

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YATLARIN OLUŞTURDUĞU EGZOZ GAZI EMİSYONLARININ
İNCELENMESİ: TURGUTREİS D-MARİN ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet DANACI

**OCAK 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YATLARIN OLUŞTURDUĞU EGZOZ GAZI EMİSYONLARININ İNCELENMESİ:
TURGUTREİS D-MARİN ÖRNEĞİ**

Mehmet DANACI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 12 / 2020

Tezin Savunma Tarihi : 12 / 01 / 2021

Tez Danışmanı : Dr. Öğretim Üyesi Umut YILDIRIM

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda deniz turizmi artış göstermiştir. Buna bağlı olarak Dünya genelinde yatların ve bu yatların barınma ve diğer ihtiyaçlarının karşılandığı marinaların sayıları günden güne artmaktadır. Yatların dizel tahrikli ana ve yardımcı makineleri yakıtlarından kaynaklı azot oksitler, karbon monoksitler, partikül maddeler, uçucu organik maddeler ve amonyum hidroksitler gibi emisyonlar açığa çıkarmaktadır. Bu kirleticiler asit yağmurları, hava kalitesinin bozulması ve insan sağlığına olumsuz etkileri dolayısıyla özellikle marinaların çevresindeki yaşam alanlarını etkilemektedirler.

Bu çalışmada Turgutreis D-Marin'deki yat hareketlerinden kaynaklı emisyonların miktarları hesaplanarak, bu emisyonların azaltılmasına yönelik çözümlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yapmış olduğum tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen, deneyimi ve bilgi birikimi ile çalışmamı yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Umut YILDIRIM'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamda kullandığım veriler ve yardımları için D-Marin Turgutreis Genel Müdürü Mustafa GÜN'e, Liman şefi Kpt. Ahmet ERDEMİL'e desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Mutlu ve huzurlu bir ortam sağlayarak verdiği manevi desteğin yanında araştırmalarımnda yardımcı olan meslektaşım ve sevgili eşim Öğr. Gör. Kpt. Canan ŞENDİLMEN DANACI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet DANACI
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yatların Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisyonlarının İncelenmesi: Turgutreis D-Marın Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Umut YILDIRIM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 12/01/2021

Mehmet DANACI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
KISALTMALAR LİSTESİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Deniz Turizmi	2
1.3. Marinalar.....	5
1.4. Türkiye’de Marinaların Geleceği.....	7
1.5. Hava Kirliliği ile İlgili Uluslararası Anlaşma ve Protokoller	8
1.5.1. EMEP.....	9
1.5.2. Montreal Protokolü.....	11
1.5.3. Kyoto Protokolü.....	11
1.5.4. Paris Anlaşması	12
1.7. Hava Kirlleticiler	13
1.7.1. Partikül Madde (PM10, PM2,5 Uçurozlar).....	14
1.7.2. Azot Oksitler (NOX)	15
1.7.3. Kükürtdioksit (SO2)	16
1.7.4. Karbonmonoksit (CO)	17
1.7.5. Metan Harici Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC)	18
1.8. Denizlerden Kaynaklı Hava Kirliliği.....	18
1.8.1. MARPOL.....	19
1.8.2. MARPOL Emisyon Regülasyonları	22
1.9. Marinalardaki Yatlardan Kaynaklı Emisyonlar	24
1.10. Çalışmada Kullanılan Metot	25

10.1.1. Emisyon Faktörleri	29
10.1.2. Yük Faktörleri.....	31
1.11. Literatür Özeti.....	33
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	44
2.1. Örnekleme Marina; Turgutreis D-Marın	46
2.2. Yatların Emisyon Hesapları.....	48
3. BULGULAR.....	61
3.1. Aylara Göre Yat Hareketleri.....	63
3.2. Ana Makinelerin Seyir Süresince Emisyon Miktarları.....	63
3.3. Ana Makinelerin Manevra Süresince Emisyon Miktarları	64
3.4. Yardımcı Makinelerin Seyir Süresince Emisyon Miktarları	65
3.5. Yardımcı Makinelerin Manevra Süresince Emisyon Miktarları.....	66
3.6. Yatların Spesifik Yakıt Harcamaları	67
3.7. Yatların CO Emisyon Miktarları	68
3.8. Toplam Emisyon Miktarları	70
4. TARTIŞMA	73
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	77
7. KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

YATLARIN OLUŞTURDUĞU EGZOZ GAZI EMİSYONLARININ İNCELENMESİ:
TURGUTREİS D-MARİN ÖRNEĞİ

Mehmet DANACI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Umut YILDIRIM
2021, 91 Sayfa

Gemi makinelerinde kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklı emisyonlar gün geçtikçe etkilerini arttırmaktadır. Gezi ve tenezzül amaçlı kullanılan gemi çeşitlerinden olan yatlar da, ana ve yardımcı makinelerinde kullandıkları fosil yakıtlardan dolayı atmosfere aynı emisyonları salmaktadırlar. Yatların ürettiği, insan sağlığına zararlı bu kirleticilerin en yoğun olduğu alanlar marinalar ve çevreleridir.

Bu çalışmada, literatürde eksikliği görülen, marinalardaki, tahrik sistemlerinde fosil yakıt kullanan yatların antropojenik emisyon envanterini çıkarmak ve çözüm önerileri sunmak amacıyla; Türkiye'nin en yoğun yatçılık hareketliliğinin olduğu Bodrum bölgesindeki Turgutreis D-Marin yat limanı seçilmiş ve 2019 yılı 01 Haziran - 31 Ağustos tarihleri arasında marinada 2002 yat hareketinin neden olduğu emisyonlar, yatların seyir ve manevra modlarına göre bottom-up yaklaşımı ve ENTEC emisyon faktörleri kullanılarak her tekne için ayrı ayrı NMVOC, NO_x, NH₃, CO ve PM emisyonları hesap edilmiştir.

Yatların ürettikleri MVOC, NH₃, NO_x, PM ve CO emisyon miktarları sırası ile 3,099 ton, 0,003 ton, 14,526 ton, 1,896 ton, 15,576 ton olarak hesap edilmiştir. Motor yatların yelkenlilere nazaran atmosfere toplamda 21 kattan daha fazla NMVOC, 30 kat NH₃, 11 kattan fazla NO_x, 20 katın üzerinde PM₁₀-PM_{2,5} ve 41 kata yakın CO emisyonu saldığı, bunun yanında motor yatların yelkenli yatlara göre toplamda 19 kat daha fazla emisyon yarattığı yapılan hesaplama sonucu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yat, Gezi ve Tenezzül Tekneleri, Marina, Egzoz Emisyonu, Hava Kirleticileri

Master Thesis

SUMMARY

ANALYSIS OF EXHAUST GAS EMISSIONS FROM THE YATCHS: A CASE STUDY
ON TURGUTREIS D-MARIN YACHT PORT

Mehmet DANACI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Maritime Transportation And Management Engineering Program
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Umut YILDIRIM
2021, 91 Pages

Emissions from fossil fuels used in ship machinery increase their effects day by day. Yachts, which are one of the types of ships used for recreational, emit the same emissions to the atmosphere due to the fossil fuels they use in their main and auxiliary engines. The areas where these pollutants, which are produced by yachts and harmful to human health, are most concentrated are marinas and their surroundings.

In this study, in order to make an anthropogenic emission inventory of yachts using fossil fuels in marinas and propulsion systems and to offer solutions which are lacking in the literature; Turgutreis D-Marin which located at Bodrum that own Turkey's busiest yachting activity area and between 01 June and 31 August 2019, emissions caused by 2002 yacht activities in the marina, bottom-up approach used at the cruising and maneuvering modes of the yachts and by using ENTEC emission factors, were calculated for each boat separately for NMVOC, NO_x, NH₃, CO and PM emissions.

The MVOC, NH₃, NO_x, PM and CO emission amounts created by yachts were calculated as 3,099 tons, 0.003 tons, 14,526 tons, 1,896 tons, 15,576 tons respectively. as a result of the calculation made, it has been determined that, motor yachts emit more than 21 times more NMVOC, 30 times NH₃, more than 11 times NO_x, over 20 times PM₁₀-PM_{2.5} and 41 times CO into the atmosphere compared to sailing yachts, while motor yachts emit 19 times more emissions in total compared to sailing yachts.

Key Words: Yacht, Recreational Boats, Marina, Exhaust Emission, Air Pollutants

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Ülkemiz limanlarına gelen yat sayılarının yıllara göre dağılımı	4
Şekil 2.	Yıllar itibarı ile gerçekleşmesi beklenen yat trafik tahmini	5
Şekil 3.	Türkiye geneli, makro projeksiyon, yat talep tahmini.....	6
Şekil 4.	Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan turizm işletmesi belgeli yat limanları.....	8
Şekil 5.	Gemilerde kullanılan yakıt sülfür limitleri	24
Şekil 6.	İncelenen yatların ana makine güçleri	44
Şekil 7.	İncelenen yatların tam boylarına göre dağılımları.....	45
Şekil 8.	İncelenen yatların yakıt kapasiteleri	45
Şekil 9.	Turgutreis D-Marin	46
Şekil 10.	Bottom-up Emisyon yaklaşımı	48
Şekil 11.	Turgutreis D-Marin yerleşim planı.....	56
Şekil 12.	Turgutreis D-Marin mendirek- Türkiye Yunanistan deniz hudut rotası	57
Şekil 13.	Çalışmada incelenen motor yatların ve yelkenli motor yatların oranları	62
Şekil 14.	Araştırmada incelenen yatların ana makine markaları dağılımı.....	62
Şekil 15.	Turgutreis D-Marin 2019 yılı aylara göre tekne hareketleri.....	63
Şekil 16.	Teknelerin ana makinelerinin seyir süresince atmosfere bıraktıkları emisyon miktarları (ton)	64
Şekil 17.	Manevra süresince salınan ana makine emisyon miktarları (ton)	65
Şekil 18.	Seyir süresince yardımcı makinelerden kaynaklı emisyonlar (ton).....	66
Şekil 19.	Manevra boyunca yardımcı makinelerin toplam emisyon salınımları (ton).....	67
Şekil 20.	Teknelerin spesifik yakıt harcamaları (ton).....	67
Şekil 21.	Yelkenli ve motor yatların seyir süresince CO emisyon değerleri (ton)	68
Şekil 22.	Yelkenli ve motor yatların manevra süresince CO emisyon değerleri (ton)	69
Şekil 23.	Yardımcı makinelerin seyir ve manevra süresince CO emisyon miktarları (ton)	69
Şekil 24.	Yatların oluşturduğu toplam emisyon miktarları (ton).....	70
Şekil 25.	Yelkenli motor yatların ve motor yatların toplam emisyonlarının karşılaştırılması (ton).....	71
Şekil 26.	Emisyonların farklı ticari limanlar ve Turgutreis D-Marin'le karşılaştırılması.....	72

Şekil 27. Bodrum Milta Marin - D-Marin yat hareketleri karşılaştırması.....	73
Şekil 28. 2019 yılı Türkiye limanlarına gelen sarı bayraklı yat sayıları.....	74



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Avrupa Birliği hava kalite standartları	14
Tablo 2. Özel alanların kabulü, yürürlüğe girmesi ve uygulanma tarihleri	21
Tablo 3. Gemi makineleri için NOx emisyon sınırları	23
Tablo 4. Dizel tahrikli farklı makine tipleri için farklı gemi seyir modlarına göre emisyon faktörleri.....	30
Tablo 5. Gezi tenezzüh tekneleri için emisyon faktörleri (g/kWh)	30
Tablo 6. Yakıt sarfiyatı ve makine tipi bilindiği durumlarda kullanılan, gezi tenezzüh tekneleri için çeşitli kirleticileri içeren emisyon faktörleri	31
Tablo 7. Gezi tenezzüh teknelerinin ana makine yük faktörleri	32
Tablo 8. Tüm gemilerin yardımcı makine yük faktörleri	32
Tablo 9. Araştırmacıların çalışmalarının kapsamı, emisyon çeşitleri ve kullandıkları emisyon tahmin yaklaşımları.....	42
Tablo 10. İncelenen yatların dökümünden bir kısım	50
Tablo 11. Bir tekne hareketi ve tek ana makine için hesaplanan emisyonlar ve yakıt harcamaları	51
Tablo 12. Çift ana makineli yatların tek hareket için emisyon değerleri.....	52
Tablo 13. Toplam tekne hareketleri için %100 yükte emisyon değerleri.....	52
Tablo 14. Manevra modunda 1 saatteki toplam emisyon değerleri	53
Tablo 15. Seyir modunda 1 saatteki toplam emisyon değerleri.....	54
Tablo 16. Yardımcı makinelerin manevra ve seyir modlarındaki 1 saatlik emisyon değerleri.....	55
Tablo 17. Manevra ve seyir modlarında açığa çıkan yardımcı makine emisyonları	58
Tablo 18. Manevra süresince açığa çıkan ana makine emisyonları.....	58
Tablo 19. Seyir modunda açığa çıkan ana makine emisyonları.....	59
Tablo 20. Yakıt tüketimine göre CO emisyon miktarları	60

KISALTMALAR LİSTESİ

EEA	: Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency)
EMEP	: Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı (European Monitoring and Evaluation Programme)
IFO	: Ara Akaryakıt (Intermediate Fuel Oil)
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
İMEAK DTO	: İstanbul, Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası
LOA	: Tam Boy (Length Over All)
MARPOL	: Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi, 1973 ve 1978 Protokolü Deniz Kirliliği Konvasyonu (Marine Pollution 73/78)
MDO	: Deniz Dizel Yakıtı (Marine Diesel Oil)
MEET	: Ulaştırma Kaynaklı Emisyonları ve Enerji Tüketimini Hesaplama Metodolojileri (Methodologies for Calculating Emissions and Energy Consumption From Transport)
MEPC	: Denizel Çevre Koruma Komitesi (The Marine Environment Protection Committee)
MGO	: Deniz Gaz Yakıtı (Marine Gas Oil)
NO _x	: Azot Oksitler
PM ₁₀	: Aerodinamik çapı 10µm olan Partikül Madde
PM _{2.5}	: Aerodinamik çapı 2,5µm olan Partikül Madde
SECA	Sülfür Emisyon Kontrol Alanı (Sulfur Emission Control Area)
UNCTAD	: Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development)
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (The United Nations Framework Convention on Climate Change)
NMVOC	: Metan Harci Uçucu Organik Bileşikler (Non-Methane Volatile Organic Compounds)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya ticaretinin büyük bölümünün su yolları ile yapılması nedeniyle, çok hızlı büyüyen denizcilik sektörü, sera gazı emisyon kaynaklarından biri ve aynı zamanda sağlık sorunlarına, asit yağmurlarına ve ötrofikasyona neden olan önemli bir hava kirliliği nedenidir (Brandt, vd., 2013). İnsan sağlığına verdikleri zararlar ile küresel ısınma, asit yağmurları gibi çevre kirliliğine neden olan, gemi makinelerinde kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklı emisyonlar gün geçtikçe etkilerini arttırmaktadır (Çoban ve Kılınç, 2015). Bu emisyonların en önemlileri azot oksitler (NO_x), Kükürt oksitler (SO_x), karbondioksit (CO₂), karbon monoksit (CO), partikül maddeler (PM), metan harici uçucu organik bileşikler (NMVOC)' dir. Gezi ve tenezzül amaçlı kullanılan gemi çeşitlerinden yatlar da, ana ve yardımcı makinelerinde kullandıkları fosil yakıtlardan dolayı atmosfere aynı kirleticileri salmaktadırlar. Bu kirleticiler fiziksel hava kirliliği oluşturmalarının yanı sıra insan sağlığına kanserojenik ve toksik etkilerde bulunabilmekte, burun ve farekste irritasyona, sülfirik asit oluşumuna ve bunun sonucunda asit yağmurlarına, dokulara yeterince oksijen taşınamaz hale gelinip boğulmalara neden olabilmektedirler (Mishra, vd., 2019; URL-1, 2020).

Turizm ve seyahat sektörü, Dünya genelinde, atmosfere salınan antropojenik emisyonlarının %5'inden sorumludur (Thea ve Gautam, 2009). Bununla birlikte, turizmde varılacak olan ilk yerlerin ulaşımında uçak yolculuğunun ön planda olması turizm sektörünün ekolojik emisyon etkisini arttıran bir rol üstlenmektedir (Gössling, 2000). Buna karşın dünyada çok hızlı büyüyen sektörlerden biri olan turizmin ekolojik emisyon etkileri açısından yapılan çalışmalar çok azdır (Hamilton vd., 2005). Yapılan az sayıdaki çalışmalar ise turist başına düşen CO₂ miktarlarının hesaplanması üzerine olduğu görülmüştür (Zaman vd., 2011; WanLee ve Brahasrene, 2013; Leitato ve Shahbaz, 2016).

Kirleticilerin en yoğun olduğu yerler şüphesiz yatların bir arada buldukları marinalar ve çevreleridir (Erkmen ve Özkaynak, 2015). Marinaların yerleşim merkezlerine yakın ve hatta içlerinde kurulmuş olmaları nedeniyle, yatların ana ve yardımcı makinelerinden kaynaklanan emisyonların insan sağlığına etkileri de azımsanamaz.

Gelişen turizm ve insanoğlunun refah seviyesinin artması ile birlikte lüks eğlence araçları olan yatlar denizlerde sayıca artmaya ve dolayısıyla marinaların da sayıları artmaya devam edecektir.

Literatür araştırıldığında, günümüze kadar büyük tonajlı ticari gemilerden kaynaklı ve bazı ticari limanlarda oluşturdukları emisyonlar üzerine pek çok çalışma yapıldığı görülmüştür (Ünlügenç vd., 2018; Murena ve Prati, 2018; Liu vd., 2018; Butterfield ve Quincey, 2017; Misra vd., 2017; Zhang vd., 2017; Chen vd., 2016). Bunlara rağmen yatların marinalarda yarattıkları emisyonlar üzerine literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada, marinalardaki yat hareketlerinden dolayı açığa çıkan, insan sağlığına zararlı olan emisyonların tespit edilmesi ve emisyonların azaltılabilmesine yönelik alınabilecek önlemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, teknelerin sahip olduğu ana ve yardımcı makinelerin güçlerinden yola çıkılarak, Muğla ili, Bodrum ilçesi, Turgutreis bölgesinde ve şehrin merkezinde yer alan D-Marin’de 2019 yılı, yat hareketinin neden olduğu emisyonlar incelenmiştir.

