karşın herhangi bir ceza yemeyeceğini düşünüyor boğaz geçişleri ve demirler hariç herkes her şeyi döküyor.”

- “Gemilerden katı ve sıvı atıkların toplanması için kabul tesislerinin yetersiz olduğunu değerlendiriyorum.”

Diğer seçeneğin işaretleyen 12 kişiden açıklama yapanların beyan ettikleri sorunlar incelendiğinde, eğitim konusundaki eksikle ilgili soru ankette mevcut olmasına rağmen diğer seçeneğini işaretledikleri, yurtdışı limanlarının örnek alınması gerektiği, gemilerde yemeklerde oluşan atık yağ ile yiyecek atıklarının bilinçsizce denize atıldığı ve gemilerden atık alınması konusunda yeterli imkan ile kabiliyetin limanlarda sağlanmadığını belirtmişlerdir.

Katılımcılara uğradığınız veya çalıştığınız limanlarda limanın çevre koşullarını iyileştirmek için neler yapılması gerektiğini ve bunun ne kadar sürede yapılması gerektiği konusunda sorulan sorulara verdikleri yanıtlara ilişkin sayısal veriler Çizelge 4.47’de verilmiştir. Gemi çalışanlarının en yüksek çevre sorunu olarak gemilerden balast suyu deşarjını gördükleri ve liman çalışanlarının ise çöpü en yüksek çevre sorunu oldukları belirlenmiştir. Ayrıca gemi çalışanlarından %30’u ve liman çalışanlarından %20’si gemi personelinin atıklar konusunda eğitiminin yetersiz olduğunu beyan etmişlerdir. Gemilerden kaynaklı sınıtma ve atıksu atıkları konusunda da katılımcıların %40’ı yüksek çevresel risk oluşturduğunu söylemişlerdir.

Gemilerden kaynaklı atıklar özelinde sorulara verilen yanıtlar incelendiğinde gemilerin yaptığı akaryakıt transferi, balıkçılık faaliyetlerinden kaynaklı çöpler, çöpler, küçük yağ sızıntıları riski ve küçük tankerlerden yakıt dökülmesini de dahil ettiğimizde katılımcıların %90’nının bu konuları yüksek riskli çevre sorunu olarak değerlendikleri görülmektedir. Bundan limanlardan oluşan diğer çevre sorunları ile karşılaştırdığımızda gemilerden kaynaklı olanların diğerlerine göre daha yüksek risk oluşturduğu katılımcıların verdikleri yanıtlardan da anlaşılmaktadır. Çevre risk değerlendirmesi yapılması konusundaki katılımcıların verdikleri yanıtlara bakıldığında %65’nin hemen veya kısa vadede yapılmasını beyan etmişlerdir. Çevre denetimi yapılması ile çevre yönetim sistemi kurulması konusundaki hususlarında katılımcıların büyük çoğunluğu tarafından hemen yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.46. Limandaki çevre sorunları

Çevre Sorunu	Gemi Çalışanı		Liman Çalışanı	
	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Hava Kirliliği	21	20	9	7
Zehirli Boyalar	16	18	10	8
Akaryakıt Transferi	20	19	11	7
Kargoların Denize Dökülmesi	18	13	8	3
Kargo Yüklenmesi/Boşaltılması	18	13	8	5
Koruma Alanlarının Tahribatı	15	8	7	2
Kirli Arazi	17	10	5	6
Toz	35	17	7	14
Dip Taraması	22	6	4	7
Denizden Kum Alınması	14	8	4	2
Enerji Tüketimi	21	10	10	8
Balıkçılık Faaliyetlerinden Kaynaklı Çöpler	22	17	7	11
Çöpler	20	21	13	15
Doğal Yaşam Alanlarının Tahrip Edilmesi	19	14	10	6
Tehlikeli Yük	16	18	6	4
Endüstriyel Atık	19	20	8	8
Endüstriyel Emisyonlar	17	18	5	5
Işık Kirliliği	15	14	12	3
Gürültü	21	25	10	14
Koku	22	18	8	10
Akarsulardan Gelen Kirlilik	17	10	10	5
Liman Geliştirme (Karada)	17	4	8	7
Liman Geliştirme (Denizde)	16	10	8	7
Küçük Yağ Sızıntıları Riski	23	18	11	9
Küçük Tankerlerden Yakıt Dökülmesi	18	15	9	4
Liman Endüstrisi Faaliyetlerinden Kaynaklı Çevresel Riskler	20	22	11	5
Deniz Trafiği Kazası Riski	25	21	10	8
Trafik Kazası Riski (Kara)	22	17	8	7
Sediment Kirlenmesi	18	11	8	5
Gemilerden Balast Suyu Deşarjı	24	30	11	11
Gemilerden Sintine Suyu Deşarjı	22	20	13	13
Gemilerden Atıksu deşarjı	21	24	10	15
Gemi Egzoz Emisyonu	20	23	9	8
Toprak Kirlenmesi	15	10	5	5
Katı Atık	28	17	9	8
Akıntı	25	14	11	4
Gemi Trafiği Yoğunluğu	20	18	7	11
Araç Egzozu	24	11	10	7
Görsel Kirlilik	30	11	10	12
Atıksu (Pissu)	23	17	5	13
Su Kalitesi	20	8	7	10
Gemi Personelinin Atıklar Konusunda Eğitiminin Yetersiz Olması	19	24	6	10
Diğer	12	5	1	2

Çizelge 4.47. Limanlarda iyileştirilmesi gereken çevre sorunları

Çevre Koşulu	Gemi Çalışanı			Liman Çalışanı		
	Hemen	Kısa Vade	Uzun vade	Hemen	Kısa Vade	Uzun vade
Çevre Temizliği	34	28	17	16	10	9
Atıksu Arıtma Planı Hazırlanması	30	20	27	11	11	11
Katı Atık Arıtma İstasyonu Kurulması	29	15	32	14	7	11
Çevre Temizliği İzleme Sistemi Kurulması	31	19	27	18	7	9
Çevre Yönetim Sisteminin Uygulanması	34	18	24	19	8	7
ISO 14001 Almak	39	20	13	16	11	7
Çalışanların Çevre Yönetimi Konusunda Eğitmek	51	18	12	24	8	4
Petrol/Yağ Sızıntısı Acil Durum Planı Hazırlamak	44	20	12	20	9	4
Çevre Yönetim Bölümü Kurmak	38	26	15	17	10	6
Bilgisayar Tabanlı Çevre Yönetim Sistemi Oluşturmak	25	21	32	15	8	10
Çevre Denetimi Yapmak	39	18	20	20	8	6
Çevre Risk Değerlendirmesi Yapmak	36	19	21	15	9	9
Gemilerden Alınan Atık Alım Ücretlerini Düşürmek	37	27	16	15	7	11
Atık Alım Gemisi Almak	34	19	24	14	7	12
Atık Alım Tesisi Kurmak	33	20	24	18	7	8
Atık Alım Tesislerinin Sıkı Bir Şekilde Denetlenmesi	34	24	18	17	9	7
Atıkların Alınması veya Toplanması Konusunda Sıkı Bir Denetim Mekanizması Kurmak	36	21	19	16	10	7
Gemi Atıkları Konusunda Sıkı Çalışan Denetim Mekanizması Kurulması	34	20	24	20	8	5

Gemi atıkları konusunda sıkı çalışan hem atıkların toplanması hem de atık alım tesislerinin denetlenmesi konusundaki sorulara katılımcıların %67'si hemen veya kısa vadede yapılmasının gerektiğini beyan etmişlerdir. Çalışanlarını çevre yönetimi konusunda eğitilmesi konusundaki soruya katılımcıların %60'ı hemen yapılmalı yanıtıyla düzeltilmesi gereken çevre sorunlarından en acil konu olduğunu belirtmişlerdir. Atık alım tesisi kurulması ile atık alım gemisi alınması konularında katılımcıların yanıtları incelendiğinde %50'sinin atık alım tesisi kurulması ve %55'nin ise atık alım gemisi alınmasının hemen çözülmesi gereken çevre sorunlarından olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca atık alım ücretlerinin düşürülmesi konusunda katılımcıların yanıtları incelendiğinde %69'nun bunun hemen veya kısa vadede yapılması gereken önemli bir husus olduğu belirtmişlerdir.

Ayrıca liman çevre yönetim sorunları ve çözümleri konusunda sorularda gemilere uyguladığı atık alım ücretleri performansından gemi çalışanlarının sadece %6'sı ve liman çalışanlarının ise %5'nin memnun olduğu belirtmişlerdi. Benzer şekilde Limanlarda iyileştirilmesi gereken çevre sorunları bölümünde de Atık alım tesisi kurulması ile atık alım gemisi alınması konularında katılımcıların yanıtları incelendiğinde %50'sinin atık alım tesisi kurulması ve %55'nin ise atık alım gemisi alınmasının hemen çözülmesi gereken çevre sorunlarından olduğunu ve atık alım ücretlerinin düşürülmesi konusunda katılımcıların %69'nun bunun hemen veya kısa vadede yapılması gereken önemli bir husus olduğu belirtmişlerdir. Bu da limanların uyguladıkları atık alım ücretleri konusunda gemilerin atığını vermesi yönünde yeterli teşvik veya imkan kabiliyetin olmadığını göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Yaşamak için ihtiyaç duyduğumuz oksijenin %70'i denizler tarafından sağlanmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Ülkemizin, turizm, balıkçılık ve deniz ticareti açısından büyük bir gelir kaynağı olan Mavi Vatan denizlerimizin kirlilikten korunması büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın birinci aşamasında, gemilerden alınan sintine ve atıksu numuneleri ile gemi kaynaklı sintine suyu ve atıksu karakterizasyonu ve Antalya Körfezi'nde belirlenen 11 noktadan her mevsim alınan deniz suyu numunelerinde ekolojik kalite ve ağır metal, deterjan kirliliği parametreleri analiz edilerek deniz kirliliği durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, elde edilen verilerle risk değerlendirmesi ve kontrolü sisteminin oluşturulması öngörülmüştür. Gemilerden kaynaklı yağlı ve sintine atıksuları yakıt kaynağına göre değişiklik göstermekle birlikte, araştırma alanındaki gemilerde sintine sularının karakterizasyonunun yapılmasına ve Monte Carlo Simülasyonu ile risk değerlendirmesine ilişkin çalışmaya rastlanmaması nedeniyle bu konuda yapılacak çalışma özgündür. Bu çalışmada risk değerlendirmesi ve gemi atıklarının kontrolü kapsamında, AIS (Otomatik Tanımlama Sistemi) kullanılarak Antalya Körfezi'nden geçen gemilerin sayısı, büyüklüğü, tipi (kargo, akaryakıt, gezinti, balıkçı gibi) gibi bilgiler ve literatürden bir geminin üretebileceği sintine ve atıksu miktarları verileri kullanılarak Antalya Körfezi için gemi kaynaklı deniz kirliliği riskinin MCS yöntemiyle değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan bu risk değerlendirmesi sonucunda da mevcut durumdaki mevzuat ve yapısal ihtiyaçlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise, gemi kaynaklı atıklarının yönetimi konusunda gemi çalışanları, liman çalışanları ve limanın kullanan diğer paydaşlara uygulanan anket ile yönetsel ihtiyaçlar belirlenmiştir.

Antalya Körfezi'nde gemilerden kaynaklı sintine ve atıksuyun deniz kirliliğine etkisini belirlemek amacıyla elde edilen fiziko-kimyasal sonuçlar ilgili yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmış olup sonuçları aşağıda verilmiştir.

- **pH:** pH sonuçları değerlendirildiğinde ölçüm yapılan deniz alanındaki suyun kalitesinin Yerüstü su kalitesi yönetmeliği Ek 5, Tablo 6'a göre pH 6-9 sınırları arasında kalarak iyi su sınıfında olduğu belirlenmiştir.

- **Çözünmüş Oksijen:** Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2016) Ek 5 Tablo 3 Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kriterlerine göre bu çalışmada ölçülen çözünmüş oksijen sonuçları değerlendirildiğinde Akdeniz için Ç.O değerleri tüm su sınıflarında ≥ 7 ile 6 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bahse konu tabloya göre kış ile ilkbahar mevsimlerinde istasyonlarda ölçülen sonuçlar açısından deniz suyu kalitesinin çok iyi I.sınıf, olduğu belirlenmiştir.

- **Çözünmüş Oksijen Doygunluğu:** Çözünmüş oksijen doygunluk değerlerinin Yerüstü Su Kalitesi yönetmeliğinin (2016) ekinde bulunan Tablo 6 Rekreatyon Maksadıyla Kullanılan Kıyı ve Geçiş Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler kapsamında belirtilen değer olan %80'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

- **Işık Geçirgenliği:** Ölçülen seki disk değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (2016) Ek 5 Tablo 6 Rekreasyon maksadıyla kullanılan kıyı ve geçiş sularının sağlaması gereken standart değerlere göre değerlendirilmiş olup %95 zorunlulukla 2 metre ışık geçirgenliği olarak belirlenmiştir. Sonuçlar yönetmelikle belirlenen hesaplama yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirmede, %90 ihtimalle 1,12 m ve %95 ihtimalle 1,51m sonucuna ulaşıldı ve %95 zorunlulukla 2 metre ışık geçirgenliğini sağladığı tespit edilmiştir.

- **İnorganik azot analizi sonuçları:** Mevsimsel ortalama sonuçlar Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (2016) Tablo 3 Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri tablosunda Ege-Akdeniz için verilen değerlere göre değerlendirildiğinde, yaz mevsiminde 8,91 µg N/L ile II (iyi) kalite su sınıfında, sonbahar mevsiminde 5,96 µg N/L ile yine II (iyi) kalite su sınıfında, kış mevsiminde 7,04 µg N/L ile benzer şekilde II (iyi) kalite su sınıfında ve ilkbahar mevsiminde ise 3,16 µg N/L ile I (çok iyi) kalite su durumunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm istasyonlarda ölçülen yıllık ortalama verileri değerlendirildiğinde 6,27 µg N/L ile II (iyi) kalite su sınıfına girdiği belirlenmiştir.

- **Toplam fosfor konsantrasyonları analiz sonuçları:** Mevsimsel olarak tüm istasyonlarda ölçülen ortalama toplam fosfor değerinin ise 0,89 µg/L olduğu hesaplanmıştır. Çalışmada ölçülen değerler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) (2016) Tablo 3 Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri tablosunda Ege-Akdeniz için verilen değerlere göre değerlendirildiğinde yaz mevsiminde 0,5 µg P/L, sonbahar mevsiminde 1,05 µg P/L, kış mevsiminde 0,68 µg P/L ve ilkbahar mevsiminde ise 1,34 µg P/L ile <5 µg P/L düşük konsantrasyon olması nedeniyle I (çok iyi) kalite su durumunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm istasyonlarda ölçülen yıllık ortalama verileri değerlendirildiğinde 0,89 µg P/L ile I (çok iyi) kalite su sınıfına olduğu ifade edilebilir.

- **Yağ-gres analizi sonuçları:** Ölçülen yağ-gres değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) Tablo 3: Genel Kimyasal ve Fiziko-kimyasal Parametreler Açısından Kıyı Suları Alıcı Ortam Kalite Kriterleri tablosuna (Çizelge 4.3) göre değerlendirilmiştir. Çalışmada ölçülen yağ-gres değerlerinin ortalamasının (0,7 mg/L) bu tabloya göre III. sınıf, orta kaliteden daha düşük su kütlesinin olduğu ve sonbahar ile yaz mevsiminde yağ-gres konsantrasyonunun çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm istasyonlarda belirlenen yağ gres konsantrasyonu >0,3 mg/L'den büyük olması nedeniyle III. sınıf orta kalite su sınıfındadır.

- **Klorofil-a analizi sonuçları:** Ölçülen klorofil-a değerleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY 2016) Tablo 7: Ege ve Akdeniz Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterlerine (Çizelge 4.6) göre değerlendirildiğinde, ötrofikasyon kriterleri açısından yaz, sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde tüm kesitlerde, kış ayında da 1. kesitte mezotrofik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kış aylarında 2.ve 3. kesitlerde ise oligotrofik özellik gösterdiği görülmüştür.

- **İnorganik azot analizi sonuçları:** Antalya Körfezi'ndeki deniz suyu kalitesi değerlendirmeleri, 16.06.2021 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan "Yerüstü Su Kalite Kriterleri Yönetmeliği" Ek 5' Tablo 3'te Yüzeysel Su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları kapsamında Ege-Akdeniz kıyı

suları için verilen sınıflandırma ile sınır değerler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Yönetmelik kapsamında bu çalışmada ölçülen NO_x kalitesi, ilkbahar mevsiminde 1 sınıf (çok iyi) kalitede iken, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde 2. sınıf (iyi) kalitede olduğu belirlenmiştir.

Avrupa Parlamentosu, Su Çerçeve Direktifini (WFD) (Direktif 2000/60/EC) temel alarak ülkemizdeki su politikasının oluşturulmasında Avrupa birliği uyum kapsamında çıkarılan “Yüzeysel suların yönetimi yönetmeliği”ne göre deniz suyunda olması gereken ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu mevzuata göre deniz suyunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde krom 16 kat, çinko 7,5 kat, demir 162 kat daha yüksek olduğu görülmüştür.

Kanserojen risk hesaplamasında, ağır metallerin atık sudan deri yoluyla alınması en yüksekten en düşüğe doğru Ni > As > Cr, atıksudan alınma riski ise en yüksekten en düşüğe Ni > Cr > As şeklinde sıralanmıştır. Sintinedeki ağır metallerin deri yoluyla yutulması en yüksekten en düşüğe Ni > As > Cr ve yutma riskine göre Ni > Cr > As olarak belirlendi.

Kanserojen olmayan risk değerlendirmesinde Cu, Fe, V, Mn, Ni, Cd ve Pb değerlerinin 1'in altında olduğu ve insan sağlığına zarar vermediği hesaplandı. Ancak başka hastalıklara da neden olabileceği tahmin edilebilir. Sintine ve atıksuda belirtilen ağır metallerin kanserojen olmayan risk hesaplamaları tamamen deri ve yutma yoluyla değerlendirilmiştir. Sintine ve atıksu içeriğindeki kanserojen olmayan toplam risk değerlerinin sıralamasının As > Cr > Co > Hg olduğu belirlenmiştir.

MCS kullanılarak Antalya Körfezi için 2021-2025 yıllarında bir geminin oluşturabileceği sintine suyu miktarı risk dağılımına göre bir geminin günlük oluşturabileceği sintine suyu miktarının 0,78 ile 3,16 m³ arasında değişeceği standart sapmasının, 0,24 ve ortalamasının 1,60 olduğu belirlenmiştir.

Monte Carlo simülasyonu kullanılarak Antalya Körfezi için 2021-2025 yıllarında bir geminin oluşturabileceği atıksu miktarı risk dağılımına göre bir geminin günlük oluşturabileceği atıksu miktarının 9,28 ile 15,38 m³ arasında değişeceği standart sapmasının 1,55 ve ortalamasının 11,89 olduğu belirlenmiştir.

Sintine ve atıksu içeriğindeki ağır metallerden kaynaklı MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen risk değerleri hesaplamalara göre, sintine suyu içeriğindeki $8,06 \times 10^{-1}$ ile Ni'in yutma yoluyla bulaşma riskinin olduğu ve en düşük riskin ise atıksu içeriğindeki $5,32 \times 10^{-4}$ ile Cr'nin deri yoluyla bulaşma riski olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerden Ni için DSÖ tarafından belirlenen sınır değer 0,5 mg/L olduğu düşünüldüğünde literatürdeki değerler kullanılarak MCS ile hesaplanan 0,81 mg/L değerinin insan sağlığı için kanserojen olarak büyük risk oluşturduğu görülmektedir. Cr için atıksuyun yutma yoluyla alınma riskinin 0,29 mg/ ile deri yoluyla sintine suyundan alınma riski de 0,38 mg/L hesaplanmış olup, DSÖ tarafından belirlenen sınır değer olan 0,05 mg/L üstündedir. Ni için hesaplanan risk değerlerinin hepsinin DSÖ tarafından belirlenen sınır değeri olan 0,5 mg/L üstünde olduğu belirlenmiştir. As için DSÖ tarafından belirlenen sınır değer 0,01 mg/L olup atıksunun yutma yoluyla alınma riski 0,13 mg/L ve sintine suyunun yutma yoluyla alınma riski ise 0,11 mg/L olarak hesaplanmış olup bu değerlerinde sınır değerinin çok üstünde olduğu belirlenmiştir.

Sintine, atıksu ve deniz suyu içeriğindeki ağır metallere kaynaklı MCS yöntemiyle hesaplanan insan sağlığı kanserojen olmayan risk değerleri hesaplamalarına göre sintine suyu içeriğindeki 3,39 ile Hg'nin yutma yoluyla bulaşma riskinin olduğu ve en düşük riskin ise atıksu içeriğindeki $5,12 \times 10^{-5}$ ile Zn'nin deri yoluyla bulaşma riski olduğu belirlenmiştir. USPEA (2011)'e göre hesaplanan ağır metal kanserojen olmayan riski 1'in üstündeyse olumsuz sağlık etkileri olasılığı bulunmaktadır. Cu, Fe, V, Mn, Ni, Cd ve Pb değerlerinin 1'in altında olduğu ve insan sağlığı açısından olumsuz bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Atıksu içeriğindeki Cr'nin yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin 1,69 mg/L ve sintine içeriğindeki yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin ise 2,85 olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde atıksu içeriğindeki Co'nun yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin 2,56 ve sintine içeriğindeki yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin ise 1,7 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca atıksu içeriğindeki As'nin yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin 3,06 ve sintine içeriğindeki Hg'nin yutma yoluyla oluşturduğu insan sağlığı riskinin ise 3,4 ile en yüksek riski oluşturduğu belirlenmiştir. Sintine ile atıksu içeriğindeki kanserojen olmayan toplam risk değerleri sıralamasının As> Cr> Co> Hg şeklinde olduğu ve değerlerin kabul edilebilir değer olan 1'in üzerinde olduğundan insan sağlığı riski oluşturduğu belirlenmiştir.

Çalışmada ilk defa gemilerden kaynaklı atıksu ile sintine atığının içeriğindeki ağır metallerin insan sağlığı riski MCS yöntemiyle değerlendirildiğinden mevcut araştırmanın sonuçları temel olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde deniz ve kıyılarımızda gemi kaynaklı sintine ile atıksu atıklarının ciddi bir insan sağlık riski oluşturduğu görülmüştür. Sonuç olarak bu çalışmada ilk defa yapılan Gemi kaynaklı atıksu ve sintine suyu sağlık riski değerlendirmesinde sintine suyunun hem yüzücü hem de gemi personeli için yüksek risk oluşturduğu belirlenmiştir.

Öneriler:

Sintine ile atıksu içeriğindeki Cr, Ni ve As'ın insan sağlığı riskinin DSÖ tarafından belirlenen değerlerden çok daha yüksek olduğu, sintine ve atık suların insan sağlığı için kanserojen riskleri olduğu hesaplanmıştır. Bu riskin gemide teknik personel olarak görev yapan personel ve yasadışı deşarjlar nedeniyle yüzücüler için de oldukça yüksek olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, dermal ve ağız yoluyla alınan sintine ile atıksu içeriğindeki ağır metallerin kanserojen riskini azaltmak için koruyucu önlemlerin alınmasını ve kontrol edilmesinin gerektiği önerilmektedir.

Gemilerden kaynaklı atıksu ile sintine atığının içeriğindeki ağır metallerin insan sağlığı riski MSC ile değerlendirilmiş ve bu riskin, ancak, bu konuda etkili önlemlerin alınması ve denetimlerinin sıkı bir şekilde yapılması ile önlenebileceği değerlendirilmektedir. Atıksu ve sintine suyu kaçak deşarjlarının önlenmesi, liman ve marinalarda atık alım sistemlerinin yeniden gözden geçirilmesi gibi önlemleri de içeren araştırmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada bir geminin üretebileceği sintine ve atıksu miktarları belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada limanlarda sabit duran ve AIS sistemi bulunmayan teknelerden kaynaklanan sintine ve atıksu miktarları hesaplanmamıştır. Bundan dolayı da oluşacak sintine ve atıksu miktarı bu çalışmada tahmin edilen değerlerden daha fazla olacaktır. Önümüzdeki yıllarda bahse konu gemileri de içeren çalışmaların yapılmasının sorunun

büyükliğünün bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha ciddi olduğunu ortaya çıkmasını sağlayabilecektir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak önümüzdeki yıllarda yapılacak çalışmalarda sintine suyu atığının insan ve çevre sağlığı açısından oluşturabileceği riskin deniz suyunda ve gemide yapılacak ölçüm ve analizler ile belirlenebileceği değerlendirilmektedir. Sintine suyu ve atıksu örneklerinin her çeşit gemiden (balıkçı, yat, konteyner vb.) alınarak analiz edilmesi daha detaylı sonuçların ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Ayrıca yapılacak çalışmalarda örnek alınan tekne türlerinin ve boyutlarının çeşitlendirilmesi ve gemi tipleri için seyir bilgilerinin de eklenmesi ile gemi kaynaklı atıklar konusunda oluşacak risklerinin daha kapsamlı bir veriye dayanarak hesaplanabilmesi sağlanabilecektir.

