

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA LİMANINDA SERA GAZI, PM₁₀, NO_x VE SO₂ ENVANTERİNİN
OLUŞTURULMASI VE EMİSYON AZALTIM UYGULAMALARI

Ece ÖZTÜRK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA LİMANINDA SERA GAZI, PM₁₀, NO_x VE SO₂ ENVANTERİNİN
OLUŞTURULMASI VE EMİSYON AZALTIM UYGULAMALARI

Ece ÖZTÜRK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA LİMANINDA SERA GAZI, PM₁₀, NO_x VE SO₂ ENVANTERİNİN
OLUŞTURULMASI VE EMİSYON AZALTIM UYGULAMALARI**

Ece ÖZTÜRK
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez/...../202..... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Güray DOĞAN (Danışman)

Doç. Dr. Murat VAROL

Doç. Dr. Sema YURDAKUL

ÖZET

ANTALYA LİMANINDA SERA GAZI, PM₁₀, NO_x VE SO₂ ENVANTERİNİN OLUŞTURULMASI VE EMİSYON AZALTIM UYGULAMALARI

Ece ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Güray DOĞAN

Temmuz 2022; 50 sayfa

Limanlar dünya ticaretinde çok önemli yere sahiptir. Günümüzdeki ticaretin %90'ı limanlar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Limanlar, faaliyetleri sebebiyle, çok farklı atmosferik kirleticinin önemli emisyon kaynağı olma hüviyetindedir. Liman emisyonlarının bir kısmını sera etkisine sahip gazlar oluştururken, diğer bir kısmını ise atmosferde kalma süresi daha kısa olan fakat sağlık etkisi liman çevresinde daha fazla olan kirleticiler (gazlar ve partiküller) oluşturmaktadır. Ülkemiz tarımı, turizmi ve ticareti açısından hızlı bir gelişim gösteren Antalya'da, 201.125 m² alan üzerine kurulu bulunan Antalya Liman'ı, İzmir-Mersin arasındaki 624 deniz millik kıyı şeridi üzerindeki en büyük organize ve mendireklerle korunan liman olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışma ile, ülkemiz için önemli bir yere sahip Antalya Limanı'nın da liman ve gemi faaliyetleri sonucu yapılan sera gazı, kükürt dioksit, azot oksitler ve partikül madde emisyon envanteri oluşturulmuş. Limanın doğrudan emisyonlarında en yüksek payın motorin kullanan iş makineleri kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Gemilerden kaynaklı emisyonlarda ise konteyner ve kuru yük gemilerinin limanda kalış sürecinde yapmış oldukları emisyonların en yüksek paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Kirleticilerin emisyonlarının azaltılması ve emisyonların alıcı ortama etkilerinin azaltılması için çeşitli senaryolar üzerinde çalışılmıştır. Çalışılan ilk senaryoda gemilerin %20'sine limanda kalış süresi boyunca kıyıda elektrik enerji temin edilmesi durumunda 2019 ve 2020 yılları için toplamda sırasıyla %12,65 ve %15,14 oranında CO₂ emisyonlarında düşüşe sebep olunacağı belirlenmiştir. İkinci senaryoda ise liman operasyonel faaliyetleri kapsamında tüketilen elektrik miktarının %50'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması ve liman iş makinelerinin %20'sinin elektrikli makineler ile değiştirilerek yenilenebilir kaynaklardan enerji temin edilmesi durumunda 2019 ve 2020 yılları için meydana gelen sera gazı emisyon azaltım miktarlarının sırasıyla %6,05 ve %4,97 oranında olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar bize iklim değişikliğinin önlenmesi için zaman kaybedilmeden azaltım senaryolarının hayata geçirilmesi gerektiğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Antalya Limanı, Gemi Emisyonları, Hava Kalitesi, Liman Emisyonları, Sera Gazı

JÜRİ: Doç. Dr. Güray DOĞAN

Doç. Dr. Murat VAROL

Doç. Dr. Sema YURDAKUL

ABSTRACT

CREATING GREENHOUSE GAS, PM₁₀, NO_x AND SO₂ INVENTORY AND EMISSION REDUCTION APPLICATIONS IN ANTALYA PORT

Ece ÖZTÜRK

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Güray DOĞAN

July 2022; 50 pages

Ports have a very important place in world trade. 90% of today's trade is carried out through ports. Due to their activities, ports are an important source of emission of many different atmospheric pollutants. While some of the port emissions are caused by gases with a greenhouse effect, the other part is pollutants (gases and particles) that have a shorter residence time in the atmosphere but have a greater health impact around the port. Antalya shows a rapid development in terms of agriculture, tourism and trade in our country. Antalya Port is the largest organized port on the 624 nautical-mile coastline between İzmir and Mersin, and is protected by breakwaters. In this study, greenhouse gas, sulphur dioxide, nitrogen oxides and particulate matter emission inventory was calculated as a result of port and ship activities of Antalya Port, which has an important place for our country. It has been determined that the highest share in the direct emissions of the port originates from the port machinery equipment using diesel oil. In the emissions from ships, it has been determined that the emissions made by container and dry cargo ships during their stay in the port have the highest share. Two scenarios have been studied to reduce the emissions of pollutants and to reduce the effects of emissions on the receiving environment. In the first scenario, it has been determined that if 20% of the ships are supplied with electricity from the shore during their stay in the port, a total reduction in CO₂ emissions of 12.65% and 15.14% for 2019 and 2020, respectively. In the second scenario, if 50% of the electricity consumed within the scope of port operational activities is met from renewable energy sources and 20% of the port machinery equipment is replaced with electrical machines and energy is supplied from renewable sources, the greenhouse gas emission reduction amounts for 2019 and 2020 will be reduced by 6.05% and 4.97%, respectively. The results show us that mitigation scenarios should be implemented without losing time in order to prevent climate change.

KEYWORDS: Air Quality, Antalya Port, Greenhouse Gas, Port Emissions, Ship Emissions

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Güray DOĞAN

Assoc. Prof. Dr. Murat VAROL

Assoc. Prof. Dr. Sema YURDAKUL

ÖNSÖZ

Bu çalışma limanlarımızın içinde bulunduğumuz iklim krizinden çıkış sürecinde yapması gereken uygulamaların mevcut bilgi birikimi ile neler olabileceği noktasından hareketle hazırlanmıştır. Gelecekte liman ticaretlerinin de artacağı düşünülecek olursa, liman çevresinde yaşayan topluluklarında liman kaynaklı emisyonlardan olumsuz etkilenmesi söz konusu olacaktır. Dolayısı ile liman emisyonlarının azaltılması önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tezin oluşturulmasında bilgi ve birikimlerini esirgemeyen değerli yöneticilerime, çalışma arkadaşlarıma, danışmanıma ve jüri üyelerine teşekkür ederim.

Ayrıca beni her zaman destekleyen müstakbel eşime, tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca yanımda duran sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Hava Kirliliği ve Çevresel Etkileri.....	3
2.2. İklim Değişikliği ve Akdeniz.....	3
2.3. Hava Kirlleticileri ve Kaynakları	4
2.3.1. Kükürt oksit (SO _x) emisyonları ve etkileri.....	4
2.3.2. Azot oksit (NO _x) emisyonları ve etkileri.....	5
2.3.3. Karbon monoksit (CO) emisyonları ve etkileri.....	5
2.3.4. Karbondioksit (CO ₂) emisyonları ve etkileri	5
2.3.5. Partikül madde (PM ₁₀) emisyonları ve etkileri	6
2.3.6. Nitrozoksit (N ₂ O) emisyonları ve etkileri	6
2.3.7. Metan (CH ₄) emisyonları ve etkileri	7
2.4. MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve Uluslararası Düzenlemeler	7
2.4.1. MARPOL 73/78 sözleşmesi ek-6 düzenlemelerine ilişkin detaylar	8
2.5. Emisyonlarını Hesaplama Yöntemleri	9
2.5.1. Gemi emisyonları hesaplama yöntemleri.....	9
2.5.2. Sera gazı emisyonu hesaplama yöntemleri	12
2.6. Emisyon Azaltımı ve Limanlarda Örnek Uygulamalar	13
2.7. Dünya’da ve Ülkemizde Gerçekleştirilen Benzer Çalışmalar	13
3. MATERYAL VE METOD.....	16
3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	16
3.2. Liman Operasyonları Kaynaklı Emisyonların Hesaplanması	19
3.2.1. Liman operasyonları kaynaklı emisyon envanterinin oluşturulması.....	19

3.2.3.	Liman operasyonları kaynaklı emisyon faktörlerinin seçimi.....	23
3.3.	Gemi Kaynaklı Emisyonların Hesaplanması	24
3.3.1.	Gemi kaynaklı emisyonların hesaplama metodunun seçimi ve diğer kabuller.....	24
3.4.	Sera Gazı Emisyon Azaltım Uygulamaları	27
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1.	Liman Operasyonel Faaliyetlerine Bağlı Oluşan Emisyonlar.....	29
4.2.	Gemi Emisyonları	36
4.3.	Emisyon Azaltım Uygulamaları Sonuçları	42
4.4.	Çalışma Bulgularının Literatürde Yer Alan Çalışmalar İle Kıyaslanması.....	43
5.	SONUÇLAR	45
6.	KAYNAKLAR	48
	ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisan Tezi olarak sunduğum “Antalya Limanında Sera Gazı, PM₁₀, NO_x ve SO₂ Envanterinin Oluşturulması ve Emisyon Azaltım Uygulamaları” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

07/07/2022

Ece ÖZTÜRK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μm : Mikrometre

CH_4 : Metan

CO_2 : Karbondioksit

CO :Karbon monoksit

HFC :Hidroflorokarbonlar

N_2O : Azot oksit

NO_x : Azot oksitler

O_2 :Oksijen

O_3 :Ozon

PFC: Perflorokarbonlar

PM :Partikül Madde

$\text{PM}_{2,5}$: Parçacık çapları $2.5 \mu\text{m}$ 'nin altında kalan maddeler

PM_{10} : Parçacık çapları $10 \mu\text{m}$ 'nin altında kalan maddeler

SF_6 : Kükürt hekzaflorür

SO_x : Kükürt oksitler

Bu tezde kullanılan birimler için SI (System International) ve ondalık yazımlarda ondalık ayırıcı olarak “,” (20,09) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

AERMOD	:Atmosferik Dağılım Modelleme Sistemi
CO ₂ eş	: Karbondioksit eş değeri
CRF	: Yaygın Raporlama Formatı
ECA	: Emisyon Kontrol Alanı
EEA	: Avrupa Emisyon Ajansı
EMEP	:Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı
GHG	:Sera gazı
Gg	:Gigagram
GRT	: Groston
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
Kg	:Kilogram
KIP	:Küresel Isınma Potansiyeli
KW	:Kilowatt
M	:Metre
M ₂	:Metrekare
M ₃	:Metreküp
MARPOL 73/78	: Deniz Kirliliğın Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme
MEPC	: Deniz Çevresini Koruma Komitesi
MDO	:Marine Diesel Oil
MSDS	:Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
ODS	:Ozon tabakasına zararlı maddeler
Ppm	:Milyondaki parçacık sayısı
STEAM	: Gemi Trafik Emisyon Değerlendirme Modeli
tCO ₂	:Ton karbondioksit

TEİAŞ	:Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEU	:Twenty-foot Equivalent Unit
TJ	:Terajoul
TPM	:Toplam Partikül Madde
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
US EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Antalya Limanı	17
Şekil 4. 2. 2019 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonların Dağılımı	31
Şekil 4. 3. 2019 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonların Dağılımı	32
Şekil 4. 4. 2019 Yılı Emisyonlarının Kapsamlara Göre Dağılımı	33
Şekil 4. 5. 2020 Yılı Doğrudan Emisyonların Dağılımı	34
Şekil 4. 6. 2020 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonların Dağılımı	34
Şekil 4. 7. 2020 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonların Dağılımı	35
Şekil 4. 8.2020 Yılı Emisyonlarının Kapsamlara Göre Dağılımı	36
Şekil 4. 9. Türlerine Göre Limana Yanaşan Gemi Sayıları	36
Şekil 4. 10. Gemi Türlerine Göre NO _x Emisyonları (ton/yıl)	39
Şekil 4. 11.Gemi Türlerine Göre SO ₂ Emisyonları (ton/yıl)	39
Şekil 4. 12.Gemi Türlerine Göre CO ₂ Emisyonları (ton/yıl)	40
Şekil 4. 13.Gemi Türlerine Göre PM Emisyonları (ton/yıl)	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1.Hizmet Verilen Gemi Sayıları (Yıllara göre)	17
Çizelge 3. 2.Yük Elleçleme İstatistikleri (Yıllara göre)	18
Çizelge 3. 3. Antalya Limanı Genel Özellikleri	18
Çizelge 3. 4. Doğrudan Emisyon Kaynaklarına İlişkin Detaylar.....	20
Çizelge 3. 5.Enerji Dolaylı Emisyon Türlerine İlişkin Detaylar	20
Çizelge 3. 6. Diğer Dolaylı Emisyon Türlerine İlişkin Detaylar	21
Çizelge 3. 7. Kabul Edilen Emisyon Faktörleri	23
Çizelge 3. 8. 2019 ve 2020 Yılı Gemi Türleri ve Sayıları	24
Çizelge 3. 9. 2019 ve 2020 Yılı Ortalama Gemi GRT.....	25
Çizelge 3. 10.Gemi Türlerine Göre Yardımcı Makina/Ana Makina Oranı	25
Çizelge 3. 11.Gemi Türlerine Göre Ortalama Gemi Yaşı ve Makina Güçleri	25
Çizelge 3. 12. Gemi Makina Yük Faktörleri.....	26
Çizelge 3. 13. Gemi Türlerine Göre Liman Kalış Emisyon Faktörleri (g/kWh)	26
Çizelge 3. 14. Gemi Türlerine Göre Manevra Emisyon Faktörleri (g/kWh).....	26
Çizelge 3. 15. Gemi Türlerine Göre Manevra ve Liman Kalış Süreleri (h)	26
Çizelge 4. 1. 2019 Yılı Doğrudan Emisyon Miktarları (Kapsam-1).....	30
Çizelge 4. 2 2019 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-2).....	30
Çizelge 4. 3. 2019 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-3).....	31
Çizelge 4. 4. 2019 Yılı Toplam Emisyonları.....	32
Çizelge 4. 5. 2020 Yılı Doğrudan Emisyon Miktarları (Kapsam-1).....	33
Çizelge 4. 6. 2020 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-2).....	34
Çizelge 4. 7. 2020 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-3).....	35
Çizelge 4. 8. 2020 Yılı Toplam Emisyonları.....	35

Çizelge 4. 9. 2019 Yılı Gemi Manevra Emisyon Hesaplamaları.....	37
Çizelge 4. 10. 2019 Yılı Gemi Liman Kalış Emisyon Hesaplamaları.....	37
Çizelge 4. 11. 2019 Yılı Yanaşan Gemi Sayısı ve Emisyon Miktarları.....	37
Çizelge 4. 12. 2020 Yılı Gemi Manevra Emisyon Hesaplamaları.....	38
Çizelge 4. 13. 2020 Yılı Gemi Liman Kalış Emisyon Hesaplamaları.....	38
Çizelge 4. 14. 2020 Yılı Yanaşan Gemi Sayısı ve Emisyon Miktarları.....	38
Çizelge 4. 15. 2019 Yılı Emisyon Yoğunlukları.....	41
Çizelge 4. 16. 2020 Yılı Emisyon Yoğunlukları.....	41
Çizelge 4. 17. 2019 Yılı Emisyon Azaltım Miktarları (ton/yıl).....	42
Çizelge 4. 18. 2020 Yılı Emisyon Azaltım Miktarları (ton/yıl).....	42
Çizelge 4. 19. Liman Elektrik Tüketimi CO ₂ Emisyonu Azaltım Miktarı (ton/yıl).....	43
Çizelge 4. 20. İş Makinalarına Bağlı CO ₂ Emisyonu Azaltım Miktarı (ton/yıl).....	43
Çizelge 4. 21. Antalya Limanı ile Diğer Limanların Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması (ton/yıl).....	44

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların kullanılması sonucu, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitröz oksit (N₂O) gibi çeşitli sera gazları ile birlikte azot oksitleri (NO_x), partikül madde ve kükürt dioksit (SO₂) gibi diğer hava kirleticileri de atmosfere salınmaktadır.

Uzun yıllardır artan gemi faaliyetleri, liman trafiklerinin yoğunlaşmasına ve yüksek güçlü ve ağır yakıtlı motorların tercih edilmesi nedeniyle gemilerden kaynaklanan emisyonların artmasına sebep olmuştur. Emisyonların küresel ısınma ve hava kirliliği üzerindeki etkileri nedeniyle gemi emisyonlarının izlenmesi ve azaltılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), emisyon azaltma önlemleri kapsamında gemilere yaptırımlar uygulamaktadır. Özellikle liman kentleri, limana yanaşan gemilerden kaynaklanan egzoz emisyonları nedeniyle ciddi hava kirliliğine maruz kalmaktadır (Ekmekçioğlu vd. 2019). Deniz taşımacılığında kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının yılda yaklaşık 1 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir ve bu da onu beş büyük karbon salınımı yapan ülkelerin ardında önemli bir yere koymaktadır (Degnarian 2020). Küresel CO₂ emisyonlarının %16'sı, NO_x emisyonlarının %15'i ve SO_x emisyonlarının %5-8'i deniz taşımacılığında kaynaklanmaktadır (Toscano vd. 2019). Küresel rotalardaki gemilerin emisyonlarının neredeyse %70'inin sahilin 400 km içinde salındığı tahmin edilmektedir ve bunun %60-90'ı yanaşma sırasında yardımcı motor çalışmasından kaynaklanmaktadır. Bu bölgede salınan kirleticiler anakaraya doğru ilerleyerek, buradaki kıyının çevre koşullarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, son yıllarda, karaya yakın gemi emisyonları, özellikle de limandaki faaliyetlerin hava kirletici emisyonları ve bunların yerel atmosfer ve toplum sağlığı üzerindeki ciddi etkileri, kamu sektörü ve araştırma alanlarından giderek daha fazla ilgi görmüştür (Lee vd. 2020).

Araştırmacılar hem gemi hem de liman faaliyetleri sonucu oluşan emisyonların iklimi, kıyı hava kalitesini (NO_x ve SO_x asitleşmeye katkıda bulunur; NO_x yüzey ozon oluşumunu artırır) ve toplum sağlığını bozabileceğini kanıtlamışlardır. NO_x, SO_x, PM ve CO kardiyovasküler ve kardiyopulmoner fonksiyonları azaltmakta ve akciğer kanseri ve solunum yolu hastalıkları oranını artırmaktadır (Lee vd. 2020).

Ekim 2018'de Valencia'da (İspanya) düzenlenen limanlar için iklim değişikliğinin önemini vurgulayan Greenport Konferansı'nda farklı ülkelere 55 katılımcıya bir anket yapılmıştır. Bu anket sonuçlarında iklim değişikliği ilk 10 çevresel liman önceliği arasında altıncı, karbon ayak izi ise sekizinci sırada yer almaktadır (Azarkamand vd. 2020).