1.2. Deniz Turizmi

“Kişilerin ikamet ettiği yer dışındaki bir yere bir yılı aşmamak üzere, boş zaman değerlendirme, iş ve diğer benzeri amaçlarla yaptıkları seyahatler” turizmin tanımı olarak kullanılmaktadır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019). Uluslararası düzeyde deniz turizmi kavramı, turist kabul eden ve misafirperverlik sunan bir ülkenin deniz alanında gerçekleşen toplam turizm, eğlence ve boş zaman aktivitelerini kapsamaktadır (Diakomihalis, 2007). Hall’a göre kıyı turizmi kavramı ise, kıyı bölgesinde ve açık deniz kıyı sularında gerçekleşen tüm turizm, serbest zaman ve rekreasyonel odaklı faaliyetleri kapsamaktadır (Hall, 2001).

Teknik olarak yat kelimesi, kürekler veya dıştan takma motorlarla hareket ettirilen tekneler hariç olmak üzere, yelkenle veya bir makine yardımıyla hareket eden, yarış yada rekreasyon amaçlı kullanılan, hafif ve küçük deniz aracı, olarak tanımlanmaktadır (URL-2, 2019). Başka bir kaynağa göre ise; beşeri kuvvetten başkaca bir kuvvetle hareket ettirilen yelkenli yada makineli olan savaş ve ticaret harici kullanılan tüm deniz araçlarına yat denilmektedir (Dinçer, 1987). Deniz turizmi yönetmeliği madde 23 (1)’e göre ise yat deyimi, “gezi, spor ve eğlence amacıyla deniz turizmi ticaretinde kullanılmaya uygun,

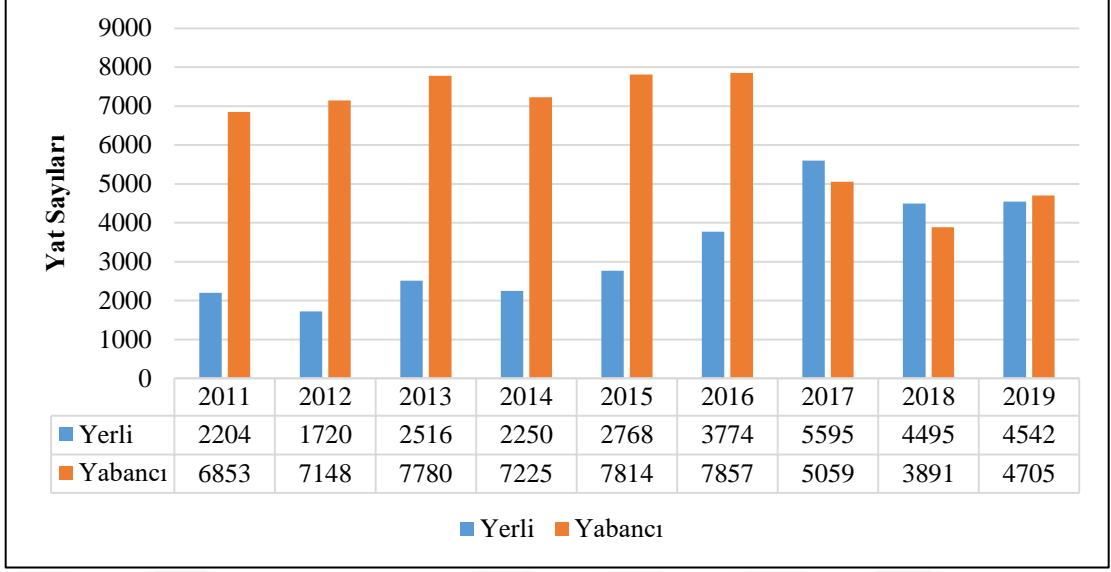
taşıdığı yolcu sayısı on ikiyi geçmeyen, yük, yolcu ve balıkçı gemisi niteliğinde olmayan, kamarası, tuvaleti ve mutfağı olan deniz aracıdır”, denilmektedir. Ayrıca yönetmeliğin 23 (2) maddesinde “kabotaj seferinde yüz mille sınırlı, en yakın karadan yirmi milden fazla uzaklaşmamak koşulu ile taşıdığı yolcu sayısı otuzaltıyı geçmeyen, tonlato belgesinde yat olduğu belirtilen deniz turizmi araçları da bu kapsamdadır”, ifadesine yer verilmektedir. Türkiye’de Deniz Turizmi Yönetmeliğinin 60. maddesi gereği yat turizmi yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır ve tanımı Deniz Turizmi olarak değiştirilmiştir (T.C. Resmi Gazete, 2009).

Türkiye sularında deniz turizmi çıplak (mürettebatsız) ve mürettebatlı olarak kiralanabilen tekneler ile yapılmaktadır. Özellikle, isminin Türkiye’ye ait olduğu, kendine özgü deniz turizmi, mavi yolculuk, Anadolu’nun Ege Denizi ve Akdeniz kıyılardan başlayıp, içlere doğru yapılan, tarih ve kültür yolculuğu deniz turizmi açısından ülkemizde bir marka haline gelmiştir (Albachten, 2012). Çoğunlukla inşası türk yat inşaa ustaları tarafından yapılan guletler bu mavi tur turizminde kullanılmaktadır. Genellikle kabin kiralama olarak faaliyet gösteren bu ilkel yapıları ahşap teknelerde seyir süreleri 3-7 gün arası değişmektedir (Muslu, 2018).

Bunun yanı sıra kiralama ya da özel sefer yapan yatlar da mevcuttur. Ülkemiz kıyılarının da yer aldığı Akdeniz Çanağı’nda turizm yapan yatlar son yıllarda bir milyona yaklaşmıştır. Türkiye Akdeniz Çanağı’ndaki en iyi yedi yat charter rotası içindedir. Bu rotalar; “Güney Fransa (Monoco, Cannes), İtalya ve Sardina, İspanya ve Balear Adaları (İbiza, Mallorca, Minorca), Malta ve Sicilya, Hırvatistan ve Montenegro, Yunanistan ve Adaları (Santorini, Mykanos), Türkiye ve Güney Sahilleri (Bodrum, Marmaris, Fethiye ve Antalya)’dir (DTO, 2019).

Türkiye yatçılık alanında rekabet ettiğimiz, Akdeniz Çanağı’ndaki diğer ülkelerle kıyaslandığında, tarihinin ve kültürel zenginliklerinin yanı sıra yat limanı hizmet kalitesinin yüksek oluşuyla ve bulunduğu konum itibarıyla bu ülkelere nazaran tercih sebebi olmaktadır (İlgar, 2019). Ayrıca ülkemiz yat kışlamalarında en çok tercih edilen ülkeler arasında yerini almaktadır.

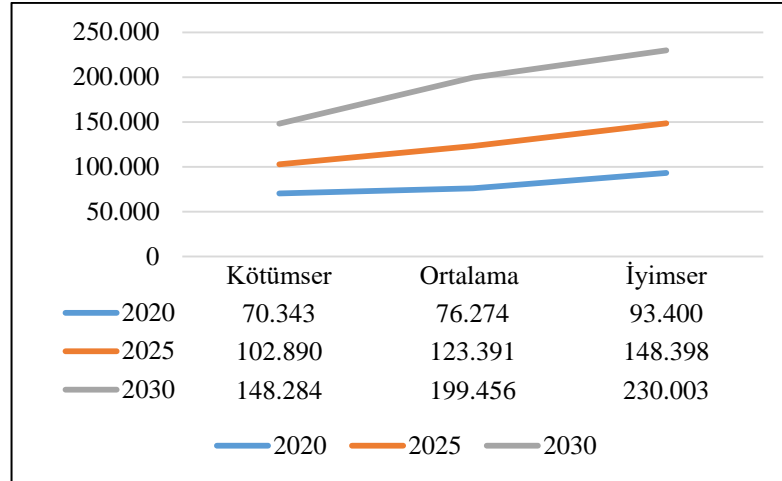
Şekil 1’de görüldüğü üzere, ülkemiz limanlarına gelen yat sayılarının yıllara göre dağılımı incelendiğinde, yabancı bayraklı yatların 7857 adetle en fazla 2016 yılında geldikleri görülmektedir ve bu sayı takip eden yıllarda düşüş göstermiş ve 2019 yılında 4705 adet olarak tespit edilmiştir.



Şekil 1. Ülkemiz limanlarına gelen yat sayılarının yıllara göre dağılımı (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019) .

Türk bayraklı yatların, Resmi Gazetenin 27.01.2017 tarihli ve 29961 sayısında yayımlanarak yürürlüğe giren 6770 sayılı Kanun ile Türk Bayrağına geçişin teşvik edilmesinin etkisi ile 2017 yılında en fazla sayıya ulaşarak 5595 adete çıktığı ve 2018 ile 2019 yıllarında bu sayının düştüğü görülmektedir. 2017 yılına kadar yerli ve yabancı yatlar arasında sayı bakımından iki katından fazla fark varken bu oran 2017 yılından sonra hemen hemen aynı sayılara ulaşmıştır.

T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü'nün, turizm kıyı yapıları master plan çalışması raporunda yayınladığı yat hareketleri tahminlerinde, Şekil 2'de belirtildiği üzere, en kötümser tahminde dahi, 2020 yılındaki yat hareketlerinin %210 artarak 2030 yılında 148284 adete çıkması öngörülmektedir (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010).



Şekil 2. Yıllar itibarı ile gerçekleşmesi beklenen yat trafik tahmini (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010).

Kültür ve Turizm Bakanlığının 2019 yat istatistikleri incelendiğinde, 2019 yılında ülkemiz limanlarına gelen yatların 57665 adedi yabancı bayrak ve 71110 adedi Türk bayraklı olmak üzere toplamda 128775 yat hareketi olduğu ve böylece 2010 yılında yayınlanan master planında belirtilen 2020 yılı beklenen iyimser yat trafik tahminin şimdiden aşıldığı, hatta 2025 yılı için öngörülen ortalama yat hareketlerinin dahi üzerine çıktığı görülmektedir.

1.3. Marinalar

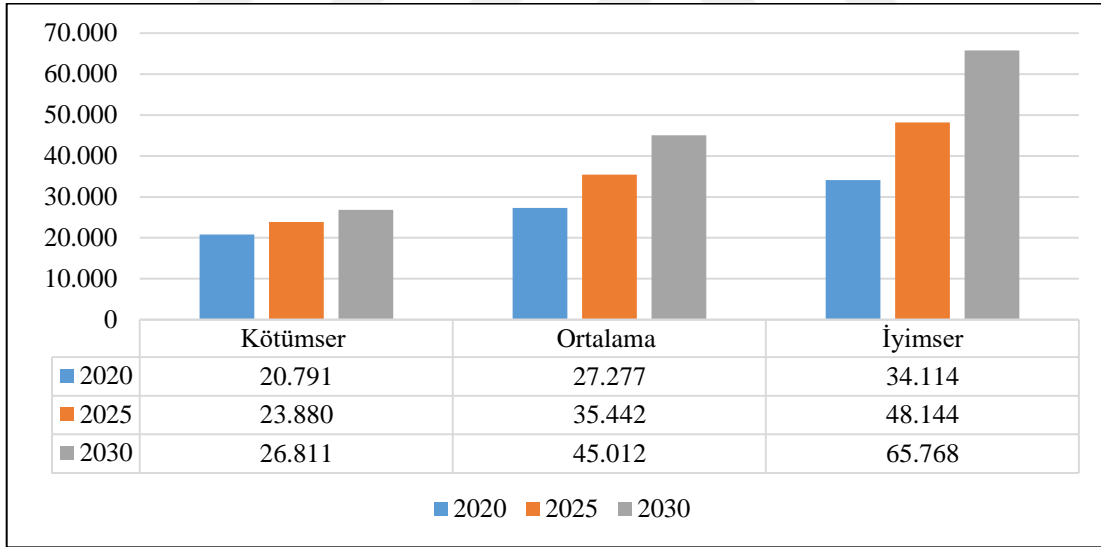
İtalyancadan dilimize geçen marina terimi, dalga kıranlarla korunaklı bir denizalanı oluşturularak, çeşitli boydaki teknelerin barınma, konaklama ve gerekli ihtiyaçlarının karşılandığı deniz kenarına konumlanmış yerlerdir (Bezirgan, 2002).

Deniz Turizmi yönetmeliğinde; yat limanlarının tanımı; “5 inci maddedeki niteliklere sahip, yatların bağlanabilecekleri ve yatçıların yatlarından yürüyerek çıkabilmelerine olanak sağlayan iskelelere, dinlenme, konaklama ve alışveriş gibi sosyal tesisler ile yatlara bakım, onarım, karaya çekme ve teknik hizmet sunan birimlere sahip deniz turizmi tesisleridir” şeklinde yapılmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2009).

1900’lü yıllardan itibaren, özellikle İngilizlerin yatçılık konusunda öncü rol alması neticesiyle, Batı Akdeniz’in, yatçılık turizmi konusunda gözde rotaların başında gelmesi sonucu doğmuştur (Dinçer, 1987). Akdeniz’in Fransız Rivierası olarak bilinen kısmı ve

çevresi, son yılların yatçılık turizmi merkezi haline gelmiştir. Yatçılığın özellikle Batı Akdeniz'deki bu yükselişi sonucu Akdeniz ülkeleri tarafından marina yatırımlarına önem verilmiştir (Duran, 2002).

Türkiye yatçılık turizmi pastasından pay almak için, her ne kadar diğer Akdeniz ülkelerine nazaran biraz geç kalmış olsa da, son yıllarda marina yatırımlarını alt ve üst yapıları ile birlikte önemli ölçüde arttırmış ve sektöründe lider konumda olmayı vizyon edinmiş, ödüllü pek çok marinaya şimdiden sahip olmuştur (URL-3, 2019). Gerek yat inşa sektöründeki uygun fiyat ve nitelikli yat imalatı gerekse kalifiye personel ve marinalarıyla önümüzdeki yıllarda yatçılık turizmi pastasından hak ettiği miktarı almayı hedefine koymuştur (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 2007). Bakanlığın, Turizm Kıyı Yapıları Master Plan Çalışması incelendiğinde, Şekil 3'te görüldüğü üzere, makro projeksiyon Türkiye geneli yat talep tahminlerinde, 2030 yılı için iyimser 65768, kötümser 26811 adet yat olacağını öngörülmesi, gelecekte Türkiye'de yat sayısına paralel olarak yatlardan kaynaklı emisyonların da artacağını göstermektedir.



Şekil 3. Türkiye geneli, makro projeksiyon, yat talep tahmini (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010).

Batı Akdeniz ülkelerinden İtalya, Fransa, İspanya'nın sahil şeridinde sanayileşme ve düzensiz turizm ile doğru orantılı olarak betonarme yapıların artması ve deniz suyu kirliliği ile Kuzey Afrika Akdeniz ülkelerin siyasi ve askeri iç karışıklıkları ve kapalı toplum

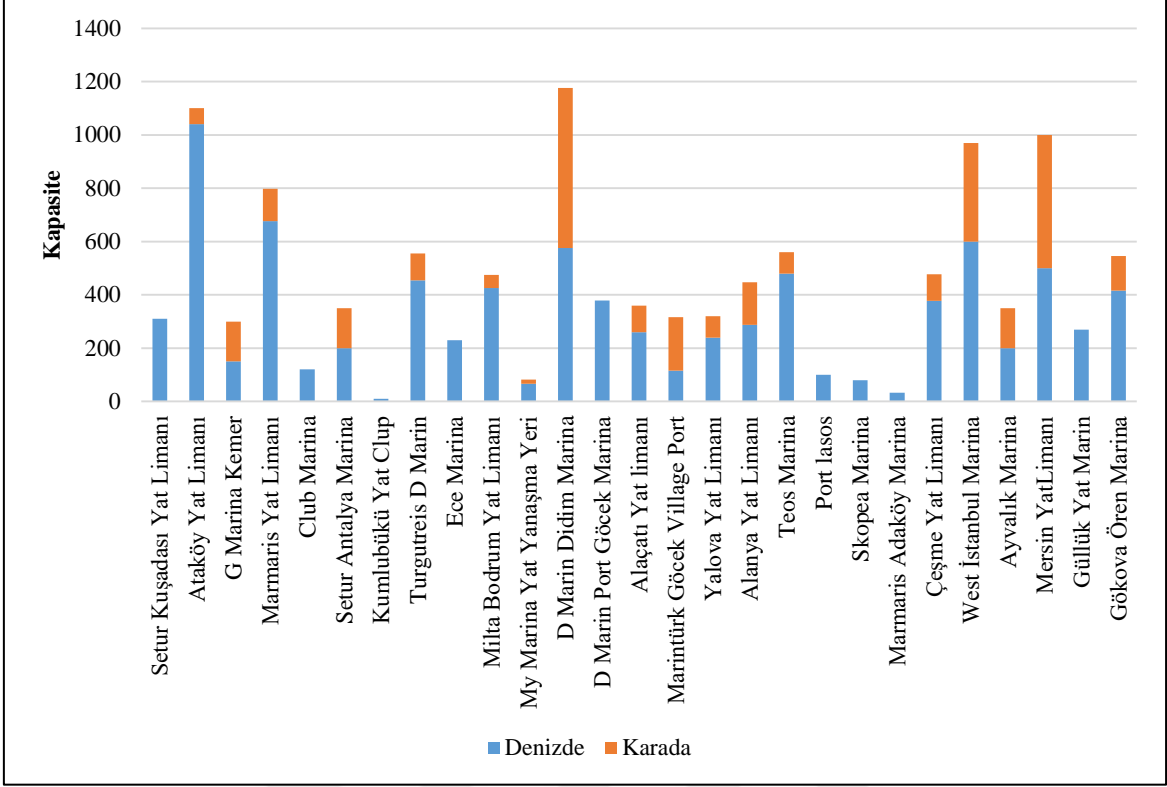
kültürleri sebebiyle (Şahin, 2019) yat turizm rotaları son zamanlarda Doğu Akdeniz çanağına doğru evirilmiştir.