Literatürde görüldüğü üzere atıksu ve sintine miktarının limandan limana farklılık gösterdiği ve kişinin ürettiği atıksu miktarını hesapladığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak gemi tipine göre hesaplama yapıldığından her bölgeye ve gemi tipine uygulanabilir bir atıksu ve sintine hesaplama yöntemi önerdiği düşünülmektedir.

Limanların uyguladıkları atık alım ücretleri konusunda gemilerin atığını vermesi yönünde yeterli teşvik veya atık alınması konusundaki imkan kabiliyetin yeterli olmadığını görülmüştür. Bu konuna yasal düzenlemeler yapılarak atık alım ücretlerinin atık vermeye teşvik edici yönde olmasının gemilerden kaynaklı atıkların azaltılmasına büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca limanlardaki atık alım tesislerinin gemilerden en hızlı şekilde alınmasını sağlayacak imkan ve kabiliyete sahip olmasının atık verilmesi sırasında oluşabilecek zaman kaybınının oluşturacağı ticari kaygıların önüne geçeceği değerlendirilmektedir.

Gemilerden toplanan atık miktarları ile çeşitlerinin yanında hangi gemiden ne kadar atık alındığı, geminin personel sayısı, en son atık verdikten sonra kaç gün seyir yaptığı gibi bilgilerin atık alım tesisleri tarafından kayıt altına alınmasının sağlanması gerekmektedir. Böylece bu çalışmada önerilen hesaplama yöntemleri kullanılarak liman atık alım tesisleri denetlenebilir. Ancak öncelikli olarak bu konuda yasal düzenlemelerinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak liman atık alım tesislerinin sorumluluklarının artırılması kontrolün çok zor olduğu büyük deniz alanlarda gemilerin yasa dışı olarak denize bıraktıkları atıkları tespit veya denetlemekten daha kolay ve etkin bir yöntemdir. Güvenli gemilerle temiz denizlerin sağlanması ancak sıkı denetim ve yaptırımlarla mümkün olacaktır.

Denizcilik şirketleri, denizcilik fakülteleri, denizcilik yüksek okulları ve liman yöneticileri üzerinden gemi ile limanda çalışan personele uygulanan anket sonucunda gemi atıklarının toplanması konusunda ücretlerin ülkelere ve hatta ülke içerisindeki limanlarda bile farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca katılımcılar limanlarda bulunan atık alım sürelerinin de farklılık gösterdiğinden atıkların verilmediği belirtilmiştir. Bu kapsamda gemilerden alınan atık alım tesislerinin hem teknik kapasite olarak hem de ücretlendirme standart hale getirilmesi önerilmektedir. Anketlerde verilen cevaplara göre özellikle gemi çalışanları olmak üzere gemilerden atık alınması konusunda görevli tüm personele MARPOL 73/78’de belirtilen standartlarına göre toplanması ile

ayrıştırılması konularında eğitimler verilmesinin de gemi kaynaklı atıkların neden olduğu deniz kirliliğinin önlenmesine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Abdolmaleki, K., Mohammadifar, M.A., Mohammadi, R., Fadavi, G. ve Meybodi, N.M. 2016. *The effect of pH and salt on the stability and physicochemical properties of oil-inwater emulsions prepared with gum tragacanth*. *Carbohydr. Polym.* 140, 342–348.
- Acciaro, M. 2015. *Corporate responsibility and value creation in the port sector*. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 18(3), 291-311.
- Adams, F., Walstra, P., Brooks, B., Richmond, H., Zerfa, M. and Bibette, J. 2007. *Modern Aspects of Emulsion Science*. *Royal Society of Chemistry*.
- AIDA 2019. AIDA Cares 2019 Sustainability Report. https://www.aida.com/v10/fileadmin/user_upload_v8/AIDA_Cares/201117_AIDA_Cares_2019_Sustainability_Report.pdf. [Son erişim tarihi: 16.02.2022].
- Aközcü S. 2009. *Didim ve İzmir Körfezi Sediment, Deniz Suyu ve Farklı Deniz Organizmalarında Bazı Radyonüklid ve Ağır Metal Düzeylerinin İzlenmesi*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, İzmir.
- Alaska Çevre Koruma Departmanı. 2000. *Alaska Cruise Ship Initiative Part 1 Final Report*. Juneau: Alaska Department of Environmental Conservation (ADEC).
- Alaska Çevre Koruma Departmanı 2018. *Wastewater Sampling Results for Large Cruise Ships*. Commercial Passenger Vessel Environmental Compliance Program.
- Albaiges, J. 1989. Marine Pollution: an introduction, in “Marine Pollution”, Hemisphere Pub. Corp, USA.
- Albert, R. and Danesi, R. 2011. Oily Bilgewater Separators, US EPA reports EPA 800-R-11-007, WashinGrton DC, USA. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/vgp_bilge.pdf. [Son erişim tarihi: 12.07.2021].
- Alexandropoulou, V., Koundouri, P., Papadaki, L. and Kontaxaki, K. 2021. *New Challenges and Opportunities for Sustainable Ports: The Deep Demonstration in Maritime Hubs Project*. *The Ocean of Tomorrow*, 173-197.
- Almeda, R., Bona, S., Foster, C. R. and Buskey, E. J. 2014. *Dispersant Corexit 9500A and chemically dispersed crude oil decreases the growth rates of meroplanktonic barnacle nauplii (Amphibalanus improvisus) and tornaria larvae (Schizocardium sp.)*. *Marine Environmental Research*, 99, 212-217.
- Altomare, T.K. 2020. *Estimating Children's Health Risks from Recreational Beach Play following an Oil Spill UT School of Public Health Dissertations*. https://digitalcommons.library.tmc.edu/uthsph_dissertopen/153 (Erişim Tarihi: 14 Kasım 2021).
- Andersson, K., Brynolf, S.J., Lindgren, F. and Wilewska-Bien, M. 2016. *Shipping and the Environment*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 434 s.
- Ang, A.H.-S. and Tang, W.H. 1984. *Probability concepts in engineering planning and design. Volume II – decision, risk and reliability*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

- Angle, C.W. and Hamza, H.A. 2006. *Predicting the sizes of toluene-diluted heavy oil emulsions in turbulent flow part 2: Hinze–Kolmogorov based model adapted for increased oil fractions and energy dissipation in a stirred tank*. *Chem. Eng. Sci.* 61, 7325–7335.
- Anne, O., Burskyte, V., Stasiskiene, Z. and Balciunas, A. 2015. *The influence of the environmental management system on the environmental impact of seaport companies during an economic crisis: Lithuanian case study*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 (2), 1072–1084.
- Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü 2019. Antalya İli Deniz Çöpleri Eylem Planı DÇEP (2020-2024). <https://webdosya.csb.gov.tr/db/antalya/icerikler/antalya-den-z-copler--il-eylem-plani-20200102140411.pdf> [Son erişim tarihi: 09.05.2021].
- Antalya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2019. Düünden Bugüne Antalya, Cilt 1. Bölüm 2. Coğrafi Durum.
- Anonim 1: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Oil-Pollution-Damage-\(CLC\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Oil-Pollution-Damage-(CLC).aspx)
- Anonim 2: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Establishment-of-an-International-Fund-for-Compensation-for-Oil-Pollution-Damage-\(FUND\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Establishment-of-an-International-Fund-for-Compensation-for-Oil-Pollution-Damage-(FUND).aspx)
- Anonim 3: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Convention-relating-to-Civil-Liability-in-the-Field-of-Maritime-Carriage-of-Nuclear-Material-\(NUCLEAR\).aspx#:~:text=The%201971%20Convention%20provides%20that,Field%20of%20Nuclear%20Energy%3B%20or](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Convention-relating-to-Civil-Liability-in-the-Field-of-Maritime-Carriage-of-Nuclear-Material-(NUCLEAR).aspx#:~:text=The%201971%20Convention%20provides%20that,Field%20of%20Nuclear%20Energy%3B%20or)
- Anonim 4: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Athens-Convention-relating-to-the-Carriage-of-Passengers-and-their-Luggage-by-Sea-\(PAL\).aspx#:~:text=The%20Convention%20establishes%20a%20regime,or%20neglect%20of%20the%20carrier](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Athens-Convention-relating-to-the-Carriage-of-Passengers-and-their-Luggage-by-Sea-(PAL).aspx#:~:text=The%20Convention%20establishes%20a%20regime,or%20neglect%20of%20the%20carrier).
- Anonim 5: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Convention-on-Limitation-of-Liability-for-Maritime-Claims-\(LLMC\).aspx#:~:text=Under%20the%201976%20Convention%2C%20the,%2C%20property%20or%20harbour%20works](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Convention-on-Limitation-of-Liability-for-Maritime-Claims-(LLMC).aspx#:~:text=Under%20the%201976%20Convention%2C%20the,%2C%20property%20or%20harbour%20works).
- Anonim 6: <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Liability-and-Compensation-for-Damage-in-Connection-with-the-Carriage-of-Hazardous-and-Noxious-.aspx>
- Anonim 7: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Bunker-Oil-Pollution-Damage-\(BUNKER\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Bunker-Oil-Pollution-Damage-(BUNKER).aspx)
- Anonim 8: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Control-of-Harmful-Anti-fouling-Systems-on-Ships-\(AFS\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Control-of-Harmful-Anti-fouling-Systems-on-Ships-(AFS).aspx)
- Anonim 9: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
- Anonim 10: <https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols>.

- Anonim 11: <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx>
- Anonim 12: http://www.blacksea-commission.org/_convention.asp
- Anonim 13: <https://iea.uoregon.edu/treaty-text/3929>
- Anonim 14: <https://iea.uoregon.edu/treaty-text/4545>
- Anonim 15: <http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/denizcilik/moduller/fiziksel osinografi.pdf>
- Anonim 16: http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/contents.html.
- Anonim 17: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea_salt-e-dp_hg.svg
- Anonim 18 : <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/dunyanin-en-tuzlu-sulari>
- Anonim 19 : [file:///C:/Users/ozkay/Downloads/ck2-df06-20Fosfor%20Tayini%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/ozkay/Downloads/ck2-df06-20Fosfor%20Tayini%20(3).pdf)
- Anonim 20 : <https://kacyildiz.net/tr/s/akaryakit-dagitim-ve-dolum-tesisleri/antalya>.
- APHA.AWWA, WEF 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th Ed., Washington D.C.
- Arslan, E. and Hüseyinoglu, M., F. 2021. *An Investigation to Quantify the Applicability of MARPOL Rules in the Northern Ports of Cyprus. Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 7(2), 118-127.
- Asselin, M., Drogui, P., Brar, S. K., Benmoussa, H., and Blais, J. F. 2008. *Organics removal in oily bilgewater by electrocoagulation process. Journal of hazardous materials*, 151(2-3), 446-455.
- Atıcı T. 2017. *Deniz ve Plaj Alanlarında Rekreatiyonel Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi ve Ziyaretçi Yönetimi Modellerinin Uygulanması-Phaselis Örneği* Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 158 s.
- Avellaneda, P. M., Englehardt, J. D., Olascoaga, J., Babcock, E. A., Brand, L., Lirman, D., ... and Tchobanoglous, G. 2011. *Relative risk assessment of cruise ships biosolids disposal alternatives. Marine pollution bulletin*, 62(10), 2157-2169.
- Barnes, D. K. A., F. Galgani, R. C. Thompson, and M. Barlaz. 2009. *Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments. Philosophical Transactions Royal Society London B Biological Science* 364: 1985–1998.
- Bates, R.G. 1982. *pH measurements in the marine environment. Pure Appl. Chem.* 54, 229–232.
- Batkı, H. 1995. *Ege Denizi kıyılarındaki sediment ve organizmada (Mullus barbatus) ağır metal dağılımı*, Dokuz Eylül Ün., Fen Bil. Ens, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Canlı Deniz Kaynakları Böl., Yüksek Lisans Tezi.
- Battistelli, L., M. Fantauzzi, T. Coppola, and F. Quaranta. 2012. *Evaluation of the Environmental Impact of Harbour Activities: Problem Analysis and Possible Solutions. In Sustainable Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources*, edited by G. Soares, 945–950. London: Taylor & Francis Group.
- Belcioğlu, H. 2017. *Çıralı Koyunda Deniz ve Plaj Rekreatiyon Faaliyetlerinin Deniz Ekolojik Kalite Durumu ve Ekolojik Taşıma Kapasitesi Araçlarıyla Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 110 s.*

- Belessiotis, V., Kalogirou, S. ve Delyannis, E. 2016. *Thermal Solar Desalination: Methods and Systems*, Academic Press, ISBN: 9780128097823 740 pages., 1st ed. (Convey M, ed.), ELSEVIER, (2016).
- Berkün, M. 2006. *Atıksu Arıtma ve Deniz Deşarjı Yapıları*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Betti, M., Boisson, F., Eriksson, M., Tolosa, I. and Vasileva, E. 2011. *Isotope analysis for marine environmental studies. International Journal of Mass Spectrometry*, 307(1-3), 192-199.
- Bilgili, M. S., Ince, M., Tari, G. T., Adar, E., Balahorli, V. and Yildiz, S. 2016. *Batch and continuous treatability of oily wastewaters from port waste reception facilities: A pilot scale study. Journal of Electroanalytical Chemistry*, 760, 119-126.
- Birgül, A. 2006. *Tekstil endüstrisi atıksu arıtımında ileri oksidasyon proseslerinin kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Bursa, 42-45.
- Blanchard, A.L., Feder, H.M. and Shaw, D.G. 2011. *Associations between macrofauna and sediment hydrocarbons from treated ballast water effluent at a marine oil terminal in Port Valdez, Alaska. Environ. Monit. Assess.* 178 (1-4), 461-476.
- Bodansky, D. 2016. *Regulating greenhouse gas emissions from ships: the role of the international maritime organization. Ocean law debates. Brill Nijhoff* 478-501.
- Bolstad, W., M. 2004. *Introduction to Bayesian Statistics*, New Zealand, 1-29
- Bonsall, P. and Shires, J. 2008. *Estimating the robustness of questionnaire results: lessons from a mixed-mode survey of expectations for tele-working and roadbased business travel. Transportation* 36, 47e64.
- Botté, S.E., Freije, R.H. and Marcovecchio, J.E. 2010. *Distribution of several heavy metals in tidal flats sediments within Bahía Blanca Estuary (Argentina). Water Air Soil Pollut.* 2010, 210, 371-388.
- Burgess, R.M. 2009. *Evaluating ecological risk to invertebrate receptors from PAHs in sediments at hazardous waste sites. Cincinnati, OH. p.* 23.
- Burgman, M. 2005. *Risks and Decisions for Conservation and Environmental Management. Cambridge: Cambridge University Press.*
- Butt, N. 2007. *The impact of cruise ship generated waste on home ports and ports of call: a study of Southampton. Mar. Pol.* 31 (5), 591-598.
- Byrne, R., H., Duxbury, A., C. and Mackenzie, F., T. 2020. *Seawater. Encyclopedia Britannica*, 5 Nov. 2020, <https://www.britannica.com/science/seawater>. [Son erişim tarihi: 01.05.2021].
- Caldeira, K., and R. Berner. 1999. *Seawater pH and atmospheric carbon dioxide. Science* 286(5447): 2043-2043.
- Caldeira, K., and M.E. Wickett. 2003. *Anthropogenic carbon and ocean pH. Nature* 425: 365-365.
- Caldeira, K., and M.E. Wickett. 2005. *Ocean model predictions of chemistry changes from carbon dioxide emissions to the atmosphere and ocean. Journal of Geophysical Research* 110: 1-12. C09S04

- Camphuysen, C. J., and Heubeck, M. 2001. *Marine oil pollution and beached bird surveys: the development of a sensitive monitoring instrument. Environmental pollution*, 112(3), 443-461.
- Canizares, P., Martinez, F., Lobato, J. And Rodrigo, M. 2007. *Break-up of oil-in-water emulsions by electrochemical techniques. J. Hazard. Mater.* 145, 233–240.
- Cao, S., Z., Duan, X.L., Ma, Y.Q., Zhao, X.G., Qin, Y.W., Liu, Y. and Wei, F.S. 2017. *Health benefit from decreasing exposure to potentially harmful elements and metalloid after strict pollution control measures near a typical river basin area in China. Chemosphere* 184, 866–878.
- Caribbean, R. 2014. Sustainability Report. <http://www.royalcaribbeanincentives.com/content/uploads/2014-RCL-Sustainability-Report.pdf>. [Son erişim tarihi: 24.03.2022].
- Caric, H. 2016. *Challenges and prospects of valuation-cruise ship pollution case. Journal of Cleaner Production*, 111, 487e498.
- Carlucci, F., Cirà, A. and Costanza, F. 2020. *Is the Rapid Increase in Maritime Transports a Threat or an Opportunity for Port Cities? A System Dynamics Analysis. In Economic and Policy Implications of Artificial Intelligence* (pp. 31-41). Springer, Cham.
- Chang, Y., T. 2013. "Environmental Efficiency of Ports: A Data Envelopment Analysis Approach." *Maritime Policy & Management* 40 (5): 467–478.
- Chanthamalee, J., Wongchitphimon, T. and Luepromchai, E., 2013. *Treatment of oily bilge water from small fishing vessels by PUF-immobilized Gordonia sp. JC11. Water Air Soil Pollut.* 224, 1601.
- Charitou, A., Aga-Spyridopoulou, R. N., Mylona, Z., Beck, R., McLellan, F. and Addamo, A. M. 2021. *Investigating the knowledge and attitude of the Greek public towards marine plastic pollution and the EU Single-Use Plastics Directive. Marine Pollution Bulletin*, 166, 112182.
- Che Ishak, I., Fuad, A., Hazwan, A. and Mohd Ali, N. 2020. *Preparedness And Response On Oil Discharged From Passenger Vessels*.
- Chen, G., Wang, X., Wang, R. and Liu, G. 2019a. *Health risk assessment of potentially harmful elements in subsidence water bodies using a Monte Carlo approach: An example from the Huainan coal mining area, China. Ecotoxicol. Environ.*, 171, 737–745.
- Chen, R., Shi, J. and Wang, Z. 2019b. *Method study on establishing of ship sewage pollutants discharging inventory based on AIS*, 4th international conference on advance in energy resources and environment engineering. Iop, 022018.
- Chen, Q., Wu, W., Guo, Y., Li, J., and Wei, F. 2021. *Environmental impact, treatment technology and monitoring system of ship domestic sewage: A review. Science of The Total Environment*, 151410.
- Cheon, S. 2017. *The economic-social performance relationships of ports: roles of stakeholders and organizational tension. Sustain. Develop.* 25 (1), 50–62.

- Church, J., Lundin, J. G., Diaz, D., Mercado, D., Willner, M. R., Lee, W. H. and Paynter, D. M. 2019. *Identification and characterization of bilgewater emulsions. Science of The Total Environment*, 691, 981-995.
- Cheshire, A. C. 2009. *Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*, UNEP Regional Seas Reports and Studies. Nairobi: UNEP.
- Compa, M., C. Alomar, C. Wilcox, E. V. Seville, L. Lebreton, B. D. Hardesty, and S. Deudero. 2019. *Risk assessment of plastic pollution on marine diversity in the Mediterranean Sea. Science of the Total Environment* 678:188–96. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.355.
- Congressional Research Service (CRS). 2007. *Cruise Ship Pollution: Background, Laws and Regulations, and Key Issues* (Order Code RL32450). WashinGrton, DC. www.ncseonline.org/NLE/CRSreports/07Jul/RL32450.pdf. [Son erişim tarihi: 03.09.2021].
- Copeland, C. 2008. *Cruise Ship Pollution: Background, Laws and Regulations, and Key Issues*. CRS, WashinGrton D.C.
- Corporation and PLC, C. 2018. Sustainable from Ship Shore. https://carnival-sustainability-2021.nyc3.digitaloceanspaces.com/assets/content/pdf/2018_Carnival_Sustainability_Report.pdf. [Son erişim tarihi: 22.03.2022].
- Cruise Market Watch. 2021. Statistics. www.cruisemarketwatch.com [Son erişim tarihi: 17.05.2021]
- Covello, V. and Merkhoher, M. 2013. *Risk assessment methods: Approaches for assessing health and environmental risks*. Springer Science & Business Media.
- Custodio, M., Cuadrado, W., Peñaloza, R., Montalvo, R., Ochoa, S. and Quispe, J. 2020. *Human risk from exposure to heavy metals and arsenic in water from rivers with mining influence in the Central Andes of Peru. Water*, 12, 1946.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021a. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/gemilerden-kaynaklanan-atik-miktarlari-i-85764> [Son erişim tarihi: 21.04.2021].
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2021b. https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/deniz-suyu-sicakligi-i-85730#_edn1 [Son erişim tarihi: 01.05.2021].
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü 2021. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/gemilerden-kaynaklanan-atik-miktarlari-i-85764> [Son erişim tarihi: 19.09.2022].
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2022. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/genelge-20220910100702.pdf> [Son erişim tarihi: 19.10.2022].
- Darbra, R.M., Ronza, A., Casal, J., Stojanovic, T.A. and Wooldridge, C. 2004. *The self diagnosis method. a new methodology to assess environmental management in seaports. Mar. Pollut. Bull.* 48, 420–428.

- Darbra, R. M., N. Pittam, K. A. Royston, J. P. Darbra, and H. Journee. 2009. *Survey on Environmental Monitoring Requirements of European Ports*. *Journal of Environmental Management* 90 (3): 1396–1403.
- Daşhan, E., S. 2010. *Gemi Kaynaklı Atıkların Yönetimi ve Bertarafı*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- David, M., S. Gollasch, and E. Leppäkoski. 2013. *Risk assessment for exemptions from ballast water management - The Baltic Sea case study*. *Journal of Marine Pollution Bulletin* 75 (1–2):205–17. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.07.031.
- David, M. 2015. *Vessels and Ballast Water*. *Global Maritime Transport and Ballast Water Management* (ss. 13-34). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9367-4>.
- Deja, A. 2013. *Zeszyty Naukowe Organisation of the reception of ship-generated wastes and cargo residues illustrated by selected examples of European Union seaports*. *Scient. J. Marit. Univ. Szczecin* 33 (105), 16–21.
- Deja, A., Ulewicz, R. and Kyrychenko, Y. 2021. *Analysis and assessment of environmental threats in maritime transport*. *Transportation Research Procedia*, 55, 1073-1080.
- De Langen, P.W. and Nijdam, M.N. 2008. *Charging systems for waste reception facilities in ports and the level playing field a case from NW Europe*. *Coast Management* 36 (1), 109–124.
- Demiray, N. 2006. *Sintine Sularından Kaynaklanabilecek Deniz Kirliliğinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Demirbas, A. 2011. *Waste Management, Waste Resource Facilities and Waste Conversion Processes*. *Energy Conversion and Management* 52: 1280–1287.
- DTO (Deniz Ticaret Odası) 2019. Sektör raporu 2019. https://www.denizticaretodasi.org.tr/media/SharedDocuments/sektorraporu/sektor_raporu_tr_2020.pdf. [Son erişim tarihi: 30.11.2020].
- DTO 2022. Sektör raporu. https://www.denizticaretodasi.org.tr/media/SharedDocuments/sektorraporu/sektor_raporu_tr_2021.pdf adresinden alındı. [Son erişim tarihi: 14.06.2022].
- De Osés, F.X.M. 2006. *Analysis of oil pollution at sea by means of sea craft in Spain*. *Department of Nautical Engineering and Science*, Technical University of Catalonia, Spain.
- Dessai, D.V. and Nayak, G.N. 2009. *Distribution and speciation of selected metals in surface sediments, from the tropical Zuari estuary, central west coast of India*. *Environ. Monit. Assess.* 2009, 158, 117–137.
- Dickson, A.G. 1984. *pH scales and proton-transfer reactions in saline media such as seawater*. *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 2299–2308.
- Dickson, A.G. 1993a. *The measurement of sea water pH*. *Mar. Chem.* 44, 131–142.
- Dickson, A.G. 1993b. *pH buffers for sea water media based on the total hydrogen ion concentration scale*. *Deep Sea Res.* 40, 107–118.