Gemilerden kaynaklanan kütle emisyon oranlarını hesaplamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Araştırmacıların tercih ettiği yaygın yöntemler, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA), Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Gemi Trafik Emisyon Değerlendirme Modeli (STEAM) ve ENTEC'dir. Bu yöntemler arasında en çok benimsenen ENTEC'dir (Toscano vd., 2019). ENTEC metodolojisi kullanılarak emisyonlar, beş farklı motor ve üç farklı yakıt kategorisine göre hesaplanmaktadır. Ayrıca ENTEC emisyon faktörleri, Avrupa Emisyon Ajansı'nın (EEA) Hava Kirletici Emisyon Envanteri Kılavuzu tarafından kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Antalya Limanında hizmet verilen gemilerin ve liman yer hizmetlerinde kullanılan enerji verileri kullanılmıştır. Bu veriler ile liman faaliyetlerine bağlı emisyon envanteri hazırlanmış ve uluslararası alanda geçerliliği kabul gören (IPCC, ENTEC vb.) emisyon hesaplama metodolojileri ile emisyon miktarları hesaplanmıştır. Limanın yer hizmetleri emisyonlarının hesaplanmasında IPCC rehberlerinde yer alan metodolojiler, gemi emisyonları için ise ENTEC kılavuzlarında yer alan metodolojiler kullanılmıştır. Emisyonların azaltılması için çeşitli senaryolar üzerine çalışılmış ve bu senaryolara bağlı olarak ilgili yıllar arasındaki kirletici emisyonları teorik olarak hesaplanmıştır. Tezin ikinci bölümünde kaynak taraması, üçüncü bölümünde ise uygulanan metodoloji hakkında bilgi verilmiştir. Tezin dördüncü bölümünde elde edilen sonuçlar tartışılmış, beşinci bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmıştır.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Hava Kirliliği ve Çevresel Etkileri

Hava kirliliği, insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi toksikolojik etkisi olan, son yılların önemli bir sorunudur. Kirlilik kaynakları, volkanik faaliyetler gibi doğal faaliyetlerden kaynaklı emisyonlardan, otomobiller ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan büyük hacimli emisyonlara kadar değişmektedir. Hava kirliliği, atmosferin kirlenmesine ve/veya ekosistemin bozulmasına katkıda bulunan herhangi bir kaynağın tüm yıkıcı etkileri olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliğine hem insan müdahaleleri hem de/veya doğa olayları neden olur. Katı, sıvı ve gaz fazlarındaki malzemeler dahil olmak üzere birçok kirleticiden oluşur (Vallero 2007).

Ekolojik olarak hava kirliliği, yeraltı sularına, toprağa ve havaya ciddi çevresel zararlar verebilir. Aynı zamanda canlı çeşitliliği için de ciddi bir tehdittir. Hava kirliliği ve tür çeşitliliğinin azaltılması arasındaki ilişki üzerine yapılan araştırmalar, çevresel kirleticilerin hayvan ve bitki türlerinin yok olması üzerindeki zararlı etkilerini açıkça göstermektedir. Asit yağmurları, sıcaklık inversiyonu ve atmosfere salınan sera gazlarının neden olduğu küresel iklim değişiklikleri hava kirliliğinin diğer önemli ekolojik etkileridir (Schneider 1989).

Son yıllarda dünya çapında meydana gelen bir çevresel sorun olan hava kirliliğinin temel nedenleri arasında sanayi devrimiyle bağlayan fosil yakıt tüketimindeki artışlar yer almaktadır. Atmosferdeki miktarları sürekli artış gösteren hava kirleticiler, dünyamızın en önemli problemi olan iklim değişikliği ve kuraklık sorununa neden olmuşlardır. Dünyanın değişik bölgeleri, kirleticili kaynaklarına ve coğrafi konumlarına göre bu sorunu farklı ölçeklerde yaşamaktadırlar (Karpuzcu 2007).

Hava kirliliği, çevre kirliliği problemleri arasında ayrı bir öneme sahiptir. Bunun temel nedeni ise kaynaktan bir kez salındıktan sonra artık geri dönüşü olmaması, atmosferden temizlenmesinin mümkün olmaması ve kısa sürede geniş bölgelere nüfus ederek büyük kitleleri etkilemesidir (Borrego vd. 2002)

2.2. İklim Değişikliği ve Akdeniz

19. yüzyıl sonlarından bugüne kadar küresel anlamda yaşanan en sıcak 5 senenin son 10 sene içinde gözlenmesi, günümüzde iklim değişikliği ve sonuçlarının günlük yaşama etkilerinin artık ülkemizde de her alanda tartışılmaya ve sorgulanmaya başlamasını sağlamıştır. Özellikle küresel ısınmanın önemli oranda insan kaynaklı sera gazları tarafından gerçekleştiği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) toplantılarında da tartışmalara yer bırakmayacak şekilde vurgulanmıştır (Önol 2009).

IPCC'nin 4. Değerlendirme (2007) Raporunda, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinden etkilenecek riskli bölgeler arasında yer aldığı açıklanmıştır. Sel, fırtına, tayfun, orman yangını gibi aşırı hava olaylarının etkisini ve görülme sıklığını arttıran iklim değişikliği nedeniyle birçok insan hayatını kaybetmektedir. Sadece 2019 yılında Türkiye'de 935 aşırı iklim olayı yaşandığı bilinmektedir (Demirbaş 2020).

Yine bu raporda değişik emisyon senaryoları için çalıştırılmış Küresel Sirkülasyon Model (KSM) ıktılarına göre ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda yirmi birinci yüzyıl sonlarına doğru sıcaklıkların artışıyla beraber yağışlarda önemli azalmaların meydana geleceği ve dolayısıyla bu bölgenin küresel iklim değişikliğine karşı en kırılğan bölgelerden biri olacağı belirtilmiştir (şen 2013).

2.3. Hava Kirleticileri ve Kaynakları

Hava kirliliği kirletici özelliklerine göre birincil ve ikincil hava kirleticileri olarak iki grupta incelenir. Birincil hava kirleticileri SO₂, NO_x, HC, CO, CO₂ ve HF gibi gazlar ve toz halindeki partiküllerdir. İkincil hava kirleticileri ise birincil hava kirleticilerin çeşitli etkenlerle atmosferde değişime uğraması ile oluşan SO₃, sülfürik asit, ozon, ketonlar, asitler olarak tanımlanır. Hava kirleticilerin etkileri küresel, bölgesel ve yerel ölçekte olmak üzere üç ana sınıfta değerlendirilir. Küresel ısınmaya bağlı sera etkisi, ozon tabakasının incilmesi küresel boyuttaki etkiler iken, belirli bir alanda görülen asit yağışları bölgesel ölçekli etkilere örnek olarak verilebilir. Bir yerleşim alanında veya sanayi bölgesinde gözlenen hava kirliliği ise yerel ölçekteki etkileri oluşturur (İncecik 1994).

Hava kirliliği kaynaklarına göre sınıflandırıldığında doğal ve insan kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılır. Çalışmanın da konusu olacak insan kaynaklı hava kirliliğinin en önemli sebebi fosil yakıt kullanımınıdır. Elektrik ve enerji üretimi, endüstriyel prosesler, evsel ve endüstriyel ısınma, ulaşım (kara, hava, deniz ve demiryolu) en önemli insan kaynaklı hava kirletici kaynaklarını oluşurmaktadır.

Çevreye zararlı egzoz gazı emisyonlarının temeli incelendiği zaman zehirli salınımların büyük bir kısmı fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. NO_x, HC, CO, CO₂, SO_x ve partikül maddeler gibi kirletici bileşenler, egzoz gazlarında bulunan gemi kaynaklı zararlı emisyonlardır (şenol 2020).

2.3.1. Kükürt oksit (SO_x) emisyonları ve etkileri

Kükürt oksitler (SO_x) emisyonları, yakıtta bulunan kükürtün oksidasyonundan yanması sırasında oluşur. Geleneksel yakma sistemlerinde SO_x emisyonları ağırlıklı olarak SO₂ biçimindedir (EPA 1998).

Kükürt dioksit (SO₂), "kükürt oksitler" olarak bilinen, oldukça reaktif bir gaz grubunun üyelerinden biridir. SO₂ emisyonlarının en büyük kaynakları, enerji santrallerinde (%73) ve diğer endüstriyel tesislerde (%20) fosil yakıt yakılmasından kaynaklanmaktadır. Daha kk SO₂ emisyon kaynakları, metal cevheri çıkarma ve yüksek kükürt içeren yakıtların lokomotifler, büyük gemiler ve karayolu araçları tarafından yakılması gibi endüstriyel süreçleri içerir (EPA 1998).

Kükürt dioksitlerin asit yağmurlarına sebebiyet verdiği, insan sağlığına olumsuz etki ederek solunum yolu rahatsızlıklarına yol atığı ve yüzeylerde korozyona sebebiyet verdiği en çok bilinen etkilerindendir.

SO₂'nin sayısal değerleri incelendiğinde, bütün dünyada her yıl salınan küresel emisyonların 132 Mt, insanların oluşturduğu emisyonların ise 50–75 Mt civarında olduğu

tahmin edilmektedir (Agren 1991). Avrupa'da ise 1990'larda her yıl yaklaşık 20 milyon tonun üzerinde SO₂ emisyonu yapıyorken 2010'lu yıllarda bu sayı 10 milyon tonun altına inmiştir (Avrupa Çevre Ajansı 2015).

2.3.2. Azot oksit (NO_x) emisyonları ve etkileri

Azot oksitler hem nitrik oksit (NO) hem de nitrojen dioksit (NO₂) içerir. Bunlar, sabit kaynakların ve hareketli kaynakların atık gaz akışlarında NO_x'in iki ana bileşenidir. NO, emisyon kaynakları tarafından yayılan ana NO_x formudur (EPA 2000).

Antropojenik faaliyetler ortam havasında bulunan NO_x miktarlarını önemli ölçüde artırır. Başlıca mobil NO_x kaynakları, arabalar, kamyonlar ve gemiler gibi hareketli kaynaklardır Sabit kaynaklara örnekler ise yakma fırınları ve endüstriyel fırınlar gibi büyük sabit yakma kaynaklarıdır.

NO_x emisyonlarının olumsuz etkileri mevcuttur çünkü NO_x uçucu organik bileşikler, karbon monoksit ve kükürt dioksit gibi diğer antropojenik emisyonlarla bir dizi atmosferik reaksiyonları meydana getirir. Bu reaksiyonlar, ozon (O₃) ve partikül madde oluşumu ile sonuçlanır. NO_x, bu kimyasal reaksiyon mekanizmalarında özellikle önemli bir reaktandır, çünkü NO_x'in ana bileşenlerinden biri olan NO₂, ultraviyole ışığı emer ve ozon ve partikül oluşumuna neden olan fotokimyasal mekanizmaları başlatır (Richards 2000).

2.3.3. Karbon monoksit (CO) emisyonları ve etkileri

Karbon monoksit (CO) emisyonlarının oranı, yanma kaynağında ki yakıtın oksidasyon verimliliğine bağlıdır. Yanma süreci doğru şekilde kontrol edilirse CO emisyonları en aza indirilebilir. Bu nedenle, bir ünite yanlış çalıştırılırsa veya bakımı iyi yapılmazsa, ortaya çıkan CO konsantrasyonları (organik bileşiklerin yanı sıra) yüksek oranda artabilir (Suprenant 1979).

Daha küçük kazanlar, ısıtıcılar ve fırınlar, daha büyük kaynaklara göre daha fazla bu kirleticileri yayma eğilimindedir. Bunun nedeni, daha küçük ünitelerin genellikle daha yüksek bir ısı transfer yüzey alanı/alev hacmi oranına sahip olmasıdır; bu, alev sıcaklığının ve yanma yoğunluğunun düşmesine ve dolayısıyla daha düşük yanma verimliliğine yol açar (Shih 1980).

Yanma sistemlerinin egzoz gazlarında CO bulunması, esas olarak eksik yakıt yanmasından kaynaklanır. Yetersiz oksijen (O₂) mevcudiyeti, zayıf yakıt/hava karışımı, azaltılmış yanma sıcaklığı, azaltılmış ve azaltılmış yanma yoğunluğu bunun temel nedenlerindedir (Suprenant 1980).

2.3.4. Karbondioksit (CO₂) emisyonları ve etkileri

Atmosfere verilen karbondioksit girdisini büyük ölçüde ulaşım araçlarının egzoz emisyonları, canlıların solunumu ve enerji tesislerinde emisyonlardan kaynaklanan yanmış gazlar şekillendirmektedir. Makinelerde yakılan yakıt miktarındaki artışla orantılı olarak gemilerden karbondioksit gazı emisyon oranı da artmaktadır. İstatistiksel verilere bakıldığında, petrol bazlı yakıtların kullanımından kaynaklanan küresel karbondioksit

(CO₂) emisyonlarının %3'üne emisyonların neden olduğu ortaya çıkmıştır (Samosir 2017).

Atmosferdeki karbondioksit yoğunluğu fosil yakıt tüketiminin artışı, ormanların ve yutak alanlarının tahribi ile son yüz yılın en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. IMO'nun 3. Sera gazı emisyon raporlarına göre deniz yolu taşımacılığı kaynaklı karbondioksit emisyonları 2012 yılında 848 milyon ton iken 2018 yılında bu miktar 919 milyon tona yükselmiştir. Karbondioksit emisyonlarında 2012 yılından 2018 yılına kadar yaklaşık olarak %8,4'lük bir artış olduğu görülmektedir (IMO 2021).

Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu, fosil yakıtların yanması sonucu her yıl 2,3 ppm artmaktadır. Bu konsantrasyonun üçte biri okyanus veya derin su kaynakları ve bitkiler tarafından alınır ve atmosfere uzaklaştırılır. Kalan 1,5 ppm atmosferdeki CO₂ konsantrasyonuna eklenir. Bu miktar atmosferin ısınmasına neden olarak sera etkisini her geçen gün artırmaktadır. Ölçümler bu artışın devam ettiğini göstermektedir. Geliştirilen matematiksel bilgisayar modelleri ile CO₂ konsantrasyonu iki katına çıkarsa küresel sıcaklığın ortalama 3°C artacağı hesaplanmıştır. Bu nedenle CO₂ miktarının azaltılması küresel ısınmaya karşı alınacak önlemlerin başında gelmekte ve bu konuda uluslararası düzeyde çaba sarf edilmektedir (Saraçoğlu 2010).

2.3.5. Partikül madde (PM₁₀) emisyonları ve etkileri

Partikül madde emisyonları, filtrelenebilir veya yoğunlaştırılabilir olarak kategorize edilebilir. Filtrelenebilir PM Emisyonları, genellikle, farklı yöntemler kullanılarak bir örnekleme kabının ön yarısında cam elyaf filtre tarafından tutulan partiküller olarak kabul edilir. 0,3 mikrondan küçük buharlar ve partiküller filtreden geçer. Genel olarak, filtrelenebilir PM emisyonları, yanmanın tamlığına ve ayrıca yakıtın yanması sonucu oluşan külün içeriğine bağlıdır. Yoğunlaştırılabilir PM Emisyonları, daha sonra homojen ve/veya heterojen aerosol parçacıkları oluşturmak üzere yoğunlaşan buhar halinde yayılan malzemedir. Kömür veya akaryakıtla çalışan kazanlardan yayılan yoğunlaşabilir partikül, doğası gereği esas olarak inorganiktir (EPA 1998).

Katı ve sıvı fazdaki maddelerin havada asılı kalmaları ile oluşan aerosolların içinde sağlık açısından en önemli tehdit oluşturan grup partikül maddelerdir. Partikül maddelerin fiziksel özellikleri (boyut, yoğunluk, şekil vb.) ve kimyasal yapıları oldukça değişiklik gösterebilmektedir. Aerodinamik çapları 0.1 mikrometreden (μm) 30 mikrometreye kadar olan tüm parçacıklar toplam partikül madde (TPM) olarak ifade edilirler. Parçacık çapları 10 μm 'nin altında kalan maddeler "kaba partiküller" (PM₁₀) ve parçacık çapları 2.5 μm 'nin altında kalan maddeler ise "ince partiküller" (PM_{2.5}) olarak adlandırılmaktadır. Partikül maddelerin yapısında sülfat, nitrat, amonyum ve uçucu organik bileşikler, ağır metaller, deniz tuzları ve siyah karbon bileşikleri bulunabilir (Zeydan vd. 2012).

2.3.6. Nitrözoksit (N₂O) emisyonları ve etkileri

N₂O, NO ve NO₂ emisyonlarını içeren atmosferik reaksiyonlardan ziyade yanmanın erken aşamalarında oluşur. Hem antropojenik (insan yapımı) hem de doğal kaynaklardan az miktarda diazotmonoksit (N₂O) yayılabilir. Stratosfere ulaşan N₂O, koruyucu ozon tabakasının delinmesine neden olabilir (Richards 2000).

Atmosfere girdikten sonra, N₂O 100 yıldan fazla yarılanma ömrü ile çok karardır. Çoğu N₂O, stratosferde ayrışana kadar atmosferde kalır. Ayrışma üzerine N₂O, O₃'ün kimyasal oksijen bağlarını kırar ve UV koruyucu Stratosferdeki ozonun miktarını azaltır. N₂O, Stratosferde ozon tüketen özelliklerinden dolayı bir sera gazı olarak sınıflandırılır (EPA 2000).

2.3.7. Metan (CH₄) emisyonları ve etkileri

Metan, küresel emisyonların yaklaşık yüzde 20'sini oluşturan karbondioksitten (CO₂) sonra en bol bulunan ikinci antropojenik sera gazıdır Metan, atmosferde yaklaşık 12 yıllık nispeten kısa bir ömre sahip olduğu anlamına gelen kısa vadeli bir kirletici olarak kabul edilir. Metan atmosferde daha kısa süre kalmasına ve daha küçük miktarlarda salınmasına rağmen CO₂'den daha büyük miktarlarda, küresel ısınma potansiyeli (yani gazın atmosferde ısıyı tutma yeteneği) 28-34 kat daha fazladır. Sonuç olarak, metan emisyonları, günümüzün insan kaynaklı sera gazı ısınmasının yaklaşık üçte birine katkıda bulunmuştur. Kömür, doğal gaz ve petrolün üretimi ve taşınması sırasında metan yayılmaktadır. Emisyonlar ayrıca belediye katı atık depolama alanlarında, bazı hayvan gübresi depolama sistemlerinde ve belirli tarımsal-endüstriyel ve belediye atıksu arıtma sistemlerinde organik maddenin bozulmasından da kaynaklanır (Anonymous-1).

2.4. MARPOL 73/78 Sözleşmesi ve Uluslararası Düzenlemeler

MARPOL Sözleşmesi; gemilerin işletiminden ya da kaza ile meydana gelebilecek deniz kirlenmesinin önlenmesi amacıyla Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından yapılan uluslararası bir sözleşmedir. Bu Sözleşme "1978 Protokolü ile değiştirilen Gemilerden Oluşan kirlenmenin önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi" ya da kısaca MARPOL 73/78 olarak bilinir. 1967'de Manş Denizi'nde 'Torrey Canyon' kazasından sonra varolan OILPOL (Deniz Kirliliği Sözleşmesi) Sözleşmesinin yerine hazırlanmıştır (Anonim-1).

8 Ekim-2 Kasım 1973 tarihinde Londra'da toplanan Deniz Kirliliği Hakkında Uluslararası Konferans neticesinde 3 Kasım 1973 tarihli "Gemilerden Kaynaklanan Deniz Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme" (MARPOL 73/78) kabul edilmiştir. Sözleşmenin amacı denizlerin petrol, zehirli ve zararlı maddeler, kirli sular ve çöpler ile kirlenmesinin önlenmesi ile gemi kazalarından kaynaklanan deniz kirlenmesinin önlenmesidir. Sözleşme, 1978 tarihinde imzalanan bir protokolle revize edilerek 2 Ekim 1983 tarihinde gecikmeli olarak yürürlüğe girmiştir. MARPOL 73/78 sözleşmesinin etkisiyle gemilerin işletilmesinden kaynaklanan petrol kirliliğinde kayda değer bir azalma gerçekleşmiştir (Griffin 1994).