Ülkemizde yat turizminin gün geçtikçe artması neticesiyle, temel görevleri tekneler için emniyetli bağlama yerleri olan marinalarda, yat sayıları da artmaktadır (Aydoğan ve Kadioğlu, 2018). Bu marinaların, yatların tahrik sistemlerinde kullandıkları fosil yakıtlardan kaynaklı çevresel etkilerinin araştırılması ve çözüm önerileri sunulması elzemdir.

1.4. Türkiye’de Marinaların Geleceği

Türkiye Akdeniz çanağının kuzey doğu bölgesinde yer almakta olup, toplamda 8333 km’lik kıyı şeridine sahiptir. Ülkemiz 2002 yılı itibariyle 25 adet marinaya sahip iken, 2018 yılında bunu 83’e çıkarmıştır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019). Akdeniz çanağındaki diğer turizm merkezlerine bakıldığında 6500 km sahil şeridinde İtalya 379, 4964 km sahil şeridi olan İspanya 356, 5835 km sahil şeridinde sahip Hırvatistan ise 159 adet yat limanına sahiptir. Avrupa’daki toplam yat limanı sayısı 5000 adet civarındadır (DTO, 2019).

D-Marin Turgutreis, Ataköy Marina, Kemer Türkiz G-Marina, Ece Saray Marinalarının da arasında bulunduğu TYHA The Yacht Harbour Association tarafından verilen 5 altın çıpalı 13 marinasıyla son yıllarda Akdeniz’de yatçılık ve marinacılıkta söz sahibi konuma gelmiştir (Yılmaz ve Serçek, 2018).



Şekil 4. Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan turizm işletmesi belgeli yat limanları (T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019).

Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan belgeli turizm işletmesi yat limanları Şekil 4'te sunulmuştur. 2019 verilerine göre Türkiye'deki turizm işletmeli yat limanlarının kapasiteleri 8598 denizde ve 3117 karada olmak üzere toplam 11715 adettir (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019). Toplamda D-Marin Didim Marina, 1176 adet yat sayısı ile en fazla kapasiteye sahip marina'dır. Denizde yat bağlama olanağıyla ise Ataköy Yat Limanı 1040 adet yatla en fazla kapasiteye sahiptir.

Görülebileceği üzere planlanan marinalar beşer nüfusun yoğun olduğu yerleşim yerleridir. Tüm bu marinalara gelecek olan yatların, ülkemizin bu kıyı kentlerine çevresel etkileri olacaktır.

1.5. Hava Kirliliği ile İlgili Uluslararası Anlaşma ve Protokoller

Hava kirliliği, MÖ 400 dolaylarında Hipokrat zamanından beri insan sağlığı için bir tehdit olarak kabul edilmektedir. Eski Yunanistan'dan elde edilen kanıtlar, hava kirliliği sorunlarının en az 2400 yıl önce belgelendiğini göstermektedir. Hipokrat'a atfedilen

Havalar, Sular ve Yerler adlı kitap, her türlü hastalığın hava kalitesiyle ilgili olduğunu önermektedir (Kennedy, 2016).

İçinde bulunduğumuz çağda ise, hava kirliliğinin başlıca nedeni sanayileşmenin insanoğlunun ihtiyaçlarına paralel olarak hızlı bir şekilde gelişmesi ve kontrolsüz şehirleşmenin yarattığı kaçınılmaz kaostur. Sanayi devrimi, hem hava emisyonlarının miktarını hem de hava kirliliğine katkıda bulunan ülkelerin coğrafi yayılımını hızlandırmıştır. Bu şehirlerdeki hava kirliliği, 1952'de Londra'da yaşanan büyük hava kirliliği ile farkındalık yaratan, önemli çevre sorunu haline gelmiştir (Fowler vd., 2020). Sanayileşmenin artmasına paralel olarak çevresel ve sürdürülebilirlikle ilgili zorluklar, giderek artan ciddi sorunlar haline gelmiştir. Soluduğumuz, kokladığımız havanın, görünen veya görülmeyen biyolojik, fiziksel veya kimyasal etmenlerle kirlenmesi gün geçtikçe artan bir çevre problemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Karpuzcu, 2007). Hava kirletici emisyonların kontrol edilmesi çevresel iyileştirme için gereklidir ve ekonomik kalkınma ve endüstriyel dönüşümün sürdürülebilirliği için çok önemlidir (Zhang vd., 2019).

Hava kirliliğinin başlıca kaynakları sanayi, tarım, ulaşım, ticari ve konut ısınmasıdır. Bu etmenlerden % 52 ile en büyük kirletici sanayi olmakla birlikte % 27 ile ulaşım onu takip etmektedir. Tarım, toplam emisyonun % 10'undan sorumludur (Kolasa, 2018).

Gelinen noktada, atmosferdeki hali hazırda var olan bileşiklerin oranlarının değişmesi, küresel iklim değişikliği, asit yağmurları, ozon tabakasının incelmeye tüm canlıları olumsuz yönde etkilemekte ve ekosisteme zarar vermektedir. Asit yağmurlarının, esas olarak nedenleri hava kirliliğine sebep olan başlıca emisyonlardan olan SO₂ ve NO_x gibi asidik gazlardır (Liu, vd., 2020).

Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren hava kirliliği ile mücadelede ülkeler arası iş birliğinin önemi anlaşılmıştır. Bu amaca yönelik olarak ülkeler çeşitli protokol ve anlaşmalar imzalayarak iş birliği yoluna gitmişlerdir. Bunlardan bazıları; Avrupa'da Hava Kirleticilerinin Uzun Menzilli İletiminin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi için İşbirliği Programı (EMEP), Montreal Protokolü, Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması'dır.

1.5.1. EMEP

1972'de Stockholm'deki BM İnsan Çevresi Konferansı'nda sınır aşan hava kirliliği üzerine bir İsveç vaka çalışması sunulmuştur. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) aynı yıl, Hava Kirleticilerinin Uzun Menzilli Taşınmasını Ölçmek İçin İşbirliğine

Dayalı Teknik Programı (LRTAP) başlatmıştır (Sjöstedt vd., 1993). Bu programa on bir ülke katılmış, bu ülkelerin çoğunda birkaç izleme istasyonu kurulmuş ve emisyon verileri değiş tokuş edilmiştir. 1978'de program OECD'den bağımsız hale getirilmiş ve daha sonra EMEP olarak adlandırılmış ve tam adı Avrupa'da Hava Kirleticilerinin Uzun Menzilli İletiminin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi için İşbirliği Programı olmuştur. Bu, bu alandaki ilk hükümetler arası çabadır (Lidskog ve Sundqvist, 2002).

1979'da imzalanan Uzun Menzilli Sınır Aşan Hava Kirliliği Sözleşmesi, çevremizin korunmasına yönelik merkezi araçlardan biri olmuştur. Hava kirliliğinin etkisini azaltmaya yönelik işbirliğine dayalı eylem için geniş bir çerçeve oluşturmuş ve yasal olarak bağlayıcı protokoller yoluyla hava kirleticilerinin emisyonlarını kontrol etmek için somut önlemlerin müzakere edilmesi için bir süreç oluşturmuştur. Bu süreçte, EMEP programının temel amacı, LRTAP Sözleşmesi kapsamındaki hükümetlere ve yan kuruluşlara düzenli olarak destek sağlamak için nitelikli bilimsel bilgi sağlamaktır.

Başlangıçta, EMEP programı asitlenme ve ötrofikasyonun sınır ötesi taşınmasını değerlendirmeye odaklanmıştır. Daha sonra, programın kapsamı yer seviyesindeki ozon oluşumunu ve son zamanlarda kalıcı organik kirleticiler, ağır metaller ve partikül madde oluşumunu ele alacak şekilde genişletilmiştir. EMEP'in finansmanı ile ilgili bir protokol 1984 yılında imzalanmıştır. Bu program, emisyon azaltımlarına ilişkin anlaşmalar olması olasılığı için gerekli görülmüştür (Wettstad, 1997).

EMEP'in temel amacı, emisyon verilerinin toplayarak, hava ve yağış kalitesinin ölçümleri ve atmosferik taşınmanın ve hava kirliliğinin birikiminin modellenmesi yoluyla, hava kirleticilerinin konsantrasyonunun yanı sıra bunların sınır ötesi akışlarının uzun menzilli taşınmasının miktarı, akış yönleri ve önemi hakkında hükümetlere bilgi sağlamaktır (Sliggers ve Kakebeke, 2004) .

EMEP programı, emisyon verilerinin, ölçüm verilerinin ve entegre değerlendirme sonuçlarının sistematik olarak toplanmasına, analizine ve raporlanmasına katkıda bulunan geniş bir bilim adamları ve ulusal uzmanlar ağıyla işbirliği içinde yürütülür. EMEP içindeki dört farklı görev gücü, tartışma ve bilimsel alışveriş için bir forum sağlar. Bunlar şunlardır: Ölçüler ve Modelleme Görev Gücü (TFMM), Emisyon Envanterleri ve Projeksiyonları Görev Gücü (TFEIP), Entegre Değerlendirme Modelleme Görev Gücü (TFIAM) ve Hava Kirleticilerinin Yarım Kürede Taşınması Görev Gücü (TFHTAP) (Michel ve Seidling, 2016) .

LRTAP Sözleşmesi 51 Tarafça onaylanmıştır. Bu devletler: Arnavutluk, Ermenistan, Avusturya, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Belçika, Bosna Hersek, Bulgaristan, Kanada, Hırvatistan, Kıbrıs, Çekya, Danimarka, Estonya, Avrupa Birliği, Finlandiya, Fransa, Kuzey Makedonya, Gürcistan, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Kazakistan, Kırgızistan, Letonya, Lihtenştayn, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Monako, Karadağ, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Moldova Cumhuriyeti, Romanya, Rusya Federasyonu, Sırbistan, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Ukrayna, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri'dir (URL-15, 2020).

1.5.2. Montreal Protokolü

Stratosferde bulunan ve atmosferik ozon moleküllerinin yaklaşık % 90'ını içeren ozon tabakası, güneşten gelen zararlı ultraviyole radyasyonu filtreleyerek Dünya'daki yaşamı koruduğu için atmosferin temel bir özelliğidir. Ozon tabakasının incelmesine ilişkin ciddi endişeler 1970'lerde başlamıştır. İnsan faaliyetlerinin ozon tabakasına zarar verebileceği endişesi, tehdidin endüstriyel ürünlerin emisyonları nedeniyle stratosferdeki artan klor bileşikleri seviyesiyle bağlantılı olduğu bu tarihlere dayanmaktadır (Molina ve Rowland, 1974). 1980'lerin ortasında ilkbaharda Antarktika ozon deliğinin keşfedilmesinden sonra (Farman vd., 1985), stratosferde bulunan ozon tabakasını korumak ve ozon tabakasının antropojenik kloroflorokarbonlar gibi maddeler ile inceltilmesini yasaklamak için 1987'de Montreal Protokolü adlı bir Uluslararası anlaşma yürürlüğe girmiştir. Protokole 196 ülke taraftır.

Antlaşmanın ve müteakip değişikliklerinin uygulanmasından sonra, küresel ölçekte ozon tabakasına zarar veren maddeler yavaş yavaş azalmış ve sonuç olarak, gözlemsel ve model verilerin gösterdiği üzere bir ozon geri kazanımı oluşmuştur (Chipperfield, vd., 2017).

1.5.3. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) müzakerelerinin bir sonucu olarak 11 Aralık 1997'de kabul edilmiştir. Protokol kapsamında ülkeler, Ek 1 ülkeleri ve Ek 1'e dahil olmayan ülkeler olarak iki gruba

ayrılmıştır. İlk grup iklim değişikliğine ve hava kirliliğine tarihsel olarak en çok katkıda bulunan sanayileşmiş ülkeleri içerirken, Ek 1 dışı grup geliştirmekte olan ülkeleri içermektedir. Gelişmiş ülkelerin emisyonları azaltma maliyetini daha kolay ödeyebilme olanakları olması ve geliştirmekte olan ülkelere göre kişi başına daha çok miktarlarda sera gazı salgılayarak küresel ısınma sorununa daha fazla katkıda bulunmaları dolayısıyla, protokol gelişmiş ülkelere gelişmemiş ülkelere göre daha ağır sorumluluklar getirmiştir.

Kyoto Protokolü, gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını her biri için ayrı belirlenen seviyelerin altına düşürmesini gerektirmektedir. Protokol kapsamında, Ek 1'de listelenen tüm ülkeler için emisyonların azaltılmasına yönelik bağlayıcı taahhütler verilmektedir. Kyoto Protokolü'nün uygulama kuralları, 2001 yılında Marakeş'teki Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 7. Taraflar konferansında kabul edilmiş ve Marakeş Anlaşmaları olarak adlandırılmıştır (Hovi ve Areklett, 2004). Kyoto Protokolü, emisyonların azaltılması için kendi planlarına sahip olan ülkeler tarafından siyasi olarak kabul edilebilir hale gelmesi için önemli bir süre gerektirmiştir, 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiş Avrupa Birliği ve 191 ülke katılmayı kabul etmiştir. 1992 UNFCCC ile Kyoto Protokolü arasındaki temel fark, Sözleşme gelişmiş ülkeleri sera gazı emisyonlarını stabilize etmeye teşvik ederken, Protokolün onları bunu yapmaya mecbur bırakmasıdır (Breidenich vd., 1998).

Ek 1 ülkelerinin Kyoto Protokolü'nün ilk taahhüt dönemi olan 2008–2012 yılları arasında, sera gazı emisyonlarını %5 azaltma taahhütlerini içermekte olup, bunların çoğu 1990'larda sanayileşmiş ülkelerdir (Kuriyama ve Abe, 2018). Kyoto Protokolü'nün ilk taahhüt dönemi 2012'de sona ermiş ve daha fazla sayıda geliştirmekte olan ülke, dünya karbon emisyonu azaltımının yeni aşamasına katılmaya başlamıştır (Wang vd., 2019). Kyoto Protokolü 2020 yılında sona ermiştir.

1.5.4. Paris Anlaşması

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafları tarafından 2015 yılında kabul edilen Paris İklim Anlaşması, 197 ülke tarafından imzalanmış ve Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Anlaşma sera gazı emisyonlarını nihayetinde tehlikeli iklim değişikliğini önleyecek bir seviyede stabilize etme yolunda ilerlemeyi hedeflemektedir. Anlaşma, 5 Ekim 2016 tarihinden itibaren, global sera gazı emisyonlarının %55'inden sorumlu olan asgari 55 ülkenin anlaşmayı onaylaması şartının oluşması neticesinde, 4

Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Paris konferansı öncesinde ve sırasında ülkeler UNFCCC'ye hangi sera gazı veya ilgili hedefleri başarmayı planladıklarını açıklayan ulusal planlar sunmuşlardır. Paris Anlaşmasının uzun vadedeki hedefi ve en önemli özelliği, küresel ısınmayı endüstri öncesi seviyelerin iki derecenin altında sınırlandırmak ve sıcaklık artışını bir buçuk derece ile sınırlandırma çabalarını sürdürmektir. Bu bağlamda anlaşmaya taraf ülkelerin, ulusal olanakları kabiliyetlerinde yapılabildiğince katkı sağlamaları kararlaştırılmıştır.

Bu ulusal olarak belirlenmiş katkıları takip etmek, önümüzdeki on yıllarda taraflar için bir dizi çevresel ve ekonomik sonuçlar yaratacaktır (Liu vd., 2020).

1.7. Hava Kirleticiler

Havada bulunan bazı hava kirleticilerin, kabul edilebilir ile sağlıklı olmayan oranlarının limit değerleri belirlenmiştir. Söz konusu limitler belirlenmiş aralıklarda insan sağlığı ve çevresel sonuçları dikkate alarak atmosferde bulunmasına izin verilen emisyon yoğunluklarıdır. Bu limitler değerler çeşitli ülkelerde ve çevre örgütlerinde değişik değerlerle ifade edilebilmektedirler (Sozaeva, 2018; URL-1, 2020).

Avrupa Birliği, havada bulunan bir dizi kirleticici için sağlık temelli standartlar ve hedefler belirleyen geniş bir mevzuat organı geliştirmiştir. Bu standartlar ve hedefler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Bunlar, farklı kirleticilerle ilişkili gözlenen sağlık etkileri, maruz kalma sürelerine göre ortaya çıktığından farklı zaman aralıkları için geçerlidir (URL-16, 2020). Tablo1'de değerler verilmiştir.

Tablo 1. Avrupa Birliği hava kalite standartları

Kirletici	Konsantrasyon	Ortalama Süre	Yasal nitelik	Her Yıl İzin Verilen Aşımalar
(PM _{2.5})	25 µg/m ³	1 yıl	1.1.2015 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	-
Sülfür dioksit (SO ₂)	350 µg/m ³	1 saat	1.1.2005 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	24
	125 µg/m ³	24 saat	1.1.2005 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	3
Nitrojen dioksit (NO ₂)	200 µg/m ³	1 saat	1.1.2010 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	18
	40 µg/m ³	1 yıl	1.1.2010 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	-
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 saat	1.1.2005 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	35
	40 µg/m ³	1 yıl	1.1.2005 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	-
Karbon Monoksit (CO)	10 mg/m ³	Maksimum günlük 8 saatlik ortalama	1.1.2005 İtibarıyla karşılanacak limit değeri	-
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	1 mg/m ³	1 yıl	31.12.2012 İtibarıyla ulaşılabilecek hedef değeri	-

1.7.1. Partikül Madde (PM₁₀, PM_{2.5} Uçarozlar)

Partikül kirliliği olarak da adlandırılan PM, havada bulunan katı partiküller ve sıvı damlacıkların bir karışımı için kullanılan terim olan partikül maddeyi ifade eder (URL-17, 2020). Havadaki partikül madde konsantrasyonu, insan sağlığına olumsuz yönde etki eden kirleticilerin başında gelmektedir (Jung vd., 2019). Partiküllerin büyüklükleri, sağlık sorunlarına neden olma olasılığı ile yakinen ilgilidir (Kim vd., 2014). Partiküllerin içeriğini oluşturan çok küçük mikroskobik sıvı ya da katı parçacıkların solunması durumunda akciğerlerde çok ciddi sağlık problemlerine sebep olabilmektedirler. Bu partikül kirleticiler alerjik duyarlılaşma sırasında yardımcı maddeler olarak hareket etmekte ve ayrıca akut astım alevlenmelerine neden olmaktadır (Li vd., 2003). Çapı 10 µM (mikrometre)den küçük bazı parçacıklar ciğerlerimize derinlemesine girebilir ve hatta bazıları kan dolaşımımıza kadar ilerleyebilir (Jos ve Pöschl, 2017). On mikrometre ufak kirleticiler akciğer bronşlarında toplanırken bir iki mikrometre boyutundakiler alveollere 0,1 mikrometre boyutundakiler ise buradan kılcal damarlara geçebilmektedir (Saxe ve Larsen, 2004).