- Dillman, D.A., Sinclair, M.D. and Clark, J.R. 1993. *Effects of questionnaire length, respondent-friendly design, and a difficult question on response rates for occupant-addressed Census Mail surveys*. *Public Opinion Quarterly* 57, 289.
- Dillman, D.A. 2011. *Mail and Internet Surveys: the Tailored Design Method e 2007 Update with New Internet, Visual, and Mixed-mode Guide* (Google eBook).
- Di Vaio, A., Varriale, L. and Trujillo, L. 2019. *Management Control Systems in port waste management: Evidence from Italy*. *Utilities Policy*, 56, 127-135.
- Doğanay, E. 2014. *AB Su Çerçeve Direktifine Göre Ülkemiz Sularının Fizikokimyasal ve Kimyasal Parametreler Açısından İzlenebilmesi için Kullanılabilecek Analiz Metotlarının Değerlendirilmesi*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi.
- Duarte, C. M., Hendriks, I. E., Moore, T. S., Olsen, Y. S., Steckbauer, A., Ramajo, L., ... and McCulloch, M. 2013. *Is ocean acidification an open-ocean syndrome? Understanding anthropogenic impacts on seawater pH*. *Estuaries and Coasts*, 36(2), 221-236.
- Dvarioniene, J.; Zobe, G.; Laite, N.; Kruopiene, J., and Stasiskiene, Z. 2013. *Application of the life-cycle assessment method for pollution prevention in Klaipeda Sea Port, Lithuania*. *Journal of Coastal Research*, 29(5), 1083-1091.
- ElkinGrton, J. 1997. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of Twenty First Century Business*. North Mankato, MN: Capstone.
- Emadian, S.M., Rahimnejad, M., Hosseini, M. and Khoshandam, B. 2015. *Investigation on upflow anaerobic sludge fixed film (UASFF) reactor for treating low-strength bilge water of Caspian Sea ships*. *J Environ Health Sci* 13, 23.
- EMSA (The European Maritime Safety Agency) 2016. The Management of Ship-Generated Waste On-board Ships report. <https://www.emsa.europa.eu/sustainable-ports/port-reception-facilities/download/4557/4511/23.html> [Son erişim tarihi: 27.07.2022].
- EPA (Environmental Protection Agency) 1997. Guiding Principles for Monte Carlo Analysis. Erişim Adresi: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/montecar.pdf>. [Son erişim tarihi: 11.05.2021].
- EPA 1999. In: Oo, Water (Ed.), Phase I Uniform National Discharge Standards for Vessels of the Armed Forces WashinGrton DC.
- EPA 2001. Parameters Of Water Quality, Interpretation and Standards, İrlanda.
- EPA 2008. Cruise Ship Discharge Assessment Report. WashinGrton, D.C: Environmental Protection Agency, Office of water.
- Ephraim, B. E. and Ajayi, I. O. 2014. *Geoenvironmental assessments of heavy metals in surface sediments from some creeks of the Great Kwa River, Southeastern Nigeria*. *J Environ Earth Sci*, 4(21), 2224-3216.
- Erkebay, Ş. 2018. *International Convention Relating To Intervention On The High Seas In Cases Of Oil Pollution Casualties (Intervention 1969) And Its Applications Related With Oil Spill In Turkey*. Oil Spill along the Turkish Straits, 371.
- ESPO 2012. Green Guide: Towards Excellence in Port Environmental Management and Sustainability. Brussels: European Seaport Organisation (ESPO).

- Falconer, R. 1992. *Flow and water quality modelling in coastal and inland waters*, *Journal of Hydraulics Research*, 30(4), 437-452.
- Farnelli, G. M. and Tanzi, A. 2017. *Convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter 1972 and 1996 protocol*. In *Elgar Encyclopedia of Environmental Law* (pp. 175-183). Edward Elgar Publishing.
- Feely, R. A., Sabine, C. L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V. J. and Millero, F. J. 2004. *Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans*. *Science*, 31(305), 5682.
- Fingas, M. and Fieldhouse, B. 2014. *Handbook of Oil Spill Science and Technology*, M. Fingas, Editor, John Wiley & Sons Inc., Hoboken.
- Fletcher, L. M., Zaiko, A., Atalah, J., Richter, I., Dufour, C. M., Pochon, X., ... and Hopkins, G. A. 2017. *Bilge water as a vector for the spread of marine pests: a morphological, metabarcoding and experimental assessment*. *Biological Invasions*, 19(10), 2851-2867.
- Franklin, J. B., T. Sathish, N. V. Vinithkumar, and R. Kirubakaran. 2020. *A novel approach to predict chlorophyll-a in coastal-marine ecosystems using multiple linear regression and principal component scores*. *Mar. Pollut. Bull.* 152:110902. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.110902.
- Furstenberg, S., Mohn, H. and Sverud, T. 2009. Study on discharge factors for legal operational discharges to sea from vessels in Norwegian waters, DNV report NO. 2009-0284, Hovik, Norway.
- Gatidou, G., Drakou, E. M. and Vyrides, I. 2022. *Assessment of Bilge Water Degradation by Isolated Citrobacter sp. and Two Indigenous Strains and Identification of Organic Content by GC-MS*. *Water*, 14(9), 1350.
- Gattuso, J.P., Bijma, J., Gehlen, M., Riebesell, U. and Turley, C. 2011. *Ocean acidification: knowns, unknowns and perspectives*. In: *Gattuso, J.P., Hansson, L. (Eds.), Ocean Acidification*. Oxford University Press, Oxford, pp. 291–311.
- Geliday, R. ve Kocataş, A. 1998. *Deniz Biyolojisi Giriş*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 39-83.
- Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 2004. Resmi Gazete (Sayı: 25682), 26 Aralık 2004. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/20041226.htm> [Son erişim tarihi: 01.10.2022].
- Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Çerçevesinde Uygulanacak Ücretler ve Esaslar Hakkında Tebliğ 2009. Resmi Gazete (Sayı: 27249), 05 Haziran 2009. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/06/20090605-10.htm>. [Son erişim tarihi: 27.07.2022].
- Gemi Adamları Yönetmeliği 2018. Resmi Gazete (Sayı: 30328), 10 Şubat 2018. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180210-9.htm>. [Son erişim tarihi: 27.07.2022].
- Georgakellos, D.A. 2007. *The use of the deposit-refund framework in port reception facilities charging systems*. *Mar. Pollut. Bull.* 54 (5), 508–520.

- Gilbert, L., Picard, C., Savary, G. and Grisel, M. 2013. *Rheological and textural characterization of cosmetic emulsions containing natural and synthetic polymers: relationships between both data*. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 421, 150–163.
- Gold, E. 1991. *International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation*, 1990-Report. *J. Mar. L. & Com.*, 22, 341.
- Goulielmos, A. M. 2000. *European Policy on Port Environmental Protection*. *Global Nest: The International Journal* 2 (2): 189–197.
- Göycüncik, S., Danahaliloğlu, H., ve Karayiğit, H. B. 2018. *İskenderun Körfezi Deniz Suyunun Eser Element Düzeylerinin Araştırılması*. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 39-48.
- Greer, C. D., Hodson, P. V., Li, Z., King, T. and 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.
- Green Cruise Port 2021. http://www.greencruiseport.eu/files/public/download/events/helsinki/07_Ship-generated%20waste%20management_20161110_Ellen%20Kaasik_Port%20of%20Tallinn.pdf. [Son erişim tarihi: 21.09.2021].
- Gryta, M., Karakulski, K. and Morawski, A. W. 2001. *Purification of oily wastewater by hybrid UF/MD*. *Water research*, 35(15), 3665-3669.
- GESAMP 1982. *The Review of the Health of the Oceans*. Reports and Studies No. 15. GESAMP, Geneva. pp. 108.
- Gupta, K. V. and Prakash, G. 2022. *Assessment of environmental sustainability issues for South-Asian maritime ports*. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 1-23.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V. and Micheli, F. 2008. *A global map of human impact on marine ecosystems*. *Science* 319, 948–952.
- Harikrishnan, N., Gandhi, S., Chandrasekaran M. and Ravisankar, A.R. 2015. *Assessment of heavy metal pollution and potential ecological risk of sediments of East Coast of Tamilnadu by energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy (EDXRF) and sediment quality guidelines (SQGS)*. *J. Heavy Metal Toxic. Dis.* 1, 1–7.
- Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G. and Sorte, C.J.B. 2006. *The impacts of climate change in coastal marine systems*. *Ecol. Lett.* 9, 228–241.
- Helsinki Commission (HELCOM) 2013. *Approaches and methods for eutrophication target setting in the Baltic Sea region*. In *Balt. Sea Environ. Proc* (Vol. 133, pp. 1-134).
- Herczeg, A.L., Broecker, W.S., Anderson, R.F., Schiff, S.L., Schindler, D.W. 1985. *A new method for monitoring temporal trends in the acidity of fresh waters*. *Nature* 315, 133–135.
- Hoegh-Guldberg, O. 2014. *Coral reef sustainability through adaptation: glimmer of hope or persistent mirage?* *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 7, 127–133.

- Hogan, C. M. 2010. "Calcium", eds. A. Jorgensen, C. Cleveland. *Encyclopedia of Earth. Some evidence shows the potential for fairly regular ratios of elements maintained across surface oceans in a phenomenon known as the Redfield Ratio. National Council for Science and the Environment.*
- Hou, L. and Geerlings, H. 2016. *Dynamics in sustainable port and hinterland operations: A conceptual framework and simulation of sustainability measures and their effectiveness, based on an application to the Port of Shanghai. Journal of Cleaner Production*, 135, 449-456.
- İçemer, G., Atasoy, L., Yıldırım, U.B., Can, E. Ve Koşu, C. 2009. *Environmental effect of Yacht/Boat Generated Wastes. 15 th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region with focus on Environmental Threats in the Mediterranean Region: Problems and Solutions (MESAEP)*, October 07-11, Bari, Italy Abstract Book pp, 466, 2009., Bari, Ekim 2009, Türkiye.
- Icemer G. T, Okudan E. S ve Göktuğ, T. H. 2022. *Assessment Of Environmental Impacts Of Recreational Yacht / Boat Activities On Marine Water Quality And Marine Vegetation Variation In Phaselis Bay In Turkey*, Volume 31– No. 08A/2022 pages 8410-8416
- IAEA (International Atomic Energy Agency) 1990. *Guidebook on Applications of Radiotracers in Industry. Technical Report Series No. 316.*
- IARC 2013. *Agents Classified by the IARC Monographs; International Agency for Research on Cancer: Lyon, France*, pp. 1–108.
- Ibabe, A., Borrell, Y. J., Knobelspiess, S. and Dopico, E. 2020. *Perspectives on the marine environment and biodiversity in recreational ports: The marina of Gijon as a case study. Marine Pollution Bulletin*, 160, 111645.
- ICS (International Chamber of Shipping) 2019. *Shipping and World Trade – Overview. Available in <http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade>. [Son erişim tarihi: 14.03.2021].*
- Iduk, U. and Samson, N. 2015. *Effects and solutions of marine pollution from ships in Nigerian waterways. International Journal of Scientific and Engineering Research*, 6(9), 81-90.
- Ignatiades, L. 2005. *Scaling the trophic status of the Aegean Sea, eastern Mediterranean. Journal of Sea Research* 54, 51–57.
- İlgar, R. 2017. *Çanakkale Boğazında Geçiş İstatistiklerine Bağlı Gemi Atık Yönetimi ve Değerlendirmesi. Marmara Coğrafya Dergisi. Ocak 2017 • Sayı: 35 ss: 185-194 , ISSN: 1303-2429.*
- IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) 2004. *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, International Maritime Organization, London, UK.*
- IMO 2006. *Marine Environment Protection Committee. Resolution MEPC.157(55): Recommendation on Standards for the Rate of Discharge of Untreated Sewage from Ships.*

- IMO 2012. Guidelines for implementation of MARPOL 73/78 Annex V. Resolution MEPC.219 (63).
- IMO 2017. Standards of Training, Certification and Watchkeeping (STCW-1978) including 2010 Manila Amendments, (2017 Edition), Londra.
- IMO 2018. *Resolution MEPC.277(70), Amendments to the Annex of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973*, as modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto, Amendments to MARPOL Annex V
- IMO-MEPC 2006. Revised Guidelines on implementation of effluent standards and performance tests for sewage treatment plants. In: Committee MEP (Ed.), vol. 159, 55, MEPC 55/23 Annex 26.
- IMO-MEPC 2012. Revised Guidelines on implementation of effluent standards and performance tests for sewage treatment plants. In: Committee MEP (Ed.), vol. 159, 55, MEPC 55/23 Annex 26.
- IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 2014. Climate change 2014: synthesis report. In: Barros (Ed.), Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. In contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1655–1731.
- Ishak, I. C., Kamaruzaman, K. Z., and Ramli, M. K. 2021. *The Impact And Control Strategies Towards Marine Pollution: A Case Study at a Port*.
- ISO 1999. Petroleum and Natural Gas Industries- Offshore Production Installations - Guidelines on Tools and Techniques for the Identification and Assessment of Hazardous Events. Draft International Standard ISO 17776.
- ISO 2007. Water quality. Determination of pH. Draft International Standard ISO/DIS 26149.
- ISO 2009. Risk Management: Principles and Guidelines: ISO 31000, p. 2009.
- Jalkanen, J. P., Johansson, L., Wilewska-Bien, M., Granhag, L., Ytreberg, E., Eriksson, K. M., ... and Moldanova, J. 2020. *Modeling of discharges from Baltic Sea shipping. Ocean Science Discussions*, 1-54.
- Jambeck, J. R., R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, and A. Andrady. 2015. *Plastic Waste Inputs from Land Into the Ocean. Science* 347: 768–771.
- Javed, M. and Usmani, N. 2016. *Accumulation of heavy metals and human health risk assessment via the consumption of freshwater fish Mastacembelus armatus inhabiting, thermal power plant effluent loaded canal. SpringerPlus* , 5, 776.
- Jing, L., Chen, B., Zhang, B.Y. and Li, P. 2012b. *A stochastic simulation-based hybrid interval fuzzy programming approach for optimizing the treatment of recovered oily water. J. Ocean Technol.* 7 (4), 59–72.
- Kadali, K. K., Simons, K. L., Skuza, P. P., Moore, R. B. and Ball, A. S. 2012. *A complementary approach to identifying and assessing the remediation potential of hydrocarbonoclastic bacteria. Journal of microbiological methods*, 88(3), 348-355.

- Kane, K. 2016. Impacts of Tourism On Water Quality In Quintana Roo, Mexico. *Master of Science thesis, Chalmers University of Technology. Northern Illinois University, United States.* 192 pp.
- Kallel, A.; Ksibi, M.; Dhia, H.B., and Khélifi, N. 2017. *Recent advances in environmental science from the Euro-Mediterranean and surrounding regions, Proceedings of Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI-1)*, Springer, Tunisia, 1759p.
- Karakulski, K. and Gryta, M. 2017. *The application of ultrafiltration for treatment of ships generated oily wastewater. Chemical Papers*, 71(6), 1165-1173.
- Kayaalp, G. T., ve Polat, S. 2001. *Tüm Gözlemlı ve Eksik Gözlemlı Regresyon Modelinde Klorofil-a Miktarının Tahmini. Su Ürünleri Dergisi*, 18(3).
- Kennish, R. 1997. Seasonal Patterns of Food Availability: *Influences on the Reproductive Output and Body Condition of the Herbivorous Crab Grapsus Albolineatus* *Oecologia* 1,1997, 209-218, Hong Kong.
- Kennicutt, M. C. and Sweet, S. T. 1992. *Hydrocarbon contamination on the Antarctic Peninsula: III. The Bahia Paraiso—Two years after the spill. Marine Pollution Bulletin*, 25(9-12), 303-306.
- Kentel, E. and Aral, M.M. 2005. *2D Monte Carlo versus 2D fuzzy Monte Carlo health risk assessment. Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 2005, 19, 86–96.
- Kersh, J., James, C.A. and Gough, H.L. 2020. *Impacts of high-strenGrth boat waste on activated sludge processes. J. Environ. Eng.* 146, 04020023.
- Keskin H. 2006. *Gemilerden Kaynaklanan Atıkların Kontrolü Kapsamında Liman Atık Kabul Tesisi ve Ambarlı Liman Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*, 195 s.
- Kocataş, A. 1986. *Oseanoloji- Deniz Bilimlerine Giriş*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 66-135 ss.
- Kokal, S. 2005. *Crude-oil emulsions: a state-of-the-art review. Spe Production & Facilities* 20, 5–13.
- Koski, M., Stedmon, C. and Trapp, S. 2017. *Ecological effects of scrubber water discharge on coastal plankton: potential synergistic effects of contaminants reduce survival and feeding of the copepod Acartia tonsa. Mar. Environ. Res.* 129, 374–385.
- Kotrikla, A.M., Zavantias, A. and Kaloupi, M. 2021. *Waste generation and management onboard a cruise ship: a case study. Ocean Coast Manag.* 212, 105850.
- Koupaie, E.H., Eskicioglu, C. 2015. *Health risk assessment of heavy metals through the consumption of food crops fertilized by biosolids: a probabilistic-based analysis. J. Hazard. Mater.* 300, 855–865.
- Krenshaw, O. G. 2009. *Cruise Ship Pollution. Nova Science.*
- Küçük, Y. K., ve Topçu, A. 2012. *Deniz taşımacılığından kaynaklanan kirlilik. Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(2), 75-80, Ankara.

- Küçükosmanoğlu, A. 2008. *Research of The Spill Quantity by the sea accident risk model (MARISK)* (Ph.D. Thesis). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 554 p.
- Laxe, F.G., Bermúdez, F.M., Palmero, F.M. and Novo-Corti, I. 2016. *Sustainability and the Spanish port system. Analysis of the relationship between economic and environmental indicators. Mar. Pollut. Bull.* 113 (1), 232–239.
- Le, X. Q., Vu, V. H., Hens, L. and Van Heur, B. 2014. *Stakeholder perceptions and involvement in the implementation of EMS in ports in Vietnam and Cambodia. Journal of Cleaner Production*, 64, 173-193.
- Lee, T., G. Yeo, and Thai, V., V. 2014. *Environmental Efficiency Analysis of Port Cities: Slacks-Based Measure Data Envelopment Analysis Approach. Transport Policy* 33: 82–88.
- Lee, H., D. Park, S. Choo, and H. T. Pham. 2020. *Estimation of the non-greenhouse gas emissions inventory from ships in the port of Incheon. Sustainability* 12 (19):8231. doi:10.3390/su12198231.
- Li, M. 2006. *Ecological restoration of mineland with particular reference to the metalliferous mine wasteland in China: a review of research and practice. Sci. Total Environ.* (2006), 357 (1), 38–53.
- Lin, B., Lin, C. Y. and Jong, T. C. 2007. *Investigation of strategies to improve the recycling effectiveness of waste oil from fishing vessels. Marine Policy*, 31(4), 415-420.
- Lindgren, J. F. 2015. *Evaluating effects of low concentrations of oil in marine benthic communities*. Doctor of Philosophy thesis, Chalmers University of Technology.
- Lirn, Taih-cherng, Yen-Chun Jim Wu, and Yenming J. Chen. 2012. *Green Performance Criteria for Sustainable Ports in Asia. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 43 (5/6): 427–451.
- Loehr, L. C., Beegle-Krause, C. J., George, K., McGee, C. D., Mearns, A. J. and Atkinson, M. J. 2006. *The significance of dilution in evaluating possible impacts of wastewater discharges from large cruise ships. Marine pollution bulletin*, 52(6), 681-688.
- Ma, X., Zhou, Y., Yang, L. and Tong, J. 2021. *A Survey of Marine Coastal Litters around Zhoushan Island, China and Their Impacts. Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 183.
- Magnusson, K., Jalkanen, J., Johansson, L., Smailys, V., Telemo, P. and Winnes, H. 2018. *Risk assessment of bilge water discharges in two Baltic shipping lanes. Journal of Marine Pollution Bulletin*, 126, 575-584.
- Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M. and Domingo, J.L. 2009. *Exposure to heavy metals and PCDD/Fs by the population living in the vicinity of a hazardous waste landfill in Catalonia, Spain: health risk assessment. Environ. Int.* 35, 1034–1039.
- Marion, G.M., Millero, F.J. and Feistel, R. 2009. *Precipitation of solid phase calcium carbonates and their effect on application of seawater SA-T-P models. Ocean Sci.* 5, 285–291.

- MARPOL 73/78 2017. *MARPOL Consolidated Edition International Maritime Organization*, London, UK, (2017)
- Mason, B. 1966. *Principles of Geochemistry*, 3rd edn. John Wiley & Sons, New York.
- McClements, D.J. 2015. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press.
- McLaughlin, C., Falatko, D., Danesi, R. and Albert, R. 2014. *Characterizing shipboard bilgewater 1035 effluent before and after treatment*, *Env. Sci Pollut Res Int*, 21(8), 5637–5652, doi:10.1007/s11356-013-2443-x.
- Mearns, A., Krause, C.J.B., Stekoll, M., Hall, K., Watson, M. and Atkinson, M. 2003. *Biological and ecological effects of wastewater discharges from cruise ships in Alaska. In Oceans. Celebrating the Past Teaming toward the Future; IEEE Cat. No. 03CH37492; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2003; Volume 2, pp. 737–747.*
- Merk, O. and Notteboom, T. 2013. *The Competitiveness of Global Port-Cities: The Case of Rotterdam/Amsterdam, the Netherlands.*
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden resmi yazı ile temin edilmiştir.
- Millero, F.J., Woosley, R., DiTrollo, B., Waters, J. 2009. *The effect of ocean acidification on the speciation of metals in natural waters. Oceanography* 22, 72–85.
- Momin Siddique, M.A. ve Aktar, M. 2012. *Heavy metals in salt marsh sediments of Porteresia bed along the Karnafully River coast, Chittagong. Soil Water Res.* 7.
- Morley, N.H., Burton, J.D., Tankere, S.P.C. and Martin, J.M. 1997. *Distribution and behavior of some dissolved trace metals in the western Mediterranean Sea. Deep Sea Res.*, 2, 675–691.
- Motevalli, A., Moradi, H. R., and Javadi, S. 2018. *A Comprehensive evaluation of groundwater vulnerability to saltwater up-coning and sea water intrusion in a coastal aquifer (case study: Ghaemshahr-juybar aquifer). Journal of Hydrology*, 557, 753-773.
- Motoyoshi, M., and Y. Nishi. 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.
- Mu, Y., Z. Wang, F. Wu, B. Zhong, M. Yang, F. Sun, C. Feng, X. Jin, K. Leung and J. P. Giesy. 2018. *Model for predicting toxicities of metals and metalloids in coastal marine environments worldwide. Environ. Sci. Technol.* 52 (7):4199–206. doi:10.1021/acs.est.7b06654.
- Mulsow, S., Povince, P., Wyse, E., Benmansour, M., Sammir, B. and Cahfik, A. 2001. *Trace elements, heavy metals and Pb isotopic ratios in marine sediments of the south Mediterranean Sea (Morocco). Rapp. Comm. Int. Mer Me’Diterranee* 2001, 36, 147.
- Muhammetoğlu, H., Topkaya M.B. ve Muhammetoğlu, A. 2000 *Antalya Deniz Deşarjı Çevresinde Deniz Suyu Kalitesinin İzlenmesi A.Ü. Çevre Müh Böl. Teknik Rapor No: RU. 00-02-10*

- Nordquist, M. (Ed.). 2011. United Nations Convention on the law of the sea 1982, Volume VII: a commentary. Brill.
- NRC (National Research Council) 2003. Oil in the Sea III:Inputs, Fates, and Effects, WashinGrton D.C., USA: The National Academies Press.
- OECD 2014. The Competiviness of Global Port-Cities. Paris: OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing.
- Ohlenschlager, J.P. and Gordiani, G. 2012. *EMSA Study on the Delivery of Ship-Generated Waste and Cargo Residues to Port Reception Facilities in EU Ports*.
- OILPOL 1954. *International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil. Admiralty and Maritime Law Guide*, London. <http://www.admiraltylawguide.com/conven/oilpol1954.html>. [Son erişim tarihi: 01.10.2022].
- Olafsson, J., Olafsdottir, S.R., Benoit-Cattin, A., Danielsen, M. and Arnarson, T.S. 2009. *Rate of Iceland Sea acidification from time series measurements. Biogeosci. Discuss.* 6 (3), 5251–5270.
- Oliveira, A. L., and A. Turra. 2015. “Solid Waste Management in Coastal Cities: *Where are the Gaps? Case Study of the North Coast of São Paulo.*” *Journal of Integrated Costal Management* 14: 453–465.
- Olorunfemi, D.I.; Duru, L., and Olorunfemi, O.P. 2015. *Genotoxic effects of bilge water on mitotic activity in Allium cepa L. Caryologia*, 68(4), 265-271.
- Onwuegbuchunam, D.E.; Midwife, T.E.; Okoroji, L.I., and Essien, A.E. 2017. *An analysis of ship-source marine pollution in Nigeria seaports. Journal of Marine Science and Engineering*, 5(3), 39.
- Orr, J.C., V.J. Fabry, O. Aumont, L. Bopp, S.C. Doney, R.A. Feely, A. Gnanadesikan, N. Gruber, A. Ishida, and F. Joos. 2005. *Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. Nature* 437: 681–686.
- Öztürk, G. 1996. Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarj Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 238 ss.
- Özyurt, N. N., Bayarı, C. S., Doğdu, M. Ş. ve Arıkan, A. 2001. *Akkuyu körfezi (Mersin) deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen süreçler. Yerbilimleri*, 24, 113-126.
- Pagani, M., D. Lemarchand, A. Spivack, and J. Gaillardet. 2005. *A critical evaluation of the boron isotope-pH proxy: the accuracy of ancient ocean pH estimates. Geochimica et Cosmochimica Acta* 69(4): 953–961.
- Parks, M., Ahmasuk, A., Compagnoni, B., Norris, A. and Rufe, R. 2019. *Quantifying and mitigating three major vessel waste streams in the northern Bering Sea. Mar. Pol.* 106.
- Pearson, P.N., and M.R. Palmer. 2000. *Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. Nature* 406(6797): 695–699
- Penny, R. and Suominen-Yeh, M. 2008. *Biological Bilge Water Treatment System, Nav. Eng. J.*, 118(3), 45–50, doi:<https://doi.org/10.1111/j.1559-3584.2006.tb00462.x>.