Ülkemiz MARPOL 73/78 sözleşmesine 24 Haziran 1990 tarihinde taraf olmuştur. Gemilerden hem kazara hem operasyonel süreçlerden kaynaklanabilecek kirliliği önlemeyi ve en aza indirmeyi amaçlayan düzenlemeler bu sözleşmenin 6 adet eki ile detaylandırılmıştır.

Ek-I Petrol Kirliliğinin Önlenmesine ilişkin düzenlemelerdir. 2 Ekim 1983'te yürürlüğe girmiştir. Operasyonel önlemlerin yanı sıra kazara deşarjlardan kaynaklanan petrol kirliliğinin önlenmesini kapsamaktadır.

Ek II Dökme Zehirli Sıvı Maddelerle Kirliliğin Kontrolüne ilişkin düzenlemelerdir. 2 Ekim 1983'te yürürlüğe girmiştir. Dökme olarak taşınan zehirli sıvı maddelerden kaynaklanan kirliliğin kontrolü için deşarj kriterleri ve önlemler bu ek ile detaylandırılmıştır.

Ek III Ambalajlı Olarak Deniz Yoluyla Taşınan Zararlı Maddelerle Kirlenmenin Önlenmesine ilişkin düzenlemelerdir. 1 Temmuz 1992'de yürürlüğe girmiştir. Paketleme, işaretleme, etiketleme, dokümantasyon, istifleme, miktar sınırlamaları, istisnalar ve bildirimler hakkında ayrıntılı standartların yayınlanması için genel gereksinimleri içermektedir.

Ek IV Gemilerden Pis Su Kaynaklı Kirliliğin Önlenmesine ilişkin düzenlemelerdir. 27 Eylül 2003'te yürürlüğe girmiştir. Denizin pis su yoluyla kirlenmesini kontrol etmek için gereklilikleri içerir.

Ek V Gemilerden Gelen Çöplerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine ilişkin düzenlemelerdir. 31 Aralık 1988'de yürürlüğe girmiştir. Farklı çöp türleri ve bunların nasıl bertaraf edilebileceği ile ilgili düzenlemeleri içerir.

Ek VI Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine ilişkin düzenlemelerdir. 19 Mayıs 2005'te yürürlüğe girmiştir. Gemi egzozlarından kaynaklanan kükürt oksit ve nitrojen oksit emisyonlarına ilişkin sınırlar bu düzenleme ile belirlenmiştir. Ozon tabakasını incelten maddelerin kasti emisyonlarını yasaklar. Belirlenen emisyon kontrol alanlarında SO_x, NO_x ve partikül madde için daha katı standartlar belirlenmiştir. 2011'de kabul edilen bir bölümde gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan zorunlu teknik ve operasyonel enerji verimliliği önlemleri detaylandırılmıştır (Anonymous-2).

2.4.1. MARPOL 73/78 sözleşmesi ek-6 düzenlemelerine ilişkin detaylar

Gemilerden kaynaklanan hava kirliliği, örneğin bir petrol sızıntısı olayıyla ilişkili doğrudan neden ve etkiye sahip olmasa da birçok alanda nüfusun karşılaştığı genel hava kalitesi sorunlarına katkıda bulunduğu ve aynı zamanda doğal çevreyi de etkileyen sert asit yağmurları gibi toplu bir etkiye neden olduğu bilinmektedir. İlk olarak 1997'de kabul edilen MARPOL Ek VI, kükürt oksitler (SO_x) ve azot oksitler (NO_x) dahil olmak üzere gemi egzoz gazında bulunan ana hava kirleticilerini sınırlamakta olup ozon tabakasına zarar veren maddelerin (ODS) emisyonlarını da yasaklamaktadır. MARPOL Ek VI ayrıca gemide yakma emisyonları ve tankerlerden kaynaklanan uçucu organik bileşiklerin (VOC) emisyonlarını da düzenlemektedir.

MARPOL Ek 6'nın 19 Mayıs 2005'te yürürlüğe girmesinin ardından, Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC), Temmuz 2005'teki 53. Oturumunda iyileştirmeler, uygulama deneyimi ve teknolojik gelişmeler ışığında emisyon sınırlarını önemli ölçüde güçlendirmek amacıyla MARPOL Ek 6'yı revize etmeyi kabul etmiştir. Üç yıllık incelemenin sonucunda Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC) 1 Temmuz 2010'da yürürlüğe giren revize edilmiş MARPOL Ek 6'yı kabul etmiştir.

MARPOL Ek 6'daki ana değişiklikler, SO_x, NO_x ve partikül madde emisyonlarında küresel olarak aşamalı bir azalma ve bu hava kirleticilerinin emisyonlarını belirlenmiş deniz alanlarında daha da azaltmak için emisyon kontrol alanlarının¹ (ECA'lar) getirilmesidir. Deniz Çevresini Koruma Komitesi Ekim 2016'da MARPOL Ek VI kapsamında akaryakıt kullanımına ilişkin bir değerlendirme yaparak %0,50 kükürt sınırlı akaryakıt standardının 1 Ocak 2020'de yürürlüğe girmesine karar vermiştir (Anonymous-3).

Emisyon Kontrol Alanlarında yakıttaki kükürt miktarı %0,1 olacak şekilde uygulanmaktadır. Akdeniz'in ECA ilan edilmesi ile ilgili uluslararası bir inisiyatif oluşmuş olup, en geç 1 Mart 2024 tarihine kadar Akdeniz'in ECA ilanını kabul eden MARPOL Ek-6 değişikliğinin yürürlüğe girmesi hedeflenmektedir (Korçak 2021).

Bu ek kapsamında belirlenen önlemler ile özellikle liman kentlerinde yaşayan insanlar için atmosferik çevre ve insan sağlığı üzerinde olumlu yönde bir etki olabileceği öngörülmektedir.

2.5. Emisyonlarını Hesaplama Yöntemleri

2.5.1. Gemi emisyonları hesaplama yöntemleri

Gemi emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan 3 farklı metodoloji vardır. Bunlar Tier-1 temel yaklaşım, Tier-2 teknolojiye özgü yaklaşım ve Tier-3 gemi hareketlerine bağlı yaklaşımlardır. Aşağıda bu metodolojilere ait tanımlamalar ve hesaplama yöntemleri EMEP/EEA Hava Kirletici Emisyonları Envanteri Rehberi'nde (2013) verilen eşitlikler baz alınarak verilmiştir.

Tier 1 yaklaşımında geminin kullandığı yakıt tipi, yakıt tüketim miktarı ve her bir yakıt tipi için ilgili emisyon faktörleri kullanılır. Tier-1 yaklaşımına ait hesaplama formülü Denklem 2.1'de verilmiştir.

$$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m}) \quad (2.1)$$

E_i : Her bir emisyon türü i için yayılan toplam emisyon miktarı (kg),

FC_m : Her bir yakıt türü tüketim miktarı (ton),

$EF_{i,m}$: Yakıt türüne bağlı emisyon faktörü (kg/ton),

m : Yakıt türü.

¹ Emisyon Kontrol Alanları (ECA), ülkemizin taraf olduğu MARPOL sözleşmesinin 6 ncı eki kapsamında belirlenmektedir. ECA uygulaması hava kirliliğine daha hassas bölgelerin kıyıdaş ülkeler tarafından teklif edilerek mevcut emisyon standartlarının daha sıkı uygulandığı bölgeler olarak ilan edilmesidir.

Tier-2 yaklaşımında Tier-1 yaklaşımı gibi geminin kullandığı yakıt tipi, yakıt türüne göre yakıt tüketim verileri kullanılır ancak kullanılan yakıt tipine ve makine tipine (slow ,medium, high speed) göre kullanılan yakıtlar için ülkelere özgü verilere ihtiyaç duyulur.Tier-2 yaklaşımına ait hesaplama formülü Denklem 2.2’de verilmiştir.

$$E_i = \sum_m \left(\sum_j (FC_{m,j} \times EF_{i,m,j}) \right) \quad (2.2)$$

E_i : Yıllık emisyon miktarı (ton),

FC_m : Her bir makine tipi j için tüketilen yakıt türü m (ton),

$EF_{i,m}$: Yakıt türüne ve makine tipine bağlı emisyon faktörü (kg/ton),

i :Kirlenici türü,

j : Makine tipi,

m : Yakıt türü.

Tier-1 ve 2 yaklaşımında emisyon hesaplamaları için yakıt tüketim verileri ve ortalama emisyon faktörü değerlerini kullanılır.

Tier-3 yaklaşımı gemi hareket bilgilerine dayanır. Bu metodolojide gemilere ait gemi hareket verileri, motor teknolojisi, kurulu güç, yakıt türü ve gemi işletme modu sürelerine ait veriler kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilir. Tier-3’e ilişkin hesaplama formülü Denklem 2.3.’te verilmiştir.

$$E_{sefer} = E_{liman} + E_{manevra} + E_{seyir} \quad (2.3)$$

E_{sefer} : Bir gemi seferinde oluşan emisyon miktarı (ton),

E_{liman} : Geminin liman kalış süresi boyunca oluşan emisyon miktarı (ton),

$E_{manevra}$: Geminin manevra esnasında oluşan emisyon miktarı (ton),

E_{seyir} : Geminin seyir süresi boyunca oluşan emisyon miktarı (ton),

Tier-3 yaklaşımı geminin yakıt tüketiminin bilinmesi ve bilinmemesi durumuna göre ikiye ayrılmaktadır. Gemi yakıt tüketiminin bilinmesi durumunda hesaplamalar Denklem 2.4.’e göre gerçekleştirilir.

$$E_{sefer} = \sum_p (FC_{j,m,p} \times EF_{i,m,j,p}) \quad (2.4)$$

E_{sefer} : Bir gemi seferinde emisyon miktarı (ton),

FC : Tüketilen yakıt miktarı (ton),

EF: Emisyon faktörü (kg/ton),

i: Emisyon türü,

m: Yakıt türü,

j: Makine tipi,

p: Gemi faaliyet türü.

Gemi yakıt tüketiminin bilinmemesi durumunda geminin kurulu gücü ve işletme moduna göre hesaplamalar gerçekleştirilir. Bu yöntemle ilişkin hesaplama formülü Denklem 2.5'te verilmiştir.

$$E_{sefer} = \sum_p [T_p \sum (P_e \times LF_e \times EF_{e,i,j,m,p})] \quad (2.5)$$

E_{sefer} : Bir gemi seferinde emisyon miktarı (ton),

EF: Emisyon faktörü (kg/kWh),

LF: Makine yük faktörü, (%)

P: Makine gücü, (kW)

T: Zaman (saat),

e: Makine kategorisi (ana, yardımcı),

i: Emisyon türü, (NO_x,PM vb.)

j: Makine tipi,

m: Yakıt türü, (MDO,BFO vb.)

p: Gemi faaliyet türü.(seyir, manevra, liman)

2.5.2. Sera gazı emisyonu hesaplama yöntemleri

Sera Gazı yeryüzü, atmosfer ve bulutlar tarafından kızılötesi ışımaya spektrum aralığında belirli dalga boylarında soğurulan ve salınan, atmosferin hem doğal hem de antropojenik gaz bileşenidir. Sera gazları, karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürt hekzaflorürden (SF₆) oluşur.

Sera gazı hesaplamada metod ve emisyon faktörlerine ilişkin kabul görmüş ana kaynaklar Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Sera Gazı (GHG) Protokolüdür.

IPCC² rehberleri ile farklı sektörler için emisyon faktörleri belirlenmiştir. Hesaplamaya ilişkin formüller ve detaylar yine bu rehber ile belirlenmiştir.

Sera gazı hesaplamaların raporlanmasına ilişkin rehber ise ISO 14064-1 Sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanması ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özelliklerdir.

Sera gazı emisyonları 3 ana kapsamda hesaplanır. Bunlar Kapsam-1 Doğrudan Emisyonlar, Kapsam-2 Enerji Dolaylı Emisyonlar ve Kapsam-3 Diğer Dolaylı Emisyonlardır.

Kapsam-1 Doğrudan Emisyonlar, işletme faaliyetleri sonucu oluşan ve işletme tarafından doğrudan atmosfere salınan emisyon kaynaklarını kapsar.

Kapsam-2 Enerji Dolaylı Emisyonlar, işletme tarafından dışarıdan tedarik edilerek tüketilen elektrik, ısı veya buharın üretilmesi sırasında oluşan sera gazı emisyonlarını kapsar.

Kapsam-3 Diğer Dolaylı Emisyonlar, enerji dolaylı sera gazı emisyonları haricinde, işletmenin faaliyetlerinin bir sonucu olarak başka kuruluşların sahip olduğu veya kontrol ettiği sera gazı kaynaklarından ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını kapsar.

IPCC Kılavuzlarına göre emisyon hesaplamaları 3 ana hesaplama yaklaşımına göre gerçekleştirilir. Bu yaklaşımlar Tier-1, Tier-2 ve Tier-3 olarak adlandırılır. Tier-1 yaklaşımında küresel ölçekte belirlenen emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilir. Tier-2 yaklaşımında ulusal ölçekte belirlenen emisyon faktörleri

² IPCC 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından her düzeydeki hükümetlere iklim politikaları geliştirmek için kullanabilecekleri bilimsel bilgileri sağlamak amacı ile kurulmuştur. IPCC raporları aynı zamanda uluslararası iklim değişikliği müzakerelerinde önemli bir girdidir.

kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilir. Tier-3 yaklaşımında ise tesise, prosese ve teknolojiye özgü emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilir.

2.6. Emisyon Azaltımı ve Limanlarda Örnek Uygulamalar

İstatiksel verilere bakıldığında, gemilerde petrol kaynaklı yakıtların kullanılması sebebi ile gemilerin küresel Karbon Dioksit (CO₂) salınımının %3'üne, Nitrojen Oksit (NO_x) salınımının %15'ine ve Sülfür Dioksit (SO₂) salınımının ise %6'sına neden olduğu ortaya çıkmıştır. Denizcilik sektörü temsilcileri ve araştırmacılar, uluslararası sözleşmelerin getirdiği yükümlülükleri yerine getirmek, artan çevresel duyarlılığa karşı daha temiz enerji kaynaklarına yönelmek ve yükselen enerji maliyetlerinden dolayı daha ucuz enerji kaynaklarını kullanmak için gemilerde alternatif enerji sistemlerinin kullanımına yönelik çalışmalar yapmaya başlamışlardır (Yiğit 2018).

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, dalga ve gelgit enerjisi limanlarda tercih edilen başlıca enerji kaynaklarıdır. Rotterdam, Kitayjushu, Zeebruges, Hamburg ve Venedik limanlarında rüzgar enerjisi uygulamaları mevcut olup bu rüzgar enerjisi santralleri ile yıllık 6000 ton CO₂ azaltımı hedeflenmektedir. Hamburg limanında binalarda kullanılan suyun ısıtılması için güneş enerji sistemi kullanılmaktadır. Ayrıca jeotermal enerji ile ray şalterlerinin ısıtılmasına yönelik pilot proje bulunmaktadır. Hazar Denizi ve Akdeniz için dalga ve gelgit enerjisinin kullanımına ilişkin fizibilite çalışmaları bulunmaktadır (Bjerkkan 2019).

Bir diğer emisyon azaltım yöntemi ise "cold ironing" yöntemidir. Bu yöntem ile gemilerin rıhtımda emisyonuna sebep olan yardımcı makinelerini çalıştırarak elektrik ihtiyacını gidermesi yöntemine alternatif çözüm olan, liman kaynaklı karasal elektrik enerjisinin kullanımınıdır (Pekşen vd. 2019). Bu yöntem ile gemi limanda iken ısınma, soğutma, aydınlatma ve diğer benzeri operasyonları için gerekli olan enerjisinin limandan karşılanması ve gemi motorlarının durdurulması sağlanır (Alnıpak 2019).

2.7. Dünya'da ve Ülkemizde Gerçekleştirilen Benzer Çalışmalar

Dünya'da ve ülkemizde 2000'li yılların başlarıyla itibariyle limanlardaki emisyonların izlenmesi ve azaltılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Weng ve diğerleri (2020) tarafından Yangtze Nehri ağzında gerçekleştirilen çalışmada STEAM modeli kullanılmış ve hava kirleticileri emisyonları hesaplanmıştır. Bu çalışmada, gemi emisyonlarının önemli bir kısmının yavaş buharlama ve normal seyir durumlarında gerçekleştiği gözlenmiştir. Gemi hareketleri otomatik bilgi sistemiyle izlenmiş ve gemilerin liman alanlarında ve bağlantı noktalarında yüksek olduğu belirtilmiştir. Çalışma kargo gemilerinin düşük karbonlu yakıtlar kullanmasının ve gemi rotalarının optimize edilmesi gerektiği hususlarının göz önüne alınarak azaltım faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gerektiğine vurgu yapmıştır.

Yunanistan'ın Sakız (Chios) ve Midilli (Lesvos) Adaları limanlarında gerçekleştirilen çalışmada karbon monoksit yol emisyonları ile ilgili olarak en yüksek

miktarlarda binek araçlardan salındığı, PM₁₀ emisyonlarında en yüksek payın kamyonlara ait olduğu belirtilmiştir (Fameli vd. 2020). Midilli ve Sakız Adası limanlarındaki gemilerden en yüksek miktarda salınan kirleticiler NO_x ve ardından SO₂ ve CO olduğu tespit edilmiştir. Limanlardaki gemi emisyonlarının çoğu, saatlerce yanaşmış halde kaldıkları için yanaşmış gemilerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Midilli'nin kirlilik profiline iki ulaşım kaynağının günlük katkısına gelince, neredeyse tüm kirleticiler için karayolu emisyonları daha yüksek olduğu; ancak, özellikle deniz trafiğinin arttığı ve liman bölgesine yakın emisyonların karayolu taşımacılığında kaynaklanan emisyonlardan daha önemli hale geldiği turistik dönemde, gemi emisyonlarının katkısı göz ardı edilemeyeceği değerlendirilmiştir.

İtalya'nın Civitavecchia limanında gerçekleştirilen çalışmada, limanın hava kalitesine olan etkisi incelenmiştir. Meteorolojinin, gemi pozisyonunun ve motor tipinin şehir hava kalitesi üzerindeki limanın rolünü belirlediği tespit edilmiştir. Liman faaliyetlerinin kent üzerinde gözlenen NO₂, PM₁₀ ve SO₂ emisyonlarının sırasıyla %33'üne, %43'üne ve %60'ına sebep olduğu ve hava kalitesi sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Düşük kükürtlü yakıtların, kirleticilerin ultra ince parçacıklar ve siyah karbon olarak salınmasını engelleyemeyeceği belirtilmiştir (Gobbi vd. 2020).