Bu parçacıkların boyutları kadar kimyasal yapısı da sağlık bakımından önem arz etmektedir. Civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasallar da bu parçacıkların ihtivasında var olabilmektedir. Bu kanserojenik ve toksit kimyasallar havada bulunan nem ile etkileşime girip sağlığa zararlı aside evirilmektedirler. Costa ve Dreher (1997), atmosferdeki PM'nin çoğunun fosil yakıt kaynaklarından türediği için, petrol ve kömür emisyonları barındıran dört hava ortamında, PM'nin sağlık etkilerinin canlılara geçebilen metalleri içeren antropojenik PM'den kaynaklandığı hipotezini fareler üzerinde test etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda önemli mortalite ve gelişmiş hava yolu tepkisi gözlemişlerdir (Costa ve Dreher, 1997).

Son epidemiyolojik araştırmalar, mesleki veya kentsel hava kirletici ortamlarda çeşitli solunabilir partikül madde (PM) seviyelerine maruz kalmadan kaynaklanan solunum hastalıkları ve akciğer kanseri insidansının artması arasında ilişki olduğunu göstermiştir (Valavanidis vd., 2013). Bununla birlikte PM solunum semptomlarının kötüleşmesine, daha sık ilaç kullanımına, akciğer fonksiyonunun azalmasına, tekrarlayan sağlık hizmeti kullanımına ve ölüm oranının artmasına neden olmaktadır (Anderson vd., 2012).

1.7.2. Azot Oksitler (NO_x)

Nitrojen monoksit (NO) 1770'de Joseph Priestley tarafından keşfedilmiştir ve erime sıcaklığı 163.6 °C kaynama sıcaklığı ise 151.8 °C dir. NO atomik özelliğinden ötürü atmosferdeki O₂ ile çok kolay etkileşime girer ve sonucunda güçlü bir oksidan olan NO₂'ye (azot diokside) dönüşür (Özet ve Büyükkakıncı, 2020).

Azot oksitler (NO_x) 1200 °C gibi yüksek sıcaklıklarda oluşan oldukça reaktif gazlardır. NO_x oluşumu temel olarak yanmış gazın sıcaklığına, fazla oksijen miktarına ve türbülansa bağlıdır (Heywood, 1988). Azot oksitlerin çoğu türevi kokusuzdur ve renkleri yoktur. Antropojenik nitrojen oksit kaynağı fosil yakıt yakma süreçleridir (Liu, vd., 2017). NO_x, flora ve fauna dahil olmak üzere hem abiyotik hem de biyotik unsurlar üzerinde çevre üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu oksitler, fotokimyasal O₃ (ozon) oluşum oranını, dolayısıyla hidroksil üretimini ve önemli hava kirleticilerinin ve sera gazı aktivitesinin ortaya çıkan kimyasal canlılığını kontrol eder (Escudero vd., 2016). Atmosferdeki NO_x'in bir kısmı nitrik oksit biçiminde yayılır, ancak çoğunluğu atmosferde O₃ ile reaksiyona girerek NO₂'ye dönüştürülür (Shi ve Harrison, 1997).

Azot oksitler ayrıca suda çözünmemektedirler. Bu sebeple üst solunum yollarında elimine edilmemektedirler. Bu yüzden vücudun ilk savunma mekanizmasını atlatıp solunum yollarının son bölümlerine kadar teneffüs edilir ve buralarda olumsuz etkilere sebep olurlar (Zencirci ve Işıklı, 2017).

En çok NO_x emisyonuna sebep olan, yüksek sıcaklıkta katı ve sıvı yakıt tüketen termik santral ve motorlu taşıtlardır. Kentsel bölgelerde taşıt sayısı arttıkça NO_x emisyonu da artmaktadır (Kalbarczyk ve Kalbarczyk, 2020) .

Gelişmiş ve gelişmekte olan medeniyetlerde SO₂ ve partikül emisyonları düşüş göstermesine karşın sanayinin ve taşıt sayılarının gelişmişlikle doğru orantılı arttığı gerçeği nedeniyle NO_x emisyonları da artmaktadır (URL-1, 2020).

Nitrojen oksitler ailesi, yani nitrik oksit veya nitrojen monoksit, nitrojen dioksit (NO₂), nitrozoksit (N₂O) ve bunların türevleri çok çeşitli sağlık ve çevresel etkilere sahiptir. Nitrik oksit, suda çözünürlüğün düşük olması nedeniyle solunum sisteminin her yerine yayılır. Azot oksitler, epitel ve akciğerlerin bitişik kapiller damarları boyunca yayılır ve alveolar yapıları ve akciğerlerdeki işlevlerini bozar (Miriam, 1999).

1.7.3. Kükürtdioksit (SO₂)

Sülfür dioksit ya da kükürt dioksit (SO₂) emisyonu, atmosfer havasından daha kütleli, rengi olmayan, havadaki konsantrasyonu 0,5 ppm üzerinde olduğunda hissedilebilen sülfür kokusuyla ayırt edilebilen zehirli bir kimyasaldır. Yanıcı ya da patlayıcı bir gaz değildir.

Kükürt oksitlerin emisyonlarının her yıl ortalama %60'ı maliyeti diğer fosil yakıtlardan düşük olan, katı fosil yakıt kömürün yakılmasıyla açığa çıkmaktadır. Kömürle çalışan termik santraller atmosfere salınan SO₂ emisyonlarında başta gelmektedirler (Yizhong vd., 2020). Diğer doğal SO₂ emisyon kaynakları ise; volkanik patlamalar ve orman yangınlarıdır (Roberts vd., 2018). Gemilerden kaynaklı SO₂ gazı emisyonları, yakıt ihtivasındaki kükürt oranıyla ilintilidir (Cooper, 2005).

Havadaki kükürt dioksit konsantrasyonu milyonda 20 parçacık ve üstü yoğunluğa ulaşırsa solunum kanallarında daralmalara sebep olur. SO₂ solunması durumunda burun ve farenkste irritasyona, ana hava yollarında spazma yol açabilir ve kronik obstrüktif akciğer hastalıkları (KOA) ve diğer akciğer hastalıklarına neden olur (Tağıl ve Menteşe, 2012). SO₂ suda çözünebilen bir gazdır. Bu nedenle NO_x'lerin aksine, solunum yollarının uç

noktalarına varamadan büyük ölçüde burun ve farenkste elimine edilir. Havada sülfat aerosolleri ve partikülleri oluşturan SO₂, rüzgarlar yardımıyla çok uzak mesafelere yayılabilir. SO₂ Havada bulunan nem içerisinde çözünerek sülfirik asit oluşumuna ve bunun sonucunda asit yağmurlarına sebep olabilmektedir (Lyyranen vd., 1999).

1.7.4. Karbonmonoksit (CO)

Yakıtlarda bulunan karbonun tam yanmaması sonucu açığa çıkan bu gazın rengi, tadı yada kokusu yoktur ve tahriş edici bir gaz değildir. Atmosferdeki CO emisyonunun %85-%95 gibi büyük oranda sorumlusu içten yanmalı motorlardır (Ferrari vd., 2018). Havadan daha ağır bir gazdır. CO, kandaki oksijenin hücrelere taşınmasından sorumlu hemoglobine (Hb), O₂'ye oranla 220 kat daha kuvvetli bağlanarak COHb oluşmasına yol açar, hemoglobinin hücrelere taşınması gereken oksijen taşıma kapasitesini düşürür, ayrıca hücrelere O₂ aktarımını da olumsuz yönde etkiler (Kandiş ve Katırcı, 2009) . Bunun sonucunda dokulara yeterince oksijen taşınmaz ve boğulmalara, zehirlenmelere neden olur.

Karbon monoksit zehirlenmelerinin pek çok ülkede, ölümcül zehirlenmelerin %50'sinden fazlasının sebebi olduğu belirtilmiştir (Gorman vd., 2003). Karbon monoksit zehirlenmesi neticesinde yaşanan can kayıpları gerçek değerlerden daha az kayıtlara geçirilmiştir ya da daha düşük tanı konmuştur. Bu yüzden karbon monoksit zehirlenmesi nedeniyle yaşanan can kayıplarının gerçek değerleri bilinmemektedir. Sağ kalan vakalarda nörolojik ve psikiyatrik bozukluklar görülebilmektedir (Scheinkestel vd., 1999). Karbon monoksit zehirlenmesi sonucunda deri, beyin, iskelet kası, böbrek, kalp başta olmak üzere pek çok organ zarar görebilir (Choi ve Choi, 1998). Karbon monoksit maruziyetinden oluşan bulgu ve semptomlar erken dönemde görülebileceği gibi günler geçtikten sonra da belirti verebilir. Karbon monoksit zehirlenmesi neticesinde tedavilere rağmen, hayatta kalanların % 10'undan fazlasında beyin hasarı olduğu görülmüştür (Juurlink vd., 2005).

1.7.5. Metan Harici Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC)

Uçucu organik bileşikler (VOC), ortam sıcaklıklarında 10 Pa'yı aşan yüksek buhar basıncına sahip organik bileşiklerdir. Metan harici uçucu organik bileşikler (NMVOC'ler), gaz fazı troposferik fotokimya da önemli bir rol oynayan baskın bir uçucu organik bileşikler sınıfını temsil eder (Rappenglück vd., 2014). NMVOC'lerin yaşam süreleri, hidroksil radikaller (OH), nitrat (NO₃) ve ozon ile hızlı reaksiyonları nedeniyle bir dakikadan birkaç on güne kadar değişebilmektedir (Monks, 2005). Atmosfere hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan yayılabilen NMVOC'lerin oksidanlarla hızlı reaksiyonları, oksidasyon kapasitesi, bölgesel hava kalitesi, insan sağlığı ve bitki örtüsünün büyümesi üzerinde olumsuz yönde önemli etkilere sahiptir (La vd., 2016). Doğal emisyonlar olarak da bilinen karasal ve okyanus bitkilerinden kaynaklanan emisyonlar, NMVOC'lerin küresel bolluğuna önemli katkılar sağlar ve yüksek sıcaklık, yoğun güneşlenme süresi, biyojenik emisyonlar için daha uygun koşullar sağlayarak, atmosferde seviyelerinin artmasına neden olur. (Guenther vd., 2006). NMVOC'lerin ana antropojenik kaynakları fosil yakıtların yanması, sıvı yakıtların buharlaşması, ticari solventler, benzin, petrokimya endüstrileri, yakıtların depolanması ve taşınması sonucu açığa çıkmasıdır (Talapatra ve Srivastava, 2011).

300'ü aşkın çeşidi bulunan bu sınıfa pek çok kimyasal girmektedir. Sağlık açısından en riskli çeşitleri; benzen, toluen, etilbenzen, ksilen, stirendir. Metan harici uçucu organik bileşiklerin, doğrudan toksik etkiler ve bunların fotokimyasal ozon oluşumu ile ilgili dolaylı etkileri olmak üzere iki ana yoldan insan sağlığına zarar verdiği bilinmektedir (Laurent ve Hauschild, 2014). Troposferik ozon konsantrasyonlarında ve ikincil organik aerosollerde artışa katkıda bulunurlar, bu da solunum ve kardiyovasküler sistem etkilerine neden olur. Bu dolaylı etkilere ek olarak, NMVOC'lerin bazıları, örn. benzen ve formaldehit toksik maddelerdir, akut ve kronik hastalıkların doğrudan görülmesine neden olur veya kanserojen ya da mutajenik etkiler gösterirler (Weichenthal vd., 2012).

1.8. Denizlerden Kaynaklı Hava Kirliliği

Deniz taşımacılığı, ekonomik büyümeden kaynaklanan mevcut ve gelecekteki talepleri karşılamak için hem ulaşım sisteminin verimliliğine hem de küresel taşımacılığın gerekli kapasite artışına önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Birleşmiş Milletler

UNCTAD 2020 verilerine göre 150'den fazla ülkenin bayrakları altında kayıtlı, uluslararası ticaretle uğraşan 98140 adet ticari gemi bulunmaktadır (URL-18, 2020).

Gemiler, yüksek beygir gücüne sahip makineleri ve taşıdıkları yükler ile en büyük kirlilik kaynaklarından biridir. Corbet ve Pandis'e göre, hava kirletici emisyonları nispeten düzensiz kaldığı için, gemiler artık tüketilen bir ton yakıt başına dünyanın en kirletici yanma kaynakları arasında yer almaktadır (Corbett vd., 1999). Fosil yakıtla çalışan devasa makinelere sahip gemiler, deniz ve kara tabanlı ekosistemleri ciddi şekilde etkileyebilecek bir dizi çevresel etkiye neden olmaktadır (Bailey ve Solomon, 2004). Deniz araçlarından kaynaklı emisyonların azaltılması son yıllarda önemi artan bir konu haline gelmiştir (Johansson vd., 2017).

Bunlara ilave olarak dünya filosunun % 95'inden fazlası dizel motorla çalışmakta ve bu makinelerin açığa çıkardıkları dizel egzozları, hem gaz hem de partikül olmak üzere yüzlerce bileşenden oluşmaktadır. Gaz halindeki bileşenlerden bazıları, Nitrojen oksitler gibi nitrojen bileşiklerini, sülfür bileşiklerini, CO₂, CO ve su buharını içermektedir. Parçacıklar, temel karbon ve absorbe edilmiş organik bileşiklerin yanı sıra az miktarda sülfat, nitrat, metaller ve diğer eser elementlerden oluşmaktadır (Wichmann, 2007).

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) tarafından 2018 yılında sunulan raporda, gemilerden kaynaklanan yıllık karbondioksit emisyonları 2012'de 938 milyon tona, yani toplam küresel karbon emisyonlarının yaklaşık % 2,6'sına ulaştığı görülmektedir (UNCTAD, 2018). Yine UNCTAD'ın 2015 te yayınladığı rapora göre deniz taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonlarının 2050 yılına kadar yüzde 50 artacağı tahmin edilmektedir. Kara suları, koylar, iç denizler, limanlar ve marinalar gemi emisyonlarının çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin en çok karşılaştığı kritik alanlardır.

1.8.1. MARPOL

Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL), gemiler tarafından operasyonel veya kazara sebeplerden kaynaklanan deniz çevresinin kirlenmesinin önlenmesini kapsayan ana uluslararası sözleşmedir.

1973'te Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), şimdi evrensel literatürde MARPOL olarak bilinen, 1978 ve 1997 Protokolleri ile değiştirilen ve ilgili değişikliklerle güncellenen Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi'ni

kabul etmiştir. MARPOL, uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan kirliliğin azaltılmasında büyük katkıda bulunmaktadır ve dünyanın ticari tonaj hacminin % 99'una uygulanmaktadır (URL-19, 2020).

Sözleşme, hem kazara kirlilik hem de gemilerin rutin operasyonlarından kaynaklanan kirliliğin önlenmesini ve en aza indirilmesini amaçlayan düzenlemeleri içermektedir. Operasyonel deşarjlar üzerinde sıkı kontrollere sahip özel alanlar MARPOL'un çoğu ekinde yer almaktadır.

MARPOL, çeşitli konularla ilgilenen altı teknik ekten oluşmaktadır. Bunlar yürürlüğe girme tarihleri ve sırası ile:

Ek-I: Petrol Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları (2 Ekim 1983)

Ek-II: Dökme Halde Taşınan Zehirli Sıvı Maddelerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Kuralları (2 Ekim 1983)

Ek-III: Denizde Paketli Halde Taşınan Zararlı Maddelerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Kuralları (1 Temmuz 1992)

Ek-IV: Gemilerden Kaynaklanan Pis Su Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları (27 Eylül 2003)

Ek-V: Gemilerden Kaynaklanan Çöp Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları (31 Aralık 1988)

Ek-VI: Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları (19 Mayıs 2005)

MARPOL ek III hariç diğer beş ek için bazı özel alanlar belirlemiş ve bu alanların sınırlarını yoruma kapalı bir şekilde belirtmiştir. Tablo 2'de özel alanların kabulü, yürürlüğe girmesi ve uygulanma tarihleri verilmiştir.