- Pérez, I., González, M. M., and Jiménez, J. L. 2017. *Size matters? Evaluating the drivers of waste from ships at ports in Europe. Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 403-412.
- Perić, T. and Račić, N. 2019. *Evaluation model of marine pollution by wastewater from cruise ships. Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, 70(3), 79-92.
- Peterson, C. H. and Holland-Bartels, L. 2002. *Chronic impacts of oil pollution in the sea: risks to vertebrate predators. Marine ecology progress series*, 241, 235-236.
- Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F. and Pagnotta, R. 2007. *A revisitation of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive: Application to Italian coastal waters. Marine Pollution Bulletin*, 54(9), 1413-1426.
- Pinet, P., R. 1996. *Invitation to Oceanography*. St. Paul: West Publishing Company. pp. 126, 134–135. ISBN 978-0-314-06339-7.
- Pinjo, D. 2001. *Protocol on Preparedness, Response and Co-Operation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances*, 2000. Poredbeno Pomorsko Pravo, 155, 156.
- Port of Rotterdam 2021. (<https://www.portofrotterdam.com/en/shipping/sea-shipping/other/ships-waste-from-seagoing-shipping>). [Son erişim tarihi: 12.8.2021].
- Puig, M., Azarkamand, S., Wooldridge, C., Selén, V. and Darbra, R. M. 2022. *Insights on the environmental management system of the European port sector. Science of the Total Environment*, 806, 150550.
- Qu, C. S., Ma, Z. W., Yang, J., Liu, Y., Bi, J., and Huang, L. 2012. *Human exposure pathways of heavy metals in a lead-zinc mining area, Jiangsu Province, China. PloS one*, 7(11), e46793.
- Qu, L., Huang, H., Xia, F., Liu, Y., Dahlgren, R.A., Zhang, M. and Mei, K. 2018. *Risk analysis of heavy metal concentration in surface waters across the rural-urban interface of the Wen-Rui Tang River, China. Environ. Pollut.* 237, 639e649.
- Radovic, J.R.; Rial, D.; Lyons, B.P.; Harman, C.; Vinas, L.; Beiras, R.; Readman, J.W.; Thomas, K.V., and Bayona, J.M. 2012. *Post-incident monitoring to evaluate environmental damage from shipping incidents. Journal of Environmental Management*, 109, 136-153.
- Rahman, M. S., Hossain, M. B., Babu, S. O. F., Rahman, M., Ahmed, A. S., Jolly, Y. N., ... and Akter, S. 2019. *Source of metal contamination in sediment, their ecological risk, and phytoremediation ability of the studied mangrove plants in ship breaking area, Bangladesh. Marine Pollution Bulletin*, 141, 137-146.
- Ra, K., Kim, J.-K., Hong, S.H., Yim, U.H., Shim, W.J., Lee, S.-Y., Kim, Y.-O., Lim, J., Kim, E.-S., and Kim, K.-T. 2014. *Assessment of pollution and ecological risk of heavy metals in the surface sediments of Ulsan Bay, Korea. Ocean Sci. J.* 49, 279–289.
- Rausand, M. 2011. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- Raven, J., K. Caldeira, H. Elderfield, O. Hoegh-Guldberg, P. Liss, U. Riebesell, J. Shepherd, C. Turley, and A. Watson. 2005. *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide*. The Royal Society.
- Resmi Gazete 1341. 14/04/1341. “Limanlar Kanunu”, Ankara.
- Resmi Gazete 1982. 09/07/1982. Sayı: 17753, “Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu”, Ankara.
- Resmi Gazete 1982. 09/11/1982. Sayı: 17863, “Türkiye Cumhuriyeti Anayasası”, Ankara.
- Resmi Gazete 1983. 09/08/1983, Sayı: 18132, “Çevre Kanunu”, Ankara.
- Resmi Gazete 1990. 04/04/1990. Sayı: 20495, “Kıyı Kanunu”, Ankara.
- Resmi Gazete 2004a. 10/07/2004, Sayı: 25531 “Büyükşehir Belediyesi Kanunu”, Ankara.
- Resmi Gazete 2004b. 31/12/2004, Sayı: 25687, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, Ankara.
- Resmi Gazete 2005. 03/03/2005. Sayı: 25752, “Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun”, Ankara.
- Resmi Gazete 2006. 21/10/2006. Sayı: 26326, “Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanunun Uygulama Yönetmeliği”, Ankara.
- Resmi Gazete 2007a. 10/02/2006. Sayı: 26430, “Risk değerlendirmesi ve acil müdahale planlarını hazırlayacak kurum/kuruluşların asgari özelliklerine dair tebliğ”, Ankara.
- Resmi Gazete 2007b. 03/04/2007. Sayı: 26482, “Çevre Kanunu’na Göre Verilecek İdarî Para Cezalarında İhlalin Tespiti Ve Ceza Verilmesi İle Tahsili Hakkında Yönetmelik”, Ankara.
- Resmi Gazete 2008. 11/09/2007. Sayı: 26640, “Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) Klas-B Cs Cihazının, Gemilere Donatılmasına ve Özelliklerine Dair Tebliğ”, Ankara.
- Resmi Gazete 2014. 12/12/2014. Sayı: 29203, “Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesine İlişkin Risk Değerlendirmesi ve Acil Müdahale Planlarını Hazırlayacak Kurum ve Kuruluşların Asgari Özelliklerine Dair Tebliğ”, Ankara.
- Resmi Gazete 2016. 12/12/2016. Sayı: 29995, “Sahil Güvenlik Komutanlığı Teşkilat, Görev ve Yetkileri Yönetmeliği”, Ankara.
- Resmi Gazete 2021. 12/06/2021. Sayı: 31509, “Çevre Denetimi Yönetmeliği”, Ankara.
- Rincon, G., J. and La Motta, E., J. 2014. *Simultaneous removal of oil and grease, and heavy metals from artificial bilge water using electro-coagulation/flotation*. *Journal of Environmental Management* 144 (2014) 42e50.
- Roh, S., Thai, V. V., Jang, H. and Yeo, G. T. 2021. *The best practices of port sustainable development: a case study in Korea*. *Maritime Policy & Management*, 1-27.

- Roloff, J. 2008. *Learning from multi-stakeholder networks: Issue-focused stakeholder management. Journal of Business Ethics* 82, 233e250.
- Rooney, R. M., Bartram, J. K., Cramer, E. H., Mantha, S., Nichols, G., Suraj, R. and Todd, E. C. 2004. *A review of outbreaks of waterborne disease associated with ships: evidence for risk management. Public health reports*, 119(4), 435-442.
- Rotterdam Liman Otoritesi 2014. Port Waste Handling Plan 2015, Rotterdam. [Son erişim tarihi: 19.05.2021]. *Environment*, 57, 403-412.
- Rouibah M. 2001. *Etat de pollution par les me'taux lourds dans le port de DjenDjen et le port de Jijel (Alge'rie), Rapport Commission International Mer Me'diterranee*. 36, 160 pp.
- Safadi, E.A.E., Adrot, O. and Flaus, J. 2015. Advanced Monte Carlo Method for Model Uncertainty Propagation in Risk Assessment. IFAC-Papers OnLine. 48 pp. 529–534.
- Sağlamtimur, N.D. ve Subaşı, E. 2018. *Dünya ve Türkiye’de gemilerden kaynaklanan deniz kirliliği ve atık Kabul tesisleri: Genel perspektif, yönetim ve öneriler. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 24(3), 481-493.
- Saha, N., Rahman, M.S., Ahmed, M.B., Zhou, J.L., Ngo, H.H. and Guo, W.S. 2017. *Industrial metal pollution of water and probabilistic assessment of human health risk. J. Environ. Manag.*, 185, 70–78.
- Salomons, W. and Forstner, V. 1984. *Metals in the Hydro-cycle*. Springer, Berlin.
- Samsudina, M. S., A. Azida, S. I. Khalita, M. S. A. Sani, and F. Lananana. 2019. *Comparison of prediction model using spatial discriminant analysis for marine water quality index in mangrove estuarine zones, Mar. Poll.*
- Santana-Casiano, J.M., González-Dávila, M., Rueda, M.-J., Llinás, O. and González-Dávila, E.-F. 2007. *The interannual variability of oceanic CO2 parameters in the northeast Atlantic subtropical gyre at the ESTOC site. Glob. Biogeochem. Cycles* 21 (1), GB1015.
- Santisi, S., Gentile, G., Volta, A., Bonsignore, M., Mancini, G. and Quatrini, P. 2015. *Isolation and characterization of oil-degrading bacteria from bilge water. Growth* 17, 45–49.
- Sax, L.J., Gilmartin, S.K. and Bryant, A.N. 2003. *Assessing response rates and nonresponse bias in web and paper surveys. Research in Higher Education* 44, 409e432.
- Seabourn 2018. Sustainability Report. https://www.seabourn.com/en_US/our-company/sustainability.html. [Son erişim tarihi: 15.02.2022].
- Sekman, E., Top, S., Uslu, E., Varank, G. and Bilgili, M. S. 2011. *Treatment of oily wastewater from port waste reception facilities by electrocoagulation. International Journal of Environmental Research*, 5(4), 1079-1086.
- Sharma, E. and Das, S. 2020. *Measuring impact of Indian ports on environment and effectiveness of remedial measures towards environmental pollution. International Journal of Environment and Waste Management*, 356.

- Shu, Y., Daamen, W., LiGrteringen, H. And Hoogendoorn, S. 2015. *Vessel Route Choice Theor. Model.* 2479 (1), 9–15.
- Shu, Y., Wang, X., Huang, Z., Song, L., Fei, Z., Gan, L., ... and Yin, J. 2022. *Estimating spatiotemporal distribution of wastewater generated by ships in coastal areas. Ocean & Coastal Management*, 222, 106133.
- Simbhora, N., Panayotidis, P. and Papathanassiou, E. 2005. *A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion: the case of Saronikos Gulf. Ecological Indicators* 5, 253–266.
- Simex, S.A., and G.R Helz 1981. *Regional geochemistry of trace elements in Chesapeake Bay, Environ. Geo* 3, 315-323.
- Singer, E., Von Thurn, D.R. and Miller, E.R. 1995. *Confidentiality assurances and response: a quantitative review of the experimental literature. Public Opinion Quarterly* 59, 66.
- Soleimani, H., Azhdarpoor, A., Hashemi, H., Radfard, M., Nasri, O., Ghoochani, M., Azizi, H., Ebrahimzadeh, G. and Mahvi, A.H. 2020. *Probabilistic and deterministic approaches to estimation of non-carcinogenic human health risk due to heavy metals in groundwater resources of torbat heydariyeh, southeastern of Iran. Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2020, 100, 1–15.
- Spadaro, I., Pirlone, F. and Candia, S. 2021. *Waste management: new policies for EU port cities. International Planning Studies*, 26(4), 413-425.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish Res. Board. Can.*,167, Ottawa, 310 p.
- Svaetichin, I. and Inkinen, T. 2017. *Port waste management in the Baltic Sea area: A four port study on the legal requirements, processes and collaboration. Sustainability*, 9(5), 699.
- Şahin, V. And Vardar, N. 2020. *Determination of wastewater behavior of large passenger ships based on their main parameters in the pre-design stage. Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 546.
- Tada, K., Tada, M. and Maita, Y. 1998. *Dissolved free amino acids in coastal seawater using a modified fluorometric method, Journal of Oceanography*. 54 (4): 313–321. doi:10.1007/BF02742615. S2CID 26231863.
- Tan, A. K. J. 2005. *Vessel-source marine pollution: the law and politics of international regulation* (Vol. 45)., Cambridge University Press.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H.D. and Burton, F.L. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. 5th ed. McGraw-Hill, New York.
- Thirumalini, S. ve Joseph, K. 2009. *Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Natural Waters. Malaysian Journal Of Science* (1): 55.
- TCK 2004. Resmi Gazete (Sayı: 25755), 26 Eylül 2004. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5237.pdf> [Son erişim tarihi: 01.10.2022].

- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 2005. Resmi Gazete (Sayı: 25611), Türk Ceza Kanunu, 14 Mart 2005. https://istac.istanbul/contents/46/gemilerden-atik-alimi_130838448918284642.pdf [Son erişim tarihi: 07.10.2022].
- Thomas, K.V. and Brooks, S. 2010. *The environmental fate and effects of antifouling paint biocides*. *Biofouling* 26, 73–88.
- Tiselius, P. and Magnusson, K. 2017. *Toxicity of treated bilge water: The need for revised regulatory control*, *Mar. Pollut. Bull.*, 114(2), 860–866.
- Tomaszewska, M., Orecki, A., and Karakulski, K. 2005. *Treatment of bilge water using a combination of ultrafiltration and reverse osmosis*. *Desalination*, 185(1–3), 203–212.
- Tourangeau, R., Groves, R.M. and Redline, C.D. 2010. *Sensitive topics and reluctant respondents: demonstrating a link between nonresponse bias and measurement error*. *Public Opinion Quarterly* 74, 413e432.
- Tozar, B. 2008. *Türk Boğazlarında Tehlikeli Yük Taşıyan Gemi Trafığı ve Denizel Çevrenin Korunma Önlemlerinin İncelenmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Topaloğlu, A. 2010. *Antalya Kıyılarında Rekreatyone Amaçlı Kullanılan Plajların Kum ve Deniz Suyunun Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 148 s.
- Trozzi, C. and Vaccaro, R. 2000. *Environmental impact of port activities*. *WIT Transactions on The Built Environment*, 51.
- Tsapakis, M., Dakanali, E., Stephanou, E. G., and Karakassis, I. 2010. *PAHs and n-alkanes in Mediterranean coastal marine sediments: aquaculture as a significant point source*. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(4), 958-963.
- Tseng, P. H., and Ng, M. 2020. *Assessment of port environmental protection in Taiwan*. *Maritime Business Review*.
- Tuğrul, S., Uysal, Z., Erdoğan, E. ve Yücel, N. 2011. *Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi*. *Ekoloji*, 20(80), 33-41.
- Turekian, K. K. and Wedepohl, K. H. 1961. *Distribution of the elements in some major units of the earth's crust*. *Geological society of America bulletin*, 72(2), 175-192.
- Türkmen, A. 2011. *İskenderun Körfezi'nde deniz suyu ve sedimentte oluşan ağır metal birikiminin incelenmesi*. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-23.
- Tyler, R.H., Boyer, T.P. ve Minami, T. 2017. *Electrical conductivity of the global ocean*. *Earth Planets Space* 69, 156 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0739-7>
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2014. *Gemilerin Gemi adamları ile Donatılmasına İlişkin Yönergede Değişiklik Yapılmasına Dair Yönerge*. 30 Eylül 2014, Sayı: 50794 <https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/userfiles/file/mevzuat/EK-4.pdf> [Son erişim tarihi: 06.04.2022].
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2022. 2011-2021 Yılları Arası İstatistikler. <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/gemi-istatistikler>. [Son erişim tarihi: 15.05.2022].

- Ulnikovic, V. P., Vukic, M. and Nikolic, R. 2012. *Assessment of vessel-generated waste quantities on the inland waterways of the Republic of Serbia. Journal of environmental management*, 97, 97-101.
- Ulucan, K. ve Kurt, U. 2015. *Comparative study of electrochemical wastewater treatment processes for bilge water as oily wastewater: a kinetic approach. J. Electroanal. Chem.* 747, 104–111.
- Umar, A.A., Saaïd, I.B.M., Sulaimon, A.A. and Pilus, R.B.M. 2018. *A review of petroleum emulsions and recent progress on water-in-crude oil emulsions stabilized by natural surfactants and solids. J. Pet. Sci. Eng.* 165, 673–690.
- Unep/Map. 2012. *State of the Mediterranean marine and coastal environment. In United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP); Barcelona Convention: Athens, Greece, 2012; p. 96.*
- Uslu, O. ve Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, Ankara, 364 ss.
- USEPA 2011. Part A: Human Health Evaluation Manual; Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment; Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. In Risk Assessment Guidance for Superfund; Office of Emergency and Remedial Response, US Environmental Protection Agency: WashinGrton, DC, USA, Volume 1.
- Venkatramanan, S., Chung, S.Y., Ramkumar, T. and Vasudevan, S. 2014. *A Study on Seasonal Accumulation of Metals in Tirumalairajan River Estuary and Adjacent Coastal Track, Indian Journal of Geo-Marine Sciences* Vol. 43(5), May 2014, pp. 841-847Tamil Nadu, East Coast of India.
- Vicente-Cera, I., Moreno-Andrés, J., Amaya-Vías, D., Biel-Maeso, M., Pintado-Herrera, M. G., Lara-Martín, P. A., ... and Nebot, E. 2019. *Chemical and microbiological characterization of cruise vessel wastewater discharges under repair conditions. Ecotoxicology and environmental safety*, 169, 68-75.
- Vlasceanu, E., Alexandrov, L., Mateescu, R., Rusu, E. and Niculescu, D. 2021. *Land–Sea Interactions’ Analysis: Results-Based Survey Questionnaire Design For Romanian Coastal And Maritime Stakeholder’s Community. Acta Universitatis Danubius. (Economica)*, 17(6).
- Walker, T.R. 2019. Why decarbonizing marine transportation might not be smooth sailing. The Conversation. <https://theconversation.com/why-decarbonizing-marine-transportation-might-not-be-smooth-sailing-116949>. [Son erişim tarihi: 14.03.2021].
- Wang, Y., Cao, Y. and Li, W. 2020. *Legal Regulation of Pollution from Marine Vessels in China: Management from the Perspective of Seafarers. Journal of Coastal Research*, 109(SI), 65-72.
- Wedepohl, K., H. 1969-1978. Handbook of Geochemistry. Springer Verlag.
- Westhof, L., Köster, S. and Reich, M. 2016. *Occurrence of micropollutants in the wastewater streams of cruise ships. Emerging Contaminants*, 2(4), 178-184.
- WHO 2011. WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.; WHO: Geneva, Switzerland, 2011; p. 398.

- Wiegman, B. W. and Louw, E. 2011. *Changing port–city relations at Amsterdam: A new phase at the interface?*. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 575-583.
- Wiese, F. K., and Robertson, G. J. 2004. *Assessing seabird mortality from chronic oil discharges at sea. The Journal of wildlife management*, 68(3), 627-638.
- Wilewska-Bien, M., Granhag, L., and Andersson, K. 2016. *The nutrient load from food waste generated onboard ships in the Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin*, 105(1), 359-366.
- Wilewska-Bien, M. and Anderberg, S. 2018. *Reception of sewage in the Baltic Sea—The port's role in the sustainable management of ship wastes. Marine Policy*, 93, 207-213. *and Engineering*, 8(8), 546.
- Wooldridge, C. F., McMullen, C. and Howe, V. 1999. *Environmental management of ports and harbours—implementation of policy through scientific monitoring. Marine Policy*, 23(4-5), 413-425.
- Wu, D., Wang, Z., Hollebone, B., McIntosh, S., King, T. and Hodson, P. V. 2012. *Comparative toxicity of four chemically dispersed and undispersed crude oils to rainbow trout embryos. Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(4), 754-765.
- Wu, C. H. 2021. *Research on the Coastal Marine Environment and Rural Sustainable Development Strategy of Island Countries—Taking the Penghu Islands as an Example. Water*, 13(10), 1434.
- Yalçın, B., Ö. 2011. *Derin Deniz Deşarjı İle Deşarj Edilen Atıksuların Alıcı Ortamda Tutsaklanması Durumunda Bakteri Konsantrasyonunun Tahmini ve Belirsizliklerin İncelenmesi. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya*, 346 s.
- Yalçın, F., D.G. Nyamsari, E. Paksu and M.G. Yalcin 2016. *Statistical assessment of heavy metals distribution and contamination of beach sands of Antalya- Turkey: an approach to the multivariate analysis techniques, Filomat*, 30-4, 945-952.
- Yalcin, F. (2020a). *Application of multivariate statistic and pollution index techniques to determine beach sand element distribution, East of Antalya City. Filomat*, 34(2), 623-630.
- Yalçın, F. 2020b. *Data Analysis of Beach Sands' Chemical Analysis Using Multivariate Statistical Methods and Heavy Metal Distribution Maps: The Case of Moonlight Beach Sands, Kemer, Antalya, Turkey. Symmetry*, 12(9), 1538.
- Yan, X. and Su, X. 2009. *Linear regression analysis: theory and computing. World Scientific*.
- Yang, C.S., Lu, C.S., Haider, J.J. and Marlow, P.B. 2013. *The effect of green supply chain management on green performance and firm competitiveness in the context of container shipping in Taiwan. Transp. Res. Part E: Log. Transp. Rev.* 55, 55–73.
- Yegnan, A., Williamson, D.G. and Graettinger, A.J. 2002. *Uncertainty Analysis in air Dispersion Modeling, Environmental Modelling & Software*, 17:639-649.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) 2016. Resmi Gazete (Sayı: 29797), 10 Ağustos 2016. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm> [Son erişim tarihi: 29.07.2022].

- Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) 2021. Resmi Gazete (Sayı: 31513), 16 Haziran 2021. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210616-1.htm> [Son erişim tarihi: 11.10.2022].
- Yılmaz, E., Yetkin, M., ve Yıldız, Ş. 2009. *Petrol ve petrol türevli gemi kaynaklı atıksuların bertaraf ve yönetimi: İstanbul örneği*. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu.
- Yiğit, F. 2006. *Gemi Kaynaklı Kirleticiler ve Trabzon Limanına Gelen Bazı Gemilerin Atık Sularının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 74 s.
- Yoshida M., Hamdi H., Abdunnasser I. and Jedidi, N. 2004. *Contamination of potentially toxic elements (PTEs) in Bizerte lagoon bottom sediments, surface sediment and sediment repository, pp. 31-54, in: Study on Environmental Pollution of Bizerte Lagoon*. INRST-JICA Press, Tunis.
- Ytreberg, E., Eriksson, M., Maljutenko, I., Jalkanen, J. P., Johansson, L., Hassellöv, I. M. and Granhag, L. 2020. *Environmental impacts of grey water discharge from ships in the Baltic Sea*. *Marine Pollution Bulletin*, 152, 110891.
- Zhang, Y.F., Wang, L.J., Huo, C.L. and Guan, D.M. 2008. *Assessment on heavy metals pollution in surface sediments in Jinzhou Bay*. *Mar. Environ. Sci.* 2, 178–181.
- Zhang, H. 2016. *Towards global green shipping: the development of international regulations on reduction of GHG emissions from ships*. *Int. Environ. Agreem.: Politics, Law Econ.* 16 (4), 561–577.
- Zhang, M., Chen, G., Luo, Z., Sun, X. and Xu, J. 2020. *Spatial distribution, source identification, and risk assessment of heavy metals in seawater and sediments from Meishan Bay, Zhejiang coast, China*. *Mar. Pollut. Bull.* 2020, 156, 111217.
- Zheng, X.-W., Yuan, J.-G. and Mai, B.-X. 2013. *Heavy metals in food, house dust, and water from an e-waster recycling area in South China and the potential risk to human health*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2013, 96, 205–212.
- Zhou, F., H. Guo, and L. Liu. 2007. *Quantitative identification and source apportionment of anthropogenic heavy metals in marine sediment of Hong Kong*. *Environmental Geology* 53 (2):295–305. doi:10.1007/s00254-007-0644-7.