Lee ve arkadaşları (2020) tarafından Kore'nin en büyük ikinci limanı olan Incheon Limanı'ndaki (POI) gemilerden gelen kirletici emisyonları envanteri (CO, NO_x, SO_x, PM, VOC ve NH₃) oluşturulmuştur. Güvenilir tahminler elde etmek için Gemi Trafik Hizmeti (VTS) tarafından üretilen gerçek zamanlı gemi faaliyet verileriyle aşağıdan yukarıya faaliyete dayalı bir metodoloji uygulanmıştır. Gemilerden yayılan ön önemli kirleticilerin NO_x ve SO_x, olduğu belirlenmiştir. Tankerler, genel kargo gemileri, yolcu gemileri ve konteyner gemileri en yüksek kirlilik kaynakları olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yerel bir emisyon kontrol alanının (ECA) belirlenmesi ve gemi kaynaklı emisyonların azaltılması için bir emisyon yönetim platformunun oluşturulması gibi uzun vadeli politikalara duyulan ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, bu çalışma, yalnızca yardımcı motorlar çalıştırıldığında kirletici türüne bağlı olarak %33,9 ile %42,0 arasında değişen, yanaşma işleminden önemli emisyonların geldiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, atık gaz temizleme sistemleri uygulamak, karadaki güç kaynakları kullanmak, yanaşma süresini azaltmak veya daha yeşil alternatif yakıtlar (örneğin sıvılaştırılmış doğal gaz veya biyoyakıtlar) kullanmak gibi kısa vadeli çözümler POI'de uygulanması önerilmiştir.

Buber ve arkadaşları (2020) tarafından İzmir Körfez'inde gerçekleştirilen çalışmada, kent içi taşımacılık kaynaklı atmosfere salınan kirleticiler modellenmiştir. Çalışma, kent içi taşımacılıktan kaynaklanan yıllık PM₁₀, CO₂, NO_x, SO₂ ve HC emisyonlarının sırasıyla 601.5 t, 925.9 t, 62612.1 t, 22.0 t ve 61.2 t olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, diğer modlara göre daha uzun çalışma süreleri nedeniyle seyir modunda günlük yolculuk başına ton olarak en yüksek emisyonlar kaydedilmiştir. Pasaport, Alsancak ve Karşıyaka iskeleleri arasındaki hatların yoğun gemi trafiği

nedeniyle en kirli güzergahlar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Bostanlı ve Karşıyaka iskeleleri yoğun trafik nedeniyle hava kalitesinin en düşük olduğu noktalar olarak belirlenmiştir. Gemi emisyonlarının bölge genelinde homojen bir şekilde yayılmadığı sonucuna varılmıştır. Alandaki emisyonları azaltmak için günlük sefer sayısı ve gemi büyüklüğü yolcu ve araç yoğunluğuna göre optimize edilmesi ve hava kirliliğini kontrol etmek için iskelelere emisyon izleme istasyonları kurulması önerilmiştir.

Ekmekçioğlu ve arkadaşları (2019) tarafından İzmir ve Mersin Limanlarındaki gemi emisyonları için bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Gemilerin konaklama süreleri her iki liman için de birer yıl süreyle izlenmiştir. Sonuç olarak İzmir Limanı toplam NO_x, SO₂, CO₂, VOC, PM ve CO emisyonları sırasıyla 900 ton/yıl, 589 ton/yıl, 45320.5 ton/yıl, 49.7 ton/yıl, 77.7 ton/yıl ve 36.9 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Mersin Limanı'nın toplam NO_x, SO₂, CO₂, VOC, PM ve CO emisyonları sırasıyla 1998 ton/yıl, 1339 ton/yıl, 102330 ton/yıl, 114,5 ton/yıl, 178,5 ton/yıl ve 82,5 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hareket sayısı daha fazla olan Mersin Limanının emisyon miktarı, İzmir Limanına göre daha fazla olmuştur.

Kılıç ve Deniz (2009) tarafından İzmit Körfezi'nde gerçekleştirilen çalışmada körfezdeki 37 liman ve endüstriyel tesise uğrayan 11645 gemiden kaynaklı emisyonlar incelenmiştir. Bu emisyonlar gemilerin çalışma modlarına ve gemi tiplerine göre sınıflandırılmıştır. Yıllık nakliye emisyonları, NO_x için 5.356 ton, SO₂ için 4.305 ton, CO₂ için 254.261 ton, HC için 232 ton ve PM için 487 ton olarak tahmin edilmiştir. Körfezdeki en olası etkilenen bölgeleri belirlemek için, emisyonlarının mekânsal dağılımı incelenmiştir. İzmit Körfezi'ndeki gemiler, kükürt dioksit ile kentsel kirliliğe önemli ölçüde katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

Alver ve diğerleri (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Karadeniz kıyısında önemli bir liman olan Samsun'da 2010 ve 2015 yılları arasında altı farklı gemi tipinden nitrojen oksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂), hidrokarbonlar (HC) ve 10 µm'den küçük partikül madde (PM₁₀) emisyonları farklı çalışma modları için hesaplanmıştır. NO_x, SO₂, HC ve PM₁₀ için tahmini değerler sırasıyla 728 ton, 574 ton, 32 ton ve 64 tondur. En yüksek emisyon değerleri genel kargo gemileri tarafından üretildiği belirtilmiştir. Toplam kirleticilerin en yüksek yüzdesi (NO_x için %71,6, SO₂ için %65,9, HC için %54,9 ve PM₁₀ için %62,9) Ro-Ro (Roll-on/Roll-off) gemileri tarafından seyir modunda oluşturulmuştur. Ayrıca, tüm kirleticiler için manevra emisyonları toplamda %12,6'dan %42,4'e ve otelcilik emisyonları toplamda %6,0'dan %51,1'e çıkmıştır. Ro-Ro gemilerinde toplam emisyonun %80'i ana motor çalışırken üretildiği belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Antalya Limanından elde edilen veriler ile 2019 ve 2020 yıllarına ait liman operasyonları kaynaklı ve limana yanaşan gemilerden kaynaklanan emisyonlar hesaplanmıştır. Bu hesaplanan emisyonlar için farklı azaltım senaryoları hazırlanmış ve azalan emisyon miktarları hesaplanmıştır.

3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Liman Türkiye'nin batı Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Antalya ilinin en batı noktası olan Kemer çıkışında yer alan liman, karayolları ile Alanya, Mersin, Konya, Akşehir, Afyon, Burdur, Denizli gibi önemli sanayi ve turizm merkezlerine bağlanmaktadır.

1117 metre rıhtım uzunluğu, 6-10 metre derinliği ve tümü faal liman ekipmanları ile Antalya Limanı, mevcut Konvansiyonel genel yük ve konteyner taleplerini karşılayabilecek durumdadır.

Liman Terminal sahası depolama alanı 201.125 m² olması değişik yük tiplerinin stoklanmasına ve hizmet verilmesine olanak veren faktörler arasındadır.

Antalya Limanı ayrıca 140 ve 170 metre uzunlukları ve 10 metre derinliğinde 2 rıhtım ile yüksek potansiyele sahip Kurvaziyer Turizmüne de hizmet vermektedir.

Limanın konumuna ilişkin görsel Şekil 3.1'de verilmiştir. Liman işletmesinin yük ve yolcu terminalleri bu görsel üzerinde gösterilmiştir. Yıllara göre limana yaşanan gemi sayısı ve türlerine ilişkin detaylar Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu gemi türlerine göre elleçlenen yük miktarlarına ilişkin detaylar ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Antalya Limanı Kruvaziyer, konteyner, genel yük, dökme yük, proje kargo, drilling shorebase ve askeri gemi hizmetleri verilen çok amaçlı bir liman olma özelliğine sahiptir. Limanda konteyner operasyonları için yükleme, tahliye, iç dolum ve iç boşaltım gibi hizmetleri sağlanmaktadır. Limandaki başlıca konteyner yükleri mermer, gübre, çeşitli kimyasallar ve orman ürünleridir. Limanda depolama hizmetleri, CFS³ hizmetleri, proje kargo elleçleme⁴ hizmetleri gibi çeşitli alanlarda hizmet verilmektedir. Ayrıca limanda gemilerin rıhtımlara yanaştırılması ve kaldırılması için kılavuzluk ve römorkaj hizmetleri de verilmektedir.

³ Konteyner yük istasyonu (Container Freight Station) anlamına gelmektedir. Konteyner içerisinde ki yükün doldurulduğu veya boşaltıldığı alana verilen isimdir.

⁴ Bir ürünün gümrük denetimi altında bir yerden bir yere yerlerinin değiştirilmesi, kaplarının değiştirilmesi gibi işlemlerin eşyanın niteliğini bozmadan kontrollü şekilde yapılmasına elleçleme denilir.



Şekil 3. 1. Antalya Limanı

Çizelge 3. 1.Hizmet Verilen Gemi Sayıları (Yıllara göre)

Yıl	Yolcu Gemisi	Dökme Yük	Tanker	Genel Kargo	Konteyner	Ro-Ro	Diğer
2010	61	573	319	-	156	-	258
2011	77	444	296	-	191	-	248
2012	60	335	277	-	276	-	173
2013	68	259	296	-	298	-	213
2014	65	220	205	-	241	-	173
2015	55	134	229	-	248	-	124
2016	16	140	174	-	241	-	106
2017	12	128	156	-	208	-	35
2018	3	135	156	-	181	-	78
2019	-	69	181	26	166	-	111
2020	1	134	27	59	171	-	51

Çizelge 3. 2.Yük Elleçleme İstatistikleri (Yıllara göre)

Yıl	Yolcu / Yıl	Dökme Yük Ton/ Yıl	Sıvı Yük m ³ /yıl	Genel Kargo Ton/ Yıl	Konteyner TEU/Yıl	Ro-Ro Adet / Yıl
2010	138.827	1.574.993	-	1.544.979	125.670	-
2011	139.795	1.116.952	-	1.243.973	169.424	-
2012	159.756	1.096.123	-	1.323.927	186.463	-
2013	167.689	616.895	-	1.111.544	217.359	-
2014	175.274	651.169	-	993.729	189.337	-
2015	167.883	492.257	-	603.427	178.515	-
2016	45.405	767.312	-	535.103	172.036	-
2017	39.995	672.103	-	740.714	200.117	-
2018	7.518	691.005	-	604.856	186.279	-
2019	-	507.224	-	81.687	150.824	-
2020	91	1.175.895	-	221.956	123.983	-

Antalya Limanının yük elleçleme kapasite, rıhtım uzunlukları ve derinleri gibi özelliklerine ilişkin detaylar Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3. 3. Antalya Limanı Genel Özellikleri

Elleçlenen Yük Çeşitleri:	Konteyner, Kuru-Sıvı-Genel Yük, Proje Kargo, Kurvaziyer
Elleçleme Kapasitesi - Kurvaziyer (Yolcu/Yıl)	600.000
Elleçleme Kapasitesi - Konteyner (Teu/Yıl)	350.000
Elleçleme Kapasitesi- Genel ve Kuru Yük (Ton/Yıl)	4.000.000
Toplam Liman Sahası	201.125 m ²
Rıhtım Uzunluğu	1.117 m
Derinlik	9,5 m

3.2. Liman Operasyonları Kaynaklı Emisyonların Hesaplanması

3.2.1. Liman operasyonları kaynaklı emisyon envanterinin oluşturulması

Liman operasyonel faaliyetleri kapsamında meydana gelen sera gazı emisyonları için envanter oluşturulmuştur. Bu envanterde yer alan kaynaklarda meydana gelen sera gazı emisyonları hesaplamalara dahil edilmiştir. Kapsam-1 doğrudan sera gazı emisyonları, Kapsam-2 enerji dolaylı sera gazı emisyonları ve Kapsam-3 diğer dolaylı sera gazı emisyonları envantere dahil edilmiştir.

Envantere dahil edilen emisyonlar, elde edilen veriler işlenerek ve uygun emisyon katsayıları kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, veri elde edilememiş ya da emisyon katsayısı bulunamayan emisyonlar kapsam dışı bırakılmıştır.

Liman sahasında bulunan reefer konteynerlerine ait hesaplamalar bu konteynerlerin yönetiminin işletmeye ait olmaması ve kullanılan soğutucu gazların detaylarının bilinmemesi sebebi ile yapılamamıştır. Bu sebeple envantere dahil edilmemiştir. Gemilerden alınan pis sular vidanjörler ile depolama yapılmadan direk belediyeye ait atıksu arıtma tesisine gönderilmektedir. Liman Atık Kabul Tesisinde sadece sintine ve slaç atıklarının kimyasal arıtımının yapılması sebebi Atık Kabul Tesisi envantere dahil edilmemiştir. Limanda kullanılan buz dolabı ve su sebillerinin yıllık soğutucu gaz kayıp kaçak oranları hesaplanmış ve gaz miktarının çok düşük olması sebebi ile hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Kapsam-1 doğrudan sera gazı emisyonları işletme faaliyetleri sonucu oluşan ve doğrudan atmosfere salınan emisyon kaynaklarını kapsar. Doğrudan emisyon kaynakları hareketli yanma, sabit yanma ve kaçak emisyon kaynakları olmak üzere üç alt başlığa ayrılmıştır. Hareketli yanmaya bağlı emisyon kaynakları iş makineleri, limana ait kılavuzluk ve römorkaj hizmeti veren deniz araçları ve binek araçlar, sabit yanmaya bağlı emisyon kaynakları jeneratörler, kayıp-kaçak emisyon kaynakları ise klimalar, kaynak gazları, yangın müdahale ekipmanları ve akım kesiciler olarak sınıflandırılmıştır.

İşletmede üretilen ve ihraç edilen veya dağıtılan elektrik, ısı ve buhardan kaynaklanan ve biokütlenin yakılmasından kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonunu bulunmamaktadır. İşletmede binalarda ısıtma ve soğutma faaliyetleri için sadece elektrik (klima) kullanılmaktadır. Emisyon hesaplamalarında kullanılan faaliyet verileri liman işletmesinden temin edilmiştir.

Kapsam-1 doğrudan emisyon kaynaklarına ilişkin kaynak türü, kaynak, faaliyet verisi ve emisyonlara ilişkin detaylar Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Doğrudan Emisyon Kaynaklarına İlişkin Detaylar

Kaynak Türü	Kaynak	Faaliyet Verisi	Emisyonlar
Hareketli Yanma	İş Makinaları	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
Hareketli Yanma	Deniz Araçları	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	Binek Araçlar	Benzin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	Binek Araçlar	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
Sabit Yanma	Jeneratör	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
Kaçak Emisyonlar	Klimalar	Soğutucu Gazlar	HFC
	Yangın Müdahale	Yangın Söndürme Cihazı Gazları	CO ₂ , HFC
	Akım Kesiciler	Trafolarda Kullanılan Akım kesici Gazlar	SF ₆
	Kaynak İşlemi	Kaynak Tüplerinde Kullanılan Gazlar	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄

Kapsam-2 enerji dolaylı sera gazı emisyonları elektrik tüketimi sonucu meydana gelen emisyonlar olarak kabul edilmiştir. İş makinaları ile saha ve binaların elektrik kullanımı bu kapsamda değerlendirmeye alınmıştır. Bu emisyon kaynaklarına ilişkin detaylar Çizelge 3.5.'te verilmiştir.

Çizelge 3. 5.Enerji Dolaylı Emisyon Türlerine İlişkin Detaylar

Kaynak Türü	Kaynak	Faaliyet Verisi	Emisyonlar
Elektrik Tüketimi	İş Makinaları	Elektrik	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	Saha ve Bina Elektrik Kullanımı	Elektrik	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄

Kapsam-3 diğer dolaylı sera gazı emisyonları alt işverenlerin yakıt ve elektrik tüketimi sonucu meydana gelen emisyonlar bu kapsamda değerlendirmeye alınmıştır. Bu emisyon kaynaklarına ilişkin detaylar Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3. 6. Diğer Dolaylı Emisyon Türlerine İlişkin Detaylar

Kaynak Türü	Kaynak	Faaliyet verisi	Emisyonlar
Hareketli Yanma	İş Makinaları	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	Binek Araçlar	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	İş Makinaları	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	Binek Araçlar	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
	İş Makinaları	Motorin	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
Elektrik tüketimi	3.Şahıs Elektrik Tüketimi	Elektrik	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄

3.2.2. Liman operasyonları kaynaklı emisyonların hesaplama metodunun seçimi

Tesiste ölçülebilir yöntemlerin mevcut olmaması sebebi ile hesaplama temelli yöntemler kullanılmıştır. Hesaplama temelli yöntem faaliyet verisi (tüketilen yakıt ve / veya proseslere giren çıkan madde) üzerinden sera gazı emisyonlarının hesaplanması olarak tanımlanmaktadır. Hesaplamalarda International Panel Climate Change (IPCC) ve Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) gibi uluslararası kuruluşların yayınladığı kaynaklarda belirtilen katsayılar ve hesaplama metotları baz alınmıştır. Hesaplamalar Tier 1 yönetimine göre yapılmıştır.

Yakıt tüketimine bağlı emisyon hesaplamaları IPCC Ulusal Sera Gazı Hesaplama Rehberi 2006 Bölüm 2: Enerji kısmında verilen emisyon hesaplama denklemine göre yapılmıştır (IPCC 2006). Hesaplamaya ilişkin emisyon formülü Denklem 3.1'de verilmiştir.

$$Emisyon = \sum [Yakıt_a \times EF_a] \quad (3.1)$$

Emisyon: Emisyon Miktarı (kg)

Yakıt_a: Yakıt Tüketimi (TJ)

EF_a: Emisyon Faktörü (kg/ TJ)

a: Yakıt türü (örn: Motorin, Benzin, LPG vb.)

Faaliyet Verisi (Tüketim) yoğunlukla çarpılır ve kilograma dönüştürülür. Yakıt yoğunlukları, ilgili yakıtlara ait MSDS-Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarından alınır. Yakıt cinsine göre; IPCC rehberlerinde verilen net kalorifik değerler belirlenir ve tüketim miktarıyla çarpılır. Emisyon faktörü de TJ biriminden seçilerek uygun birim

dönüşümleriyle hesaplama yapılır. Hesaplamaya ilişkin detaylı formül Denklem 3.2.'de verilmiştir.

$$\text{Emisyon} = \text{NKD} \times \text{Faaliyet Verisi} \times \text{Yoğunluk} \times \text{EF} \quad (3.2.)$$

NKD: Net Kalorifik Değer (TJ / Gg)

Faaliyet verisi: İlgili kaynakta kullanılan litre cinsinden yakıt miktarı (lt)

Yoğunluk: İlgili yakıtta ait yoğunluk (kg/m³)

EF: Emisyon Faktörü (kg/TJ)

Kaçak Emisyon hesaplamaları klima gazları, yangın söndürücü ekipmanları ve akım kesiciler aşağıda yer alan Denklem 3.3 kullanılarak yapılmıştır.

$$\text{Emisyon} = \sum[\text{Kaçak}_a \times \text{KIP}_a] \quad (3.3.)$$

Emisyon: Emisyon Miktarı (kg)

Kaçak_a: Yıllık Kaçak Miktarı (kg)

KIP_a: Küresel Isıtma Potansiyeli

a: Kaçak Gazın Türü (örn: R410, FM200, SF6, vb.)

Faaliyet verileri için soğutucu gazlara ait envanterlerde yer alan gazların yıllık kayıp kaçak miktarları ile hesaplamalar yapılır. Yıllık kayıp kaçak oranları IPCC Rehberinde yer alan referanslara göre belirlenir. Faaliyet verisi ile ilgili soğutucu gazın KIP değeri çarpılır ve kilogram cinsinden eş değer karbondioksit değeri bulunur.

Klima gazlarında yıllık kayıp kaçak oranı için IPCC Ulusal Sera Gazı Hesaplama Rehberi 2006 Bölüm 7'de verilen oranlar baz alınmıştır. Bu kapsamda hesaplamalarda yıllık soğutucu gaz kayıp kaçak oranı %1 olarak kabul edilmiştir. Yangın Söndürme Ekipmanlarında yıllık kayıp kaçak oranı IPCC Ulusal Sera Gazı Hesaplama Rehberi 2006 Bölüm 7'de verilen oranlar baz alınmıştır. Bu kapsamda hesaplamalarda yıllık yangın söndürücülerde kayıp kaçak oranı %4 olarak kabul edilmiştir. (IPCC,2006). Akım Kesicilerde yıllık kayıp kaçak oranı %2,5 olarak kabul edilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır.