Tablo 2. Özel alanların kabulü, yürürlüğe girmesi ve uygulanma tarihleri (IMO, 2020)

Özel Alanlar	Kabul Tarihi	Yürürlüğe Giriş Tarihi	Tarihi itibariyle
Ek I: Petrol Kirliliği			
Akdeniz	2 Nov 1973	2 Oct 1983	2 Oct 1983
Baltık Denizi	2 Nov 1973	2 Oct 1983	2 Oct 1983
Kara Deniz	2 Nov 1973	2 Oct 1983	2 Oct 1983
Kızıl Deniz	2 Nov 1973	2 Oct 1983	*
Körfez Alanı	2 Nov 1973	2 Oct 1983	1 Aug 2008
Aden Körfezi	1 Dec 1987	1 Apr 1989	*
Antartik Alanı	16 Nov 1990	17 Mar 1992	17 Mar 1992
Kuzey Batı Avrupa Suları	25 Sept 1997	1 Feb 1999	1 Aug 1999
Umman Denizi	15 Oct 2004	1 Jan 2007	*
Güney Afrika Güney Suları	13 Oct 2006	1 Mar 2008	1 Aug 2008
Ek II: Zehirli Sıvı Maddeler			
Antartik Alanı	30 Oct 1992	1 Jul 1994	1 Jul 1994
Ek IV: Pis Su			
Baltık Denizi	15 Jul 2011	1 Jan 2013	**
Ek V: Çöpler			
Akdeniz	2 Nov 1973	31 Dec 1988	1 May 2009
Baltık Denizi	2 Nov 1973	31 Dec 1988	1 Oct 1989
Kara Deniz	2 Nov 1973	31 Dec 1988	*
Kızıl Deniz	2 Nov 1973	31 Dec 1988	*
Körfez Alanı	2 Nov 1973	31 Dec 1988	1 Aug 2008
Kuzey Denizi	17 Oct 1989	18 Feb 1991	18 Feb 1991
Antartika alanı (60S enlemin güneyi)	16 Nov 1990	17 Mar 1992	17 Mar 1992
Meksika Körfezi ve Karayip Denizi dahil Karayipler bölgesi	4 Jul 1991	4 Apr 1993	1 May 2011
Ek VI: Hava Kirliliği (Emisyon Kontrol Alanları - ECA)			
Baltık Denizi (SO _x)	26 Sept 1997	19 May 2005	19 May 2006
(NO _x)	7 July 2017	1 Jan 2019	1 Jan 2021****
Kuzey Denizi (SO _x)	22 Jul 2005	22 Nov 2006	22 Nov 2007
(NO _x)	7 July 2017	1 Jan 2019	1 Jan 2021****
Kuzey Amerika ECA (SO _x ve PM) (NO _x)	26 Mar 2010	1 Aug 2011	1 Aug 2012 1 Jan 2016***
Birleşik Devletler Karayip Denizi ECA (SO _x ve PM) (NO _x)	26 Jul 2011	1 Jan 2013	1 Jan 2014 1 Jan 2016***
* Bu alanlar için Özel Alan gereklilikleri, kıyı şeridi ilgili özel alanları yeterli alım tesislerinin varlığı (MARPOL Ek I 38.6 ve MARPOL Ek V 5 (4)) ile ilgili sınırlar olan MARPOL Taraflarından gelen bildirimlerin eksikliği nedeniyle henüz yürürlüğe girmemiştir.			
** 1 Ocak 2013 tarihinde yürürlüğe giren yeni özel alan gereklilikleri (revize edilen 13.2 düzenlemesi MEPC.200 (62) sayılı kararla kabul edilen ve 1 Ocak 2013 tarihinde yürürlüğe giren MARPOL Ek IV), yalnızca, sahilleri ilgili özel alanı sınırlayan MARPOL Ek IV'e taraf olan ülkelerden yeterli alım tesislerinin varlığı hakkında yeterli bildirimlerin alınmasından sonra yürürlüğe girecektir			
*** 1 Ocak 2016 tarihinde ya da sonrasında inşa edilen ve bu emisyon kontrol alanlarında faaliyet gösteren bir gemi, MARPOL Ek VI yönetmeliğinde 13.5'te belirtilen NO _x 'Seviye III' standartlarına uygun olacaktır.			
**** 1 Ocak 2021 tarihinde veya bu tarihten sonra inşa edilen ve bu emisyon kontrol alanlarında faaliyet gösteren gemiler, MARPOL Ek VI yönetmeliğinde 13.5'te belirtilen NO _x 'Seviye III' standartlarına uygun olacaktır.			

1.8.2. MARPOL Emisyon Regülasyonları

1997 yılında Kyoto Protokolü ile MARPOL 73/78 Sözleşmesi değiştirilmiştir ve “Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi için Kurallar” Ek VI Sözleşmeye eklenmiş ve 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Söz konusu ek gereği, günümüzün en öncelikli sorunlarından birinin iklim değişikliği olduğu belirtilmiş ve SO_x ve NO_x emisyonlarına, bazı kısıtlamalar getirilmiştir (URL-20, 2020).

Ek VI Gemi egzozlarından kaynaklanan kükürt oksit ve azot oksit emisyonları için sınırlar belirlemiştir ve ozon tabakasını incelten maddelerin kasıtlı emisyonlarını engellemeyi amaçlamaktadır. Belirlenmiş emisyon kontrol alanları (ECA), SO_x, NO_x ve partikül maddeler için daha katı standartlar belirlemektedir. 2011 yılında kabul edilen bir bölüm, gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan zorunlu teknik ve operasyonel enerji verimliliği önlemlerini kapsamaktadır (IMO, 2020).

IMO tarafından formüle edilen mevcut Marpol 73/78 Ek VI emisyonları hakkındaki mevzuat, 1 Ocak 2000 tarihinde veya sonrasında inşa edilen bir gemiye monte edilen 130 kW'dan daha yüksek güç çıkışına sahip dizel motorlar ve 1 Ocak 2000 veya sonrasında büyük dönüşüm geçiren 130 kW'dan daha yüksek güç çıkışına sahip dizel motorlar için geçerlidir.

IMO tarafından Ekim 2008'de değiştirildiği şekliyle Marpol Ek VI, üç seviyeli bir yaklaşımı şu şekilde değerlendirmektedir:

Seviye I: 1 Ocak 2000 veya sonrasında ve 1 Ocak 2011'den önce yapılmış bir gemiye monte edilen dizel makineler (> 130 kW)

Seviye II: 1 Ocak 2011 tarihinde veya sonrasında inşa edilen bir gemiye monte edilen dizel makineler (> 130 kW)

Seviye III: 1 Ocak 2016 veya sonrasında inşa edilen bir gemiye monte edilen dizel makineler (> 130 kW)

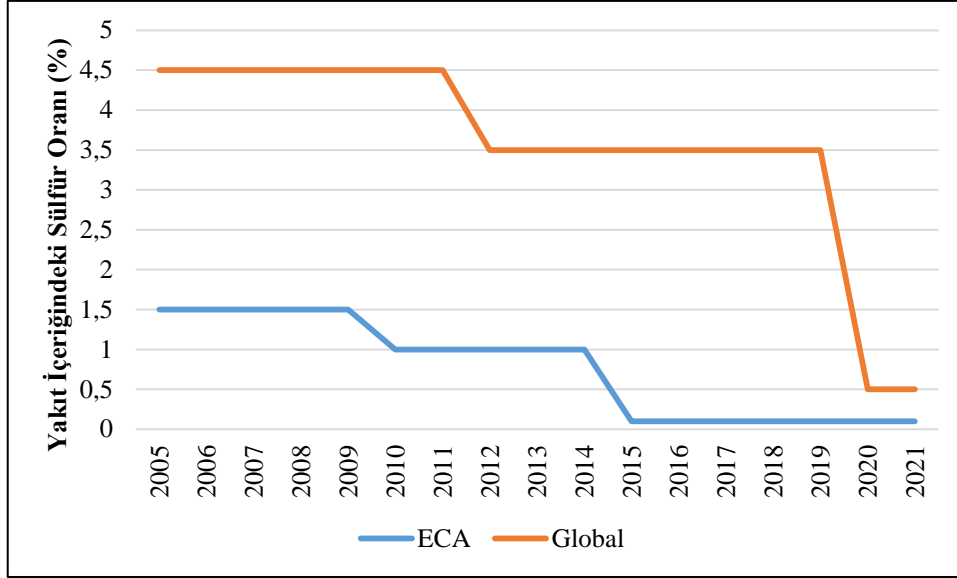
Yeni inşa edilen gemi makineleri için NO_x emisyon standartları da güçlendirilmiştir. İlk adımda, emisyonlar 2000 standartlarına göre 2011 yılına kadar yüzde 16-22, ikinci adımda 2016 yılına kadar yüzde 80 azaltılacaktır. Ancak, ikinci sınır yalnızca özel olarak belirlenmiş NO_x-ECA'larda geçerlidir. Seviye I ve III NO_x mevzuat değerleri, dakikadaki devir cinsinden verilen nominal motor devirlerine (n) dayanır. Emisyon sınırı denklemleri aşağıdaki Tablo 3'te gösterilmektedir. Belirlenmiş bir ECA dışında seviye II sınırları geçerlidir.

Tablo 3. Gemi makineleri için NO_x emisyon sınırları (Marpol Ek VI'da yapılan değişiklikler)

Regülasyon	NO _x limiti	Devir/dakika
Seviye I	17 g/kWh	n < 130
	$45 \times n^{-0.2}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	9,8 g/kWh	n ≥ 2000
Seviye II	14.4 g/kWh	n < 130
	$44 \times n^{-0.23}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	7.7 g/kWh	n ≥ 2000
Seviye III	3.4 g/kWh	n < 130
	$9 \times n^{-0.2}$ g/kWh	$130 \leq n < 2000$
	2 g/kWh	n ≥ 2000

Deniz taşımacılığı sektörü, dünyadaki kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarının en büyük katkılarından biri olarak kabul edilmektedir. Örneğin, gemilerin ortalama % 2,5-3,0 kükürt içeren ağır fuel oil (HFO) yakıtıkları tahmin edilmektedir ki bu, Avrupa'daki karayolu araçlarından kaynaklanan kükürt emisyonlarından neredeyse 3000 kat daha yüksektir (URL-21, 2011).

IMO üye ülkeleri Ekim 2008'de, Ek VI'ün revizyonunu üç yıl boyunca müzakere ettikten sonra, oybirliğiyle emisyon standartlarını güçlendirmeyi kabul etmişlerdir. Şekil 5'teki grafikte de görüleceği gibi, buna göre; ECA'larda %1,5 olan sülfür sınırlaması Ocak 2010 ve Ocak 2015 tarihleri arasında %1'e düşürülmüştür. Ocak 2015'ten itibaren ise ECA'larda kullanılan yakıt sülfür oranı %0,1'e indirilmiştir. IMO, Ekim 2016'daki Deniz Çevre Koruma Komitesi'nin (MEPC) 70. toplantısında, egzoz gazındaki maksimum kükürt sınırını 2020'ye kadar % 3,5'ten % 0,5'e düşürmeyi taahhüt etmiştir. Kısaca tüm deniz yakıtlarının kükürt içeriğinin 2020'den itibaren dünya genelinde yüzde 0,5 ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Diğer bir ifade ile artık tüm dünya denizleri 2020'den itibaren SECA bölgesi konumuna gelmiştir.



Şekil 5. Gemilerde kullanılan yakıt sülfür limitleri

Sülfür oksit (SO_x) emisyonları için ortaya çıkan bu katı çevresel düzenlemeler, denizcilik endüstrisinin yeni yakıt ikmal seçenekleri üzerinde tartışmasına neden olmaktadır. Bu tartışmalar neticesi kükürt emisyonlarını azaltmanın üç ana alternatifi üzerinde durulmuştur. Bunlar; daha yüksek kaliteli ve düşük kükürtlü yakıtlara geçiş yapmak, egzoz gazı temizleme yapılarını kurmak (yıkayıcı) ya da gemi makinelerinde sıvılaştırılmış doğal gaza geçmek olarak sıralanabilir (Kim ve Seo, 2019).

1.9. Marinalardaki Yatlardan Kaynaklı Emisyonlar

Antropojenik emisyon kaynaklarından biri olan deniz taşımacılığı sektörü, özellikle kıyı bölgelerinde ve limanlarda hava kirliliğine önemli ölçüde, olumsuz katkıda bulunmaktadır (Marmer ve Langmann, 2005; Zhang vd., 2014). Ticari yük ve yolcu gemileri gibi yatların da hava kirliliğine neden olan küresel emisyonlara katkıları vardır. Özellikle lüks yatlar sınıfındaki teknelerin pek çoğu 500 Kw'ın üzerinde ve çift ana makineye sahiptir (Ruggiero, 2016). Bu teknelerin makine güçleri ticari faaliyet gösteren büyük tonajlı gemilere kıyasla göreceli olarak azdır. Fakat tüm içten yanmalı, fosil yakıt kullanan, tahrikli makinelerde olduğu gibi bu araçlar da atmosfere kirleticiler salmaktadırlar. Gezi, eğlence ve iş amaçlı kullanılan yatların, yat üretimindeki teknolojik

gelişmelerin yaşam standartlarının ve refah seviyelerinin artmasına paralel olarak yat sayısı yılda yaklaşık % 15 artmaktadır (İge ve Miral, 2000).

19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe giren “Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi için Kurallar” Ek VI gereği, günümüzün en öncelikli sorunlarından birinin iklim değişikliği olduğu belirtilmiş ve SO_x ve NO_x emisyonlarına, önceki başlıklarda da değinildiği gibi, bazı kısıtlamalar getirilmiştir.

Günümüzde gemilerden kaynaklanan hava kirliliğinin yüzde yetmişinin kıyıdan 400 kilometreye kadar alanı etkilediği genel kabul gören bir gerçektir. Gemilerden ve limanlardan salınan hava kirleticiler denize yakın yerleşim alanlarında ikamet edenlerin sağlığını kötü yönde etkilemektedir. Günümüzde ülkeler yeşil liman konseptinin önemini kavramış ve bu alanda çeşitli araştırmalar ve yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Türkiye’de de durumun ciddiyetine istinaden pek çok akademik çalışma mevcuttur (Akgül, 2017). Kıyı kentlerindeki hava kalitesini arttırmaya yönelik olarak limanlarda yük elleçleme operasyonlarında kullanılan ekipmanların elektrikle çalışır durumda olmaları bu araştırmaların sonuçlarında görülmektedir (Ateş, 2017). Buna karşın, marinalardaki yatlardan kaynaklı emisyonlar hakkında yeterli akademik çalışma tespit edilememiştir.

1.10. Çalışmada Kullanılan Metot

Gemi emisyonlarını tahmin etmenin birkaç yöntemi vardır. Gemi emisyon envanterlerinin üretilmesine yönelik mevcut prensip yaklaşımları genel olarak "yukarıdan aşağıya" (top-down) yaklaşımları ve "aşağıdan yukarıya" (bottom-up) yaklaşımları olarak kategorize edilebilir (Piris vd., 2018). Bottom-up yaklaşımlar, yakıt tüketimine veya gemi işletim modlarına dayalı yöntemler, gemi emisyon envanteri için yaygın olarak benimsenmektedir (Yau vd., 2012). Top-down yaklaşımı rapor edilen miktarlara veya deniz bunker yakıt satışlarına dayanarak yapılan hava kirleticileri tahmininde bulunulur (Maragkogian ve Papaefthimiou, 2015). Kısaca, top-down yaklaşımı, yakıt bazlı; bottom-up yaklaşımı ise gemi aktivitelerine dayalı emisyon hesabında kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmada, elde edilen verilerin gemi aktivitelerine dayanması sebebi ile bottom-up yaklaşımı temelinde ENTEC isimli metodolojiden yararlanılmıştır. ENTEC UK Limited, İngiltere'nin Çevre, Gıda ve Kırsal İşler Departmanı (Defra) tarafından; Kuzey Denizi, İngiliz Kanalı, İrlanda Denizi ve Kuzeydoğu Atlantik dahil olmak üzere İngiltere'yi çevreleyen sulardaki gemi hareketlerinden, sistemli bir atmosferik emisyon envanteri

geliştirmek üzere atanan kurumdur. Bu kurumun gemi emisyonlarına dair yayınlamış olduğu son rapor 2010 tarihlidir. Tezdeki emisyon hesabında kullanılan metodoloji için, ENTEC'in 2010 yılında yayınlamış olduğu "UK Ship Emissions Inventory Final Report" isimli raporu referans alınmıştır.

Avrupa Ulaştırma Komisyonu dördüncü çerçeve programı kapsamında, MEET Projesi (Taşımacılıktan Kaynaklanan Hava Kirletici Emisyonlarını Tahmin Etme Metodolojileri) çerçevesinde, gemilerden, limanlardaki ve seyir halindeki hava kirletici emisyonlarının tahmini için eksiksiz bir metodoloji geliştirilmiştir (Transport Research Laboratory, 1999). Bu metodoloji 2006 yılında gözden geçirilmiş ve güncellenmiştir. Takip eden on yıl boyunca, MEET projesi tarafından benimsenen genel yaklaşım tartışılmış ve farklı bağlamlardaki eklemeler ve düzeltmelerle kullanılmıştır.

Trozzi, 2016'da, farklı katmanları tanıttığı ve seyir, limanlara yaklaşma veya ayrılma durumundaki manevra ve gerekli elektrik enerjisi sağlamak amacıyla, limanda sadece yardımcı makinelerin çalışır durumda olduğu liman modlarında emisyonlarının tahmini için kullanılan bu metodolojiyi de ayrıntılı olarak açıklamıştır (Trozzi, 2017).

Metodoloji, emisyon tahminlerine alternatif olarak hem geminin makinelerinin sahip olduğu gücünü hem de yakıt tüketimini kullanmakta ve hem ana hem de yardımcı makineleri dikkate almaktadır (Trozzi & Vaccaro, 1998). Sadece yakıt tüketiminin bilindiği yerlerde, emisyonlar farklı navigasyon modları (seyir, liman ve manevra) için yakıtla ilgili emisyon faktörleri ile hesaplanabilmektedir.

Yakıt tüketiminin bilinmediği yerlerde, gemi üzerindeki makinenin gücüne dayalı emisyonların hesaplanması için özel bir yaklaşım önerilmektedir. Bunlara ek olarak, makine gücü bilinmediğinde, mevcut tonajdan ortalama makine gücünü değerlendirmek için belirli ampirik fonksiyonlar önerilmektedir. Fonksiyonlar, farklı gemi tipleri için Lloyd's Register veri tabanından yaklaşık 100.000 gemi hakkında veriler kullanılarak türetilmiştir (Lloyd's Register, 1995).

Bunun yanında, EMEP/EEA hava kirletici emisyon envanteri kılavuz kitapçığı ve daha kesin olarak bölüm 1.A.3.d Navigasyon bölümü, uluslararası düzeyde emisyon tahmini için referans olarak kabul edilmiştir (ENTEC, 2010). Bu kılavuz kitapçığı, ülkeler tarafından emisyon envanterlerinin Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun (UNECE) Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve AB Ulusal Emisyon Üst Sınır Değerleri Direktifi'ne raporlanmasını kolaylaştırmak için tasarlanmıştır (Russo vd., 2018). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) yönergeleri tarafından, tarafların

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında bildirdiği dolaylı sera gazları için hava kirliliği emisyon faktörleri kaynağı olarak da önerilmektedir (Graziosi vd., 2017). Emisyon Envanterleri ve Projeksiyonları Görev Gücü (TFEIP), bu kılavuz kitapçığının teknik içeriğinin devam eden bakım ve iyileştirmesinden sorumludur. Ulusal Sera Gazı Envanterleri için 2006 Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli kılavuzları (IPCC Kılavuzları) kapsamında ve kılavuz tarafından kabul edilenler, üç aşamada ifade edilmektedir.