7. EKLER

EK-1 MARPOL 73/78 Ek V'e göre denize çöp boşaltma kısıtlarının özeti

ÇÖP TÜRÜ	PLATFORMLAR HARIÇ BÜTÜN GEMİLER		En Yakın Kural 5 Karadan 12 nm Uzakta Açık Deniz Platformları ve Platformların 500 Metre Yakınındaki yada İçindeki Gemiler
	KURAL 4 ÖZEL ALANLAR DIŞINDA (en yakın karadan uzaklık)	KURAL 6 ÖZEL ALANLAR İÇİNDE (en yakın karadan ya da buzuldan mesafe)	
Parçalanmış ya da öğütülmüş yemek atığı	> 3 nm yolda ve mümkün olduğunca uzakta	>12 nm yolda ve mümkün olduğunca uzakta	Deşarja müsaade edilir
Parçalanmamış ya da öğütülmemiş yemek atığı	>12 nm yolda ve mümkün olduğunca uzakta	Deşarja müsaade edilmez	Deşarja müsaade edilmez
Yıkama suyunu içermeyen yük atıkları	>12 nm yolda ve mümkün olduğunca uzakta	Deşarja müsaade edilmez	Deşarja müsaade edilmez
Yıkama suyuyla yük atıkları	Deşarja müsaade edilir	>12 nm yolda ve kıydan mümkün olduğunca uzakta	Deşarja müsaade edilmez
Ambar yıkama suyundaki temizlik malzemeleri ve katkı maddeleri	Deşarja müsaade edilir	>12 nm yolda ve kıydan mümkün olduğunca uzakta	Deşarja müsaade edilmez
Güverte ve dış yüzey yıkama suyundaki temizlik malzemeleri ve katkı maddeleri	Deşarja müsaade edilir	Deşarja müsaade edilir	Deşarja müsaade edilmez
HAYVAN ÖLÜSÜ (hayvan ölüsünün hemen batmasını sağlamak için parçalanmalı ya da dezenfekte edilmelidir)	Yolda ve mümkün olduğunca en yakın karadan uzakta olmalıdır. >100 nm ve maksimum derinlikte	Deşarja müsaade edilmez	Deşarja müsaade edilmez
Plastikler, sentetik halatlar, balık tutma ağıları, plastik çöp poşetleri, kazan külleri, tuğla, yemek yağları, yüzer takozlar, kaplamalar ve paketleme malzemeleri, kağıt, üstüğü, cam, metal şişeler, porselen ve benzer diğer bütün çöpler	Deşarja müsaade edilmez	Deşarja müsaade edilmez	Deşarja müsaade edilmez
1. Diğer zararlı maddelerle karıştırılmış ya da kirlenmiş çöplerin deşarjına müsaade edilmez ya da farklı boşaltma gereklilikleri olan maddeler varsa daha sıkı gereklilik uygulanır. 2. Parçalanmış ya da öğütülmüş yemek atıkları 25 mm'den büyük olmayan elekten geçebiliyor olmalıdır. 3. Kanatlı hayvan ürünlerinin Antartika 'da yakmadan, otoklava yapmadan ya da başka bir yöntemle steril edilmeden boşaltılmasına müsaade edilmez. Kutup sularında deşarj, buz konsantrasyonu 1/10'u geçen alanlardan mümkün olduğunca uzakta yapılacaktır. Hiçbir zaman yemek atıkları buzun üstüne deşarj edilmeyecektir. 4. Deniz dibindeki mineral kaynaklarını araştırma ve işletme amacıyla en yakın karaya 12 nm uzakta bulunan açık deniz platformları ve bütün sabit ya da yüzer platformlara birleşik gemiler ve platformların 500 metre yakınındaki ya da içindeki gemiler 5. Yük atıkları sadece genel boşaltma metotları kullanılarak toplanamayan yük atıkları demektir. Bu maddelerin deniz çevresine zararlı olmaması gerekmektedir.			

EK-2 ÇÖP PLANI ÖRNEĞİ**ÇÖP YÖNETİM PLANI**

Bu plan RESOLUTION MEPC (Marine Environmental Protection Committee) 201(62), MEPC.220(63), MEPC 277(70) ve MEPC.295(71)'e göre hazırlanmıştır.

GEMİNİN ÖZELLİKLERİ

Gemi Adı	: M/V Ticari
Gros Ton	: 9490
Tam Boy	: 143,41
IMO No	: 9370525
Personel Sayısı	: 25
Çalıştığı Deniz Sahası	: A1 + A2 + A3

Yaşam Mahallerinde Oluşan Çöpün Hesaplanması

Ağırlık: Günde, gemide çalışan kişi başına 1 kg olarak hesaplanır.

Hacim: Günde, gemide çalışan kişi başına 0.002 m3 olarak hesaplanır.

AFİŞLER

Çöp bidonlarının etiketleri ve MARPOL 73/78 Ek V kapsamında gemiden çöp boşaltılması için yasaklar ve kısıtlamaları bildiren afişler en az kuzine, zabitan salonu, personel salonu, kış üstü, makine dairesi köprüüstü ve baş altı alanlarında da minimum 12.5 cm'ye 20 cm boyutlarında afişlerdir.

“Denizlerin atıkları yok etme, zararsız hale getirme ve kendini yenileyebilme kaynakları sınırsız değildir”

İçindekiler

1. Giriş
2. Amaç
3. Tanımlar
4. Çöp Yönetimi
 - 4.1. Çöp Miktarını Minimuma İndirmek
 - 4.2. Gemilerde Çöplerin Toplanması ve Depolanması
 - 4.3 Çöpün İşlenmesinde Kullanılabilecek Aletler
5. Çalışmalar, Eğitim ve Bilgilendirme
6. Katı Dökme Yüklerin Yük Atık Yönetimi
7. Liman Çöp Toplama Merkezleri
8. Ek V 'in uygulanmasını sağlamak

Ek-1 Çöp Yönetim Kayıtları

1. Giriş
2. Kodlar
3. Çöp Kayıt Defterinin İşlenmesi
4. Çöp İşleme Aletleri
5. Çöp Toplama Aşamaları
6. Gemi Çalışanları Bilgilendirmesi ve Eğitilmesi
7. Verilmiş Olan Eğitimin Doğrulanması

-Tablo 1- MARPOL 73/78 EK V kural 4, 5 ve 6'ya göre denize çöp boşaltma kısıtlarının özeti

-Gemide Oluşan Çöpü Yakma Seçenekleri

-Gemide Oluşan Çöpün Sıkıştırılması atık Kayıt Defteri

Ek-2 Afiş ve Etiket Örnekleri

Çöp Yönetim Planı

1. Giriş

1.1. Dünya yüzeyinin %70'ini kaplayan okyanuslar kendi iklimi, hayvan ve bitkilere sunduğu hayat olanaklarıyla, dünyanın hayat döngüsünde önemli bir rol oynar.

1.2. Bugüne kadar, gemilerin çöp ve atıkları denize atılmış ve karadan atılan atıklara oranla çok az miktarda oldukları için dikkate alınmamışlardır.

1.3. Fakat artık durum değişmiştir. Denizde parçalanmayan plastik maddelerin kullanımının artması ve bu maddelerin denize atılması, deniz kuşlarının ve deniz canlılarının hayatını tehdit etmektedir.

1.4. Devamlı artan dünya nüfusu, endüstri ve denizcilik sanayi göz önüne alındığında, okyanuslar ve deniz yollarındaki kirliliği azaltmak hükümetlerin ve hükümet dışı kurumların ana hedefi olmuştur.

1.5. Deniz kirliliğini önlemek için yapılan temel uluslararası anlaşma MARPOL 73/78'dir. Ek V ve MARPOL 73/78 gemide oluşan çöplerin miktarını, tanzim edilmesini ve işlenmesiyle ilgili düzenlemeleri içerir. Ayrıca bu konuyla ilgili uyulması zorunlu yerel yasalar da mevcuttur.

1.6. Aşağıdaki prensipler MARPOL 73/78 1978 Protokolü ile revize edilen MARPOL 73/78 Ek V ve MEPC.295 (71) "2017 Ek V uygulamaları kılavuzu" dikkate alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca Ek V Kural 10'da afişler, çöp toplama kuralları ve çöp kayıt defteri ile ilgili gereklilikler göz önüne alınmıştır.

1. Ek V Kural 10'a göre:

1.7. Boyu 12 metre veya daha uzun olan bütün gemilerde ve sabit ya da yüzer platformlarda gemi çalışanlarının ve yolcuların dikkatini çeken, Ek V Kural 3, 4, 5 ve 6 ile ilgili uyarıcı afişler asılmalıdır.

1.8. Uyarıcı afişler gemi personelinin çalışma dilinde yazılacaktır. Uluslararası anlaşmalar dahilinde limanlara uğrayan gemilerde bu afişler İngilizce, Fransızca veya İspanyolca da olacaktır.

1.9. 100 gross ton ve üstü, 15 kişi veya daha fazla kişi taşıyabilen bütün gemiler ve sabit ya da yüzer platformlar gemi çalışanlarının uyması zorunlu olan, "Çöp yönetim planı" taşımak zorundadır. Bu plan, çöp azaltma, toplama, saklama, işleme, yok etme ve gemide bu konularla ilgili aletlerin kullanılması konusunda uygulanacak çalışmaları kapsamaktadır. Bu plan ayrıca planı yürütecek sorumlu kişi veya kişileri tayin eder. Bu plan IMO'nun belirlediği ana kriterlere uygun olmalı ve gemi çalışanlarının çalışma dilinde yazılmalıdır.

1.10. Diğer taraf devletlerin liman ve açık deniz terminallerine sefer yapan bütün 400 gross ton ve üstü ve 15 kişi veya daha fazla kişi taşıyabilen gemiler, ve bütün sabit ya da yüzer platformlar "çöp kayıt defteri" bulundurmak zorundadır. Bu çöp kayıt defteri, Bu Ek'in İlave II'sinde belirtilen formda olmak üzere, geminin seyir jurnaline bağlı

olabileceği gibi, aşağıdaki gibi hazırlanıp tutulabilir.

1.11. Bütün denize ya da atık alma tesisine deşarj ya da tamamlanan çöp yakma işlemleri Çöp Kayıt Defterine acilen işlenecek ve aynı günde işlemi yapan zabıt tarafından imzalanacaktır. Çöp Kayıt Defterinin her sayfası kaptan tarafından imzalanacaktır. Çöp Kayıt Defteri İngilizce, Fransızca veya İspanyolca doldurulacaktır. Kayıtların geminin bayrağını taşıdığı ülkenin dilinde de yazılması halinde bir aksilik veya anlaşmazlık durumunda, öncelik geminin bağlı olduğu ülkenin dilidir.

1.12. Polar Kod, Ayrım II-A, Kısım 5, kural 4,5,6 veya bölüm 5.2 gereğince, çöplerin her deşarjı sırasında tarih, saat, geminin pozisyonu (enlem ve boylam), çöpün türü ve deşarj edilen çöpüntahmini miktarı (m3 olarak) Çöp Kayıt Defterine kaydedilecektir. Yukarıdakilere ilave olarak yük atıklarının deşarjı için deşarj başlama ve durma pozisyonları kaydedilecektir.

1.13. Çöplerin tamamlanan her yakılışı sırasında tarih, saat, yakılışın başlangıç ve sonunda geminin pozisyonu (enlem ve boylam), yakılan çöpün türü ve her tür için yakılan çöpün tahmini miktarı (m3 olarak) Çöp Kayıt Defterine kaydedilecektir.

1.14. Çöplerin kara tesisine veya diğer gemiye her deşarjı sırasında tarih, saat, kara tesisi veya geminin adı, deşarj edilen çöpün türü ve her tür için deşarj edilen çöpün tahmini miktarı (m3 olarak) Çöp Kayıt Defterine kaydedilecektir.

1.15. Çöp Kayıt Defteri gemide ya da sabit ya da yüzer platformda her zaman teftiş edilebilecek şekilde hazır tutulmalıdır. Bu doküman üzerine en son kayıt yapıldığı tarihten sonra en az iki yıl saklanacaktır.

1.16. Ek V Kural 7’de belirtildiği gibi bir deşarj veya kaza sonucu kayıp olması durumunda; deşarj ya da kaybın tarihi ve saati, deşarj veya kayıp sırasındaki liman veya geminin pozisyonu (enlem, boylam ve biliniyorsa su derinliği) , deşarj veya kaybın sebepleri, deşarj edilen ya da kaybedilen çöpün detayları, deşarj veya kaybın türü, her tür için tahmini miktar (m3 olarak), deşarj ve kaza sonucu kaybın önlenmesi ya da azaltılması için alınabilecek önlemler ve genel açıklamalar, Çöp Kayıt Defterine kaydedilir ya da 400 gross tondan az gemilerde geminin jurnaline kayıt yapılır.

1.17. İdare aşağıdaki durumlar için Çöp Kayıt Defterini zorunlu tutmayabilir. Bunlar; 15 veya daha fazla kişi taşıyabilen gemiler ile 1 saat veya daha kısa süreli yolculuk yapan sabit ya da yüzer platformlardır.

1.18. Bu anlaşmaya taraf olan devletlerin yetkili otoriteleri Çöp Kayıt Defterini ya da geminin jurnalini, bu kuralın içeriğine göre limanlarda veya kıyıdan uzak terminallerde denetleyebilir ve bu defterleri kopyalayarak, kaptandan bu kaydın gerçek kopya olduğunu belgelemesi istenebilir. Kaptanın gerçek kopya olarak belgelediği herhangi bir Çöp Kayıt Defterine ya da geminin jurnaline yapılan kayıt, , hukuksal bir durumda gerçek durumun kaydı olarak kabul edilebilecektir. Yetkili otorite tarafından Çöp Kayıt Defterinin ya da geminin jurnalinin incelenmesi ve kopyasının belgelenmesi, geminin gereksiz yere gecikmesine sebep olmayacak şekilde bu paragraf altında yerine getirilecektir.

1.19. MARPOL 73/78 Ek V Kural 7.1.3 ve 7.1.4 gereği balık tutma ağlarının kaza sonucu kaybı ya da deşarjı deniz çevresini veya seyri ciddi olarak tehdit ettiği için geminin yetkili bayrak devletine ve deşarj ya da kaybın gerçekleştiği sulardaki yetkili kıyı devletine rapor edilir.

2. Amaç

2.1. Bu planın amacı gemi personeline Ek V'in uygulanmasında yol göstermektedir. Ana başlıklar aşağıdaki konulara göre ayrılmıştır.

2.2. Çöp yönetimi (çöp miktarını minimuma indirmek, gemi çöplerinin toplanması ve depolanması, gemi çöp öğütme ve paketlenme cihazları)

- Eğitim, öğretim ve bilgilendirme
- Katı dökme yüklerin yük atıklarının yönetimi
- Çöpler için atık alım tesisleri
- MARPOL 73/78 Ek V'e uygunluğun geliştirilmesi

2.3. Denizcilerin ve denizcilik çevrelerinin kendileri gerçekten istemedikçe bu düzenlemelerin devletlerce uygulanan ulusal ve uluslararası kontrol mekanizmalarının çevreyi temiz tutmak konusunda yeterli başarıyı gösteremediği anlaşılmıştır.

2.4. Geminin çevreyi kirletmeden ve güvenli seyrini sağlayacak kişiler gemi zabıtları ve gemi çalışanlarıdır.

2.5. Gemiler, karadan uzak olduklarında, kuralları ihlal edenlerin bulunması ve cezalandırılması gemi çalışanlarının inisiyatiflerindedir.

2.6. Bu plan Çevre Politikasının bir parçasıdır.

3. Tanımlar

3.1. Bu planda kullanılan terimlerin açıklaması aşağıda listelenmiştir. Tanımlar MARPOL 73/78 Ek V Kural 1'den alınmıştır ve Plan uygulanırken dikkate alınmalıdır.

3.2. “Çöp” MARPOL 73/78'un diğer eklerinde kullanılan atıklar haricindeki her türlü yemek atığı, evsel atıklar ve operasyonel atıklar, bütün plastikler, yük atıkları, kazan külleri, pişirme yağları, balık tutma ağı ve hayvan leşi demektir. Çöp taze balık ve seyir esnasında balıkçılık aktiviteleriyle oluşan balık parçaları ya da su ürünleri aktivitelerinin gerektirdiği kabuklu su ürünleri de dahil balık taşımacılığı.

3.3. “Yemek atıkları” gemide oluşan, çürümüş veya çürümemiş yemek ürünleri ve bunlar meyve, sebze, et ürünleri, süt ürünleri, tavuk ve yemek parçalarını içermektedir.

3.4. “Evsel atıklar” geminin yaşam mahallinde oluşan MARPOL 73/78'un diğer Ek'lerine girmeyen bütün atıklardır. Evsel atıklar pis suları içermez.

3.5. “Operasyon atıkları” MARPOL 73/78'un diğer Ek'lerine girmeyen gemide normal onarım ya da geminin operasyonları esnasında toplanan ya da yük

istifleme ve elleçleme sırasında kullanılan bütün katı atıklardır. Ambar ve dış yıkama sularında bulunan temizlik malzemeleri ve katkı maddeleri de operasyonel atıktır. Operasyonel atıklar; pis su, sintine suyu ya da IMO tarafından hazırlanan kılavuzlar dikkate alınarak geminin operasyonları esnasında deşarj edilen diğer benzer atıkları kapsamamaktadır.

3.6. “Bulaşık suyu” elle veya otomatik makineyle bulaşıkların ve mutfak malzemelerinin yemek atıkları ayrıldıktan sonra yıkanması sonucu oluşan atıktır.

3.7. “Kullanım suyu (gri su)” bulaşık, duş, çamaşır, banyo ve lavabo drenajlarıdır. Tuvaletler, pisuarlar, revirler ve MARPOL 73/78 Ek IV Kural 1.3’te belirtilen hayvan alanlarından gelen drenajlar ve ambarlardan gelen drenajları içermez. Kullanım suyu Ek V’de çöp olarak tanımlanmamıştır.

3.8. “Yağlı üstüğü” MARPOL 73/78 Ek I ile kontrol edilen yağları emmiş üstüğülerdir. Kirlenmiş üstüğüler

3.9. MARPOL 73/78’un diğer eklerinde zararlı kabul edilen herhangi bir maddeyi emmiş üstüğülerdir.

3.10. “Yük atıkları” MARPOL 73/78’un diğer Ek’lerine girmeyen her yük atığı ve yükleme ve boşaltma esnasındaki dağılma ve saçılmaları da kapsayarak yükleme-boşaltma esnasında güverte ya da ambarda kalan kuru ya da ıslak durumdaki fazlalıklar ya da güverte ya da dış yüzeyde süpürülen tozları içermeyen süpürme sularıdır.

3.11. ”HME” Resolution MEPC.277(70) ile ilave değişiklik yapılan MARPOL 73/78 EK V Ek I’de açıklandığı gibi Deniz Çevresine zararlı olan anlamına gelir.

3.12. “Plastik” yapısında bir ya da daha çok üretim esnasında ya da üretim sonrası ısı ya da basınçla şekil verilmiş yüksek moleküler ağırlıklı polimerler bulunduran katı mineraldir. Plastikler sert plastikten elastığe kadar uzanan çeşitliliklerde bulunurlar. MARPOL 73/78 Ek V kapsamında “bütün plastikler” sentetik ipler, sentetik balık tutma ağları, plastik çöp poşetleri ve plastik malzemelerin küllerini de kapsayan herhangi biçimdeki bütün çöpler demektir.

3.13. “Balık tutma ağları” suyun üstüne veya içine ya da deniz tabanına konulabilen, denizdeki veya temiz sudaki organizmaları toplamak için kullanılan aletler topluluğudur.

3.14. “Sabit ya da yüzer platformlar” araştırma, işletme ya da deniz dibindeki mineral kaynağını açık denizde işleme amacıyla denizde bulunan sabit ya da yüzer yapılardır.

3.15. “Kazan (insineratör) külü” kazanın gemideki atıkların yakılması için kullanılması sonucu oluşan kül ve kurumlardır.

3.16. “Pişirme yağı” her türlü yenebilir yağ ya da hayvansal yağ ya da içerisinde yemek bulunmayan yemeği pişirmek için kullanılan yağlardır.

3.17. “Hayvan leşi” yük olarak taşınan hayvanların seyir esnasında ölmüş ya da

öldürülen hayvan vücutlarıdır.

3.18. “Yolda” geminin gideceği yere en kısa mesafedeki direkt rotadan sapmaları da kapsayarak rotasında/rotalarında yol alması, bu durumda yapılan deşarjla çok daha büyük alana yayılma olmaktadır.

3.19. “Geri dönüşüm” eleman ve malzemelerin yeniden işlemek için ayrılması ve değerlendirilmesi işlemidir.

3.20. “Tekrar kullanma” eleman ve malzemelerin yeniden işleme yapmadan ilerde kullanmak üzere değerlendirilmesidir. En yakın kara” tanımı MARPOL 73/78 Ek V Kural 1.11’de belirtilmiştir.

3.21. “Özel alan” tanımı MARPOL 73/78 Ek V Kural 1.14’te belirtilmiştir.

3.22. “E-atık” kullanım dışı bırakıldığında, insan sağlığına ve/veya çevreye potansiyel tehlike arz eden malzemeye sahip olan ve donanımına ait tüm bileşenler, tali parçalar ve tüketim malzemeleri dahil, geminin normal çalışmasında veya yaşama mahallerinde kullanılan elektriksel ve elektronik donanımdır.

4. Çöp Yönetimi

Çöp Miktarını Minimuma İndirmek

4.1. Şirket potansiyel çöp miktarını minimuma indirmek için adımlar atmakta ve ilgili gemi kumanyacısı atık miktarı fazla olmayan ürünler vermeye teşvik etmelidir. Fakat olumlu sonuç almak için kaptanın desteği şarttır. Kaptan yerel kumanyacılarla direk temas içinde olup aldığı malzemelerin açık bir listesini bulundurmmalıdır. Kaptan gemiye gereksiz malzemenin alınmasını önleyebilecek tek kişidir.

4.2. Çöp miktarını azaltmak için değerlendirilmesi gereken seçenekler aşağıdaki gibidir:

- Uygun raf ömrü gibi faktörler göz önünde bulundurularak çıkacak çöpün artmasını önlemek için toplu paket gelen malzemeler kullanmak
- Tekrar kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir paketleme ve konteynerleri kullanmak; mümkün olduğunca tek kullanımlık bardak, mutfak gereçleri, tabak, havlu ve üstüğü ve diğer kolaylık sağlayıcı malzemelerin kullanımını engellemek.
- Tekrar kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir plastik kullanılmadığı sürece plastik paketlemeyi önlemek.

4.3. Yüğü istifleme ve emniyete alma ya da yüğü havadan korumak için malzeme seçilirken armatör ve işletmeci seçilen malzemelerin ne kadar çöp çıkaracağını dikkate alması gerekmektedir. Çöp miktarını azaltmak için değerlendirilmesi gereken seçenekler aşağıdaki gibidir:

- Kargo koruması için tek kullanımlık ya da geri dönüşümlü plastik kaplama kullanmak yerine tekrar kullanılabilir kaplamalar kullanmak.
- Tekrar kullanılabilir takoz, payanda, kaplama ve paketleme malzemelerinden

oluşan istifleme sistemi ve metodu kullanmak.

- Yükleme işlemleri esnasında limanda oluşan deşarjına müsaade edilmeyen takoz, kaplama ve paketlenme malzemelerini atık alım tesisine vermek.

Gemilerde Çöplerin Toplanması ve Depolanması

4.4. Ek V' e göre çöplerin boşaltılması ile ilgili sınırlamalar gemideki afişlerle özetlenmiştir. Belirli koşullar altında yemek atıkları, hayvan leşi, deniz çevresine zararlı olmayan ambar yıkama suları, güverte ve dış yüzey yıkama sularında bulunan temizlik ve katkı maddeleri ve yük atıklarının deşarjına müsaade edilir.

4.5. Bu planın asıl amacı, gemi çalışanlarının boşaltım işlemini planlı ve düzgün bir şekilde yerine getirmesini sağlamaktır. Gemilerdeki çöpün işlenmesi ve depolanması işlemi, gemilerde gerekli işlemleri yapmak için gerekli olan alanın büyüklüğüne, çöple ilgili aletlerin niteliğine, hijyenik koşullara, gemideki eleman sayısına, yolculuğun süresine, yasalara ve liman çöp alım merkezlerine bağlıdır.

- Zabıtlardan biri çevre kontrol zabiti (E.C.O) olarak görevlendirilecek ve gemideki atık işlerinden sorumlu tutulacaktır. İlgili bütün kuralların eksiksiz yerine getirilmesini denetleyecektir.
- Bölüm sorumlularını kapsayacak biçimde her denizcinin görevleri belirlenecek ve bu görev kendisine anlatılacaktır. Gemi çalışanlarının isimleri ve görevlerini kapsayan listeler hazırlanıp, asılacaktır. Üzerinde “Kaptanın özel durumlarda izin vermesi haricinde hiçbir personel denize çöp dökmeyecektir.” şeklinde uyarıcı yazılar bulunan afişler asılacaktır. Çevre kontrol zabiti, çevreyle ilgili konularda kaptanın temsilcisi olacak ve kuralların yerine getirilmesini sağlamak için kaptanın sahip olduğu yetkilerle hareket edebilecektir.

4.6. Yasalara tam olarak uymak ve çevre koruma prensiplerini yerine getirmek için, aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır:

- Çöplerin türlerine göre toplanması ve ayrılması,
- Çöplerin işlenmesi,
- Çöplerin depolanması,
- Çöplerin Ek V uyarınca liman çöp toplama merkezlerine verilmesi veya atılması,
- Çöplerin işlenmesi ve depolanması için yukarıdaki aşamaların doğru planlanması, toplanacak çöpün hacminin azaltılmasına, çöpün düzgün ve kolay bir biçimde liman çöp toplama merkezlerine aktarılmasını sağlayacaktır.