Elektrik tüketimine bağlı emisyon hesaplamaları aşağıda yer alan Denklem 3.4 kullanılarak yapılmıştır

$$\text{Emisyon} = [\text{Tüketim} \times \text{EF}] \quad (3.4.)$$

Emisyon: Emisyon Miktarı (kg)
 Tüketim: Elektrik Tüketimi (kwh)
 EF: Emisyon Faktörü (kg/ kwh)

Elektrik tüketiminde emisyon faktörü enerjinin temin edildiği kaynak cinsine göre belirlenir. Faaliyet verisi belirlenen emisyon faktörü ile çarpılır ve kilogram cinsinden eş değer karbondioksit değeri bulunur.

3.2.3. Liman operasyonları kaynaklı emisyon faktörlerinin seçimi

Sera Gazı Envanter Hesaplamaları gerçekleştirilirken International Panel Climate Change (IPCC) ve Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)'un yayınladığı kaynaklarda belirtilen katsayılar ve emisyon faktörleri baz alınmıştır.

İş makinalarının, limana ait kılavuzluk ve römorkaj hizmeti veren deniz araçlarının, binek araçların ve jeneratörlerin yakıt tüketimine bağlı emisyonların hesaplamaları için IPCC Ulusal Sera Gazı Hesaplama Rehberi 2006 Bölüm 2’de verilen emisyon faktörü değerleri baz alınmıştır. Bu emisyon faktörlerine ilişkin detaylar Çizelge 3.7’de verilmiştir (IPCC 2006).

Yangın söndürme ekipmanları, akım kesiciler ve klimalardan kaynaklanan kaçak emisyonların hesaplamaları için GHG Protokolün yayınlamış olduğu Küresel Isınma Potansiyelleri tablosunda yer alan 5. Değerlendirme Raporu değerleri baz alınmıştır. Bu emisyon faktörlerine ilişkin detaylar Çizelge 3.7’de verilmiştir (Anonymous-4).

Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyonların hesaplamaları için Türkiye CRF Tablolarında ve TEİAŞ Yıllık Faaliyet Raporlarında yer alan veriler kullanılarak emisyon faktörleri hesaplanmış ve bu değerler baz alınmıştır. Bu emisyon faktörlerine ilişkin detaylar Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3. 7. Kabul Edilen Emisyon Faktörleri

EMİSYON KAYNAĞI	EMİSYON FAKTÖRLERİ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
On Road Araçlar Motorin Tüketimi(Kg/TJ)	74100	3,9	3,9
On Road Araçlar Benzin Tüketimi (Kg/TJ)	69300	25	8
Off Road Araçlar Motorin Tüketimi (Kg/TJ)	74100	4,15	28,6
Jeneratörler Motorin Tüketimi (Kg/TJ)	74100	10	0,6
Kaynakta Kullanılan Gazlar (LPG) (Kg/TJ)	63100	5	0,1
Kaynakta Kullanılan Gazlar (Asetilen) (KIP)	70400	-	-
Kaynakta Kullanılan Gazlar (CO ₂) (KIP)	1	-	-
Yangın Söndürme Cihazları (CO ₂) (KIP)	1	-	-
Yangın Söndürme Cihazları (FM200) (KIP)	3350	-	-
Soğutucu Gazlar (R22) (KIP)	1760	-	-
Soğutucu Gazlar (R32) (KIP)	677	-	-
Soğutucu Gazlar (R410A) (KIP)	1924	-	-
Elektrik Tüketimi (KIP)	0,4931	6,13 x 10 ⁻⁶	5,7 x 10 ⁻⁶

Hesaplama metodolojinde küresel ölçekli olan Tier-1 yönteminin seçilmesi sebebi ile CH₄ ve N₂O emisyonları hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu emisyonlar faaliyet verisi ile emisyon faktörlerini çarpımı ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda da Denklem 3.1. ve Denklem 3.2. kullanılmıştır. Sonrasında bu emisyon miktarları metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) gazının küresel ısıtma potansiyeli ile çarpılarak CO₂ eş değeri hesaplanmıştır. Kapsam-1 için hesaplanan emisyon verileri toplanarak kümülatif CO₂ eşdeğeri hesaplanmıştır.

3.3. Gemi Kaynaklı Emisyonların Hesaplanması

3.3.1. Gemi kaynaklı emisyonların hesaplama metodunun seçimi ve diğer kabuller

Limana 2019 ve 2020 yıllarında yanaşan gemilerden kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanmıştır. Gemi emisyonları için rıhtımlara yanaşan gemilerin makine güçleri kayıt altına alınmaktadır. Bu makine güçlerine göre meydana gelen emisyonlar ENTEC ve EMEP/EEA Hava Kirletici Emisyonları Envanteri Rehberi'nde belirtilen kat sayılar ve hesaplama metotları baz alınarak hesaplanmıştır.

Limana yanaşan gemilerin yakıt tüketim verilerine ulaşamaması sebebi ile bu çalışmada bottom-up hesaplama yöntemi seçilmiştir. Limana gemiler yanaşmadan önce gemi ilk bildirim formu ile GRT, gemi türü, gemi yapım yılı ve gemi makina gücüne ilişkin detaylı bilgileri liman işletmesine bildirmektedirler. Bu veriler üzerinden emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Gemilerin limana gelişi ve ayrılışı esnasında oluşan manevra emisyonları ve limanda kalış süreleri boyunca meydana gelen emisyonları hesaplanmıştır.

2019 ve 2020 yıllarında Antalya Limanına yanaşan gemi türleri ve gemi sayılarına ilişkin veriler Çizelge 3.8'de verilmiştir. Bu gemilere ait ortalama GRT bilgileri ise Çizelge 3.9'da verilmiştir. Çizelge 3.8'de verilen değerler Çizelge 3.1'de verilen değerler ile uyuşmamaktadır. Çünkü Çizelge 3.1'de verilen değerlere açıkta demirleyen sadece römorkör hizmeti verilen gemilerin sayısının dahil edilmiş halidir. Çalışmada sadece limanın rıhtımlarına yanaşan gemiler için emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. 8. 2019 ve 2020 Yılı Gemi Türleri ve Sayıları

Gemi Türü	2019	2020
Kuru Yük	96	192
Konteyner	167	173
Yolcu	-	1
Diğer	99	41

Çizelge 3. 9. 2019 ve 2020 Yılı Ortalama Gemi GRT

Gemi Türü	2019 GRT	2020 GRT
Kuru Yük	5.995	6.352
Konteyner	18.852	16.861
Yolcu	-	2.598
Diğer	2.403	2.508

Bu gemilere ait sadece toplam makina gücü (kW) bilinmektedir. Bu sebeple ana makina gücünün yardımcı makina gücüne oranı için Trozzi (2010) tarafından yapılan çalışmalar baz alınmıştır. Bu oranlara ilişkin detaylar Çizelge 3.10'da verilmiştir. Bu değerlere göre gemi makine güçleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda her bir gemi türü için ortalama gemi yaşı bulunmuş ve bu yaşa göre yardımcı makine/ana makine oranı kabul edilmiştir. 2019 ve 2020 yılları için Antalya limanına yanaşan gemilerin ortalama yaşlarına ilişkin detaylar ve hesaplanan ana makine ve yardımcı makine güçleri Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3. 10.Gemi Türlerine Göre Yardımcı Makina/Ana Makina Oranı

Gemi Türü	2010 Öncesi	2010 Sonrası
Kuru Yük	0,39	0,30
Konteyner	0,27	0,25
Yolcu	0,27	0,16
Diğer	0,18	0,35

Çizelge 3. 11.Gemi Türlerine Göre Ortalama Gemi Yaşı ve Makina Güçleri

Gemi Türü	2019			2020		
	Ortalama Gemi Yaşı	Ana Makine (kw)	Jeneratör (kw)	Ortalama Gemi Yaşı	Ana Makine (kw)	Jeneratör (kw)
Kuru Yük	1998	4.127	2.523	1990	2.628	1.568
Konteyner	2002	15.143	5.599	2004	13.878	5.128
Yolcu	-	-	-	1960	2.518	931
Diğer	2006	2.721	711	2011	5.812	2.369

Gemilerin işletme moduna göre farklı makina yük faktörleri bulunmaktadır. Bu yük faktörleri EMEP/EEA Hava Kirletici Emisyonları Envanteri Rehberi'nde tanımlanmıştır. Hesaplamalarda bu yük faktörleri ile makine güçleri çarpılmaktadır. Ana makine ve jeneratörlerin yük faktörlerine ilişkin detaylar Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3. 12. Gemi Makina Yük Faktörleri

İşletme Modu	Ana Makine	Jeneratörler
Seyir	80%	30%
Manevra	20%	50%
Liman	20%	40%

Limana yanaşan gemilere ilişkin yakıt türü verisine ulaşılamaması sebebi ile gemilerin manevra ve limanda kalış süresi boyunca Marine Diesel Oil yakıt türünü kullandığı ve gemi makine türünün orta hızlı dizel olduğu kabul edilmiştir. Bu yakıt türüne göre ENTEC 2005 Ek-B'de verilen emisyon faktörleri belirlenmiştir. Hesaplamalarda kabul edilen gemi türlerine göre liman kalış emisyon faktörlerine ilişkin detaylar Çizelge 3.13'de, gemi türlerine göre manevra emisyon faktörlerine ilişkin detaylar ise Çizelge 3.14'de verilmiştir.

Çizelge 3. 13. Gemi Türlerine Göre Liman Kalış Emisyon Faktörleri (g/kWh)

Gemi Türü	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	11	1,6	690	0,5
Konteyner	11	1,4	690	0,5
Yolcu	10,8	1,5	696	0,5
Diğer	10,7	1,6	699	0,5

Çizelge 3. 14. Gemi Türlerine Göre Manevra Emisyon Faktörleri (g/kWh)

Gemi Türü	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	12.1	11,9	698	1,44
Konteyner	11,9	12	705	1,73
Yolcu	10,2	12,6	747	1,71
Diğer	9,6	11,5	755	1,69

2019 ve 2020 yıllarında gemi türlerine göre ortalama manevra süreleri ve liman kalış süreleri hesaplanmış olup gemi türlerine göre bu ortalama sürelerin detayları Çizelge 3.15'de verilmiştir. 2019 yılında üç vardiya çalışma gerçekleştirilirken 2020 yılında iki vardiya çalışılması sebebiyle özellikle konteyner gemilerinin limanda kalış süresi uzamıştır.

Çizelge 3. 15. Gemi Türlerine Göre Manevra ve Liman Kalış Süreleri (Saat:Dakika)

Gemi Türü	2019		2020	
	Limanda Kalış Süresi	Manevra Süresi	Limanda Kalış Süresi	Manevra Süresi
Kuru Yük	56:40	01:00	51:51	01:00
Konteyner	18:56	01:00	21:26	01:00
Yolcu	-	-	14:00	00:48
Diğer	27:00	01:00	30:28	01:00

2019 ve 2020 yıllarında limana yanaşan gemilerin manevra esnasında oluşan emisyonları için Trozzi (2010) tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan eşitlikler kullanılmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan formül Denklem 3.5’de verilmiştir.

$$E_{manevra} = T \times [ME \times LF_{ME} \times EF + AE \times LF_{AE} \times EF] \quad (3.5)$$

$E_{Manevra}$: Manevrada oluşan emisyon miktarı (g)

T: Ortalama Manevra süresi (saat)

ME: Ana makine gücü (kW)

LF_{ME} : Manevrada ana makine yük faktörü (%)

AE: Jeneratörün gücü (kW)

LF_{AE} : Manevrada jeneratörün yük faktörü (%)

EF: Her gemi için manevrada kullanılan yakıt tipine ve gemi hızına göre emisyon faktörleri, (g/kWh)

2019 ve 2020 yıllarında limana yanaşan gemilerin limanda kalış süresi boyunca oluşan emisyonları için Trozzi (2010) tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan eşitlikler kullanılmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan formül Denklem 3.6’de verilmiştir.

$$E_{Liman} = T \times [AE \times LF_{AE} \times EF] \quad (3.6)$$

E_{Liman} : Manevrada oluşan emisyon miktarı (g)

T: Ortalama liman kalış süresi (saat)

AE: Jeneratörün gücü (kW)

LF_{AE} : Limanda jeneratörün yük faktörü (%)

EF: Liman kalış emisyon faktörleri, (g/kWh)

3.4. Sera Gazı Emisyon Azaltım Uygulamaları

Antalya limanında liman operasyonları kaynaklı ve gemi kaynaklı emisyonların azaltımı için farklı senaryolar hazırlanmıştır. Bu senaryolar üzerinden emisyon azaltım miktarları hesaplanmıştır.

Liman operasyonları kaynaklı emisyonların azaltımı için iki farklı senaryo üzerinde çalışılmıştır. Bu senaryolardan ilki limanda kullanılan fosil yakıtlı iş

makinalarının %20sinin elektrikli makinalar ile değiştirilerek kullanılan enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi üzerine hazırlanmış ve hesaplamalar yapılmıştır. Liman operasyonlarında ağır tonajlı yüklerin elleçlenmesi sebebi ile iş makinalarının verimliliği en önemli unsurlardandır. İş makinalarında elektrik enerjisine geçilmesi halinde ekipmanların yük kaldırma verimliliği, enerji temini ve enerji tüketimi gibi unsurların da göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir. Bu sebeple senaryo hazırlanırken iş makinalarının elektrik enerjili ekipmanlar ile değiştirilmesinde kısa ve orta vadede gerçekleştirilebilecek durumlar göz önünde bulundurulmuştur.

İkinci senaryo ise limanda tüketilen elektrik enerjisinin %50'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi üzerine bir senaryo hazırlanmış ve hesaplamalar yapılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik temini için emisyon faktörü "0" olarak kabul edilmiştir. TEİAŞ'ın yayınlamış olduğu yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının yıllar itibarıyla gelişimi istatistiklerinden faydalanılmıştır. 2019 yılı için yenilenebilir enerji üretiminde bu oran %48,6 iken 2020 yılında bu oran %51,3'e yükselmiştir. Senaryo hazırlanırken 2019 ve 2020 yılının ortalaması alınarak %50 temin oranı belirlenmiştir.

Gemi kaynaklı emisyonların azaltımı için limana yanaşan gemilerin tamamına ve %20'sine kıyıda elektrik enerjisi temin edilmesi üzerinden senaryolar hazırlanmış ve hesaplamalar yapılmıştır. Gemilere temin edilen kıyı elektriğinin şebekeden temin edildiği kabul edilmiştir. Liman kalış emisyonlarında kullanılan Denklem 3.6 kullanılarak emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Gemilerin limana yanaşması ile birlikte tamamen elektrik enerjisi tükettiği, fosil yakıt kullanmadıkları kabul edilmiştir. Gemilere kıyıda elektrik temini için limanlarda kurulu enerji alt yapısının güçlendirilmesinin gerekmesi sebebi ile uzun vadeli olarak tamamına, kısa ve orta vade uygulamaları için ise %20 oranında elektrik temin oranı belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Materyal Metot bölümünde verilen emisyon faktörleri, hesaplama formülleri ve diğer veriler kullanılarak 2019 ve 2020 yıllarında liman operasyonel faaliyetlerine ve gemi faaliyetlerine bağlı olarak emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Limanın rıhtımlarına yanaşan gemiler üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.8).

Antalya Limanı, Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de görüleceği üzere genel olarak her ne kadar 2015 yılına kadar kurvaziye gemi ziyaretleri artmış olsa da günümüzde yolcudan ziyade, dökme yük, genel kargo ve konteyner gemileri için bir durak niteliği taşımaktadır. 2019 yılında dökme yük hizmeti verilen gemi sayısı bir önceki ve bir sonraki yılın yaklaşık %50’sine düşmesine rağmen elleçlenen dökme yük miktarında bir önceki yıla göre sadece %27 civarında bir düşüş olduğu bununla birlikte 2020 yılında 2019’a göre elleçlenen dökme yük miktarında %230’a varan artış olduğu tespit edilmiştir. 2020 yılı SARS COV-19’dan dolayı önemli ölçüde ticaretin ve tüketimin yavaşladığı bir yıl olmasına rağmen genel kargo gemileri bakımından 2019 yılına kıyasla 2020 yılında %127’lik bir artış olduğu belirlenmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında hizmet verilen konteyner sayıları birbirlerine yakın olmasına rağmen, 2020 yılında 2019 yılına göre elleçlenen konteynerda %18 oranında bir düşüş olduğu görülmüştür. Diğer olarak adlandırılan gemi trafiğinde ise 2020 yılında %54’e yakın bir düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, bölüm 3.3.1’de de belirtildiği gibi, 2019 yılında üç vardiya halinde çalışılırken 2020 yılında iki vardiya halinde çalışılmış ve gece vardiyası iptal edilmiştir. Bu durum özellikle konteyner gemilerinin limanda kalış sürelerinin uzamasına sebebiyet vermiştir.

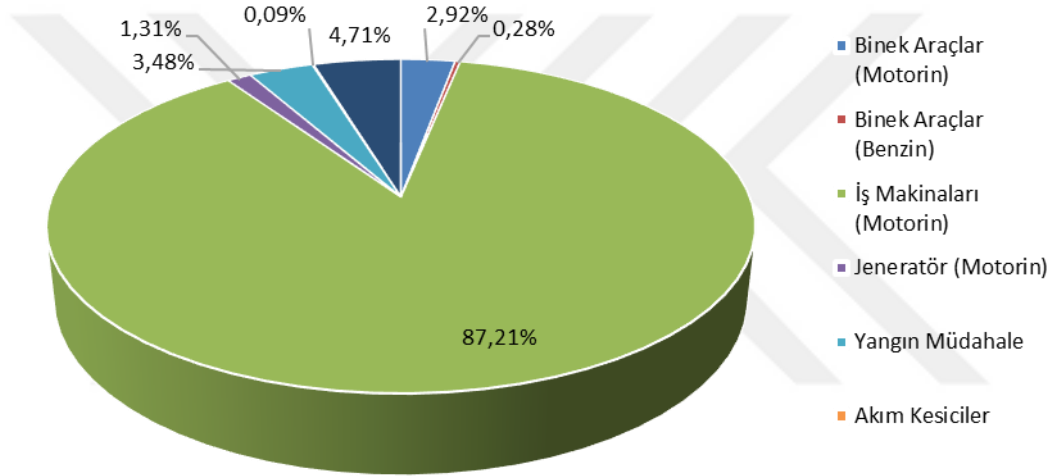
4.1. Liman Operasyonel Faaliyetlerine Bağlı Oluşan Emisyonlar

2019 ve 2020 Yılına ait sera gazı emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalara ilişkin detaylar aşağıdaki çizelgeler ve şekiller ile sunulmuştur.