EMEP/EEA hava kirletici emisyon envanteri kılavuzunda katman 3 olarak belirtilen gemi hareketi bottom-up yaklaşımı, ayrıntılı gemi hareket verileri ve gemiler hakkında, makine boyutu ve teknolojisi, kurulu güç veya yakıt kullanımı, farklı faaliyetlerdeki süreler gibi teknik bilgiler mevcut olduğunda kullanılmalıdır (Trozzi ve Lauretis, 2016).

Ticari gemiler için, metodoloji, emisyonları seferlik olarak seyir, manevra ve liman modlarındaki navigasyon kaynaklı emisyonları toplayarak hesaplama üzerine kuruludur. Tek bir sefer için emisyonlar şu şekilde ifade edilebilir:

$$E_{sefer} = E_{manevra} + E_{seyir} + E_{liman} \quad (1)$$

Toplam envanter, yıl boyunca tüm gemilerin tüm seyahatlerinin toplamıdır. Uygulamada, yılın temsili bir dönemi boyunca navigasyonların temsili bir örneği için veri toplanmış olabilir. Bu durumda, toplanan emisyonlar, tüm yıl boyunca tüm navigasyonlar ve gemiler için toplamı verecek şekilde ölçeklendirilmelidir.

Emisyonu tahmin etmek için, yakıt tüketimi veya makine gücünden başlamak gibi iki farklı prosedür kullanılabilir. Her mod için yakıt tüketimi bilindiğinde, kirletici emisyonları tam bir sefer için şu şekilde hesaplanabilir:

$$E_{sefer,i,j,m} = \sum_p (FC_{j,m,p} \times EF_{ni,j,m,p}) \quad (2)$$

Formüldeki değerler aşağıda açıklanmıştır.

E_{sefer} : Tam bir sefer sırasındaki toplam emisyon miktarı (ton),

FC : Yakıt tüketimi (ton),

EF : Emisyon faktörü (kg/ton),

i : Kirletici,

j : Makine tipi (yavaş, orta ve yüksek hızlı dizel, gaz türbini ve buhar türbini),

- m : Yakıt tipi (IFO, MDO/MGO, benzin),
 p : Seferin farklı modları (seyir, liman, manevra).

Yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonları tahmin etmek için kullanılan bu metod yalnızca farklı seyir modlarındaki her bir gemi/makine tipi kombinasyonu için yakıt tüketimi hakkında ayrıntılı bilgi mevcut olduğunda geçerlidir; aksi takdirde 3 numaralı makine gücü esaslı motod kullanılmalıdır.

$$E_{sefer,i,j,m} = \sum_p [T_p \sum_e (P_e \times LF_e \times EF_{e,i,j,m,p})] \quad (3)$$

Formüldeki değerler aşağıda açıklanmıştır.

- E_{sefer} : Tam bir sefer sırasındaki toplam emisyon miktarı (ton),
 FC : Yakıt tüketimi (ton),
 EF : Emisyon faktörü (kg/kW),
 LF : Makine yük faktörü (%),
 P : Makine nominal gücü (kW),
 T : Süre (saat),
 E : Makine kategorisi (ana, yardımcı),
 i : Kirletici,
 j : Makine tipi (yavaş, orta ve yüksek hızlı dizel, gaz türbini ve buhar türbini),
 m : Yakıt tipi (IFO, MDO/MGO, benzin),
 p : Seferin farklı modları (seyir, liman, manevra).

Seyir süresi hesaplanırken 4 numaralı formül kullanılır.

$$Seyir \text{ süresi } (T) = \frac{\text{Kat edilen mesafe (deniz mili)}}{\text{Ortalama sürat (knot)}} \quad (4)$$

Makine gücüne dayalı emisyonları tahmin etmek için aşağıdaki adımlar gereklidir.

1. Gemi hareket verilerinin temin edilmesi: her bir gemi için başlangıç noktası, bitiş noktası, başlangıç saati ve bitiş saati. Bu, tüm yıl veya yılın temsili bir örneği, tüm gemiler veya gemilerin temsili bir örneği için yapılabilir. Bu seçim mevcut kaynaklara ve çalışmanın gerekli doğruluğuna bağlı olacaktır.
2. Başlangıç ve bitiş noktaları aralarındaki mesafeler belirlenmelidir.
3. Her gemi için tek tek ana ve yardımcı makine güçleri kaydedilmelidir.

4. Mesafe ve ortalama seyir hızına veya kalkış ve varış zamanına bağı olarak her gemi için toplam seyir süreleri belirlenmelidir.
5. Her gemi için toplam manevra ve limanda kalış süreleri belirlenmelidir. Bu çalışmada teknelerin limanda sahil bağlantısı yardımı ile elektrik ihtiyaçlarını karşıladığı bu yüzden yardımcı makinelerinin marinada bağı kaldıkları süre boyunca çalıştırılmadıkları gerçeğı göz önüne alınarak, marinada ürettiğı emisyonlar yani liman modu emisyonları sıfır alınmıştır.
6. Bu değerler yukarıdaki formül yardımıyla hesap edilip sonuca ulaşılmalıdır.

10.1.1. Emisyon Faktörleri

Makinelerin atmosfere yaydıkları emisyonlar hesap edilirken kullanılan bottom-up yaklaşımındaki ENTEC emisyon faktörleri, makinenin gücünün bilindiğı veya makinenin yakıt sarfiyatının bilindiğı durumlar olmak üzere iki farklı yaklaşımla kullanılmaktadır. Bunlar katman 1 ve katman 2 olarak adlandırılmaktadır.

- Katman 1

Çeşitli makine/yakıt tipi kombinasyonları için NO_x, NMVOC ve PM emisyon faktörleri Avrupa Çevre Ajansı'nın son olarak 2016 da yayınladığı kılavuz kitapçığındaki (Trozzi ve Lauretis, 2016) şekliyle Tablo 4.'te kiloWatt saat başına kirletici kütle birimi olarak verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde yüksek, orta ve ağır devirli dizel makinelerin seyir, manevra ve liman modlarında kilowatt başına farklı miktarlarda emisyon yarattıkları görülmektedir. Aynı tabloda spesifik yakıt tüketimi de verilmiştir. Ağır devirli dizel makinelerin seyir ve manevra modlarında yüksek ve orta devirli dizel makinelerden daha farklı spesifik yakıt tüketimine sahip oldukları görülmektedir.

Tablo 4'te yer alan, ağır devirli dizel motorların çoğı 300 dev/dak'ya kadar maksimum çalışma hızına sahiptir, ancak genellikle 80-140 dev/dak arasındaki hızlarda çalışmaktadırlar. Orta devirli dizel motorlar terimi, maksimum çalışma hızı 300-900 devir/dakika aralığında olan deniz dizel motorlarını tanımlamak için kullanılmaktadır.

Tablo 4. Dizel tahrikli farklı makine tipleri için farklı gemi seyir modlarına göre emisyon faktörleri (Trozzi ve Lauretis, 2016; ENTEC, 2010)

Makine	Mod	Makine Tipi	NO _x	NMVOC	PM ₁₀ PM _{2,5}	Spesifik Yakıt
			EF	EF	EF	Tüketimi
			(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)	(g yakıt/kWh)
Ana	Seyir	Yüksekli Devir Dizel	11.2	0.2	0.3	203.0
		Orta Devirli Dizel	12.3	0.5	0.3	203.0
		Ağır Devirli Dizel	15.8	0.6	0.3	185.0
	Manevra	Yüksekli Devir Dizel	8.9	0.6	0.9	223.0
		Orta Devirli Dizel	9.9	1.5	0.9	223.0
		Ağır Devirli Dizel	12.7	1.8	0.9	204.0
Yardımcı	Seyir Manevra Liman	Yüksekli Devir Dizel	10.2	0.4	0.3	217.0
		Orta Devirli Dizel	13.0	0.4	0.3	217.0

Yüksek devirli dizel motorlar terimi ise, maksimum çalışma hızı 900 devir/dakikadan fazla olan deniz dizel motorlarını tanımlamak için kullanılmaktadır.

Eğlence ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren gezi tenezzüh tekneleri için emisyon faktörleri ise yine aynı kılavuz kitapçıkta Tablo 5.'te görüldüğü gibidir (Trozzi ve Lauretis, 2016).

Tablo 5'te tekneler, tam boylarına göre 27 ft'ten küçük, 27 ile 34 feet arası ve 37 ft'ten büyük olmak üzere, çeşitli tam boylara sahip motor yatların emisyon faktörleri, yelkenli yatlar ve yelkenli ve motorlu yatların emisyon faktörleri ayrı ayrı verilmiştir. Çalışmada incelenen yatların tümü dizel yakıtla çalışan ana ve yardımcı makinelere sahiptirler. Tablo 5'te görülebileceği üzere 27 feetten büyük teknelerin yarattığı emisyon faktörleri 27 feetten küçük teknelerinkinden farklıdır.

Tablo 5. Gezi tenezzüh tekneleri için emisyon faktörleri (g/kWh) (ENTEC, 2010)

Yakıt Cinsi	Tekne Tipi	NMVOC	NH ₃	NO _x	PM ₁₀ PM _{2,5}	Spesifik yakıt tüketimi
		(g/kWh)				
Dizel	Motor yatlar (>34 ft)	1.97	0.002	8.6	1.2	275
	Motor yatlar (27-34 ft)	1.97	0.002	8.6	1.2	275
	Motor yatlar (< 27 ft)	2.17	0.002	18	1.4	281
	Yelkenli Yatlar	2.17	0.002	18	1.4	281
	Yelkenli ve motorlu yatlar (> 26 ft)	2.17	0.002	18	1.4	281

- Katman 2

Makine tipi ve yakıt harcamasının bilindiği zamanlarda katman 2 emisyon faktörleri kullanılmalıdır. Tablo 6'da gezi tenezzüh tekneleri için yakıt sarfiyatı ve makine türüne göre verilen değerler bulunmaktadır (Trozzi ve Lauretis, 2016). Makinenin tipi göz önüne alınarak, harcadığı yakıt miktarı oranında açığa çıkan emisyon çeşitleri ve konvansiyonel nicelikleri Tablo 6'da görülmektedir. NH₃ emisyonları emisyon miktarları g/ton, diğer emisyon miktarları ise kg/ton olarak verilmiştir.

Tablo 6. Yakıt sarfiyatı ve makine tipi bilindiği durumlarda kullanılan, gezi tenezzüh tekneleri için çeşitli kirleticileri içeren emisyon faktörleri (ENTEC, 2010)

Katman 2 Gezi Tenezzüh Tekneleri Emisyon Faktörleri			
Yakıt	Kirletici	Değer	Konvansiyonel
Dizel	NO _x	kg/ton yakıt	38.4
	CO	kg/ton yakıt	19.8
	NMVOC	kg/ton yakıt	7.45
	TSP	kg/ton yakıt	4.60
	PM ₁₀	kg/ton yakıt	4.60
	PM _{2,5}	kg/ton yakıt	4.60
	NH ₃	g/ton yakıt	7.00
MGO 2 zamanlı	NO _x	kg/ton yakıt	3.27
	CO	kg/ton yakıt	481
	NMVOC	kg/ton yakıt	233
	TSP	kg/ton yakıt	12,5
	PM ₁₀	kg/ton yakıt	12.6
	PM _{2,5}	kg/ton yakıt	12.6
	NH ₃	g/ton yakıt	3
MGO 4 zamanlı	NO _x	kg/ton yakıt	26.8
	CO	kg/ton yakıt	851
	NMVOC	kg/ton yakıt	26.7

10.1.2. Yük Faktörleri

Emisyonlar hesaplanırken formüldeki yük faktörleri gezi tenezzüh tekneleri için bahse konu aynı kılavuz kitapçığında aşağıdaki Tablo 7'deki gibi verilmiştir (Trozzi ve Lauretis, 2016). Görüleceği üzere tüm gezi tenezzüh teknelerinde yük faktörleri tüm seyir modları için 0.5 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 7. Gezi tenezzüh teknelerinin ana makine yük faktörleri (ENTEC, 2010)

Yakıt Tipi	Makine Tipi	Tekne Tipi	Yük Faktörü
MGO	2 zamanlı	Yawl ve kabin botlar	0.5
		Yelkenliler (< 26 ft)	0.5
		Sürat motorları	0.5
		Diğer tekneler (< 20 ft)	0.5
		Su skuturları	0.5
		Yawl ve kabin botlar	0.5
	4 zamanlı	Yelkenliler (< 26 ft)	0.5
		Sürat motorları	0.5
		Sürat motorları	0.5
		Diğer tekneler (< 20 ft)	0.5
		Su skuturları	0.5
		Motor yatlar (27–34 ft)	0.5
Dizel	Motor yatlar (> 34 ft)	0.5	
	Motor yatlar (< 27 ft)	0.5	
	Yelkenli motor yatlar	0.5	
	Yelkenliler (< 26 ft)	0.5	
		0.5	

Yardımcı makinelerin yük faktörleri ise aşağıdaki Tablo 8’de verilmiştir. Görüleceği üzere seyir halinde iken yardımcı makinelerin %30 yükte buna ek olarak da manevrada %50 yükte çalıştıkları belirtilmiştir. Bu çalışmada yatlarda, limanda yardımcı makineler çalıştırılmadığı, elektrik enerjisi gereksiniminin sahil bağlantısı ile sağlandığı için emisyonlar liman modunda sıfır alınmıştır.

Tablo 8. Tüm gemilerin yardımcı makine yük faktörleri (ENTEC, 2010)

Mod	Yardımcı Makine Yük Faktörü %
Seyir	30
Manevra	50
Liman (Tankerler hariç)	40
Liman (Tankerler)	60

1.11. Literatür Özeti

Yapılan literatür araştırmasında gemi kaynaklı emisyonların incelenme çalışmalarının olduğu görülmüştür. Bununla birlikte çalışmalarda belirli liman ya da bölge için gemi hareket verilerinin genellikle AIS verilerinden alındığı belirtilmektedir. Hava örneklerinin incelenmiş olduğu, liman içi gemi emisyon envanterinin, taşınabilir emisyon ölçüm sistemi kullanılarak bu gemilerden farklı işletim modlarında kaynaklanan emisyon ölçümlerinin yapıldığı ve hava kirliliği modeli kullanarak gemilerden kaynaklı emisyonlarının hesaplandığı çalışmalar da mevcuttur.

Keskin ve Vardar 1998 yılı için Türk Boğazlarındaki gemi kaynaklı emisyonlar üzerine yaptıkları çalışmada, çeşitli büyüklüklerde İstanbul Boğazından geçen 49304 adet ve Çanakkale Boğazlarından geçen 38777 adet ticari geminin ve iç hat seferi yapan 348 adet yolcu gemisinin ana makinelerini, kullanılan yakıt tiplerini, gemi hızlarını ve seyir sürelerini hesaba katarak, Trozzi ve Vaccaro tarafından geliştirilen metodu kullanarak NO_x, CO, CO₂, VOC ve PM emisyonlarını hesaplamışlardır. Sonuç olarak, İstanbul Boğazında iç hatlarda çalışan yolcu gemileri ve transit geçiş yapan gemilerden kaynaklı NO_x emisyonlarını sırasıyla 2.720 ton/yıl ve 4.357 ton/yıl olarak hesaplamışlardır. İstanbul Boğazından uğraksız geçen gemiler için CO, CO₂, VOC ve PM emisyonları sırasıyla 407, 175, 132 ve 66 ton/yıl olarak hesap edilmiştir. Çanakkale Boğazı için NO_x, CO, CO₂, VOC ve PM emisyonları sırasıyla 8.461, 786, 338, 255 ve 128 ton/yıl olarak hesap edilmiştir (Kesgin ve Vardar, 2001).

Deniz ve Kılıç 2005 yılı için İstanbul Ambarlı Limanına uğrayan gemileri tipleri ve sayılarını dikkate alarak vasati groston üzerinden emisyon hesaplama metoduyla Ambarlı limanındaki gemilerden kaynaklı NO_x, SO₂, CO, CO₂, VOC ve PM emisyonlarını hesaplamışlardır. Sonuçları ise sırasıyla 845, 242, 2.127, 78.590, 504 ve 36 ton/yıl olarak bulmuşlardır. Bu çalışmalarında ilaveten, gerçek topografik ve meteorolojik verileri kullanarak hesap edilen NO_x ve SO₂ emisyonlarının yayılımlarını, 2 km²'lik liman alanı içerisinde sırasıyla 100 µg/m³ ve 55 µg/m³ olarak hesaplamışlardır (Deniz ve Kılıç, 2009).

Roskilly ve diğerleri 2007 yılında, küçük deniz araçları dizel motorlarında biyodizel uygulamasının deneysel araştırmasını yapmışlardır. Gerçekleştirdikleri testlerde, ISO 8178-4 Test Döngüsü E5'te açıklanan standartlaştırılmış test prosedürüne göre tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Test edilen motorların performansı ve gaz emisyonları karşılaştırılmış ve analizini yapmışlardır. Test sonuçlarına göre, biyodizel ile çalışan

deneme motorunun güç çıktısının fosil dizel yakıtla karşılaştırılabilir olduğunu, ancak yakıt tüketimlerinde bir artış olduğunu göstermişlerdir. NO_x emisyonlarının biyodizelde azaldığını ve motorların biyodizel kullanarak daha yüksek yüklerde çalıştırıldığında CO emisyonlarının daha düşük olduğunu bulmuşlardır (Roskilly vd., 2008).

Deniz ve Durmuşoğlu 2003 yılı için Marmara Denizi ve Türk Boğazlarındaki gemi kaynaklı egzoz emisyonlarını araştırmışlardır. Bu araştırmalarında literatürde kabul gören Trozzi ve Vaccaro yöntemini kullanmışlardır (Trozzi & Vaccaro, 1998). Araştırmalarında; gemilerin ana makine tipi, operasyon modu, gemi süratlerini ve seyir zamanlarını dikkate almışlardır. Bu çalışma sonucu CO_2 , NO_x , SO_2 , CO, VOC ve PM emisyonlarını sırasıyla 5.451.224, 111.039, 87.168, 20.281, 5.801 ve 4.762 ton/yıl olarak bulmuşlardır (Deniz ve Durmuşoğlu, 2008).