4.7. Toplama ve Ayırma: Çöpün toplanması için izlenecek aşamalar, yolculuk sırasında nelerin gemiden atılıp atılmayacağına ve liman tesisine verirken çöp türlerine göre tekrar kullanma ve geri dönüşüme uygunluğa bağlıdır. Toplandıktan sonra ayırma işlemini azaltmak ya da önlemek için, toplanırken ayırtırmak amacıyla çöp bidonlarının kategorileri belirgin şekilde üzerlerine işaretlenmelidir.

Bu bidonlar aşağıdaki kategorilerde olmalıdır.

- Plastikler ve içinde plastik olan çöpler
- Yemek çöpleri
- Pişirme yağları
- Evsel atıklar, operasyonel atıklar ve geri dönüştürülebilir ya da tekrar kullanılabilir malzemeler (Kağıt ürünleri, üstüğü, cam, metal kutular, ahşap, porselen v.b.)*
- Yağ üstüğüleri ve diğer yağlı malzemeler (gemiye ya da mürettebata zarar verebilecek çöpler)
- Yük atıkları
- Tıbbi atıklar
- Hayvan ölüsü canlı hayvan taşımacılığında kullanılan yatakları da içererek (hastalık riski sebebiyle) canlı hayvanların bulunduğu alanların drenajları hariç tutularak (gemi tipine göre gerekli olabilir)
- Kazan (insineratör) külü
- E-çöp (elektronik kartlar, cihazlar, ekipmanlar, bilgisayarlar, yazıcı kartuşları, v.s.)

*Her geri dönüştürülebilir ve tekrar kullanılabilir malzeme için ayrı çöp bidonu kullanılabilir.

Petrol ürünlerinden oluşan çöplerin Ek 1'e göre tanzim edileceği göz önüne alınmalıdır. Güvertede ve makine dairesinde çöp toplanması için boş boya kutuları ve fiçiler kullanılabilir. Fakat bu kutular mutlaka sıkı kapaklar ile kapatılacaktır. Bütün çöp kutuları kaybı, saçılmayı ve kutudaki çöplerin kaybolmasını önleyecek şekilde emniyete alınmalıdır. Bütün çöp toplama bidonlarının tipleri içindeki çöp tipine göre açıkça işaretlenmelidir. Mürettebatın bu çöp bidonlarının, toplanması ya da boşaltılması ve uygun işleme ya da depolama için alınması konusunda görevleri tanımlanmalıdır.

4.8. Plastikler; Plastikler bunlarla sınırlı kalmamakla beraber denizcilikte paketlemede (buhar geçirmez bariyerler, şişeler, konteynırlar, astar, poşet, kargo ambalaj malzemesi, köpük tampon malzemesi, vb.), gemi yapısında (fiberglas ve lamine yapılar, dış kaplama, boru, izolasyon, yer kaplama, yapılar, boya ve yüzey, yapıştırıcılar, elektrikli ve elektronik elemanlar, vb), tek kullanımlık yemek araçlarında (köpük tabak, kase, gıda kapları, bardak vb), ambalajlar, kaplama, şamandıralar, balık ağları, misina, bağlama bantları; sentetik elyaf kılıflı tel halat, kombine tel halat, halat, kablo; yelkenler; ve birçok diğer plastikten üretilen ürünlerde kullanılmaktadır. MARPOL 73/78 Ek V Kural 3.2 gereği plastiklerin denize deşarjı yasaktır.

4.9. Yemek çöpleri; Bazı ülkeler, dışarıdan gelen yemek atıklarının ve bunların malzemelerinin (yemek ambalajları ve tek kullanımlık yemek araçları v.b. gibi) insan, hayvan ve bitkilere verdiği zararları önlemek için kurallar konulmuştur. Bu kurallar, hastalık yapan organizmaları ortadan kaldıracı için çöplerin yakılması, sterilize edilmesi, iki kat poşetleme veya muhtemel virüs ve hastalığı bertaraf etmek için başka çöp arıtma işlemleri yapılmasını isteyebilir. Bu tür çöpler öteki çöplerden ayrı tutulacak ve gemi limanda atık alım tesisine deşarj yaparken çöprü alan ülkenin kurallarına uygun hareket edecektir.

4.10. Sentetik balık tutma ağları ve halat atıklar; Balık tutma ağı tamiri veya

operasyonu esnasında oluşan sentetik balık tutma ağıları ve halat atıklarının MARPOL 73/78 Ek V Kural 3.2 gereği denize deşarjı yasak olduğu için bunların denize gitmeleri önlenerek şekilde toplanması gerekmektedir. Bu malzemeler yakılabilir, sıkıştırılabilir veya diğer plastiklerle depolanabilir ya da eğer kokusu fazla ya da büyük hacme sahipse diğer çöplerden ayırmak tercih edilebilir. Bu çöp uygun şekilde yakılmalıdır, yanma sonucu atmosfere toksik gaz salınabilir.

4.11. Çöpün İşlenmesi: Yakma, ezme, sıkıştırma ve diğer gemideki çöpü işleme araçları olan gemilerde geminin ihtiyacına göre planlanarak cihazları çalıştırmakla sorumlu gemi personelleri tanımlanmalıdır. Uygun çöp işletme prosedürlerini seçmek için aşağıdaki maddeler göz önüne alınmalıdır.

- Yakma, parçalama, sıkıştırma ve bunlar gibi, işlemler yapabilen makineleri kullanımının çöp toplamak için gerekli olan alanı azaltmak ve liman atık alım tesisine çöpü boşaltmayı kolaylaştırmak gibi birçok avantajı vardır. Yakma işlemi için bazı limanlarda ve özel bölgelerde iç mevzuatta yer alan özel kuralların uygulanabileceği unutulmamalıdır. Tehlikeli maddelerin (kazınmış boyalar, cilalı ahşap gibi) ve bazı tip plastiklerin (PVC bazlı plastikler ya da diğer tehlikeli kimyasal içeren plastikler gibi) yakılması esnasında bu maddelerin yanmasının çevre ve sağlığa olağan etkileri için özel önlemler alınması gerekmektedir. Maddelerin yakılmasıyla ilgili sorunlar 7.4. ‘üçüncü paragrafta tartışılmıştır.
- Esas olarak “özel bölgelerde”, Kutup sularında veya en yakın karadan, buz kütlelerinden veya karaya bağlı buzdan en fazla 3 mil açıkta seyreden gemilerin denize atabileceği çöpler büyük ölçüde sınırlandırılmıştır. Bu gemilerde, çöplerin kıyı tesisine teslim edilmek üzere sıkıştırılmış ya da sıkıştırılmamış olarak depolanması ya da yakarak kül ve kurumun tutulması gerekir. Bu deşarja izin verilmeyen en sınırlayıcı durumdur.

4.12. Depolama: Gemiden toplanan çöp, belirlenen işleme ya da depolama bölümlerine aktarılmalıdır. Liman tesisine verilmesi gereken çöpün uygun işlem için limana deşarjı yapılabileceği kadar depolanması gerekebilir. Her halükârda çöpler sağlık ve güvenlik tehlikelerini önleyecek şekilde depolanmalıdır.

Çöpler depolanırken aşağıdaki şartlar göz önüne alınmalıdır.

- Yeterli depolama alanı ve ekipmanı (Boya kutuları, kutular, poşetler ve benzeri konteynerler) sağlanmalıdır. Çöp toplama alanı sınırlıysa, gemi işletmecileri sıkıştırıcı ya da çöp yakma kazanı teçhiz etmek için teşvik edilmelidir. Mümkün olduğu ölçüde, uzun bir süre için saklanan tüm işlenmiş ve işlenmemiş çöp depolanmış çöpün istenmeden çıkışını önlemek için sıkı, sağlam bir şekilde kapalı kaplarda tutulmalıdır.
- Liman çöp toplama merkezlerine verilmek için depolanmış hastalık yapıcı ve bulaşıcı etkisi olabilecek yemek atıkları ve diğer çöpler yemek atığı içermeyen öteki çöplerden ayrı, sızdırmaz kaplarda saklanması gerekir. Bazı ülkelerde karantina için ayrılacak çöpler için çift poşet gerekebilir. Bu, yemek çöpü bidonlarının üzerine hatalı boşaltıma karşı uyarılar yazılmalıdır.
- Temizleme ve dezenfekte etme her iki bulaşıcı hastalıkları önleyici ve iyileştirici kontrol metotları düzenli olarak çöp toplama alanlarına

uygulanmalıdır.

4.13. Denize Çöplerin Boşaltılması;

Ek V'e göre sınırlı sayıda çöp tipinin denize boşaltılmasına müsaade edilmesine rağmen öncelik her zaman çöplerin liman çöp toplama merkezlerine verilmesidir.

Denize boşaltım yapılırken aşağıdaki noktalar göz önüne alınacaktır.

- MARPOL 73/78 Ek V Kural 4, 5 ve 6'da ve Polar Kod, Ayrım II-A, Kısım 5'de tanımlanan çöplerin denize boşaltılmasına müsaade gereklilikleri tablo 1'de özetlenmiştir. Genel olarak deşarj gemi yoldayken ve en yakın karadan mümkün olduğunca uzak yapılmalıdır. Boşaltım mümkün olan en geniş alana yayılacak şekilde ve derin suda (50 metre veya daha fazla) yapılmalıdır. Deşarja müsaade edilirken hakim akımlar ve gelgit hareketleri dikkate alınmalıdır.
- Armatörler, işletmeciler ve onların acenteleri için, büyük miktardaki çöpleri zamanında transfer edecekleri bir liman çöp toplama merkezini bulmak ana amaç olmalıdır. Aynı zamanda denize çöp boşaltılmasının zorunlu olması durumunda boşaltımdan önce bu çöpün ne tür işlemlerden geçtiği açıklanacaktır. Deşarj edilecek çöp çeşitleri ayrılmış olup olmadığı ve tahmini miktarları limana sağlanmalıdır. Limanların hastalık ve zararlı organizma taşıyabilecek yemek atıkları ve ilgili çöpler, takozlar, piller, ilaçlar, eskimiş havai fişekler ya da olağandışı büyük, ağır veya kokulu bırakılmış balık tutma ağıları v.b. için özel deşarj gereklilikleri olabilir.
- Ambar ve dış yıkama sularında bulunan temizlik malzemeleri ve katkı maddeleri operasyonel atık ve Ek V kapsamında çöp olarak değerlendirilse de bu temizlik malzemeleri ve katkı maddeleri deniz çevresine zararlı değilse denize boşaltılabilir. Temizlik malzemeleri ve katkı maddeleri eğer aşağıdaki koşulları sağlıyorsa deniz çevresine zararsız olarak değerlendirilir:
- MARPOL 73/78 Ek III kriterlerine göre “zararlı madde” değilse ve Kanserojen, mutajenik veya reprotoksik olarak bilinen herhangi bileşen içermiyorsa
- Geminin kayıtlarında temizlik malzemesi veya katkı maddesi üreticisi tarafından sağlanan ürünün deniz çevresine zararlı olmadığına dair kriterleri sağladığının kanıtları bulunmalıdır. Uygunluğunun güvencesini sağlamak için, ürün tedarikçisinin bu yönde tarihli ve imzalı bir beyanı geminin kaydı için yeterli olmaktadır. Bu Güvenlik Bilgi Formu'nun parçası veya tek başına bir belge olabilir ama bu söz konusu üreticinin takdirine bırakılmalıdır.

Çöpün İşlenmesinde Kullanılabilecek Aletler

4.14. Gemide çöp işlenmesi için kullanılabilecek araçlar yakma, öğütme, sıkıştırma makineleri ve bunlara yardımcı araçlardır.

4.15. Öğütme makineleri; Birçok çeşit çöp öğütme makinesi marketlerde satılmaktadır. Bu öğütücüler çöpü suyla karıştırıp bulamaç haline getirirler ve bu bulamaç 25 milimlik elekten rahatça geçecek boyuttadır.

4.16. Sıkıştırıcılar; Sıkıştırıcılar çöpün hacmini 12' de 1 oranında küçültebilir. Birçok çöp türü sıkıştırılabilir. Sıkıştırılmayanlar ise plastik çeşitleri, kalın metal türünde maddelerdir. Basınçlı kutular patlama tehlikesine sahip olduğundan sıkıştırılmamalıdır.

4.17. Yakma makineleri (insineratörler); Tüm insineratörler IMO tarafından geliştirilen “Standard Specification for Shipboard Incinerators” standardına uygun olmalıdır Metal ve cam dışındaki çöp türleri yakılarak yok edilebilir. Yakılacak çöpün çeşidi ve miktarına göre birçok değişik model çöp yakma makinesi geliştirilmiştir. Modern çöp yakma makineleri, egzoz gazlarında partiküller kalmayacak şekilde 2 yanma odalı olarak üretilirler. Normalde dünyada birçoklimanda hava kirliliğinin kontrolü gereklidir. İnsineratör kullanılmadan önce liman otoritesinden izin gerekli olabilir. Yüksek miktarda plastik içeren çöplerin yakılması için daha yüksek oksijen enjeksiyonu ve daha yüksek sıcaklık (850'den 1200°C'ye) gibi çok özel insineratör koşulları gerekmektedir. Eğer bu koşullar sağlanamazsa plastiğin tipine ve yanmanın durumuna bağlı olarak çıkan egzozda buharlaşan hidroklorik (HCl) ve hidrosiyanik (HCN) asitler içeren bazı toksik gazlar olabilir. Plastik içeren atıkların yanmasıyla oluşan bu ve diğer ara ürünler insanlar ve deniz yaşamı için toksiktir.

Çalışmalar, Eğitim ve Bilgilendirme

4.18. Bazı insanların bilgisizliği ve cahilliği, denizlerin kirliliğini tamiri imkânsız bir hale getirmiştir.

4.19. Denizlerle ilgilenmemiz için birçok sebep vardır ve denizlere neler olduğunu anlamak çok önemlidir. İnsanların, denizciliğin denizleri nasıl etkilediğini, bu etkilerin gerçek boyutlarını bilmesi lazımdır.

4.20. Deniz kirliliğini önlemek için iki yol vardır:

- Özel kanunlar hazırlayıp bu kanunların uygulanmasını sağlamak.
- Denizcilerde profesyonel iş ahlakı oluşmasını sağlamak.

4.21. Kanunları oluşturmak devletlerin işidir, fakat denizcilerde iş ahlakını oluşturmak denizcilik camiasının görevidir.

4.22. Her ülkenin kendi denizcileri için aynı ve yoğun bir çalışma-eğitim programı uygulaması (5.3) paragrafın b. fıkrasının uygulamasında çok yararlı olacaktır.

4.23. Zabitler, Emniyetli Yönetim Sistemi çerçevesinde kendi mürettebatlarının çalışma, eğitim ve haberleşme bilgilerini artırmalıdır.

Bu eğitimde kullanılması önerilen konular şunlardır:

- Kirlilik herkesin sorumluluğundadır ve giderek büyüyen bir problemdir.
- Atık yönetimiyle ilgili ulusal ve uluslararası kanunların anlatılması.
- Denizlerdeki kirliliğin kaynakları, çöplerin çevreye atılmasının önlenme metotları ve çevreye etkileri.
- Kirliliği azaltmak için uygulanacak prosedürler.
- Bir geminin yalnız kendi çöprü için uygulanacak prosedürler,
- Çöpün toplanması, saklanması ve transferi sırasında uygulanacak sağlık kuralları.

4.24. Karada, deniz personeline uzman kişiler tarafından çalışma, eğitim ve bilgilendirme kursları verilecek fakat gemide yapılacak eğitim her zaman zorunlu tutulacaktır.

4.25. Kaptan eğitim malzemeleri ve diğer raporlarla çöp toplama yönetimi hakkında değişen yasa tüzük ve teknik gelişmeler hakkında bilgilendirilecektir.

4.26. Zabitler kendilerine önceden sağlanmış olan poster ve afişleri, köprü üstünde ve yemek salonunda göze çarpan yerlere asacaklardır.

5. Katı Dökme Yüklerin Yük Atık Yönetimi

5.1. Kural 4.1.3 ve 6.1.2'ye ve Polar Kod, Ayrım II-A madde 5.2.1.5'e göre yük atıkları deşarj edilebilir. Ancak kargo ambarı sintine suyuna karışmış yük malzemeleri yük atığı olarak değerlendirilmemelidir ve eğer yük deniz çevresine zararlı değilse sintine suyu yüklü ambardan geminin sabit sintine drenaj sistemiyle boşaltılır.

5.2. Kargo atıkları, Ek'in İlave I'inde verilen kriterlere göre sınıflandırılan katı dökme yük (tahıl hariç) atıkları ise, bunlar deniz çevresine zararlı olarak addedilir ve MARPOL 73/78 Ek V Kural 4.1.3 ve 6.1.2.1'e tabidir.

5.3. Deniz çevresine zararlı yük atıkları normalde atık alım tesislerinin sağlayamayacağı özel elleçleme gerekli olabilir. Bu yükleri alan liman ve terminallerin yıkama sularında bulunanları da içererek bütün ilgili atıklar için uygun atık alım tesisi olmalıdır.

5.4. Değiştirilmiş şekliyle, SOLAS 1974, Kural VI/1-1.2'de tanımlanan katı dökme yükler (tahıl hariç), MARPOL 73/78 Ek V, İlave I'e göre sınıflandırılacak ve gönderici tarafından deniz çevresine zararlı olup olmadığı deklare edilecektir. Bu deklarasyon, uluslararası sefer yapan gemiler için, IMSBC Code bölüm 4.2.3 gereklerine uygun yapılmalıdır. Uluslararası sefer yapmayan gemiler için, İdare tarafından belirlenecek diğer deklarasyon yöntemleri kullanılabilir.

5.5. Limanlar, terminaller ve gemi işletmeleri yük atığının minimuma indirilmesi için kargo yükleme, boşaltma ve gemide elleçleme pratiklerini dikkate

almalıdır. Yük atıkları boşaltma, yükleme, elleçlemenin verimsizliğinden dolayı oluşmaktadır. Bu çöplerin azaltılması için aşağıdaki seçenekler değerlendirilmelidir;

- Taşınması planlanan yük için geminin uygunluğu ve aynı yükün standart boşaltma yöntemleriyle boşaltılmasının uygunluğu değerlendirilir
- Yük atığının önlemek ya da azaltmak için yaralanma ve gemi ya da ekipman hasarını önlemek için bütün uygun emniyet tedbirleri alınarak geminin boşaltılması mümkün olduğunca verimli yapılmalıdır
- Yükün transferi esnasında dökülmeyi azaltmak için gemide ve sahilde yük transfer operasyonu dikkatle kontrol edilmelidir. Bu transfer operasyonları esnasında ve mümkün olan her zaman, ilgili gemi ve liman personeli arasında anında iletişimi sağlamak ve taşıyıcı bantlar gibi iletim araçlarını kapatmak için etkili önlemler alınmalıdır. Bu dökülme genellikle limanda olduğundan, yükleme ve boşaltma olayı sonrası tamamı hemen temizlenmeli ve belirlenen kargo alanına ya da uygun boşaltma alanına iletilerek yük olarak elleçlenmelidir.

5.6. Kaptan liman otoritelerinden gelen bilgilere dayanarak aynı özel alan veya kutup suları içerisinde bulunan hem kalkış hem de varış limanındaki atık alım tesislerinin uygun olmadığına karar verirse MARPOL 73/78 EK V, kural 6.1.2.5 ve Polar Kod Ayrım II-A, madde 5.2.1.5 kapsamındaki koşul sağlanmış olarak değerlendirilmelidir.

5.7. MARPOL 73/78 Ek V Kural 6.1.2 “kalkış limanı” ve “varış limanı” aynı liman olduğu zaman da uygulanır. Bu durumda ambar yıkama sularının deşarjı için gemi seyirde olmalı ve en yakın karaya 12 mil mesafeden yakın boşaltılmamalıdır.

6. Liman Çöp Toplama Merkezleri

6.1. MARPOL 73/78 Ek V ve Kural 8’e göre; “Anlaşmaya taraf olan her ülke, liman ve terminallerde ilgili geminin seferini aksatmadan o geminin çöplerini, oluşturduğu çöp toplama merkezlerine aktarmayı kabul eder.”

6.2. Çoğu denize kıyısı olan ülkenin halen çöp aktarımıyla ilgili merkezlerinin olduğu bilinmektedir, fakat bu merkezlerin tam olarak çalıştırılması sağlanmalıdır. Maliyetler çöplerin gemide toplanmasını engellememelidir. Bütün Kaptanlar, şirket yöneticileri tarafından çevre temizliği konusunda görevlendirilecek ve gemideki temizlikle ilgili operasyonlar sırasında kaptan desteklenecektir.

6.3. Çöplerin limanlara kabulü sırasında, çöplerin birbirinden ayrı kategorilerde isteneceği unutulmamalıdır. Bunlar:

- Yemek çöpleri (hayvansal hastalık riski sebebiyle hayvansal ürünler ve yan ürünleri v.b.)
- Pişirme yağı (hayvansal hastalık riski sebebiyle hayvansal ürünler ve yan ürünleri v.b.)
- Plastikler,
- Evsel atıklar, operasyonel atıklar ve geri dönüştürülebilir ya da tekrar kullanılabilir malzemeler,
- Tıbbi atıklar, eskimiş fişekler ve ilaçlama kalıntıları,

- Hayvan atıkları; canlı hayvanların taşınmasında kullanılan yatakları içerecek (hastalık riski sebebiyle) ama canlı hayvanların bulunduğu alanlardan kaynaklanan drenaj hariç tutulacak; ve
- Yük atıkları
- E-çöp (elektronik kartlar, cihazlar, ekipmanlar, bilgisayarlar, yazıcı kartuşları, v.s.)

6.4. Şirketler tarafından hazırlanmış olan çöp kayıt defterine, gemilerde oluşan çöpün işlenmesi veya dökülmesi sırasında gelişen olaylar işlenmektedir.

7. Ek V ‘in Uygulanmasını Sağlamak

7.1. Ek V düzenlemelerinin uygulanmasının özellikle denizde çok güç olduğu anlaşılmıştır. Cezalandırıcı ve kısıtlayıcı etkenler tek başına yeterli değildir. Bütün denizcilerin ilgi ve duyarlılık göstermesi istenmeli ve sağlanmalıdır.

7.2. Gemilerde uygun bir “Çöp Yönetim Planı” bulunması gerekmektedir. Bu Plan; E.C.O. (çevre kontrol zabiti), Baş Mühendis ve diğer bölümlerden sorumlu kişilere dağıtılacaktır.

7.3. Şirket tarafından bu konuda eğitilen enspektörler gemilere çıkarak Ek V’in uygulanıp, uygulanmadığını kontrol edeceklerdir.

7.4. Gemiler Anex V’e taraf olan yabancı ülkelerin limanında çöp için yeterli atık alım tesisi bulunmuyorsa kendi bayrak devletini bilgilendirmelidir.

EK-1 Çöp Yönetim Kayıtları

Not: Bu kısım gemiye özel bilgiler doğrultusunda hazırlanmalıdır.

1. Giriş

1.1. Gemide oluşan çöpün tasnif edilmesi ve dökülmesi MARPOL 73/78 Ek V tarafından kontrol edilmelidir. İşletme ve dökülme ile ilgili gelişmeler her gün kaydedilecek ve yetkililerin kontrolü için gemide tutulacaktır.

1.2. Kaptan çöpün işlenmesi ve dökülmesi ile ilgili işlemleri uygulamadan önce çöp toplama kurallarına başvuracaktır.

1.3. Çöp kayıt defteri E.C.O. tarafından muhafaza edilecek ve kaptana sunulacaktır.

1.4. Bazı bölümler 2. Paragrafta anlatılan kodlarla deftere geçirilecektir.

2. Kodlar

2.1. Geminin Pozisyonu (A)

- A1 Özel bölgede-kıydan 12 deniz mili uzaklıkta
- A2 Özel bölge dışında-kıydan 3 deniz mili uzaklıkta
- A3 Özel bölge dışında-kıydan 12 deniz mili uzaklıkta

A4 Liman bölgesinde

2.2. Çöp Kategorileri

Kısım I

- A** Plastik
- B** Yemek atıkları
- C** Evsel atıklar
- D** Pişirme yağı
- E** Çöp yakma kazanı külü
- F** Operasyonel atıkları
- G** Hayvan ölüsü
- H** Balık tutma ağıları
- I** E-Atık

Kısım II

- J** Yük atıkları (Deniz Çevresine Zararlı olmayan “Non-HME”)
- K** Yük atıkları (Deniz Çevresine Zararlı olan “HME”)

2.3. Çöp Boşaltma Yöntemleri

- Çöp toplama merkezlerine vererek Yakarak
- Denize dökerek
- Çöp toplama merkezlerine vermek için gemide bekleterek

3. Çöp Kayıt Defterinin İşlenmesi

3.1. Kolonlar kısmına geminin pozisyonu (lat-long türünde) diğer konular paragraf 2.1.’ de anlatıldığı gibi kodlanarak yazılabilir.