Kapsam 1 çerçevesindeki 2019 ve 2020 yıllarına ait doğrudan emisyon miktarları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Hem 2019 yılı için hem de 2020 yılı için doğrudan CO₂ emisyonlarının en önemli bileşenini yükleme ve boşaltma yapan iş makineleri kaynaklı emisyonların olması beklentiler doğrultusundadır. İş makinelerinden kaynaklı 2019 ve 2020 yılları emisyonları sırasıyla 1.653,38 tCO₂ ve 1.167,18 tCO₂ olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında daha fazla dökme yük, daha fazla genel kargo elleçlenmesine rağmen elleçleme operasyonlarında fosil yakıtlı iş makineleri yerine elektrikli vinçlerin kullanılmasına bağlı olarak aradaki emisyon farkının meydana geldiği düşünülmektedir. 2020 yılının pandemi dolayısıyla uzaktan çalışılan bir yıl olması sebebiyle binek araçlar ve klimalar kaynaklı emisyonların daha az olduğu bir yıl olma özelliği taşımaktadır. 2020 yılında yangın söndürme cihazları kaynaklı emisyonların 2019 yılına göre beş kat daha fazla CO₂ emisyonu gerçekleştirilmiştir. Bunun sebebinin cihazlarının kullanımı, yenilenmesi veya gaz dolumu olduğu düşünülmektedir. Genel olarak Kapsam 1 çerçevesinde 2020 yılında 2019 yılına göre 343 tCO₂ daha az (%18) emisyon gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4. 1. 2019 Yılı Doğrudan Emisyon Miktarları (Kapsam-1)

KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK	t CO ₂	%
Hareketli Yanma	Binek Araçlar (Motorin)	55,37	%2,92
	Binek Araçlar (Benzin)	5,26	%0,28
	İş Makinaları (Motorin)	1.653,38	%87,21
Sabit Yanma	Jeneratör (Motorin)	24,83	%1,31
Kaçak Emisyonlar	Yangın Müdahale	66,05	%3,48
	Akım Kesiciler	1,62	%0,09
	Klimalar	89,35	%4,71
TOPLAM		1.895,86	%100

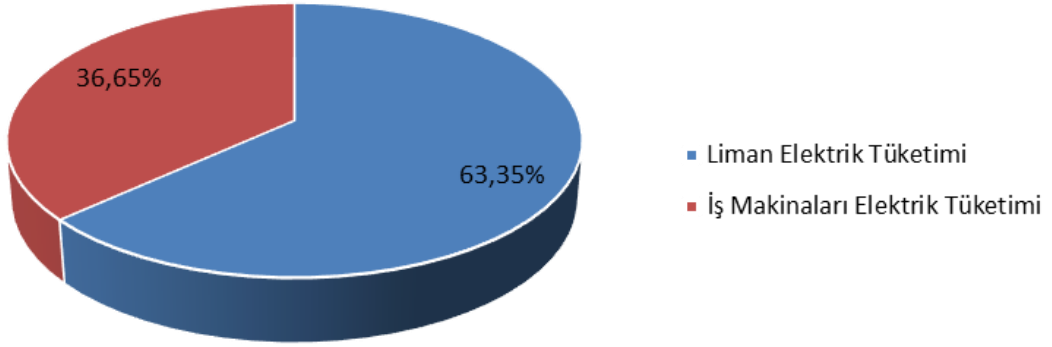


Şekil 4.1. 2019 Yılı Doğrudan Emisyonların Dağılımı

Kapsam 2 çerçevesinde gerçekleştirilen salınımlar Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Hem 2019'da hem de 2020 yıllarında en önemli sera gazı üretiminin iş makinaları kaynaklı elektrik tüketimi olduğu belirlenmiştir. Limanda kullanılan 4 adet elektrikli mobil vincin elektrik tüketimine bağlı olarak 2020 yılında 2019 yılına göre %22 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Saha binası elektrik tüketiminde ise 2020 yılında gözlenen pandemi sebebiyle %32 oranında bir düşüş gözlenmiştir.

Çizelge 4. 2 2019 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-2)

KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK	t CO ₂	%
Elektrik Tüketimi	İş Makinaları Elektrik Tüketimi	635,31	%63,35
	Saha Bina Elektrik Tüketimi	367,60	%36,65
TOPLAM		1.002,91	%100

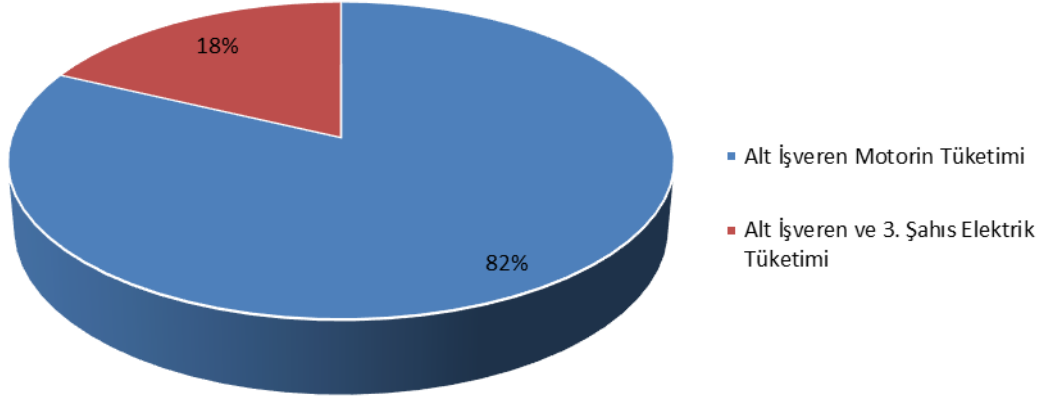


Şekil 4. 2. 2019 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonların Dağılımı

Kapsam 3 çerçevesinde alt işverenin gerçekleştirdiği tüketimler Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Alt işverene ait motorin tüketimi sebebiyle yapılan CO₂ emisyonu her iki yılda da en önemli emisyon kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte pandemi sebebiyle elektrik tüketimi kaynaklı CO₂ emisyonlarında 2020 yılında önemli bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Kapsam 3 başlığı altındaki emisyonlarda 2020 yılında 2019 %15 oranında bir düşüş olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4. 3. 2019 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-3)

KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK	t CO ₂	%
Hareketli Yanma	Alt İşveren Motorin Tüketimi	1.038,90	%82,02
Elektrik Tüketimi	Alt İşveren ve 3. Şahıs Elektrik Tüketimi	227,70	%17,98
TOPLAM		1.266,59	%100

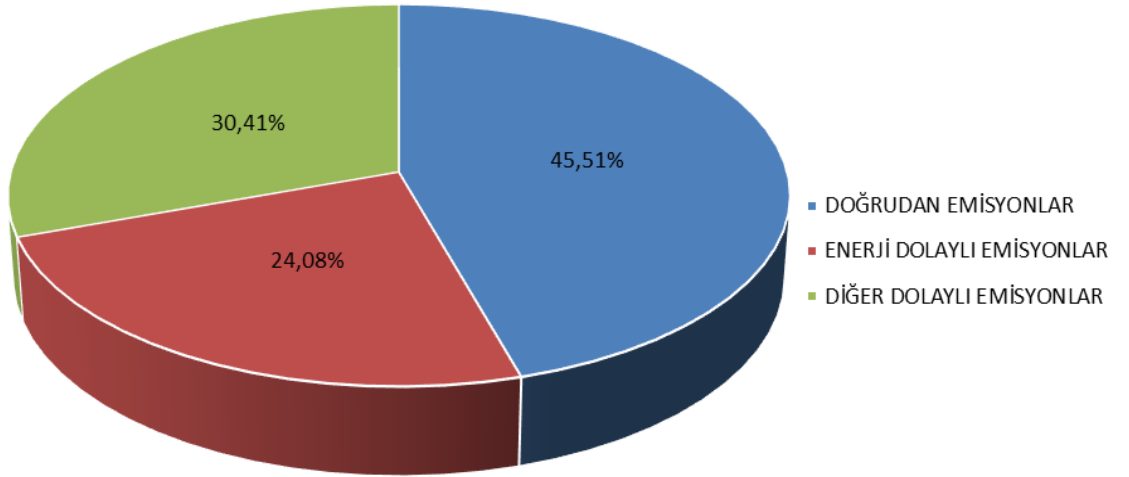


Şekil 4. 3. 2019 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonların Dağılımı

2019 ve 2020 yıllarına ait toplam CO₂ emisyon değerleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.8’de sunulmuştur. 2020 yılında 2019 yılına göre %12,4 oranında daha az CO₂ emisyonu gerçekleştirildiği görülmüştür. En önemli sera gazı kaynağının motorin tüketen iş makinaları (%40 ve %32 sırasıyla 2019 ve 2020 yılları için) ve alt işverenin motorin tüketimi (%25 ve %27 sırasıyla 2019 ve 2020 yılları için) olduğu belirlenmiştir. Burada 2020 yılında gözlenen SARS-COV19 pandemisinin önemli bir unsur olduğu, gelen gemi trafiğinde ve liman emisyonlarında belirleyici olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. 4. 2019 Yılı Toplam Emisyonları

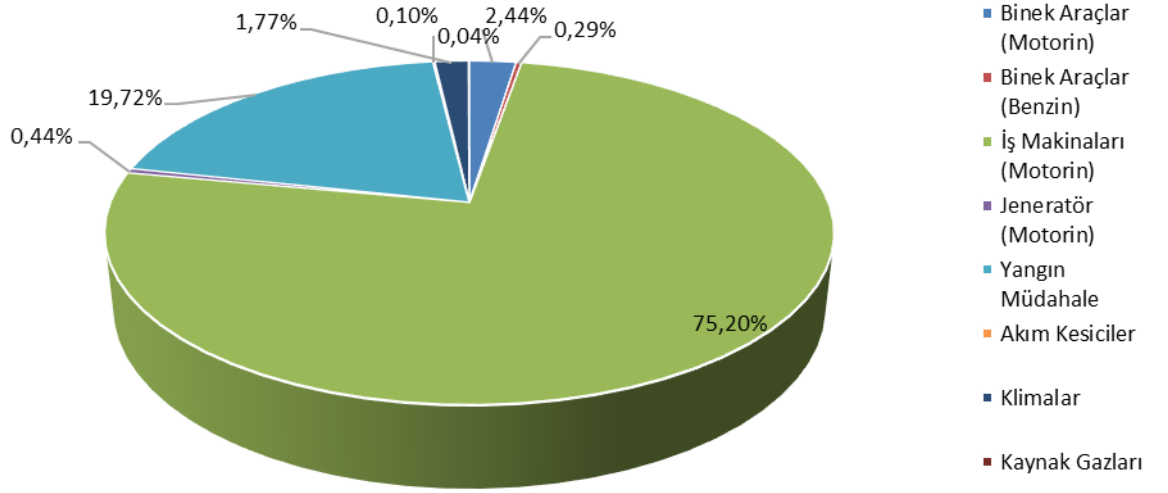
KAPSAM	KAYNAK	t CO ₂	%
Kapsam-1	Doğrudan Emisyonlar	1.895,86	45,51%
Kapsam-2	Enerji Dolaylı Emisyonlar	1.002,91	24,08%
Kapsam-3	Diğer Dolaylı Emisyonlar	1.266,59	30,41%
TOPLAM		4.165,36	100,00%



Şekil 4. 4. 2019 Yılı Emisyonlarının Kapsamlara Göre Dağılımı

Çizelge 4. 5. 2020 Yılı Doğrudan Emisyon Miktarları (Kapsam-1)

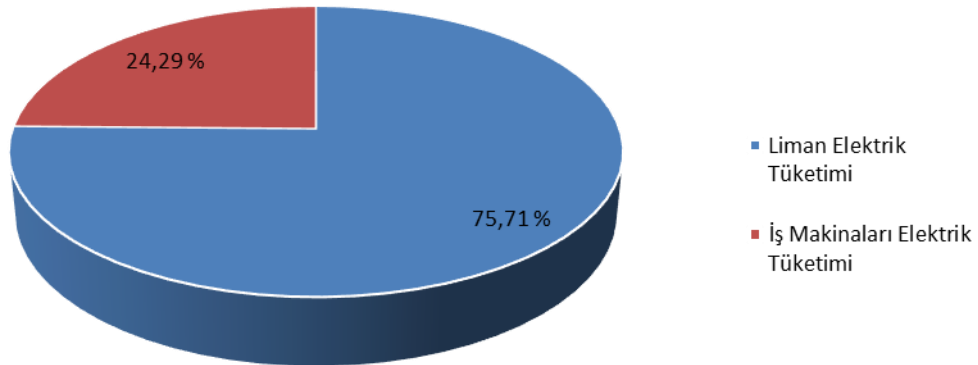
KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK	t CO ₂	%
Hareketli Yanma	Binek Araçlar (Motorin)	37,90	%2,44
	Binek Araçlar (Benzin)	4,50	%0,29
	İş Makinaları (Motorin)	1.167,18	%75,20
Sabit Yanma	Jeneratör (Motorin)	6,85	%0,44
Kaçak Emisyonlar	Yangın Müdahale	306,03	%19,72
	Akım Kesiciler	1,57	%0,10
	Klimalar	27,43	%1,77
	Kaynak Gazları	0,68	%0,04
TOPLAM		1.552,15	%100



Şekil 4. 5. 2020 Yılı Doğrudan Emisyonların Dağılımı

Çizelge 4. 6. 2020 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-2)

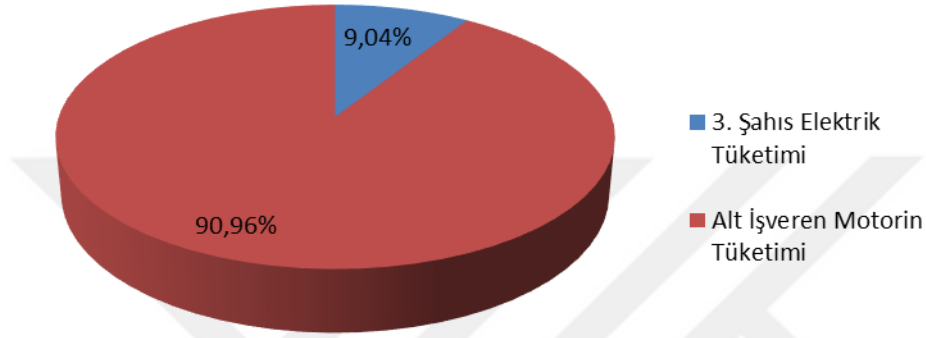
KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK	t CO ₂	%
Elektrik Tüketimi	İş Makinaları Elektrik Tüketimi	773,13	%75,71
	Saha Bina Elektrik Tüketimi	248,03	%24,29
TOPLAM		1.021,17	%100



Şekil 4. 6. 2020 Yılı Enerji Dolaylı Emisyonların Dağılımı

Çizelge 4. 7. 2020 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonlar (Kapsam-3)

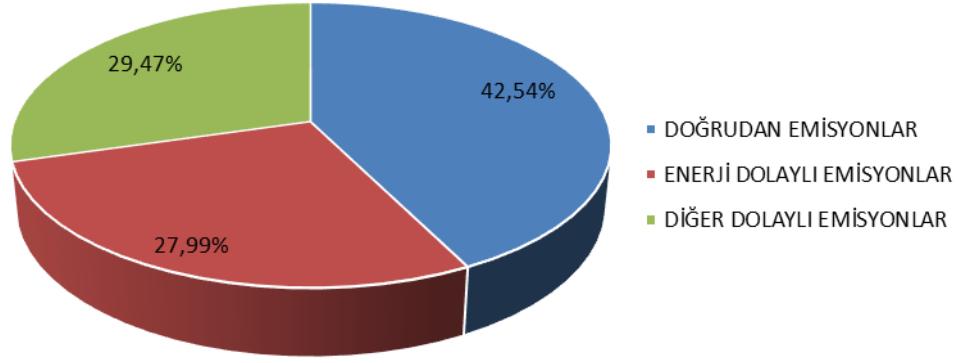
KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK	t CO ₂	%
Hareketli Yanma	Alt İşveren Motorin Tüketimi	978,03	%90,96
Elektrik Tüketimi	Alt İşveren ve 3. Şahıs Elektrik Tüketimi	97,21	%9,04
TOPLAM		1.075,25	%100



Şekil 4. 7. 2020 Yılı Diğer Dolaylı Emisyonların Dağılımı

Çizelge 4. 8. 2020 Yılı Toplam Emisyonları

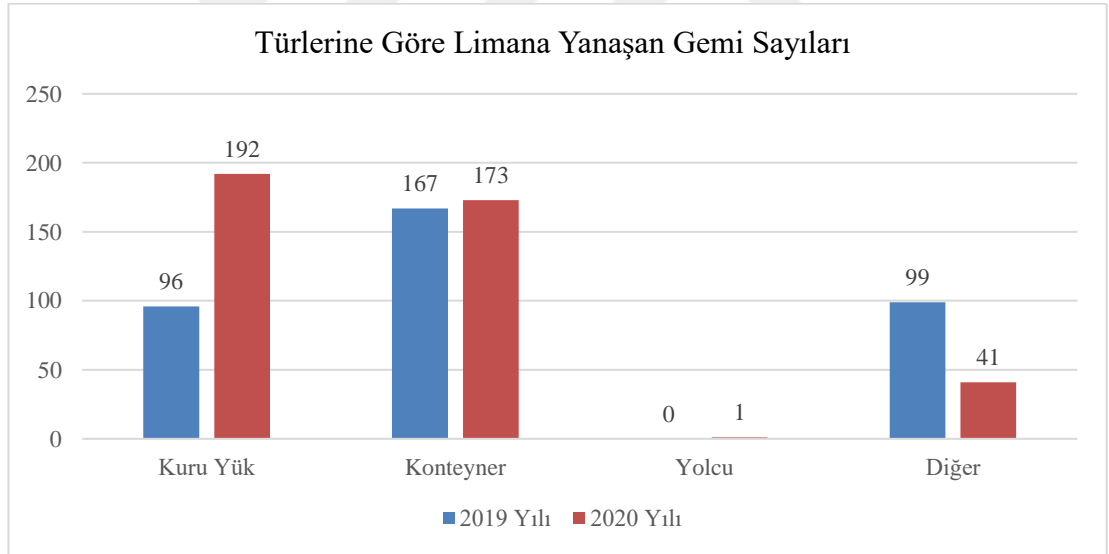
KAPSAM	KAYNAK	t CO ₂	%
Kapsam-1	Doğrudan Emisyonlar	1.552,15	42,54%
Kapsam-2	Enerji Dolaylı Emisyonlar	1.021,17	27,99%
Kapsam-3	Diğer Dolaylı Emisyonlar	1.075,25	29,47%
TOPLAM		3.648,56	100,00%



Şekil 4. 8.2020 Yılı Emisyonlarının Kapsamlara Göre Dağılımı

4.2. Gemi Emisyonları

2019 ve 2020 yıllarında limana yanaşan gemi türlerine göre gemi sayıları Şekil 4.9'da verilmiştir (Çizelge 3.8'in grafiksel gösterimi).



Şekil 4. 9. Türlerine Göre Limana Yanaşan Gemi Sayıları

2019 yılına ait Antalya Limanına yanaşan gemilerden kaynaklanan emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. NO_x, SO_x, CO₂ ve PM kirlenici gaz miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara ilişkin detaylar Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Gemilerin türüne bağlı olarak limana yanaşma süreleri (manevra) ve limanda kalış süreleri Çizelge 3.15'de gösterilmiştir.