Jalkanen vd. yaptıkları çalışmalarında Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) tarafından elde ettikleri ve gemilerin tanımlanmasını ve konum belirlemesini sağlayan verilere dayanarak deniz trafiğinin egzoz emisyonlarının değerlendirilmesi için bir yöntem sunmuşlardır. Emisyonları, gemi makinelerinin anlık hızın tasarım hızına olan ilişkisini ve gemilerin makinelerinin ayrıntılı teknik bilgileri temel alınarak hesaplamışlardır. Ayrıca, dalgaların yakıt tüketimi ve atmosfere yayılan emisyonlar üzerindeki etkisini de araştırmışlardır. Yakıt tüketimi tahminleri, armatörlerden elde edilen gerçek değerlerle karşılaştırılmış ve Roll on - Roll off kargo/yolcu gemisi (RoPax) için, yıllık yakıt tüketiminin tahmini ve rapor edilen değerleri % 6 doğrulukta kabul etmişlerdir. Veri analizi ve model hesaplamalara göre, 2007 yılının tüm takvim yılı boyunca Baltık Denizi'ndeki gemilerden kaynaklanan NO_x , SO_x ve CO_2 emisyonlarını sırasıyla toplam 400 kt, 138 kt ve 19 Mt olduğu sonucuna ulaşmışlardır. AIS verilerinin mevcut olması koşuluyla, dünyanın herhangi bir deniz bölgesinde uygulanabilir böylelikle emisyonların hesaplanmasının otomatikleştirilebileceğine, bunun da emisyon envanterlerinin oluşturulmasında kaynak tasarrufu sağlayacağına dikkat çekmişlerdir (Jalkanen vd., 2009).

Deniz vd. Ege Denizi, İzmir Çandarlı Körfezindeki gemi kaynaklı egzoz emisyonlarını hesaplamışlardır. Bu hesaplamada ENTEC 2005 metodolojisini (ENTEC, 2005) kullanmışlardır. 7520 gemi kullanılarak yaptıkları hesaplamalarda 2007 senesi için buldukları NO_x , SO_2 , CO_2 , HC ve PM emisyonlarını sırasıyla 631, 573, 33.849, 32 ve 57 ton/yıl olarak bulmuşlardır (Deniz vd., 2010).

Winnes ve Fridell, yaptıkları çalışmalarında, gemilerden kaynaklı emisyonların HFO kullanıldığında yüksek oranda partikül ve azot konsantrasyonlarından meydana geldiğini

belirtmişlerdir. Bununla birlikte iki farklı gemideki ana makineler için emisyon ölçümlerinin sonuçlarını sunmuşlar ve manevra modunda emisyonların miktarlarını ve potansiyel etkilerini ölçümlenmişlerdir. Gözlenen azot oksit seviyelerinin manevra süresi boyunca, seyir moduna göre daha düşük seviyelerde olduğunu açıklamışlardır. Ancak, seçici katalitik indirgeme sistemi kullanıldığında, durumun tersine olduğuna dikkat çekmişlerdir. Ayrıca, makinelerin ilk başlatılmasında ve kapatılmasında parçacık konsantrasyonların pik seviyelere çıktıklarını gözlemlemişlerdir. Bu emisyonların, kısa süren ve düşük hızlarda manevraların gerçekleştiği liman kentlerindeki hava kalitesi üzerinde kayda değer etkileri olduğunu belirtmişlerdir (Winnes ve Fridell, 2010).

Kılıç ve Deniz 2005 yılı İzmit körfezindeki gemilerden kaynaklı NO_x , SO_2 , CO_2 , HC ve PM emisyonlarını araştırmışlardır. Bu çalışmada 11645 adet gemi hareketini incelemişlerdir. Kullandıkları Lavender yönteminde (Webster, Reynolds, & Lavender, 2006) ve ENTEC (ENTEC, 2005) verilerinden yararlanmışlardır. İnceledikleri bu emisyonları gemi operasyon modları (cruise, maneuvering, hoteling) ve gemi tiplerine göre sınıflandırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, NO_x , SO_2 , CO_2 , HC ve PM emisyon değerlerini sırasıyla 5.356, 4.305, 254.261, 232 ve 487 ton/yıl olarak hesaplamışlardır (Kılıç ve Deniz, 2010).

Tzannatos çalışmasında Yunanistan'ın Piraeus limanına gelen yolcu gemilerinden kaynaklı NO_x , SO_2 ve $\text{PM}_{2.5}$ emisyonlarını 2008-2009 yılları arasında 12 aylık süre aralığında hesaplamıştır. Çalışmasının neticesinde, senelik toplam emisyonların 2600 ton civarında ve bu süre aralığında toplam dışsal maliyetin 1 milyon Euro olduğunu hesaplanmıştır (Tzannatos, 2010).

Saraçoğlu tez çalışmasında, 2007 yılı için İzmir Limanına gelen gemilerin üç farklı işletme modlarında (seyir, manevra, liman) meydana getirdikleri ana makine ve yardımcı makinelerden kaynaklı egzoz gazı emisyon miktarlarını ENTEC 2005 metodundan (ENTEC, 2005) yararlanarak incelemiştir. Sonuç olarak ana makine ve yardımcı makine emisyonlarını NO_x için 1.882 ton/yıl, SO_2 için 1.703 ton/yıl, CO_2 için 100.590 ton/yıl HC için 136 ton/yıl ve PM için 211 ton/yıl olarak bulmuştur (Saraçoğlu, 2010).

Yau vd. yaptıkları çalışmalarında, dünyanın en işlek limanlarından biri olan Hong Kong limanı için 2007 yılında uzakyol sefer yapan gemiler için ayrıntılı bir deniz emisyon envanteri oluşturmuşlardır. 2007 yılında 37.150 seferlik uzakyol sefer yapan geminin limana giriş yaptığını ve toplam NO_x , SO_2 ve PM_{10} emisyonlarının sırasıyla % 17, % 11 ve % 16'sını oluşturan 17.097, 8190 ve 1035 ton olduğu göstermişlerdir. Emisyonların en

yüksek olduğu bölgelerin ise doğu Lamma Kanalı boyunca olan gemi rotasında ve Kwai Chung ve Tsing Yi Konteyner Limanı'nın yanaşma yarıtımlarında olduğunu hesap etmişlerdir. Ayrıca, Hong Kong'daki uzakyol sefer yapan gemilerden kaynaklı emisyonların, 2007'deki küresel toplam nakliye emisyonlarına sırası ile % 0,07 NO_x, % 0,05 SO₂ ve % 0,06 PM₁₀ katkıda bulunduğunu eklemişlerdir (Yau vd., 2012).

Zhang vd. yaptıkları çalışmalarında, Bohai Deniz Boğazı'ndaki Tuoji Adası yakınlarında 60 hava örneğini incelemişlerdir. Hava örneklerinde PM_{2.5}, organik karbon, element karbon, inorganik elementleri ve suda çözünür iyonları analiz etmişlerdir. Araştırmaları neticesinde gemilerden kaynaklanan yıllık ortalama PM_{2.5} emisyonu Tuoji Adası'nda 0.65 µg·m⁻³ olup, toplam PM_{2.5}'in% 2.94'ünü oluştururken, yaz aylarında maksimum% 3.16 ve sonbaharda minimum% 2.39 olduğunu belirtmişlerdir (Zhang vd., 2014).

Song çalışmasında, Şanghay'daki Yangshan limanında liman içi gemi emisyon envanterini (CO₂, CH₄, N₂O, PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO_x, CO ve HC) hesaplamıştır. Gemi emisyonları ile ilgili doğru tahminler elde etmek için Otomatik Tanımlama Sisteminden (AIS) ve gerçek zamanlı veriler tarafından desteklenen, faaliyete dayalı metodoloji kullanmıştır. Sonuç olarak liman içi gemi emisyonlarını CO₂, CH₄, N₂O, PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO_x, CO ve HC miktarının 578,444 ton, 10 ton, 33 ton, 1078 ton, 859 ton, 10.758 ton, 5623 ton, 1136 ton ve 519 ton olarak hesap etmiştir. (Song, 2014).

Kılıç ve Tzannatos (2014), Yunanistan'nın Piraeus limanına 2006 yılında gelen konteyner gemilerinden kaynaklı emisyonları incelemişlerdir. Limanda bağlı durumda iken ve manevraları sırasında gemilerden kaynaklı NO_x, SO₂, CO₂, HC ve PM emisyonların toplam miktarlarını sırasıyla 294, 264, 15.504, 16,5 ve 26,4 ton olduğu sonucuna varmışlardır. Bu sürer zarfında toplam zararın ise 7,5 milyon Euro olduğunu hesaplamışlardır (Kılıç ve Tzannatos, 2014)

Rehmatulla ve Smith yaptıkları çalışmalarında enerji maliyetlerinin bir geminin işletme maliyetlerinin yaklaşık yüzde 60-70'ini temsil ettiğinden ve sektör lideri uzmanlardan ve tanınmış kuruluşlardan yapılan analizler sonucu şimdiye kadar mevcut yakıt fiyatlarında genellikle maliyetlerin azaltma potansiyeli gibi görünen seçenekleri kullanmalarına rağmen önemli ölçüde gerçekleşmemiş olduğundan, dolayısıyla gemiler ve şirketler açısından enerji verimliliği ve karbon emisyonlarının azaltılmasının çok önemli olduğundan bahsetmişlerdir. Sonuç olarak, küresel denizcilik sistemi modeli ile yapılan karşılaştırmalı analizlerle bu yöntemlerin diğer sektörlerde tartışılan bazı piyasa dışı

başarısızlıkların ve piyasa başarısızlıklarının varlığını gösterdiğine değinmişlerdir. Ayrıca sektörün farklı bileşenlerinin ve farklı tip gemilerin enerji verimliliğinin, enerji verimliliği dizayn endeksinin (EEDI) artırılması ve özellikle CO₂ emisyonların azaltılması ile ilgili yeni teknolojilerin uygulama güçlüklerini incelemişlerdir (Rehmatulla ve Simith, 2015).

Gonzales vd. çalışmalarında, römorkörlerin emisyon envanterinin etkinliklerini analiz ederek tahmin edilmesi için önerilen bottom-up yaklaşımı kullanarak, her römorkörün ana makina ve yardımcı makinalarının yakıt tüketimi hesaplamışlar ve bu tüketimi atmosferik emisyonlara dönüştürmüşlerdir (Gonzalez vd., 2015).

Shi araştırmasında, uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyonlarının iklim, insan sağlığı ve deniz ekosistemleri üzerinde olumsuz etkiler yarattığına değinmiştir. Bununla birlikte, araştırmaların, benimsenen teknik ve operasyonel önlemlerin, uluslararası deniz ticaretinin öngörülen büyümesi nedeniyle mutlak emisyon azaltımına ulaşamayacağını gösterdiğine dikkat çekmiştir. Market tabanlı emisyon ölçümlerin benimsenmesinin gerekip gerekmediğini incelemiştir ve dünyanın farklı bölgelerindeki ulusların emisyonlarla ilgili yaptıkları düzenlemelerden yola çıkarak market tabanlı emisyon ölçümünün ihtiyacından bahsetmiştir (Shi , 2016).

Qiao vd. yaptıkları çalışmalarında, Şanghai'daki ECUST kampüsünde bir yıllık PM1 ve PM2.5 emisyonlarını incelemişler ve kompozisyonları Desert Research Institute (DRI) Model2001 karbon analiz cihazını kullanarak analiz etmiş ve bulguları karşılaştırmışlardır. Higroskopik büyümenin tam tersi olan pus kirliliğinin yoğunlaşmasıyla yanma emisyonlarının PM2.5'e katkısının artarken, ikincil formasyonun açık havlı günlerde ve pus günlerinde oldukça sabit kaldığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, PM2.5'in açık günlerde PM1'in baskın olduğunu, puslu günlerde ise PM1-2.5'in PM2.5'e katkısının arttığını ve PM2.5'in pus kirliliğini karakterize etmek veya tahmin etmek için öncelik verilmesi gerektiğini göstermişlerdir (Qiao vd., 2016).

Peng vd. yaptıkları çalışmalarında, yedi farklı gemide, taşınabilir emisyon ölçüm sistemi kullanılarak bu gemilerden farklı işletim modlarında kaynaklanan emisyon ölçümlerini yapmışlardır. CO, HC, NO_x ve PM emisyon faktörlerini yakıt miktarına göre sırasıyla 11.00-84.60 g/kg, 22.75-98.88 g/kg, 0.72-5.83 g/kg ve 0.15-9.53 g/kg olarak tespit etmişlerdir (Peng vd., 2016).

2016 yılı için Aksoyoğlu vd. yaptıkları çalışmalarında, Avrupa'da ozon, PM2.5'in komponentlerini, azot ve kükürt birleşiklerinin bileşikleri birikimlerinin mevsimsel bazda belirlemişlerdir. Çalışmalarında CAMx (Kapsamlı Hava Kalite Modeli) modeli

kullanmışlardır. Yaz aylarında emisyon değişiminin maksimum olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır. Partikül sülfat konsantrasyonlarının Akdeniz'deki gemi emisyonlarının % 60, İngiliz Kanalı ve Kuzey Denizi'nde % 30-35 arttığını ve partikül nitrat seviyelerinde, özellikle kuzeyde yüksek NH₃ kara kaynaklı emisyonların bulunduğu Benelüks bölgesi civarında, % 20 oranında arttığını hesap etmişlerdir. Sonuç olarak, gemilerden kaynaklanan NO_x emisyonlarının ve kara tabanlı NH₃ emisyonlarının evriminin gelecekteki Avrupa hava kalitesinde önemli bir rol oynayacağına dikkat çekmişlerdir (Aksoyoğlu vd., 2016).

Cullinane vd. çalışmalarında, Tayvan'ın en büyük üç konteyner limanları olan Kaohsiung, Keelung ve Taichung'da 2012 yılında limanda bağlı bulunan konteyner gemilerinden salınan atmosferik emisyonları bottom-up aktivite tabanlı emisyon hesaplama modeli kullanarak hesaplamışlardır. Ortaya çıkan sonuçların, konteyner gemilerinin atmosferdeki emisyonlardan önemli miktarda sorumlu olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Kaohsiung limanının her üç limanda da her türlü atmosfer kirliliğinden kaynaklanan emisyonların yaklaşık % 58,65'ine katkıda bulunduğu bulunmuşlardır. Bununla birlikte, limanda elleçlenen konteyner başına emisyonların, çalışmadaki diğer iki limana kıyasla en düşük olduğu sonucuna varmışlardır (Cullinane vd., 2016).

Ramacher vd. çalışmalarında, üç boyutlu birleştirilmiş prognostik meteorolojik ve hava kirliliği modeli olan ve fotokimiyayı içeren yoğun bir kimya şemasına sahip TAPM (Hava Kirliliği Modeli) kullanarak, Hamburg limanındaki gemilerden kaynaklı emisyonlarının (NO_x, PM₁₀) mekansal dağılımını ve bunların Hamburg metropol alanındaki birikimini incelemişlerdir. Sonuçlarını, Hamburg metropol alanı ve limandaki gemilerinden kaynaklanan kirleticileri (PM ve NO_x) vurgulayan mekansal dağıtım haritaları şeklinde sunmuşlardır (Martin vd., 2016)

Buccolieri vd. çalışmalarında İtalya'nın Brindisi limanındaki gemilerden kaynaklı NO_x, SO₂ ve PM₁₀ emisyonlarının yerel hava kalitesi üzerindeki etkisinin sayısal simülasyonlarını, ADMS-Urban ile çevrim dışı mezoz ölçekli BOLCHEM modeli vasıtasıyla hesaplamışlardır. 2012 yılı için Avrupa Birliği direktiflerinin uygulanmasından sonra, SO₂ emisyonunun özellikle liman alanına yakın yerlerde konsantrasyon azalmasının çok olduğunu, buna karşın, PM₁₀ ve NO_x emisyonlarında az miktarda gerileme olduğunu hesap etmişlerdir (Buccolieri vd., 2016).

Kocaman vd. çalışmalarında 2014 yılında Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından geçen Türk bayraklı kimyasal tankerleri seyir modunda ve her gemi makine gücü

kullanarak bu gemilerden kaynaklı emisyonları hesaplamışlardır. Sonuçlarını Çanakkale ve İstanbul Boğazı toplam emisyon miktarlarını 3.061,20 ton CO₂, 51,91 ton SO₂, 2,47 ton CO, 1,48 ton HC, 89,48 ton NO_x ve 6,42 ton PM olarak sunmuşlardır (Kocaman vd., 2016).

Chen vd. Dünya'daki 10 büyük konteyner limanlarından biri olan Çin'in Tianjin Limanı için AIS verileri kullanılarak gemilerin ayrıntılı egzoz emisyon envanteri geliştirmişlerdir. 2014 yılında hesap edilen gemi emisyonlarını sırasıyla 2.93 x 10⁴, 4.13 x 10⁴, 4.03 x 10³, 3.72 x 10³, 1.72 x 10³ ve 3.57 x 10³ ton SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, NMVOC ve CO olduğunu çalışmalarının sonucu olarak sunmuşlardır (Chen vd., 2016).

Zhand vd. Çin'in Nanjing Longtan Konteyner Limanında, 2014 yılı için, Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) verilerini, gemi emisyonlarının "bottom-up" metodojisini kullanarak gemilerden kaynaklı emisyonların değerlendirmelerini yapmışlardır. Sonuç olarak, PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO_x, CO, HC ve CO₂ için toplam gemi emisyonlarının sırasıyla 3.45, 2.76, 196.00, 2.90, 20.62, 8.13 ve 12.554.29 ton/yıl olduğunu göstermişlerdir. Bu doğrultuda, emisyon özelliklerinin analizine dayanarak gemi emisyon azaltma önlemleri önerilmişlerdir (Zhang vd., 2017).

Tseng vd. araştırmalarında Tayvan'daki uluslararası limanlarda kirlilik için temel çevresel risk faktörlerini değerlendirmek üzere bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) yaklaşımını kullanmışlardır. Buldukları sonuçlara göre Tayvan'daki uluslararası limanlarda hava kirliliği, çevre kirliliğinin en önemli yönü olduğuna değinmişlerdir. Bunun yanında, Tayvan'daki uluslararası limanlarda kirlilik için en önemli beş çevresel risk faktörünün; gemilerden kaynaklanan yağ sızıntıları, uçucu organik bileşikler (VOC'ler), rıhtımdaki gemilerden egzoz emisyonları, gemi gövdelerindeki zararlı kaplamaların ve gemilerin yüksek kirliliğe sahip yakıt kullanmamaları olduğunu belirtmişlerdir (Tseng vd., 2017).