3.2. Aynı gün içinde birden çok yükleme veya boşaltma işlemi yapılırsa, çöp kayıt defterinin birden çok satırı kullanabilir.

3.3. Gemide kullanılan her çöp bidonunun kapasitesi m³ cinsinden hesaplanacak ve sütunlarda bulunan “miktar m³” bölümüne yazılacaktır.

3.4. Çöp kayıt defterine yapılan her kayıt ikinci kaptan (E.C.O) tarafından ilgili sütun imzalanmak suretiyle onaylanacak, aynı şekilde biten her sayfanın sonu Kaptan tarafından imzalanacaktır.

3.5. Çöp, liman çöp toplama merkezlerine aktarıldığı zaman ilgili belgeler alınıp çöp kayıt defterine eklenmelidir. Herhangi bir sebeple bu belge alınmazsa “belgeler/ imza” bölümüne gerekli açıklama yapılacaktır. Bu girişte ilgili liman çöp kabul merkezi ile ilgili bilgiler bulunmalı ve gerekli belgelerin niye alınmadığı açıklanmalıdır.

Sonuç olarak aşağıdaki durumlarda kayıt yapılacaktır.

MARPOL 73/78 Ek V Kural 4, 5 ya da 6'ya göre denize çöp döküldüğü zaman:

- Boşaltım saati ve tarihi
- Geminin konumu (Lat-Long). Not: yük atıkları için deşarjın başladığı ve bittiği pozisyon bulunmalıdır
- Çöpün türü
- Her kategorideki çöpün m³ cinsinden miktarı
- İşlemi yapan zabitanın imzası

Çöp, başka bir gemiye veya çöp toplama merkezlerine aktarıldığı zaman

- Boşaltım işleminin tarih ve saati
- Merkezin bulunduğu liman veya boşaltım yapılan geminin adı
- Boşaltılan çöpün türü
- Her kategorideki çöpün m³ türünden miktarı
- İşlemi yapan zabitanın imzası

Çöpün yakıldığı durumlarda

- Yakma işleminin başladığı tarih ve saat
- Geminin yakma başladığında ve bittiğindeki konumu (lat- long)
- Yakılan çöpün kategorisi
- Yakılan çöpün m³ cinsinden miktarı
- İşlemi yapan zabitanın imzası

Çöpün kaza sonucu ya da diğer istisnai deşarjları ya da MARPOL 73/78 Ek V kural 7'ye uygun olarak çöpün denize kaybı durumunda

- Olayın gerçekleştiği tarih ve saat
- Geminin bulunduğu liman veya geminin konumu (lat., long. ve eğer biliniyorsa derinlik)
- Boşaltılan ya da kaybedilen çöp türü
- Her çöp türü için tahmini miktar m³
- Deşarj ya da kaybın nedeni ve genel notlar
-

Makbuzlar

Kaptan duba ve araçlar da dahil olarak liman çöp toplama merkezi nakledilen çöpün miktarını gösteren bir belge veya sertifika almalıdır. Bu belge ve sertifikalar kayıt defteri ile saklanmalıdır.

Çöpün Miktarı

Gemideki çöpün miktarı mümkünse kategorilere ayrılıp m³ cinsinden bulunmalıdır. Çöp kayıt defterinde, çöp miktarıyla ilgili birçok bölüm bulunur. Çöpün hacmi çöpe çeşitli işlemler uygulanması halinde değişir. Özellikle yemek atıklarının bazı işlemlerden

geçtikten sonra hacimlerin ölçülmesi çok zorlaşır. Çöp kayıt defterine giriş yaparken böyle durumlarda göz önüne alınmalıdır.

4. Çöp İşleme Aletleri

Not: Bütün bilgiler gemiye uygun olarak doldurulmalıdır.

4.1. Çöp Yakıcılar

VAR / YOK : VAR

ÇÖP YAKMA KAPASİTESİ(Kcal/Saat) : 180.000 kcal/h (205 kw)

YAKMA HIZI : 22 L/saat IMO Sludge Oil, Max 200 L/saat Solid Waste, 10 L/saat Sewage

4.2. SIKIŞTIRICILAR

VAR / YOK : YOK

SIKIŞTIRMA ORANI :

SIKIŞTIRMA KAPASİTESİ :

4.3. ÖĞÜTÜCÜLER

VAR / YOK : YOK

KAPASİTESİ :

4.4. MEVCUT ÇÖP BİDONLARI

Çöp Bidonlarının Kategorileri, Kapasiteleri ve Yerleri

Çöp Kategorileri	Çöp Kutularının Renkleri	Çöp Kutularının Kapasiteleri	Çöp Kutularının Yerleri	
KATEGORİ A: PLASTİKLER	SİYAH	3 x 0,20 m ³	ÇÖP İSTASYONU (KIÇ ÜSTÜ)	
		0,05 m ³	KUZİNE	
		0,03 m ³	BÜFE	
		0,03 m ³	ZABİTAN YEMEK SALONU	
		0,02 m ³	ZABİTAN DİNLENME SALONU	
		0,03 m ³	PERSONEL DİNLENME VE YEMEK SALONU	
		0,05 m ³	BAŞ ALTI	
		0,05 m ³	MAKİNA DAİRESİ (ATÖLYE)	
		0,02 m ³	MAKİNA KONTROL ODASI	
Toplam, Kategori A:		0,90 m ³	KÖPRÜÜSTÜ	
KATEGORİ B: YİYECEKLER	MAVİ	2 x 0,20 m ³	ÇÖP İSTASYONU (KIÇ ÜSTÜ)	
		0,05 m ³	KUZİNE	
		0,05 m ³	BÜFE	
Toplam, Kategori B:		0,50 m ³		
KAT. C: SADECE KAĞIT (1) (Geri Dönüştürülebilir Materyal)	KIRMIZI	0,20 m ³	ÇÖP İSTASYONU (KIÇ ÜSTÜ)	
		0,03 m ³	ZABİTAN YEMEK SALONU	
		0,02 m ³	ZABİTAN DİNLENME SALONU	
		0,05 m ³	PERSONEL DİNLENME VE YEMEK SALONU	
		0,05 m ³	KUZİNE	
		0,05 m ³	BÜFE	
		0,05 m ³	BAŞ ALTI	
		0,05 m ³	MAKİNA KONTROL ODASI	
		0,05 m ³	KÖPRÜÜSTÜ	
		0,20 m ³	ÇÖP İSTASYONU (KIÇ ÜSTÜ)	
KAT. C: SADECE METAL (2) (Geri Dönüştürülebilir Materyal)	KIRMIZI	0,05 m ³	BAŞ ALTI	
		0,05 m ³	MAKİNA DAİRESİ (ATÖLYE)	
		0,05 m ³	MAKİNA DAİRESİ (ATÖLYE)	
KAT.C: DİĞER (3) Geri Dönüştürülemez Evsel Atıklar	KIRMIZI	0,20 m ³	ÇÖP İSTASYONU (KIÇ ÜSTÜ)	
		0,05 m ³	BAŞ ALTI	
		0,05 m ³	MAKİNA DAİRESİ	
		0,01 m ³	REVİR	
Toplam, Kategori C:		1,16 m ³		
KATEGORİ D: PIŞIRME YAĞI	KAHVERENGİ	0,02 m ³	KUZİNE	
KATEGORİ E: OPERASYONEL ATIKLAR	YEŞİL	2 x 0,20 m ³	ÇÖP İSTASYONU (KIÇ ÜSTÜ)	
		0,05 m ³	MAKİNA DAİRESİ (ATÖLYE)	
0,03 m ³		MAKİNA DAİRESİ (SEPERATÖR ODASI)		
0,03 m ³		MAKİNA DAİRESİ (TATLI SU ÜRETİCİSİ MAHALİ)		
0,04 m ³		EMN. MALZEMELERİ STORU		
0,20 m ³		BAŞ ALTI		
0,20 m ³		ORTA PORTUÇ		
Toplam, Kategori F:		0,95 m ³		
KATEGORİ G: HAYVAN ÖLÜLERİ		Bu Gemi için Uygulanabilir Değil		
KATEGORİ H: BALIK TUTMA AĞLARI		Bu Gemi için Uygulanabilir Değil		

BÖLÜM I

<u>KATEGORİ I:</u> E-ATIK	TURUNCU	1 x 0,05 m³	ELEKTRİK STORU
----------------------------------	----------------	-------------------------------	---------------------------

BÖLÜM II

KATEGORİ J: YÜK ATIKLARI (NON-HME)	SARI	1 x 0,20 m ³	ORTA PORTUÇ
KATEGORİ K: YÜK ATIKLARI (HME)	SARI	1 x 0,20 m ³	ORTA PORTUÇ

4.5. ÇÖPÜN DEPOLANMASI**A. HAZIR ALANLAR : KIÇ ÜSTÜ****B. Bütün çöp tipleri ilgili çöp bidonları kıç üstünde depolanmaktadır.****5. Çöp Toplama Aşamaları*****Not: Bütün bilgiler gemiye uygun olarak doldurulmalıdır.*****5.1.** İkinci Kaptan Çevre Kontrol Zabiti (E.C.O.) olarak görevlendirilmiş ve bütün kuralların eksiksiz olarak yerine getirilmesiyle sorumlu tutulmuştur.**5.2.** Gemideki işlemler MARPOL 73/78 kurallarına ve şirketin “Çöp Yönetim Planına” uygun yapılacaktır.**5.3. Çöpün Toplanması:** Geminin çeşitli bölgelerinde oluşan çöpler aşağıdaki gibi saklanır. Toplanan çöplerin depolama alanına (kıçüstü) aktarılmasını E.C.O. sorumlu personelle birlikte organize eder:**A-Yaşam Mahalli**

Çöp kutusu konulan Bölgeler

Kuzine

Zabitan Salonu

Personel Salonu

Sorumlu Kişi: Aşçıbaşı/Bulaşıkçı

B-Güverte Bölümü

Çöp kutusu konulan bölgeler

Kıç Üstü

Sorumlu Kişi: Güverte Lostromosu

C-Makine Bölümü

Çöp kutusu konulan bölgeler:

Makine dairesi

Sorumlu Kişi: Makine Lostromosu/ 2. Mühendis

D-Kargo Alanı

Çöp kutusu konulan bölgeler

Kıç Üstü

5.4. Sorumlu Kişi: Güverte Lostromosu Depolama / Düzenleme

- Kurallar tarafından onaylanan şekilde depolama ve düzenleme yapmak E.C.O' nun (İkinci Kaptan) sorumluluğundadır.
- Depolama ve düzenlemeden sorumlu kişiler: Aşçıbaşı/Bulaşıkçı, Güverte lostromosu, Makine lostromosu/ İkinci Mühendis
- Yukarıda ismi bulunan kişiler, her gün E.C.O. tarafından depolama ve düzenleme işlemleriyle ilgili görevlendirilecektir. E.C.O.'dan izin alınmadan çöp depolama, görev yerleri vs. tanziminde değişiklik yapılamaz.

6. Gemi Çalışanları Bilgilendirmesi ve Eğitilmesi

6.1. Bütün gemi çalışanları, gemide yapılan güvenlik toplantısı sırasında çöp toplama yöntemleri hakkında bilgilendirilecektir. Eğitim kaydına bakınız.

6.2. Gemiye yeni katılan ve hali hazırda çalışmakta olan gemi mürettebatını bilgilendirilecek ve eğitecek bir program uygulanacaktır. Eğitim katılım kaydına bakınız.

6.3. Gemi çalışanları “Çöp Yönetim Planı”na göre eğitilecektir.

Çöp Yönetim Planı Eğitim Kaydı

TARİH	EĞİTİM KONUSU

7. Verilmiş Olan Eğitimin Doğrulanması

E.C.O. Tarafında MARPOL 73/78 Ek V' in çöp yönetimi ile ilgili kurallarından haberdar edildiğimi kabul ederim. Aynı zamanda şirketin “Çöp Yönetim Planından” ve gemide uygulanan benzer prosedürlerden haberdar olduğumu kabul ederim.

Çöp Yönetim Planı İntibak ve Eğitim Katılım Kaydı

TARİH	İSİM	GÖREV	İMZA

ATIK KAYIT DEFTERİ KISIM I

Gemi Adı	Tanınma işareti	IMO numarası

Tarih/ Saat	Geminin Pozisyonu (enlem/boylam) veya Liman (karaya deşarj ediliyorsa) veya Geminin Adı (diğer bir gemiye deşarj ediliyorsa)	Tür	Deşarj Edilen Tahmini Miktar		Yakılan Tahmini Miktar (m ³)	Açıklamalar (örneğin, yakmanın başlangıç/bitiş zamanı ve pozisyonu, genel notlar)	Sertifika syon / İmza
			Denize (m ³)	Atık alım tesisine veya diğer gemiye (m ³)			

Tarih/Saat	Geminin pozisyonu (enlem/boylam ve Biliniyorsa su derinliği)	Tür	Kaybedilen Veya Deşarj Edilen Tahmini Miktar (m ³)	Deşarj Veya Kaybin Nedenleri İle İlgili Notlar Ve Genel Notlar (Deşarjı veya kaza sonucu oluşan kayıpları önlemek veya en aza indirmek için alınacak makul önlemler ve genel notlar)	Sertifika syon / İmza

Kategoriler;

- A. Plastik
- B. Yemek atıkları
- C. Evsel atıklar
- D. Pişirme yağı
- E. Çöp yakma kazanı külü
- F. Operasyonel atıklar
- G. Hayvan ölüsü
- H. Balık tutma ağıları
- İ. E-atık
- J. Kargo atıkları (HME olmayan)
- K. Kargo atıkları (HME)

ATIK KAYIT DEFTERİ KISIM II

Gemi Adı	Tanınma işareti	IMO numarası

Tarih/ Saat	Geminin Pozisyonu (enlem/boylam) veya Liman (karaya deşarj ediliyorsa) veya Geminin Adı (diğer bir gemiye deşarj ediliyorsa)	Tür	Deşarj Edilen Tahmini Miktar		Yakılan Tahmini Miktar (m ³)	Açıklamalar (örneğin, yakmanın başlangıç/bitiş zamanı ve pozisyonu, genel notlar)	Sertifika syon / İmza
			Denize (m ³)	Atık alım tesisine veya diğer gemiye (m ³)			

EK-2 AFİŞ VE ETİKET ÖRNEKLERİ

Mürettebatı ve gemi operasyonlarını hedefleyen örnek afişler

Aksi belirtilmedikçe çöpün denize boşaltılması yasaktır

MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve bölgesel kurallar gemiden birçok çöpün boşaltılmasını yasaklamaktadır. Sadece aşağıda belirtilen çöplerin belirlenen koşullarda boşaltılmasına müsaade edilmektedir.

MARPOL 73/78 Ek V kapsamında tanımlanan özel alanlar ve Kutup suları dışında:

- Parçalanmış ya da öğütülmüş yemek atığının (25 milimetreden büyük olmayan açıklığa sahip elekten geçebilecek) en yakın karaya en az 3 mil mesafeden boşaltılmasına müsaade edilir
- Diğer yemek atıklarının en yakın karaya en az 12 mil mesafeden boşaltılmasına müsaade edilir
- Deniz çevresine zararlı olmayan yük atıklarının en yakın karaya en az 12 mil mesafeden boşaltılmasına müsaade edilir
- Ambarlardaki, güvertedeki ve açık yüzeylerdeki yıkama sularında bulunan temizlik malzemeleri ve katkıları deniz çevresine zararlı değilse boşaltılmasına müsaade edilir
- Yıkama sularındaki temizlik malzemelerinin ve katkı maddelerinin deşarjı hariç gemi en yakın karadan mümkün olduğunca uzakta ve seyirde olması gerekir

MARPOL 73/78 Ek V kapsamında tanımlanan özel alanlar ve Kutup suları içinde:

- Yemek atıklarının ve yük atıklarının boşaltılmasında daha sıkı boşaltma gereklilikleri uygulanır; ve
- Ayrıntılar için Ek V, Polar Kod Ayrım II-A, Kısım 5 ve gemide çöp yönetim planına başvurulmalıdır

Bütün deniz alanları için, canlı hayvan ve katı dökme yük gibi belirli yükler taşıyan gemiler Ek V ve Ek V'in uygulaması için ilgili kılavuza başvurmalıdır

Her tip çöpün deşarjı Çöp Kayıt Defterine kaydedilmelidir

Bu gerekliliklerin ihlali cezaya sebep olabilir

Sabit ya da yüzer platformları ve bu platformlara 500 metre mesafede seyreden gemileri hedefleyen örnek afişler

Aksi belirtilmedikçe çöpün denize boşaltılması yasaktır

MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve bölgesel kurallar sabit ya da yüzer platformdan ve bu platformların yanındaki ya da 500 metre mesafesindeki diğer bütün gemilerden çöp boşaltılmasını yasaklamaktadır.

Muafiyet: En yakın karadan 12 milden uzakta bulunan sabit ya da yüzer platform ve bu platformların yanındaki ya da 500 metre mesafesindeki diğer bütün gemilerden parçalanmış ya da öğütülmüş yemek atığının boşaltılmasına müsaade edilir. Parçalanmış ya da öğütülmüş yemek atığı 25 milimetreden büyük olmayan açıklığa sahip elekten geçebilmelidir.

Her tip çöpün deşarjı Çöp Kayıt Defterine kaydedilmelidir. Bu gerekliliklerin ihlali cezaya sebep olabilir.

Yolcuları hedefleyen örnek afişler.

Aksi belirtilmedikçe çöpün denize boşaltılması yasaktır.

MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve bölgesel kurallar gemiden birçok çöpün boşaltılmasını yasaklamaktadır.

Bu gerekliliklerin ihlali cezaya sebep olabilir.

Bütün çöpler gemide tutulmalı ve sağlanan çöp kutulara atılmalıdır.

CÖP BİDONU ETİKETLERİ

Geri dönüştürülemeyen plastikler için etiket



Yemek atığı için etiket



Operasyonel atıklar, evsel atıklar ve geri dönüştürülebilir ve tekrar kullanılabilir atıklar için etiketler



Tıbbi atıklar için etiketler



Çeşitli çöpler için etiketler



EK-3 ATIK TRANSFER FORMU ÖRNEĞİ

1-ATIK VEREN GEMİ / TANKER		
Bayrağı:	Faaliyet Alanı:	
IMO Numarası:	Atık Kodu ⁽²⁾ :	
Sahibinin / Firmanın Adı:	Atık Türü ⁽²⁾ :	
Firmanın Adresi:	Ağırlık:tonkg-L	
Telefon No:	Ekte Yer Alan Diğer Detaylar:	
Faks No:	Ambalaj Türü ⁽³⁾ :	
Ülkemizdeki Acentesinin Adı:	Ambalaj Sayısı:	
Ülkemizdeki Acentesinin Adresi:	Atık Transferi Tarihi:	
Telefon No:	Atık Transferi Başlama Saati:	
Faks No:	Atık Transferi Bitiş Saati:	
BM sınıfı ⁽¹⁾ :	Geminin	Adı:
H Numarası ⁽¹⁾ :	Halen Bulunduğu	Koordinatları:
	Yerin	
Gemi / Tanker Sorumlusunun		
Adı Soyadı :		
Unvanı :		
İmzası :		
2-ATIK ALMA GEMİSİ		
Bağlı Olduğu		Atık Transferi Tarihi:
Liman Başkanlığı		Atık Transferi Başlama Saati:
Bölgesi		
Lisans No:	Atık Transferi Bitiş Saati:	
Sahibinin / Firmanın Adı:	Atık Alma Gemisi Sorumlusunun	
Telefon No:	Adı Soyadı :	
Faks No:	Unvanı :	
	İmzası :	
3-ATIK KABUL TESİSİ		
Bulunduğu Limanın Adı:	Atık Transferi Tarihi:	
Bulunduğu Limanın Adresi:	Atık Transferi Başlama Saati:	
Lisans No:	Atık Transferi Bitiş Saati:	
Telefon No:	Atık Alma Tesisi Sorumlusunun	
Faks No:	Adı Soyadı :	
Atığın Alındığı	Unvanı :	
Deponun	İmzası :	
Numarası:		

EK-4 TÜRKİYE’DE BULUNAN ATIK ALIM TESİSLERİ İLE ATIK ALIM GEMİLERİNİN LİSTESİ

Lisanslı Atık Kabul Tesisi Bulunan Limanlar

ATIK KABUL TESİSİ BULUNAN KIYI TESİSLERİ		
1	ADANA	TOROS TARIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
2	ADANA	BOTAŞ PETROL İŞLETMELERİ
3	ADANA	İSKENDERUN ENERJİ ÜRETİM VE TİC. A.Ş.
4	ADANA	SANKO PETROKİMYA MAMÜLLERİ SAN. VE TİC. A.Ş.
5	ADANA	BİL CEYHAN HAYDAR ALİEV DENİZ TERMİNALİ
6	ADANA	AKDENİZ GEMİ İNŞA SAN. VE TİC. A.Ş.
7	ADANA	SÖNMEZ ÇİMENTO LİMANI
8	ADANA	ADANA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
9	ANTALYA	PORTAKDENİZ
10	ANTALYA	ASBAŞ ANTALYA SERBEST BÖLGE İŞLETİCİSİ A.Ş.
11	ANTALYA	MAKMARİN KAŞ MARİNA
12	ANTALYA	ALANYA YAT LİMANI
13	ANTALYA	ALİDAŞ ALANYA LİMANI
14	ANTALYA	G- MARİNA KEMER
15	ANTALYA	SETUR SERVİS TURİSTİK A.Ş. SETUR FİNİKE MARİNA İŞLETMESİ
16	ANTALYA	ANTALYA SETUR MARİNA
17	ANTALYA	ANTALYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ KALEİÇİ YAT LİMANI
18	ARTVİN	PARK DENİZCİLİK VE HOPA LİMAN İŞLETMELERİ A.Ş.
19	AYDIN	KUŞADASI EGE LİMAN İŞLETMELERİ A.Ş.
20	AYDIN	SETUR KUŞADASI MARİNA
21	AYDIN	D-MARİN DİDİM MARİNA
22	BALIKESİR	ÇELEBİ BANDIRMA ULUSLARARASI LİMAN İŞLETMECİLİĞİ A.Ş.
23	BALIKESİR	BAGFAŞ BANDIRMA GÜBRE FABRİKALARI A.Ş.
24	BALIKESİR	SETUR AYVALIK MARİNA
25	BALIKESİR	AYVALIK BELEDİYE BAŞKANLIĞI LİMAN İŞLETMESİ

ATIK KABUL TESİSİ BULUNAN KIYI TESİSLERİ (Devam)		
26	BARTIN	BARTIN BELEDİYE BAŞKANLIĞI BARTIN LİMANI
27	BURSA	BORUSAN LOJİSTİK DAĞIĞITIM DEPOLAMA.
28	BURSA	GEMPORT GEMLİK LİMAN VE DEPOLAMA İŞL. A.Ş.
29	BURSA	GEMLİK GÜBRE SANAYİ A.Ş.
30	BURSA	RODA LİMAN DEPOLAMA VE LOJİSTİK İŞLETMELERİ A.Ş.
31	ÇANAKKALE	AKÇANSA LİMANI
32	ÇANAKKALE	ÇANAKKALE KEPEZ LİMAN İŞLT. SAN. A.Ş.
33	ÇANAKKALE	İÇDAŞ DEĞİRMENCİK LİMANI
34	ÇANAKKALE	İÇDAŞ BEKİRLİ LİMANI
35	ÇANAKKALE	ÇANAKKALE BELEDİYESİ YAT LİMANI
36	ÇANAKKALE	CENAL ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş. LİMANI
37	ÇANAKKALE	KARABİGA BELEDİYE BAŞKANLIĞI
38	GİRESUN	GİRESUNPORT
39	HATAY	LİMAK PORT İSKENDERUN LİMANI
40	HATAY	"İSDEMİR" İSKENDERUN DEMİR VE ÇELİK FABRİKASI A.Ş.
41	HATAY	YAZICI DEMİR ÇELİK VE TİC. A.Ş.
42	HATAY	EKMAR DENİZCİLİK VE GEMİ ACENTELİĞİ A.Ş.
43	HATAY	GÜBRETAŞ
44	HATAY	BOTAŞ DÖRTYOL İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ
45	HATAY	MMK ATAKAŞ LİMANI
46	HATAY	RUBİS TERMİNAL PETROL TİC. VE SAN. A.Ş.
47	HATAY	ASSAN LİMAN İŞLETMELERİ A.Ş.
48	HATAY	TOSYALI DEMİR ÇELİK SANAYİ A.Ş.
49	HATAY	ATAKAŞ LİMAN İŞLETMECİLİĞİ VE TİC. A.Ş.
50	İSTANBUL	İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
51	İZMİR	PETKİM PETROKİMYA HOLDİNG A.Ş.
52	İZMİR	TÜPRAŞ İZMİR RAFİNERİ MÜDÜRLÜĞÜ
53	İZMİR	ULUSOY ÇEŞME LİMAN İŞLETMESİ A.Ş.