2019 yılında gemi manevralarından kaynaklı emisyonların ağırlıklı olarak konteyner gemilerinden kaynaklı olduğu ve 2019 yılında gelen konteyner gemisi sayısının önemli bir unsur olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 9. 2019 Yılı Gemi Manevra Emisyon Hesaplamaları

Gemi Türleri	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	2,204	2,384	139,839	0,288
Konteyner	11,582	11,680	686,171	1,684
Yolcu	-	-	-	-
Diğer	0,855	1,024	67,229	0,150
TOPLAM	14,641	15,088	893,40	2,123

Çizelge 4. 10. 2019 Yılı Gemi Liman Kalış Emisyon Hesaplamaları

Gemi Türleri	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	60,383	8,783	3.787,687	2,745
Konteyner	69,940	8,902	4.387,175	3,179
Yolcu	-	-	-	-
Diğer	8,128	1,215	531,007	0,380
TOPLAM	138,452	18,900	8.705,869	6,304

2019 yılında yaşanan toplam gemi sayısı ve oluşan emisyonlar Çizelge 4.11’de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4. 11. 2019 Yılı Yanaşan Gemi Sayısı ve Emisyon Miktarları

Gemi Türleri	Yanaşan Gemi Sayısı	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
		NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	96	62,587	11,167	3.927,526	3,033
Konteyner	167	81,523	20,581	5.073,346	4,863
Yolcu	-	-	-	-	-
Diğer	99	8,983	2,239	598,236	0,530
TOPLAM	362	153,093	33,988	9.599,109	8,426

2020 yılına ait Antalya limanına yanaşan gemilerden kaynaklanan emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. NO_x, SO_x, CO₂ ve PM kirletici gaz miktarları hesaplanmıştır. 2020 Yılı gemi manevra ve liman kalış emisyon hesaplamalarına ilişkin detaylar Çizelge 4.12. ve Çizelge 4.13’de verilmiştir. 2020 yılı 2019 yılının aksine kuru yük gemilerinin sayısının fazla olduğu bir yıldır. Ancak Çizelge 3.11’den de görüleceği

üzere motor güçleri konteyner gemilerine göre oldukça düşüktür. Her ne kadar 2019 yılına göre elleçlenen konteyner miktarında 2020 yılına göre bir düşüş gözlenirse de 2020 yılında konteyner gemilerinin emisyon değerleri yine diğer gemi türlerinin üzerindedir.

Çizelge 4. 12. 2020 Yılı Gemi Manevra Emisyon Hesaplamaları

Gemi Türleri	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	2,766	2,992	175,507	0,362
Konteyner	10,993	11,085	651,244	1,598
Yolcu	0,010	0,012	0,724	0,002
Diğer	0,924	1,107	72,648	0,163
TOPLAM	14,692	15,196	900,124	2,124

Çizelge 4. 13. 2020 Yılı Gemi Liman Kalış Emisyon Hesaplamaları

Gemi Türleri	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	68,882	10,019	4.320,756	3,131
Konteyner	83,924	10,681	5.264,312	3,815
Yolcu	0,056	0,008	3,630	0,003
Diğer	12,679	1,896	828,297	0,592
TOPLAM	165,541	22,604	10.416,994	7,541

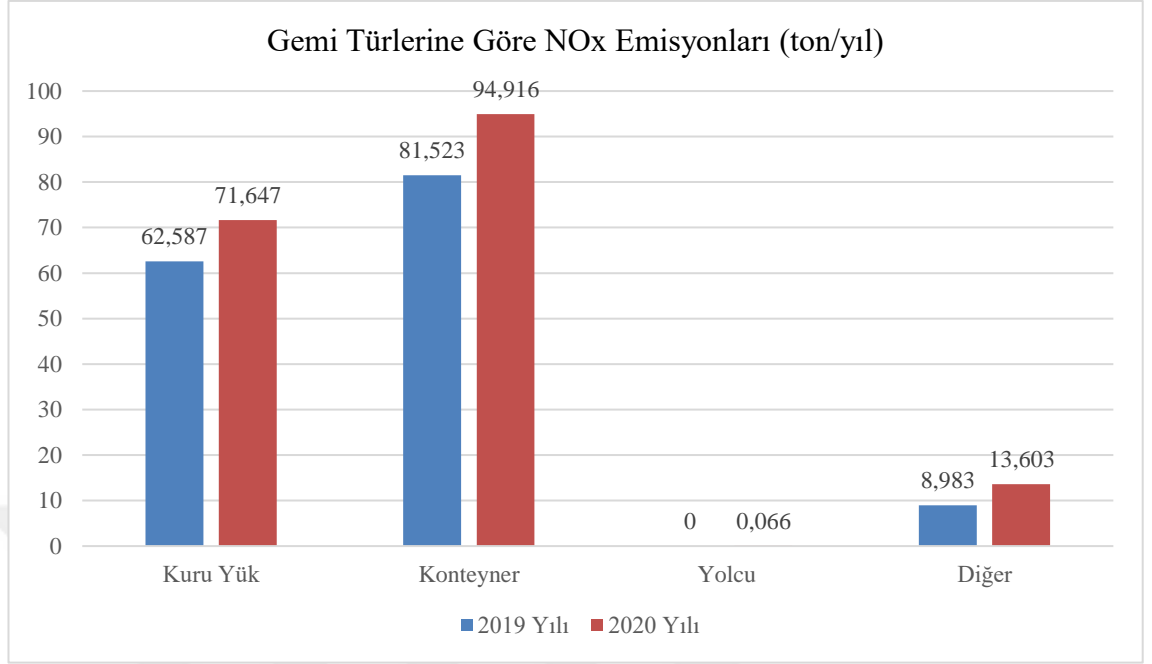
2020 yılında yanaşan toplam gemi sayısı ve oluşan emisyonlar çizelge 4.14'te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4. 14. 2020 Yılı Yanaşan Gemi Sayısı ve Emisyon Miktarları

Gemi Türleri	Yanaşan Gemi Sayısı	Emisyon Miktarı (ton/yıl)			
		NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	192	71,647	13,011	4.496,263	3,493
Konteyner	173	94,916	21,766	5.915,557	5,413
Yolcu	1	0,066	0,020	4,354	0,004
Diğer	41	13,603	3,003	900,945	0,755
TOPLAM	407	180,233	37,800	11.317,118	9,665

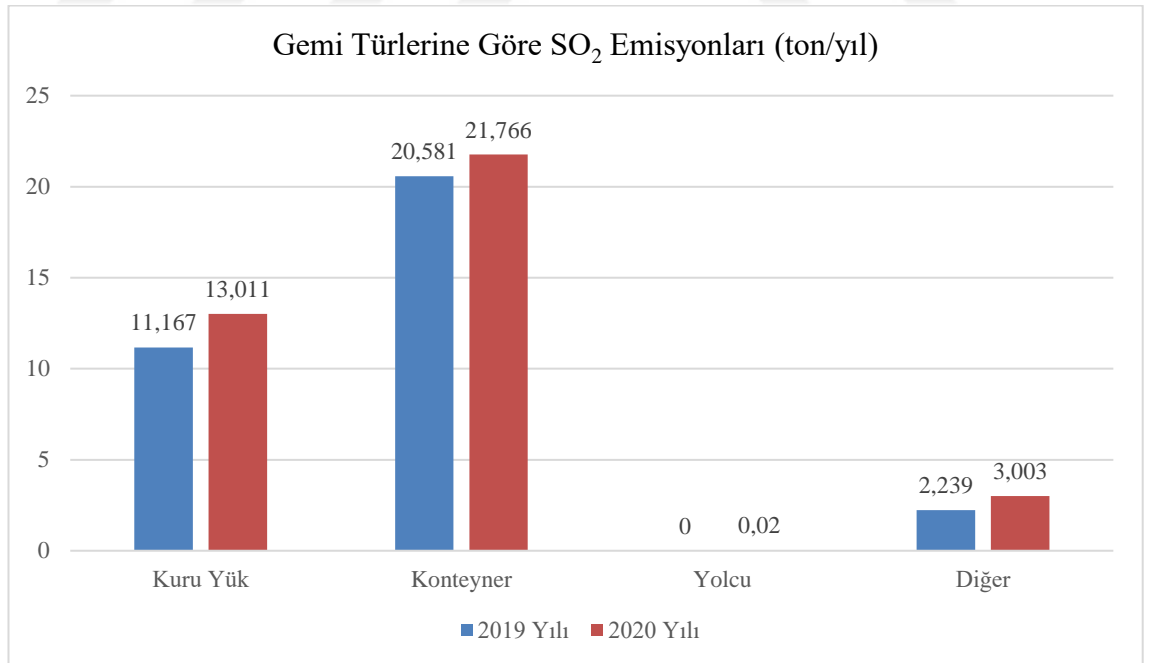
2019 ve 2020 yıllarındaki yanaşan gemi sayısı ve emisyon miktarları birlikte incelendiğinde, konteyner gemilerinin tüm kirletici türleri için en yüksek emisyon kaynağı olduğu gözlenmiştir. 2019'a göre 2020 yılında NO_x, SO₂, CO₂ ve PM için sırasıyla %17,6, %11,2, %17,9 ve %14,7 oranlarında artışlar olduğu gözlenmiştir.

Gemi türlerine göre 2019 ve 2020 yılı NO_x emisyonları Şekil 4.10.'da verilmiştir.



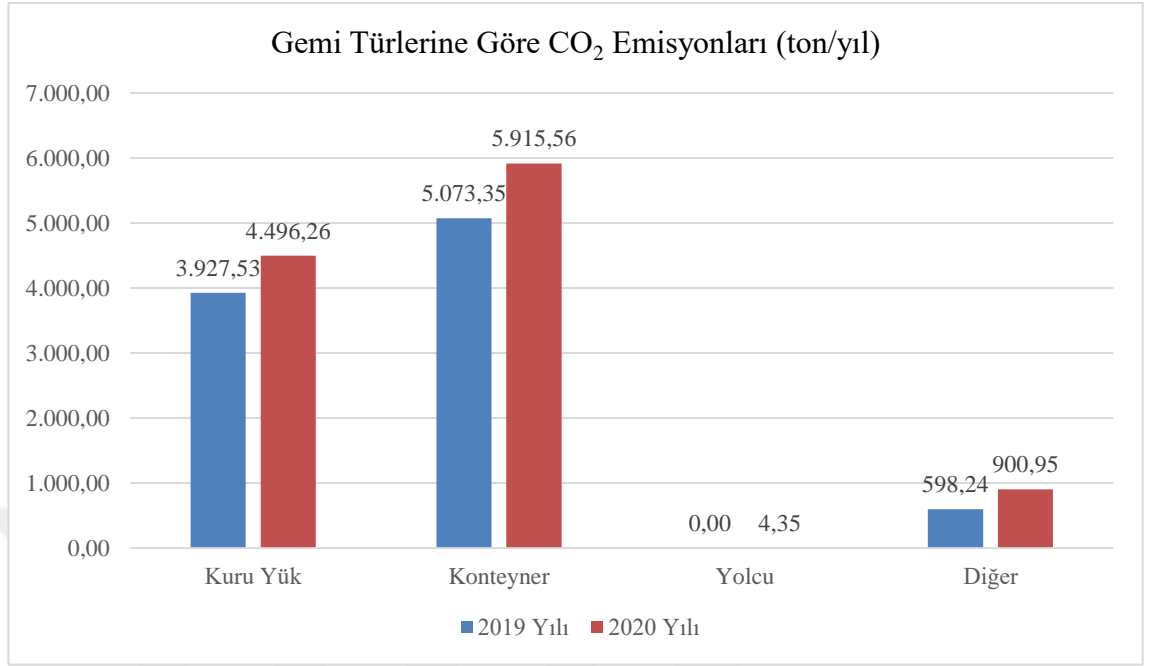
Şekil 4. 10. Gemi Türlerine Göre NO_x Emisyonları (ton/yıl)

Gemi türlerine göre 2019 ve 2020 yılı SO₂ emisyonları Şekil 4.11.'de verilmiştir.



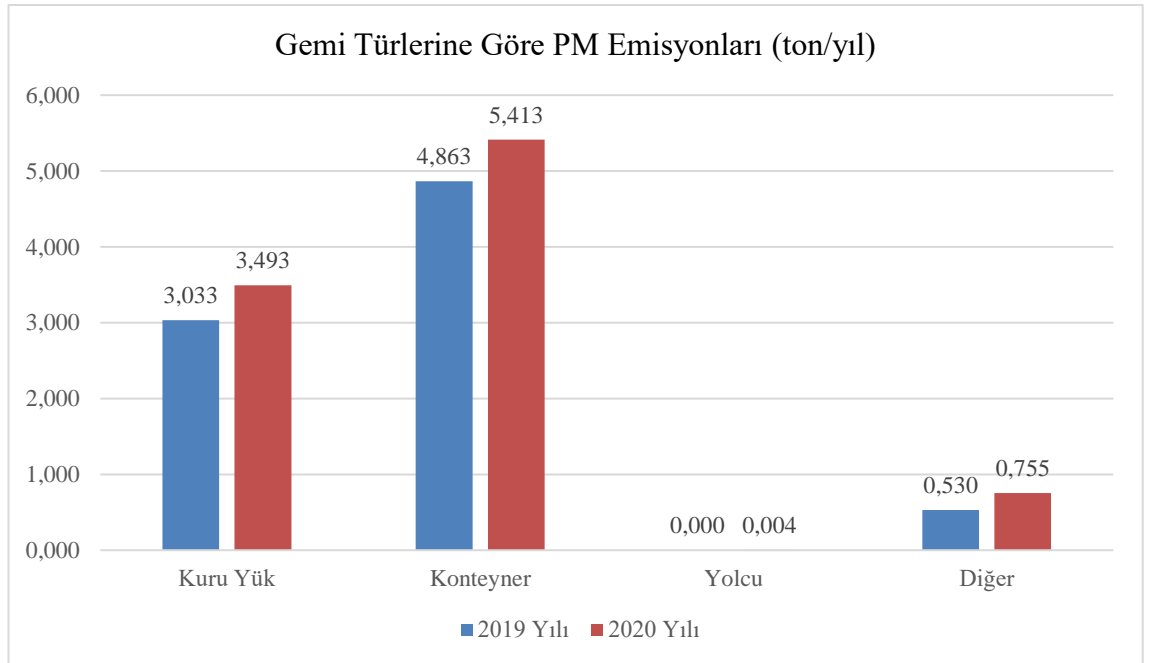
Şekil 4. 11.Gemi Türlerine Göre SO₂ Emisyonları (ton/yıl)

Gemi türlerine göre 2019 ve 2020 yılı CO₂ emisyonları Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4. 12.Gemi Türlerine Göre CO₂ Emisyonları (ton/yıl)

Gemi türlerine göre 2019 ve 2020 yılı PM emisyonları Şekil 4.13.’de verilmiştir.



Şekil 4. 13.Gemi Türlerine Göre PM Emisyonları (ton/yıl)

Bu çalışmada hesaplanan gemi emisyon miktarı için emisyon yoğunluğu bulunmuştur. Konteyner gemilerinin emisyon miktarı ile ilgili yıla ait elleçlenen konteyner miktarı (TEU) oranlanmış ve bir emisyon yoğunluğu çıkarılmıştır. Dökme ve Diğer gemi türleri için emisyon miktarı ile ilgili yıla ait elleçlenen yük miktarı (ton) oranlanmıştır. Yıllık yük miktarları Çizelge 3.2 yıllara göre yük elleçleme istatistiklerinden alınmıştır. Yıllara göre gemi emisyonlarının yoğunlukları Çizelge 4.15.'te ve 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4. 15. 2019 Yılı Emisyon Yoğunlukları

Gemi Türleri	Emisyon Yoğunluğu			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük ve Diğer (kg Emisyon / Ton Yük)	0,122	0,023	7,685	0,006
Konteyner (kg Emisyon / TEU)	0,541	0,136	33,638	0,032

Çizelge 4. 16. 2020 Yılı Emisyon Yoğunlukları

Gemi Türleri	Emisyon Yoğunluğu			
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük ve Diğer (kg Emisyon / Ton Yük)	0,051	0,010	3,238	0,003
Konteyner (kg Emisyon / TEU)	0,766	0,176	47,713	0,044
Yolcu (kg Emisyon / Yolcu)	0,725	0,220	47,846	0,044

Yıllara göre emisyon miktarlarının kıyaslamasının yapılabilmesi için emisyon yoğunluk oranları hesaplanmıştır. 2020 yılında yaşanan gemi sayılarında meydana gelen artışa bağlı toplam emisyon miktarları da artmıştır. Ancak 2020 yılında 2019 yılına göre ton yük – TEU yük başına meydana gelen emisyon yoğunluğu artmıştır. Buradaki en önemli husus 2020 yılındaki gece vardiyasının iptal edilmesidir. Bu durum özellikle konteyner gemilerinin limanda kalış sürelerini olumsuz yönde etkilemiştir. Kuru yük gemilerinin sayılarının 2020 yılında 2019 yılına göre iki kat artmasına rağmen özellikle ana makine ve jeneratör güçlerinin tam tersi oranda azalması sebebiyle kuru yük gemileri için ton yük başına gerçekleşen emisyon miktarlarında azalma olduğu gözlenmiştir.

Genel bir değerlendirme yapacak olursak, Antalya limanında toplam sera gazı emisyonu 2019 ve 2020 yılları için sırasıyla 13.762,469 tCO₂ ve 14.965,678 tCO₂ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin 2019 yılı için %30,3'ü ve 2020 yılı için %24,4'ü liman faaliyetleri sırasında açığa çıkmakta iken geri kalanı gemi manevraları ve gemilerin rıhtımda beklemeleri sırasında açığa çıktığı belirlenmiştir.

4.3. Emisyon Azaltım Uygulamaları Sonuçları

Gemi kaynaklı emisyonların azaltımı için limana yanaşan gemilerin tamamına kıyıda elektrik enerjisinin temin edilmesi durumunda fosil yakıt kullanımı olmadığı için tüm emisyonlar sıfır olarak kabul edilmiştir.

Gemilerin %20'sine limanda kalış süresi boyunca kıyıda elektrik enerji temin edilmesi durumunda 2019 ve 2020 yılları için emisyonlarda meydana gelen azalma miktarları detaylı olarak Çizelge 4.15'te ve 4.16'da verilmiştir. Ancak aşağıda belirtilen konular bu konuda belirsizliği beraberinde getirmektedir: Limana yanaşan gemilere kıyıda elektrik verilmesi konusunda yasal bir zorunluluğun bulunmaması; gemilerin altyapılarının liman tarafından verilecek elektriğe elverişli olup olmadığı bilinmemektedir; limanın geminin ihtiyacı olan elektriği sağlayacak altyapısının olup olmadığı bilinmemektedir ve verilecek elektriğin ücretinin tercih edilebilir olup olmadığı bilinmemektedir. Ancak çizelgelerde verilen değerler dikkate alındığında bu senaryonun hayata geçmesi halinde 2019 ve 2020 yılları için toplamda sırasıyla %12,65 ve %15,14 oranında CO₂ emisyonlarında düşüşe sebep olunacaktır.

Çizelge 4. 17. 2019 Yılı Emisyon Azaltım Miktarları (ton/yıl)

Gemi Türü	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	12,08	1,76	757,54	0,55
Konteyner	13,99	1,78	877,44	0,64
Yolcu	-	-	-	-
Diğer	1,63	0,24	106,20	0,08
Toplam	27,70	3,78	1.741,18	1,27

Çizelge 4. 18. 2020 Yılı Emisyon Azaltım Miktarları (ton/yıl)

Gemi Türü	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM
Kuru Yük	13,78	2,00	864,15	0,63
Konteyner	16,78	2,14	1052,86	0,76
Yolcu	0,01	0,00	0,73	0,00
Diğer	2,54	0,38	165,66	0,12
Toplam	33,11	4,52	2083,40	1,51

Liman operasyonel faaliyetleri kapsamında tüketilen elektrik miktarının %50'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması ve liman iş makinalarının %20'sinin elektrikli makineler ile değiştirilerek yenilenebilir kaynaklardan enerji temin edilmesi durumunda 2019 ve 2020 yılları için meydana gelen emisyon azaltım miktarları Çizelge 4.17 ve 4.18'de verilmiştir. Bu senaryonun gerçekleştirilmesi durumunda 2019 yılı için %6,05 ve 2020 yılı için %4,97 oranında CO₂ emisyonlarında düşüş olması beklenmektedir.

Çizelge 4. 19. Liman Elektrik Tüketimi CO₂ Emisyonu Azaltım Miktarı (ton/yıl)

Yıl	Emisyon Miktarı	Emisyon Miktarı (%50 Yenilenebilir Enerji)	Emisyon Azaltım
2019	1.002,91	501,45	501,45
2020	1.021,17	510,59	510,59

Çizelge 4. 20. İş Makinalarına Bağlı CO₂ Emisyonu Azaltım Miktarı (ton/yıl)

Yıl	Emisyon Miktarı	Emisyon Miktarı (%20 Yenilenebilir Enerji)	Emisyon Azaltım
2019	1.653,38	1322,70	330,68
2020	1.167,18	933,74	233,44

4.4. Çalışma Bulgularının Literatürde Yer Alan Çalışmalar İle Kıyaslanması

Antalya limanında hesaplamalara göre meydana gelen emisyon miktarı ile Türkiye ve Dünya’da yapılan benzer çalışma sonuçları kıyaslanmıştır. Çalışma yılı, emisyon türleri, yanaşan gemi sayıları ile kıyaslama yapılmıştır. Detaylar Çizelge 4.21’de verilmiştir. İzmir Limanı, Samsun Limanı ve Mersin Limanı sırasıyla Ege Denizi, Karadeniz ve Akdeniz’deki en önemli limanlarımızdır. Dolayısıyla bu limanlardaki gemi trafiği oldukça yüksektir. Bartın Limanı ise Samsun ile İstanbul arasındaki stratejik öneme sahip bir liman olma hüviyetindedir. Qingdao Limanı Çin’de bulunan çok önemli bir limandır. Genel konteyner ve yakıt gemilerine hizmet vermektedir. Bununla birlikte çok sayıda yolcu gemisine de hizmet vermektedir. Hizmet verilen gemi sayısı toplam gemi sayısının yaklaşık yarısına eşittir. Ancak limanda kalış süreleri ve liman geri hizmetleri dikkate alındığında konteyner ve yakıt gemileri ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte, çalışmaların gerçekleştirildiği tarihlerdeki limanlardaki elleçleme süreleri, gemilerin ana motor ve jeneratör güçleri, emisyon faktörleri ve hesaplama yöntemlerindeki farklılıklar diğer önemli değişkenler olarak göze çarpmaktadır.

Limanelerin emisyonları dikkatle incelendiğinde, Antalya Limanı’nda hizmet verilen gemi sayılarına göre oranlanan değerlerin diğer limanlara oranla daha düşük veya kıyaslanabilir olduğu gözlenmiştir. Bartın Limanı’nda ise daha ziyade kuru yük gemilerine (%95) hizmet verilmesinden dolayı emisyon oranları yüksek bulunmuştur. Qingdao Limanı’nda ise hizmet verilen gemilerin yaklaşık %50’si yolcu gemisi olmasından dolayı gemi başına daha düşük emisyon miktarı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.21. Antalya Limanı ile Diğer Limanların Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması (İlk sıra: ton/yıl*; ikinci sıra: ton/yıl-gemi**)

Limani	Yıl	Gemi Sayısı	NO _x	SO _x	CO ₂	PM	Kaynak
İzmir Limanı	2007	2.806	1.628*	1.708	100.590	135	Saraçoğlu H. (2010)
			0,580**	0,609	35,848	0,048	
Samsun Limanı	2015	2.500	727	574	-	63	Alver F. (2017)
			0,291	0,230	-	0,025	
Mersin Limanı	2017	4.215	1.998	1.339	102.330	179	Ekmekçiöğlü A. (2019)
			0,474	0,318	24,278	0,042	
Bartın Limanı	2018	360	551	230	30.347	28	Tokuşlu A. (2020)
			1,531	0,639	84,297	0,078	
Qingdao Port	2016	125.051	30.031	21.711	2.347.879	1.747	Sun X. (2018)
			0,240	0,174	18,775	0,014	
Antalya Limanı	2020	407	180,23	37,8	11.317	9,67	Bu Çalışma
			0,443	0,093	27,806	0,024	

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Antalya Limanında hizmet verilen gemilerin ve liman yer hizmetlerinde kullanılan enerji verileri kullanılmıştır. Bu veriler ile liman faaliyetlerine bağlı emisyon envanteri hazırlanmış ve uluslararası alanda geçerliliği kabul gören (IPCC, ENTEC vb.) emisyon hesaplama metodolojileri ile emisyon miktarları hesaplanmıştır. Limanın yer hizmetleri emisyonlarının hesaplanmasında IPCC rehberlerinde yer alan metodolojiler, gemi emisyonları için ise ENTEC kılavuzlarında yer alan metodolojiler kullanılmıştır. Emisyonların azaltımı için çeşitli senaryolar üzerine çalışılmış ve bu senaryolara bağlı olarak ilgili yıllar arasında ki CO₂ emisyonları teorik olarak hesaplanmıştır. Ayrıca limanlarda alternatif enerji kaynakları için literatür taraması yapılmıştır.

Liman operasyonel faaliyetleri kapsamında tüketilen elektrik miktarının %50'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması ve liman iş makinalarının %20'sinin elektrikli makinalar ile değiştirilerek yenilenebilir kaynaklardan enerji temin edilmesi durumunda 2019 ve 2020 yılları için meydana gelen emisyon azaltım miktarları sunulmuştur.

Sürdürülebilir enerji yönetimi için alternatif enerji kaynakları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Günümüzden itibaren limanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması, limanların yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi liman operasyonları kaynaklı emisyonların azaltımı veya nötrlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Emisyon azaltım hesaplamalarına göre limanların rıhtımlarına yanaşan gemilere kıyıda enerji temin etmesi fosil yakıt tüketimine bağlı bölgesel emisyonların azaltılması için uygun alternatiflerden birisi olduğu görülmüştür.

Liman operasyonel faaliyetlerine bağlı 2019 yılı sera gazı emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiş olup kapsam-1 doğrudan enerji emisyonları 1.898,86 ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ilgili yıla ait emisyonların %45,51'ini oluşturmaktadır. Kapsam-2 enerji dolaylı emisyonlar 1.002,91 ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ilgili yıla ait emisyonların %24,08'ini oluşturmaktadır. Kapsam-3 diğer dolaylı emisyonlar 1.266,59 ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ilgili yıla ait emisyonların %30,41'ini oluşturmaktadır.

Liman operasyonel faaliyetlerine bağlı 2020 yılı sera gazı emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiş olup kapsam-1 doğrudan enerji emisyonları 1.552,15ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ilgili yıla ait emisyonların %42,54'ünü oluşturmaktadır. Kapsam-2 enerji dolaylı emisyonlar 1.021,17 ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ilgili yıla ait emisyonların %27,99'unu oluşturmaktadır. Kapsam-3 diğer dolaylı emisyonlar 1.075,25 ton CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Bu miktar ilgili yıla ait emisyonların %29,47'ini oluşturmaktadır.

2019 yılında gemilerin manevra esnasında gerçekleştirdiği emisyon miktarları hesaplanmıştır. NO_x emisyonları 14,641 ton/yıl, SO₂ emisyonları 15,008 ton/yıl, CO₂ emisyonları 893,4 ton/yıl ve PM emisyonları 2,123 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. 2019 yılında gemilerin liman kalış süresi boyunca meydana gelen emisyon miktarı

hesaplanmıştır. NO_x emisyonları 138,452 ton/yıl , SO₂ emisyonları 18,9 ton/yıl, CO₂ emisyonları 8.705,87 ton/yıl ve PM emisyonları 6,304 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.2019 yılında yanaşan toplam 362 gemiden meydana gelen NO_x emisyonları 153,093 ton/yıl , SO₂ emisyonları 33,998 ton/yıl, CO₂ emisyonları 9.599,11 ton/yıl ve PM emisyonları 9,426 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yıllara göre emisyon miktarlarının kıyaslamasının yapılabilmesi için emisyon yoğunluk oranları hesaplanmıştır. 2020 yılında yanaşan gemi sayılarında meydana gelen artışa bağlı toplam emisyon miktarları da artmıştır. Ancak 2020 yılında 2019 yılına göre ton yük – TEU yük başına meydana gelen emisyon yoğunluğu azalmıştır.

2020 yılında gemilerin manevra esnasında gerçekleştirdiği emisyon miktarları hesaplanmıştır. NO_x emisyonları 14,692 ton/yıl, SO₂ emisyonları 15,196 ton/yıl, CO₂ emisyonları 900,124 ton/yıl ve PM emisyonları 2,124 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında gemilerin liman kalış süresi boyunca meydana gelen emisyon miktarı hesaplanmıştır. NO_x emisyonları 165,541 ton/yıl, SO₂ emisyonları 22,604 ton/yıl, CO₂ emisyonları 10.416,99 ton/yıl ve PM emisyonları 7,541 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında yanaşan toplam 407 gemiden meydana gelen NO_x emisyonları 180,233 ton/yıl, SO₂ emisyonları 37,8 ton/yıl, CO₂ emisyonları 11.317,12 ton/yıl ve PM emisyonları 9,665 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. 2019 ve 2020 yıllarında tüm gemilere liman kalış süresi boyunca kıyıda enerji temin edilmesi durumunda bu emisyonların sıfırlanacağı görülmüştür.

2019 yılında gemilerin liman kalış süresi boyunca meydana gelen emisyonların azaltımı için gemilerin %20'sine kıyıda enerji temini ile toplam NO_x emisyonlarında 27,7 ton/yıl, SO₂ emisyonlarında 3,78 ton/yıl, CO₂ emisyonlarında 1.741,18 ton/yıl ve PM emisyonlarında 1,27 ton/yıl azaltım yapılabileceği görülmüştür.

2020 yılında gemilerin liman kalış süresi boyunca meydana gelen emisyonların azaltımı için gemilerin %20'sine kıyıda enerji temini ile toplam NO_x emisyonlarında 33,11 ton/yıl, SO₂ emisyonlarında 4,52 ton/yıl, CO₂ emisyonlarında 2.083,4 ton/yıl ve PM emisyonlarında 1,51 ton/yıl azaltım yapılabileceği görülmüştür.

Limanın tüketmiş olduğu elektrik enerjisinin %50'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi halinde 2019 yılında 501,45 ton CO_{2e} emisyon azaltımı olacağı görülmüştür. 2020 yılında ise 510,59 ton CO_{2e} emisyon azaltımı olacağı görülmüştür.

Limanda fosil yakıtlı olan iş makinalarının %20'sinin elektrikli makineler ile değiştirilerek bu ekipmanların elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi halinde 2019 yılında 330,68 ton CO_{2e} emisyon azaltımı olacağı görülmüştür. 2020 yılında ise 233,44 ton CO_{2e} emisyon azaltımı olacağı görülmüştür.

Emisyon azaltım senaryolarındaki belirsizlikler ve sınırlayıcı etkenler göz önüne alındığında, limanlar kaynaklı kirliliklerin önlenmesi için limanların daha etkin düzenlemeler ve teşviklerin getirilmesi gerektiği aşıkardır. Burada özellikle yasal düzenleme ile gemilerin manevra ve rıhtımda bekleme işlemleri sırasında karadan sağlanacak yenilenebilir kaynaklarından üretilmiş elektrik enerjisi kullanması en başarılı yöntem olacaktır. Bununla birlikte, liman operasyonlarında önemli düşüşe sebebiyet

vermesi dolayısıyla, yenilenebilir enerji kullanmalarının yolu açılmalı ve bu konularda teşvikler verilmelidir.

Diğer yandan, gemilerin düşük karbonlu veya yeşil yakıt olarak adlandırılan yakıtlar kullanmaları, gemi rotalarının optimizasyonunun gerçekleştirilmesi, gemilere atık gaz arıtma sistemlerinin uygulanmasının zorunlu hale getirilmesi ve yanaşma ve konaklama sürelerinin azaltılması konusunda çalışmalar gerçekleştirilmesi tezden elde edilen sonuçlarla öne çıkan diğer önemli önerilerdir.



6. KAYNAKLAR

- Agren,C., 1991. EMEP Report, MCS-W 1/91 Norway.
- Alnıpak S., Yorulmaz M., 2019. Limanlarımızda Sürdürülebilir Çevre Yönetimi : Yeşil Liman Kavramı, VI Yıldız Uluslararası Kongresi Tam Metin Bildiri Kitabı, İstanbul, 95-107 s.
- Alver, F., Saraç, B. A., & Şahin, Ü. A. 2018. Estimating of shipping emissions in the Samsun Port from 2010 to 2015. *Atmospheric Pollution Research*, 9(5), 822-828.
- Anonymous-1:<https://www.globalmethane.org/documents/gmi-mitigation-factsheet.pdf> [Son Erişim Tarihi:23.12.2021].
- Anonymous-2:[https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx#:~:text=The%20International%20Convention%20for%20the,2%20November%201973%20at%20IMO.](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx#:~:text=The%20International%20Convention%20for%20the,2%20November%201973%20at%20IMO.) [Son Erişim Tarihi:24.03.2022].
- Anonymous-3:<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Air-Pollution.aspx> [Son Erişim Tarihi:24.03.2022].
- Anonymous-4: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf [Son Erişim Tarihi:31.03.2022].
- Avrupa Çevre Ajansı, 2015. Sulphur dioxide (SO₂) emissions. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-sulphur-dioxide-so2-emissions-1/assessment-1> [Son Erişim tarihi: 27.07.2022].
- Bjerkkan K.Y. ,Seter H. 2019. Reviewing tools and technologies for sustainable ports: Does research enable decision making in ports?. *Transportation Research*, D 72: 243-260.
- Borrego C., Miranda A.I., Countinho M., Ferreira, J. ve Carvalho A.C., 2002. Air quality management in portugal: example of needs and available tools, *Environmental Pollution*, 120(1), 115-123.
- Buber, M., Toz, A. C., Sakar, C., & Koseoglu, B. 2020. Mapping the spatial distribution of emissions from domestic shipping in Izmir Bay. *Ocean Engineering*, 210, 107576.
- C. C. Shih, et al., 1980. Emissions Assessment Of Conventional Stationary Combustion Systems, Volume III: External Combustion Sources For Electricity Generation, CA.
- Degnarian N, 2020. <https://www.forbes.com/sites/nishandegnarain/2020/09/25/loud-calls-for-global-shipping-to-ditch-fossil-fuels-and-meet-climate-goals/?sh=10e273022aaf> [Son Erişim Tarihi:25 Eylül 2020].

- Demirbaş, M., & AYDIN, R. 2020. 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179.
- Durmaz M. 2015. Bir feribottan yayılan egzoz emisyonlarının deneysel ve teorik olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul. 48-52
- Ekmekçioğlu, A. 2019. Ship emission estimation for Izmir and Mersin international ports–Turkey. *Journal of Thermal Engineering*, 5(6), 184-195.
- Environmental Protection Agency. 1998. Fifth Edition AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1, Chapter 1.3. Fuel Oil Combustion.1-7
- Fameli, K. M., Kotrikla, A. M., Psanis, C., Biskos, G., & Polydoropoulou, A. (2020). Estimation of the emissions by transport in two port cities of the northeastern Mediterranean, Greece. *Environmental Pollution*, 257, 113598.
- Gobbi, G. P., Di Liberto, L., & Barnaba, F. (2020). Impact of port emissions on EU-regulated and non-regulated air quality indicators: The case of Civitavecchia (Italy). *Science of the Total Environment*, 719, 134984.
- Griffin, A. 1994. MARPOL 73/78 and Vessel Pollution: A Glass Half Full and Half Empty?. *Ind. J. Global Leg. Stud.*, 1(4), 489-513.
- IMO, International Maritime Organization, 2020 , Fourth IMO GHG Study 2020 Full Report, London
- İncecik S. 1994. Hava kirliliği. İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 94s.
- Karpuzcu, M., 2007. Çevre kirlenmesi ve kontrolü, Kubbealtı Yayınları, İstanbul, 168-185.
- Kılıç, A. 2009. Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları . Balıkesir Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (2) , 124-134
- Kiliç, A., Deniz, C. 2010. Inventory of shipping emissions in Izmit Gulf, Turkey. *Environmental progress & sustainable energy*, 29(2), 221-232.
- Korçak, M., Dal, A. R. 2021. Denizyolu Taşımacılığında Düşük Kükürtlü Yakıt Uygulamasının Stratejik Önemi Ve Türkiye'ye Yansıması. *İçin Akademik Araştırmalar-I*, 265.
- Lee, J. H., & Woo, J. 2020. Green new deal policy of South Korea: Policy innovation for a sustainability transition. *Sustainability*, 12(23), 10191.
- N. F. Suprenant, 1979, Emissions assessment of conventional stationary combustion systems, Volume I: gas and oil fired residential heating sources, U. S. Environmental Protection Agency, Washington.
- N. F. Suprenant, et al. 1980. Emissions Assessment Of Conventional Stationary Combustion Systems, Volume V: Industrial Combustion Sources, Final Report. Bedford,

- N. F. Suprenant, et al., 1980. Emissions Assessment Of Conventional Stationary Combustion System, Volume IV: Commercial Institutional Combustion Sources, Final Report. Bedford.
- Önol, B., Ünal, Y. S., & Dalfes, H. N. 2011. İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. *İTÜ Dergisi /d*, 8(5).
- Samosir D.H., Markert M. and Busse W. 2017. The technical and business analysis of using shore power connection in the port of Hamburg. *Jurnal Teknik ITS*, 5 (2).
- Saraçoğlu, H. 2010. İzmir Limanına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Schneider S.H. 1989. The greenhouse effect: science and policy. *Science*, 243:771–781.
- Sun X., Zhe T., Reza M., and Zhixiong L. 2018. Estimation of Vessel Emissions Inventory in Qingdao Port Based on Big data Analysis. *Symmetry* 10, 10: 452.
- Şen, Ö. L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., Dündar, B., & Altürk, B. 2013. Türkiye’de iklim değişikliği ve olası etkileri. *Taşkın Sempozyumu*, 29-30.
- Şenol S. 2020. Gemi kökenli emisyonlara dayalı alternatif sevk sistemleri. *GİDB Dergi*, (18), 31-56.
- Tokuşlu, A. 2020. Bartın Limanı Gemi Emisyonlarının Envanterinin Oluşturulması ve Liman Emisyonlarının Çevresel Maliyetinin Hesaplanması. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (4) , 208-218
- Trozzi, C. 2010. Emission estimate methodology for maritime navigation. *Techne Consulting*, Rome.
- Vallero D. 2007. Fundamentals of air pollution. 4th ed.USA: Academic Press. California
- Weng, Y., Li, M., Ruan, S., Wong, T. N., Tan, M. J., Yeong, K. L. O., & Qian, S. (2020). Comparative economic, environmental and productivity assessment of a concrete bathroom unit fabricated through 3D printing and a precast approach. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121245.
- Yiğit K. 2018. Gemi Teknolojisinde Alternatif Enerji Sistemlerinin Kullanım Potansiyelinin İncelenmesi. *GMO Journal of Ship and Marine Technology Journal*, 214.

ÖZGEÇMİŞ

Ece Öztürk

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2019	Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Sağlık Emniyet Çevre ve Kalite Uzmanı	Ortadoğu Antalya Liman İşletmeleri A.Ş.
2021-Devam Ediyor	Sağlık, Emniyet, Çevre ve Kalite Departmanı, Antalya
Çevre Mühendisi	Baysal Çevre Mühendislik Hizmetleri
2019-2021	Antalya