ATIK KABUL TESİSİ BULUNAN KIYI TESİSLERİ (Devam)		
54	İZMİR	TCDD İZMİR LİMAN İŞLETMESİ MÜDÜRLÜĞÜ
55	İZMİR	EGE ÇELİK (LİMAN İŞLETMELERİ VE NAKL. SAN. VE TİC. A.Ş.)
56	İZMİR	DİKİLİ LİMAN VE TURİZM İŞLETMESİ TİC. A.Ş.
57	İZMİR	SOCAR OMV PETROL OFİSİ A.Ş. ALİAĞA TERMİNALİ
58	İZMİR	FOÇA BELEDİYE BAŞKANLIĞI
59	İZMİR	HABAŞ SİNAİ VE TIBBİ GAZLAR İSTİHSAL ENDÜSTRİ A.Ş.
60	İZMİR	EGE GÜBRE SANAYİ A.Ş.
61	İZMİR	BATI ANADOLU ÇİMENTO SANAYİ A.Ş.
62	İZMİR	TOTAL OİL TÜRKİYE A.Ş. ALİAĞA TERMİNALİ
63	İZMİR	EGE GAZ A.Ş. LNG TERMİNALİ
64	İZMİR	İZMİR DEMİR ÇELİK LİMAN İŞLETMELERİ A.Ş.
65	İZMİR	AKDENİZ KİMYA SAN. VE TİC. A.Ş. NEMPORT LİMAN İŞLETMESİ
66	İZMİR	ÇEŞME BELEDİYESİ ÇEŞTUR. LTD. ŞTİ. DALYAN YAT LİMANI
67	İZMİR	SETUR SERVİS TURİSTİK A.Ş. SETUR ÇEŞME MARİNA İŞLETMESİ
68	İZMİR	LEVENT MARİNA
69	İZMİR	PORT ALAÇATI MARİNA
70	İZMİR	İC ÇEŞME YATIRIM TURİZM VE İŞLETMELERİ A.Ş.
71	İZMİR	APM TERMİNALİ A.Ş.
72	İZMİR	TEOS MARİNA İŞLETMECİLİĞİ A.Ş. SIĞACIK YAT LİMANI
73	İZMİR	STAR RAFİNERİ A.Ş.
74	KASTAMONU	İNEBOLU LİMANI
75	KASTAMONU	İNEBOLU TERSANECİLİK SANAYİ A.Ş.
76	KOCAELİ	KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
77	KOCAELİ	YILPORT SOLVENTAŞ TEKNİK DEPOLAMA A.Ş.
78	KOCAELİ	TÜPRAŞ İZMİT RAFİNERİ MÜDÜRLÜĞÜ
79	KOCAELİ	POLİPORT KİMYA SAN. VE TİC. A.Ş.
80	KOCAELİ	ALTINTEL MELAMİN A.Ş.
81	KOCAELİ	LİMAŞ LİMAN İŞLETMECİLİĞİ A.Ş.

ATIK KABUL TESİSİ BULUNAN KIYI TESİSLERİ (Devam)		
82	KOCAELİ	AKTAŞ DIŞ TİCARET A.Ş.
83	KOCAELİ	PETROL OFİSİ A.Ş. DERİNCE
84	KOCAELİ	SHELL&TURCAS PETROL A.Ş.
85	KOCAELİ	SADAŞ
86	KOCAELİ	YILPORT KONTEYNER TERMİNALİ VE LİMAN İŞLETMELERİ A.Ş.
87	MERSİN	TDİ TAŞUCU LİMANI
88	MERSİN	TAŞUCU BELEDİYESİ YAT YANAŞMA İSKELESİ
89	MERSİN	“ATAŞ” MERSİN TERMİNALİ
90	MERSİN	PETROL OFİSİ A.Ş. MERSİN TERMİNAL MÜDÜRLÜĞÜ
91	MERSİN	“MESBAŞ” MERSİN SERBEST BÖLGE İŞLETİCİSİ A.Ş.
92	MERSİN	ÇAMLIBEL YAT LİMANI (MERSİN BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ)
93	MERSİN	“MİP” MERSİN ULUSLARARASI LİMAN İŞLETMECİLİĞİ A.Ş.
94	MERSİN	YEŞİLOVACIK LİMAN İŞLETMLERİ A.Ş. MEDCEM
95	MERSİN	MERSİN YAT LİMANI İŞLETMELERİ A.Ş.
96	MERSİN	KUMKUYU MARİNA
97	MUĞLA	CLUP MARİNA İŞL.
98	MUĞLA	SKOPEA MARİNA İŞL.
99	MUĞLA	AĞANLAR TERSANESİ
100	MUĞLA	BODRUM BLD. GIDA SAN. TUR. VE TİC. A.Ş. MBB DEVİR
101	MUĞLA	BODRUM YOLCU LİMANI İŞLETMELERİ A.Ş.
102	MUĞLA	BUBA INVEST MARİNA
103	MUĞLA	D-MARİN GÖÇEK
104	MUĞLA	DOĞUŞ TURGUT REİS MARİNA İŞLETMELERİ SANAYİ VE TİC. A.Ş.
105	MUĞLA	ECETAŞ İNŞAAT SAN. VE TİC. A.Ş.(ECE MARİNA)
106	MUĞLA	EGESU GÜLLÜK MARİNA
107	MUĞLA	FETHİYE BELEDİYE BAŞKANLIĞI “YAKAKENT TESİSİ” MBB YE DEVİR
108	MUĞLA	GÖKOVA ÖREN MARİNA

ATIK KABUL TESİSİ BULUNAN KIYI TESİSLERİ (Devam)		
109	MUĞLA	GÜLLÜK LİMAN İŞL. A.Ş.
110	MUĞLA	MARİNTÜRK EXCULESİVE MARİNA
111	MUĞLA	MARİNTÜRK VİLLANGE MARİNA
112	MUĞLA	MARMARİS BELEDİYESİ YAT YANAŞMA YERİ MBB YE DEVİR
113	MUĞLA	MARMARİS LİMAN İŞL. A.Ş.
114	MUĞLA	MARMARİS MARTI OTEL İŞL. A.Ş. MARİNA
115	MUĞLA	MARMARİS YAT MARİN TURİZM SAN. VE TİC. A.Ş. MARİNA
116	MUĞLA	MİLT A TURİZM İŞLETMELERİ A.Ş. BODRUM MARİNA
117	MUĞLA	MUĞLA BŞB./ GÖÇEK ATIK ALIM NOKTASI (MOPAK)
118	MUĞLA	MUĞLA BŞB AKYAKA MADEN İSKELESİ ATIK ALIM NOKTASI
119	MUĞLA	NETSEL TURİZM YATIRIMLARI A.Ş.
120	MUĞLA	MANDALYA MARİNA
121	MUĞLA	PORT İASOS MARİNA
122	MUĞLA	PAL MARİNA (PORT BODRUM YALIKAVAK MARİNA)
123	MUĞLA	DSV YAT TUR. İNŞ. İTH. İHR. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
124	ORDU	ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÜNYE LİMANI
125	RİZE	RİPORT RİZE LİMANI İŞLETMESİ YATIRIM A.Ş.
126	SAKARYA	İC İÇTAŞ SAKARYA KARASU LİMANI YATIRIM VE İŞLETME A.Ş.
127	SAMSUN	SAMSUNPORT ULUSLARARASI LİMAN İŞLETMELERİ A.Ş.
128	SAMSUN	TOROS TARIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş. "SAMSUN"
129	SAMSUN	YEŞİLYURT LİMAN İŞLETMESİ
130	SAMSUN	SAMSUN YELKEN VE SPOR KULÜBÜ DERNEĞİ
131	SAMSUN	TERME TERSANESİ
132	SİNOP	ÇAKIROĞLU SİNOP LİMAN İŞLETMECİLİĞİ
133	TEKİRDAĞ	BOTAŞ LNG İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ
134	TEKİRDAĞ	MARTAŞ MARMARA EREĞLİSİ LİMAN TESİSLERİ A.Ş.
135	TEKİRDAĞ	MARMARA DEPOCULUK HİZMETLERİ A.Ş.
136	TEKİRDAĞ	ASYAPORT LİMAN A.Ş.

ATIK KABUL TESİSİ BULUNAN KIYI TESİSLERİ (Devam)		
137	TEKİRDAĞ	OPET PETROLCÜLÜK A.Ş. MARMARAEREĞLİSİ ŞUBESİ
138	TEKİRDAĞ	CEYPORT
139	TRABZON	TRABZON LİMAN İŞLETMECİLİĞİ A.Ş.
140	YALOVA	AKSA AKRİLİK KİMYA SAN. A.Ş.
141	YALOVA	SETUR YALOVA MARINA İŞLETMECİLİĞİ
142	YALOVA	TERSAN TERSANECİLİK SAN. TİC. A.Ş.
143	YALOVA	SEFİNE DENİZCİLİK TERSANECİLİK TUR. SAN. VE TİC. A.Ş.
144	YALOVA	DOĞRUYOL TERSANECİLİK DENİZCİLİK SAN. VE TİC. LTD.ŞTİ
145	YALOVA	ÇAKIRLAR TERSANE İŞLETMECİLİĞİ SAN. VE TİC.LTD.ŞTİ.
146	YALOVA	TÜRKÖĞLU GEMİ İNŞA SANAYİ VE TİC.LTD. ŞTİ.
147	YALOVA	YAŞARSAN GEMİ İNŞA SAN. VE TİC. LTD.ŞTİ.
148	YALOVA	AYKIN TERSANECİLİK TAŞIMACILIK İNŞAAT SAN. LTD. ŞTİ.
149	YALOVA	GİRGİN KALE DENİZCİLİK SAN. TİC. LTD.ŞTİ
150	YALOVA	GEMAK GEMİ İNŞAAT SAN. VE TİC. A.Ş.
151	YALOVA	EROL ŞENKAYA - ERNEŞE DENİZCİLİK
152	YALOVA	YALOVA RO-RO TERMİNALİ A.Ş.
153	YALOVA	BEŞİKTAŞ GEMİ İNŞA A.Ş.
154	YALOVA	ÇINAR TERSANECİLİK SAN.TİC.A.Ş.
155	YALOVA	HİCRİ ERCİLİ TERSANECİLİK SAN. VE TİC. A.Ş.
156	YALOVA	TERSAN TERSANECİLİK SAN. TİC. A.Ş.
157	YALOVA	HAT-SAN TERSANE A.Ş.
158	YALOVA	ALTINOVA YAT İNŞAACILAR SAN. VE TİC. A.Ş.
159	YALOVA	YÜKSEL TERSANECİLİK SAN. VE TİC. A.Ş.
160	YALOVA	SANMAR DENİZCİLİK MAKİNE SAN. VE TİC. A.Ş.
161	ZONGULDAK	EREĞLİ DEMİR VE ÇELİK FAB. A.Ş.
162	ZONGULDAK	TTK ZONGULDAK LİMANI
163	ZONGULDAK	EREN ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.

Gemilere Atık Alım Gemisi ile Hizmet Veren Limanlar ve Atık Alım Gemisi Bilgileri

Sıra No	Bulunduğu Yer	Deniz Araçlarına Hizmet Veren Atık Alma Gemileri
1	Adana	İncirli 3
2	Adana	Tuna-C
3	Adana	Kader 5
4	Adana	Erva
5	Adana	Botaş Atık Servis
6	Çanakkale	Kolin 3
7	Çanakkale	Meke Temizler
8	Çanakkale	Tek Gülüm
9	Çanakkale	Kolin 4
10	Çanakkale	Tansel M
11	Çanakkale	Kolin 5
12	Hatay	MKS Devo
13	Hatay	Ceren-Ay
14	İstanbul	Raşit Bey
15	İstanbul	Ahsenim
16	İstanbul	Gülşenim
17	İstanbul	Beyzam
18	İstanbul	Saka-1
19	İstanbul	Belediye 101
20	İstanbul	Belediye 102
21	İstanbul	Çevkor-1
22	İstanbul	Bunker-7
23	İstanbul	Yakıt-2
24	İstanbul	Nurum
25	Kocaeli	Aslan 3
26	Kocaeli	Bilal Bey
27	Muğla	Mert Kaptan

Sıra No	Bulunduğu Yer	Deniz Araçlarına Hizmet Veren Atık Alma Gemileri (Devam)
28	Muğla	Turmepa 1
29	Muğla	Venüs
30	Muğla	Deniz Temiz 3
31	Muğla	Mersu
32	Muğla	İsmetbey 1
33	Muğla	Akya
34	Muğla	Deniz Temiz 4
35	Samsun	Oruç Baba
36	Samsun	Kaptan İlyas
37	Tekirdağ	Sultanköy
38	Zonguldak	Ber-Ç

EK-5: ANKET FORMU**ANKET FORMU**

Bu anket formu Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı tarafından yürütülmekte olan **“Gemilerden Kaynaklı Atıkların Yönetimi ve Risk Değerlendirmesi”** başlıklı doktora tez çalışması için yapılmaktadır. Sizlerden edinilecek bilgiler tamamen bilimsel amaçlı kullanılacaktır. Katkılarınız bizim için önemlidir. Şimdiden değerli katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

I.Bölüm

1. Hangi liman veya limanlar için bu anketi dolduruyorsunuz?

.....

2. Limanı kullanırken bulunduğunuz görev nedir?

☐ Gemi Çalışanı

☐ Liman Yöneticisi

☐ Liman Çalışanı

☐ İdari Personel

☐ Gemilerden Atık Alınmasında Görevli Personel

☐ Diğer (Lütfen Belirtiniz:.....)

3. Limandaki çalışma periyodunuz nedir?

☐ Ayda 12 gün

☐ Günde 2 saat

☐ Yılda 30 gün

☐ Günde 8 saat

☐ Diğer :.....

4. Hangi gemi tipi için bu anketi dolduruyorsunuz? (Eğer gemi çalışanı olarak bu anketi dolduruyorsanız cevaplayınız)

- ☐ Yolcu gemisi
- ☐ Yat
- ☐ Gezi teknesi
- ☐ Tanker
- ☐ Kuru Yük gemisi
- ☐ Konteyner
- ☐ Balıkçı ☐ Ro-Ro gemisi
- ☐ Diğer :.....

5. Sizce gemilerden oluşan hangi atık veya atıklar yasa dışı olarak denize deşarj edilmekte veya atılmaktadır?

- ☐ Sintine
- ☐ Atıksu
- ☐ Plastik atıklar
- ☐ Kirli balast suları
- ☐ Slaç
- ☐ Slop
- ☐ Diğer:

II. Bölüm

Limandaki Çevre Sorunları

6. Uğradığınız veya çalıştığınız limanlarda çevreye zarar verebilecek durumlar veya çevre sorunları hangileridir? (Bilmiyorum, Hayır, Evet (Düşük), Evet (Orta) ve Evet (Yüksek) cevaplarından bir tanesini seçiniz.)

	PROBLEM	Hayır	Evet			Tamamen Katlıyorum
			Düşük	Orta	Yüksek	
1	Hava Kirliliği	()	()	()	()	()
2	Zehirli Boyalar	()	()	()	()	()
3	Akaryakıt Transferi	()	()	()	()	()
4	Kargoların Denize Dökülmesi	()	()	()	()	()
5	Kargo Yüklmesi/Boşaltılması	()	()	()	()	()
6	Koruma Alanlarının Tahribatı	()	()	()	()	()
7	Kirli arazi	()	()	()	()	()
8	Toz	()	()	()	()	()
9	Dip Taraması	()	()	()	()	()
10	Denizden Kum Alınması	()	()	()	()	()
11	Enerji Tüketimi	()	()	()	()	()
12	Balıkçılık Faaliyetlerinden Kaynaklı Çöpler	()	()	()	()	()
13	Çöpler	()	()	()	()	()
14	Doğal Yaşam Alanı Tahribatı	()	()	()	()	()
15	Tehlikeli Yük	()	()	()	()	()
16	Endüstriyel atık	()	()	()	()	()
17	Endüstriyel emisyonlar	()	()	()	()	()
18	Işık Kirliliği	()	()	()	()	()
19	Gürültü	()	()	()	()	()
20	Koku	()	()	()	()	()
21	Akarsulardan Gelen Kirlilik	()	()	()	()	()
22	Liman geliştirme (Karada)	()	()	()	()	()
23	Liman geliştirme (Denizde)	()	()	()	()	()
24	Küçük Yağ Sızıntıları Riski	()	()	()	()	()
25	Küçük tankerlerden yakıt dökülme riski	()	()	()	()	()
26	Liman endüstrisi faaliyetleri riski	()	()	()	()	()
27	Deniz Trafik Kazası Riski (Deniz)	()	()	()	()	()
28	Trafik Kazası Riski (Kara)	()	()	()	()	()
29	Sediment Kirlenmesi	()	()	()	()	()
30	Balast Suyu Deşarjı	()	()	()	()	()
31	Sintine Suyu Deşarjı	()	()	()	()	()
32	Pissu Deşarjı	()	()	()	()	()
33	Gemi egzoz emisyonu	()	()	()	()	()
34	Toprak Kirlenmesi	()	()	()	()	()
35	Katı Atık	()	()	()	()	()
36	Yüzeysel akış	()	()	()	()	()
37	Trafik yoğunluğu	()	()	()	()	()
38	Araç egzozu	()	()	()	()	()
39	Görsel Kirlilik	()	()	()	()	()
40	Atıksu (Pissu)	()	()	()	()	()
41	Su Kalitesi	()	()	()	()	()
42	Gemi Personelinin atıklar konusunda eğitimini yetersiz olması	()	()	()	()	()
43	Diğer	()	()	()	()	()

7. Bir önceki soruya “DİĞER” cevabını işaretlediyseniz lütfen yazınız.

III.Bölüm

Limn Çevre Yönetimi Konusundaki Sorular

8. Limanın bir çevre politikası var mı?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

9. Limanın çevre yönetim sistemi var mı?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

10. Limanın ISO 14001’i var mı?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

11. Limanın genişleme planı var mı?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

12. Limanın uyguladığı çevre etki değerlendirmesi var mı ?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

13. Limanın petrol sızıntısı acil durum planı var mı?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

14. Limanda çevre konusıyla ilgilen uzman bir personel var mı?

() Evet

() Hayır

() Bilmiyorum

IV.Bölüm**Limanın Çevre Yönetimi Katılım**

- 15.** Limanın gelişim planı hakkında hiç fikriniz alındı mı?
- () Evet () Hayır
- 16.** Liman yönetim planına katkınız oldu mu?
- () Evet () Hayır
- 17.** Limanın çevre yönetimi konusunda; hangi yetkili veya kurum sizinle iletişim kurdu? (Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz)
- () Liman Yönetimi
- () Liman İşletmecisi
- () Devlet Kurumları (Kurumun ismini yazınız)
- () Araştırma Enstitüleri
- () Devlet Kurumları dışındaki kurum ve kuruluşlar (Kurumun ismini yazınız)
- () Diğer
- 18.** Limanın çevre yönetimi konusunda düşünceleriniz hangi yolla alındı? (Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz)
- () Danışma toplantısı
- () Mülakat/Görüşme
- () Anket
- () Resmi Mektup
- () Diğer
- 19.** Limanın çevre yönetim sürecine dahil olmak ister misiniz?
- () Evet () Hayır

20. Eğer çevre yönetim süreci konusunda fikirlerinizin alınacak olursa bunun hangi yolla yapılmasını istersiniz? (Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz)

☐ Danışma toplantısı

☐ Mülakat/Görüşme

☐ Anket

☐ Resmi Mektup

☐ Diğer



V.Bölüm

Liman Çevre Yönetim Sorunları ve Çözümleri

21. Liman veya limanların aşağıdaki konulara yönelik performansı hakkındaki genel görüşünüz nedir? Bildiğiniz konuları işaretleyiniz.

SORU NO	Konu	Çok Zayıf	Zayıf	Orta	İyi	Çok İyi
1	Deniz Kirliliğinin Önlenmesi	()	()	()	()	()
2	Hava Kalitesi	()	()	()	()	()
3	Toprak Kalitesi	()	()	()	()	()
4	Atık Yönetimi	()	()	()	()	()
5	Gürültü Yönetimi	()	()	()	()	()
6	Trafik Yönetimi	()	()	()	()	()
7	Gayri Safi Milli Hasılaya Ekonomik Katkısı	()	()	()	()	()
8	Sağladığı İş İmkanı	()	()	()	()	()
9	Sosyal Katkı (Güvenlik, toplumsal ahenk)	()	()	()	()	()
10	Gemilerden atıkların toplanması	()	()	()	()	()
11	Atık Alımı Konusunda Uygulanan Ücretler	()	()	()	()	()
12	Paydaşların Katılımı	()	()	()	()	()
13	Demirdeki gemilerden atıkların alınması/toplanması	()	()	()	()	()
13	Diğer	()	()	()	()	()

22. Bir önceki soruya “DİĞER” cevabını işaretlediyseniz lütfen yazınız.

23. Limanın çevre koşullarını iyileştirmek için neler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz? Bildiğiniz konuları işaretleyiniz.

SORU NO	Konu	Hemen Yapılmalı	Kısa Vadede Yapılmalı	Uzun Vadede Yapılmalı
1	Çevre Temizliği	()	()	()
2	Atıksu Arıtma Planı Hazırlanması	()	()	()
3	Katı Atık Arıtma İstasyonu Kurması	()	()	()
4	Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Kurması	()	()	()
5	Çevre Yönetim Sisteminin Uygulanması	()	()	()
6	ISO 14001 Almak	()	()	()
7	Çalışanları Çevre Yönetimi Konusunda Eğitmek	()	()	()
8	Petrol/yağ sızıntısı acil durum planı hazırlamak	()	()	()
9	Çevre Yönetim Bölümü Kurmak	()	()	()
10	Bilgisayar tabanlı çevre yönetim sistemi oluşturmak	()	()	()
11	Çevre denetimi yapmak	()	()	()
12	Çevre risk değerlendirmesi yapmak	()	()	()
13	Gemilerden alınan atık alım ücretlerinin düşürmek	()	()	()
14	Atık alım gemisi almak	()	()	()
15	Atık alım tesisi kurmak	()	()	()
16	Atık alım tesislerinin sıkı bir şekilde denetlenmesi	()	()	()
17	Atıkların alınması veya toplanması konusunda sıkı bir denetim mekanizması kurmak	()	()	()
18	Gemi atıkları konusunda sıkı çalışan denetim mekanizması kurmak	()	()	()
19	Diğer	()	()	()

24. Bir önceki soruya “DİĞER” cevabını işaretlediyseniz lütfen yazınız.

ÖZGEÇMİŞ

Ömer Harun ÖZKAYNAK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2017-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Antalya
Yüksek Lisans 2012-2014	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Samsun
Lisans 2000-2004	Deniz Harp Okulu Elektronik Mühendisliği, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Sahil Güvenlik Grup Komutanı 2021- Devam ediyor	Trabzon Valiliği SG Yarbay
Kaçakçılık ve Organize Suçlarla Mücadele Öğretmeni 2016-2021	Sahil Güvenlik Okul Komutanlığı SG Binbaşı
Gemi Komutanlığı 2008-2016	Sahil Güvenlik Komutanlığı SG Yüzbaşı

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Özkaynak, Ö. H. and İçemer, G. T. 2021. Determining the bilge water waste risk and management in the Gulf of Antalya by the Monte Carlo method. Journal of the Air & Waste Management Association, 71(12), 1545-1554.
2. Özkaynak, Ö. H., İçemer, G. T., and Merdun, H. 2022. Determination of the Risk on Human Health of Heavy Metals Contained by Ship Source Bilge and Wastewater Discharged to the Sea on the Mediterranean by Monte Carlo Simulation. Sustainability, 14(14), 8408.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. Şentürk İ. , Üstün S., Öztel M., Özkaynak H., Akçam E., Geçer E., Akbal F. and Büyükgüngör H 2015. Monitoring of Seasonal and Spatial Variations in Marine Water Quality at the Mid Black Sea Coast of Turkey. International Conference on Civil and Environmental Engineering (Cappadocia-2015), Nevşehir, Türkiye, 20- 23 Mayıs 2015
2. Özkaynak, Ö. H. and İçemer, G. T. 2018. Sintine Sularının Arıtım Teknikleri ve Yönetimi. 9. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Adana, Turkey, 1- 03 November 2018, pp.457-467.
3. Özkaynak, Ö. H. and İçemer, G. T. 2019. Sintine Sularının Yönetimi ve Risk Değerlendirmesi. 3. Su ve Sağlık Kongresi, Antalya, Turkey, 12- 15 November 2019.
4. Özkaynak, Ö. H. and İçemer, G. T. 2021. Shipborne Wastes Risk Assessment With The Monte Carlo Method. 14th National and 2nd International Environmental Engineering Congress- Climate Crisis and Environmental Policies-- 14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi 2021, Ankara, Turkey, 9 - 11 December 2021, pp.448-455