Misra vd. limanların dünya çapındaki toplam sera gazı (GHG) emisyonlarının yaklaşık % 3'ünü oluşturduğuna dikkat çekmişlerdir. Ürünlerin intermodal taşımacılığı ve diğer temel hizmetler için muazzam miktarda elektrik ve dizel kullanıldığı Hindistan'ın Chennai Limanı'ndaki sera gazı emisyonlarının envanterini, limanın çeşitli tesislerinin yanı sıra, Chennai Limanı'nın yönetimi altındaki balıkçı limanı ve yerleşim merkezi de hesaba katılarak çıkarmışlardır. Çalışmalarında sera gazı emisyonlarının miktarının belirlenmesinde, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve Dünya Liman İklim Girişimi (WPCI) ilkelerine göre yapmışlardır. Sonuç olarak sera gazı emisyonlarının

Chennai Limanı ve limanla ilgili tesislerden 280.558 ton CO₂ ton/yıl olarak yayıldığı belirtilmiştir (Misra vd., 2017).

Butterfield vd. siyah karbon emisyonlarının gemilerden kaynaklı etkisini incelemek için, Goonhilly Downs'a Kasım 2012'den itibaren tam bir yıl boyunca çok düşük arka plan kirliliği seviyelerine sahip yoğun ticari gemi rotalarının rüzgar altında kalan Lizard yarımadasında bir aethalometer (havada asılı partiküllerin konsantrasyonunu optik olarak ölçen cihaz) kurarak, siyah karbon ve UV bileşen konsantrasyonları, gemilerden kaynaklı emisyonları, yerel kaynaklar ve uzak yol nakliyesi arasında ayırım yapmak için yerel rüzgar hızı ve yön verileri ile birleştirmişler ve veriler toplamışlardır. Açık deniz taşımacılığından kaynaklanan siyah karbon konsantrasyonlarına yıllık ortalama 0,1 µg m⁻³'ten az olduğu ve saatlik en üst değerlerinin 1-2 µg m⁻³ aralığında olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Butterfield ve Quincey, 2017).

Liu vd. yaptıkları çalışmada, Çin'in Dalian kentinin kuzey Sarı Bo Denizi balıkçılık sahasının kıyı bölgesi yakınında, dizel yakıt tahrikli makineye sahip 8 açık deniz balıkçı gemisinin gemide emisyon testlerini gerçekleştirmişlerdir. Manevra modunda açığa çıkan emisyon olarak, büyük miktarda ince parçacıkların (<0,5 µm, % 90) bulunduğunu, bunun da seyir modundakinden yaklaşık beş kat daha yüksek bir değer olduğunu belirtmişlerdir. Emisyon oranlarını hem mesafeye hem de yakıtı dayalı emisyon faktörlerini seyir ve manevra modlarında (kalkış ve varış dahil) belirtmişlerdir. Ortalama emisyon oranlarının ve CO, HC ve PM'nin mesafeye dayalı emisyon faktörlerinin manevra modunda seyir hızına göre çok daha yüksek olduğuna değinmişlerdir. Bununla birlikte, ortalama (NO_x) emisyon oranının, seyir modu sırasında manevra modlarına kıyasla daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Aksine, NO_x'in ortalama mesafeye dayalı emisyon faktörleri, seyir modu sırasında, manevra moduna göre, düşük seyir hızından dolayı daha az çıktığını gözlemlemişlerdir. (Liu vd., 2018)

Murena vd. 2016 yılında 20 Ocak-8 Mart tarihleri arasında Napoli limanındaki gemi kaynaklı emisyonları etkilerini hesaplamışlardır. Verilerini yerleştirdikleri 40 adet pasif numune alıcı yardımıyla alarak bu numunelerin ortalamalarını hesaplarında kullanmışlardır. Ölçümledikleri konsantrasyon seviyeleri, hem SO₂ hem de NO₂ için Avrupa direktifleri tarafından belirlenen sınır değerlerin altında çıkmıştır. Benzen ise, yıllık ortalama olarak sabitlenen sınır değeri 5 µg/m³'ü aşmıştır (Murena ve Prati, 2018).

Ünlügençoğlu vd. İstanbul Ambarlı limanında yaz mevsiminde 3 aylık süre boyunca hava kalitesi ölçüm cihazıyla gerçek zamanlı ölçümler yapmışlar ve gemilerden kaynaklı

SO₂, CO, NO₂ ve PM₁₀ emisyon verilerini çıkartmışlardır. Paralel süre zarfında aynı hava ölçüm cihazıyla Ambarlı limanına yakın olan İstanbul Avcılar ilçesinde de ölçümler yapmışlardır. Elde ettikleri verileri Avrupa ve Türkiye hava kalitesi limit değerleri ile karşılaştırmışlar ve SO₂, NO₂, PM₁₀ ve CO emisyonlarının 2018 yılı yaz ayında Avrupa ve Türkiye hava kalitesi limit değerleri altında olduğu sonucuna varmışlardır (Ünlügenç vd., 2018).

Yapılan çalışmaların sonuçlarından da görüleceği üzere, insan sağlığına doğrudan olumsuz yönde etkileri olan, gemi kaynaklı emisyonların atmosferik kirliliğe etkilerinin boyutları büyüktür.

Araştırmacıların çalışmalarının kapsamı, emisyon çeşitleri ve kullandıkları emisyon tahmin yaklaşımlarının gösterildiği Tablo 9'da literatür araştırmasının özetlenmiş bir çizelgesi verilmiştir. Emisyon ölçüm cihazı verilerinin analiz edildiği yaklaşımlar haricinde, araştırmacıların genel olarak bottom-up yaklaşımını kullandıkları tespit edilmiştir. Bunun yanında, görülebileceği üzere günümüze kadar marinalardaki emisyon envanteri üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Tablo 9. Araştırmacıların çalışmalarının kapsamı, emisyon çeşitleri ve kullandıkları emisyon tahmin yaklaşımları

Araştırmacı	Yıl	Araştırma Kapsamı	Emisyon Çeşitleri	Kullanılan Yaklaşım
Keskin ve Vardar	1998	İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndan geçen gemiler ve iç hat seferi yapan yolcu gemileri	NO _x , CO, CO ₂ , VOC, PM	Bottom-up
Deniz ve Durmuşoğlu	2003	Marmara Denizi ve Türk Boğazları	CO ₂ , NO _x , SO ₂ , CO, VOC, PM	Bottom-up
Deniz ve Kılıç	2005	Ambarlı Limanı	NO _x , SO ₂ , CO, CO ₂ , VOC, PM	Vasati groston üzerinden emisyon hesaplama
Kılıç ve Deniz	2005	İzmit Körfezi	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , HC, PM	Lavender yöntemi
Kılıç ve Tzannatos	2006	Piraeus Limanı	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , HC, PM	Bottom-up
Roskilly ve diğerleri	2007	Küçük deniz araçları dizel motorlarında biyodizel uygulaması	NO _x	ISO 8178-4 Test döngüsü
Saraçoğlu	2007	İzmir Limanı	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , HC, PM	Bottom-up
Yau vd.	2007	Hong Kong Limanı	NO _x , SO ₂ , PM ₁₀	Bottom-up
Tzannatos	2008	Piraeus Limanı	NO _x , SO ₂ , PM _{2.5}	Bottom-up
Deniz vd	2010	Çandarlı Körfezi	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , HC, PM	Bottom-up
Winnes ve Fridell	2010	1 tanker gemisi ve 1 feribot üzerinde	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , HC, CO	ISO 8178 standart ölçüm cihazı verileri analizleri
Cullinane vd.	2012	Kaohsiung, Keelung ve Taichung limanları	NO _x , CO, CO ₂ , SO ₂ , HC, PM ₁₀ , PM _{2.5}	Bottom-up
Buccolieri vd.	2012	Brindisi Limanı	NO _x , SO ₂ , PM ₁₀	BOLCHEM modeli
Zhang vd.	2014	Tuojji Adası yakınları	PM _{2.5} , OC, Suda çözünür iyonlar	Kimyasal analiz
Song	2014	Yangshan Limanı	NO _x , SO _x , CO, HC, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, PM ₁₀ , PM _{2.5}	Bottom-up
Kocaman vd.	2014	Türk Boğazları'ndan geçen Türk bayraklı kimyasal tankerler	CO ₂ , SO ₂ , CO, HC, NO _x , PM	Bottom-up
Chen vd.	2014	Tianjin Limanı	SO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , NMVOC, CO	Bottom-up
Zhand vd.	2014	Nanjing Longtan Konteyner Limanı	NO _x , SO _x , CO, HC, CO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5}	Bottom-up
Gonzales vd.	2015	Römorkörler	NO _x , SO _x , CO, HC, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NMVOC, PM	Bottom-up
Qiao vd.	2016	Şanghay ECUST kampüsü	PM ₁₀ , PM _{2.5}	Desert Research Institute (DRI) Model2001 karbon cihaz analizleri
Peng vd.	2016	Yedi farklı gemi	CO, HC, NO _x , PM	Taşınabilir emisyon ölçüm cihazı analizleri
Aksoyoğlu vd.	2016	Gemilerden kaynaklanan NO _x emisyonlarının ve kara tabanlı NH ₃ emisyonlarının evrimi	PM _{2.5} , NH ₃ , NO _x	CAMx (Kapsamlı Hava Kalite Modeli) modeli
Ramacher vd.	2016	Hamburg Limanı	NO _x , PM ₁₀	TAPM (Hava kirliliği modeli)
Murena vd.	2016	Napoli Limanı	SO ₂ , NO ₂	Pasif numune alıcı cihaz veri analizleri
Liu vd.	2018	Kuzey Sarı Bo Denizi balıkçılık sahası, 8 açık deniz balıkçı gemisi	CO, HC, PM	Taşınabilir emisyon ölçüm cihazı analizleri
Ünlügençoğlu vd.	2018	Ambarlı Limanı	SO ₂ , CO, NO ₂ , PM ₁₀	Hava kalitesi ölçüm cihazı veri analizleri

Literatür taramasında görülen marinalardaki emisyon envanteri eksikliğinin bu çalışma ile giderilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda marinalardaki yat hareketlerinden dolayı açığa çıkan, insan sağlığına zararlı olan emisyonların tespit edilmesi ve emisyonların azaltılabilesine yönelik alınabilecek önlemler belirlenmiştir. Gemilerden kaynaklanan emisyonlar hesaplanırken kullanılan bottom up yaklaşımında, gemilerin makine gücü bilinmediğinde, mevcut tonajdan ortalama makine gücünü değerlendirmek için Lloyd's Register veri tabanından yaklaşık 100.000 gemi hakkında veriler kullanılarak türetilen belirli ampirik fonksiyonlar kullanılmıştır. Bu çalışmada ise tüm teknelerin makine güçleri her bir tekne için ayrı ayrı olmak üzere gerçek değerler alınıp gerekli emisyon hesapları yapılmıştır.

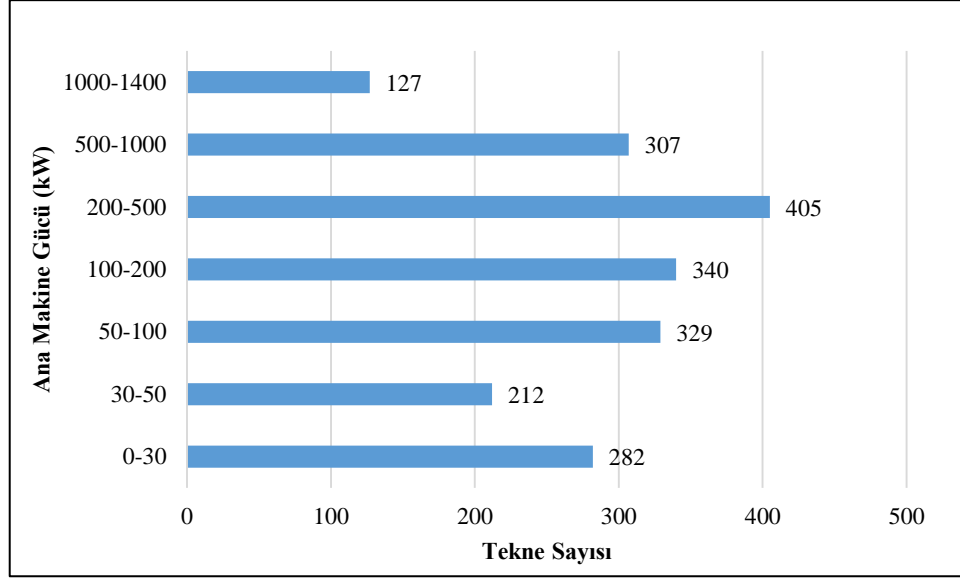


2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, ülkemiz için yatçılık sektöründe en çok yat hareketinin yaşandığı ve yüksek sezon olarak kabul edilen 01 Haziran-31 Ağustos tarihleri aralığındaki tekne hareketleri verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda Türkiye'deki en prestijli ve yoğun marinaların önde gelenlerinden biri olan Turgutreis D-Marin yat hareketleri incelenmiştir.

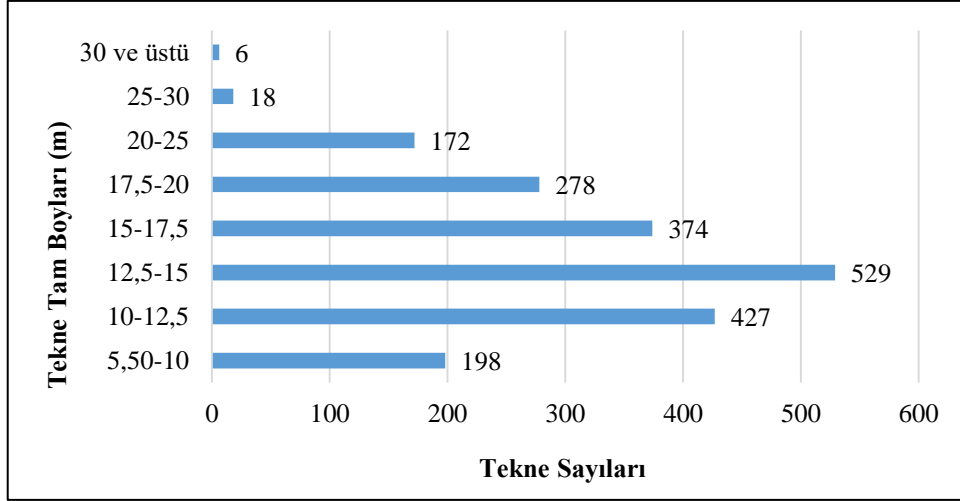
Yatların ana makine ve yardımcı makinelerinin kW değerleri ortalama groston üzerinden önerilen ampirik fonksiyonlar yardımıyla değil, her tekne için tek tek gerçek değerler olmak üzere hesap edilmiştir.

Çalışmada incelenen yatların hepsi dizel tahrikli ana ve yardımcı makineler kullanmaktadırlar. Ana makine güçleri 10 Hp (7,46 kW) den 1800 Hp (1342 kW) ye kadar değişmektedir. Şekil 6'da incelenen yatların ana makine güç aralıkları ve bu aralıklardaki yat hareket sayıları verilmiştir. 200-500 kW güce sahip yat sayısının 405 hareketle ile toplam hareketlerin %20,2 oranla en yüksek oranda olduğu görülmüştür.



Şekil 6. İncelenen yatların ana makine güçleri

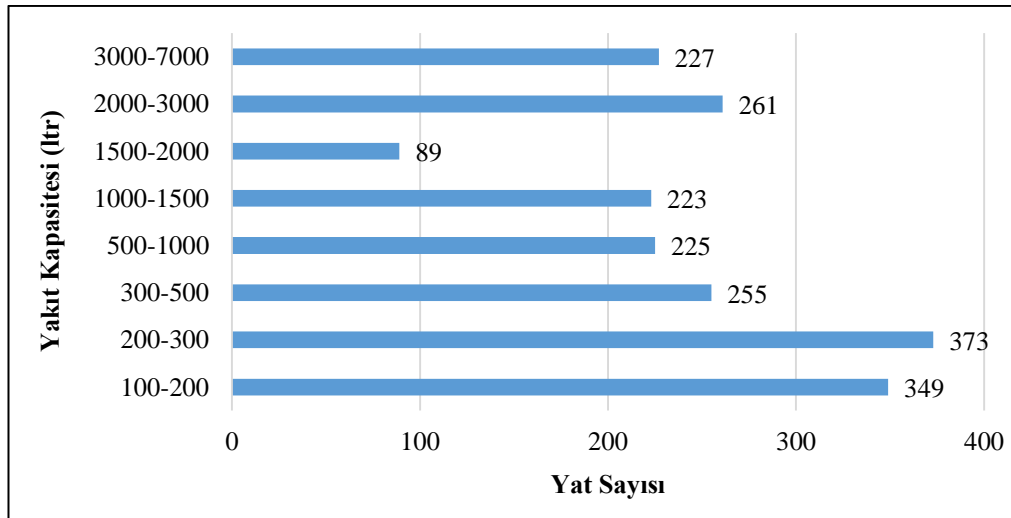
İncelenen yatlar 5,50 metre ile 64 metre arasında değişen tam boylara sahiptir. Yatların tam boylarına göre dağılımları Şekil 7'deki grafikte verilmiştir.



Şekil 7. İncelenen yatların tam boylarına göre dağılımları

Grafikten de görüleceği üzere 12,5 ile 15 metre uzunluktaki yatlar toplamda %26,4 oranla çoğunluktadır. Tam boyları uzun olan yatların daha güçlü ana veya yardımcı makinelere sahip olacağı düşüncesi yanlıştır. Yatlarda tercih edilen makine güçleri tekne sahibinin kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Daha küçük teknelerin hızlı olmaları istenildiğinde kendisinden daha büyük teknelerden daha güçlü makinelerle donatılabilmektedirler.

Yakıt kapasiteleri yatların kullanım amaçları ve ana makine gücüne göre 100 litre ile 7000 litre arasında değişmektedir. Şekil 8’de incelenen yatların yakıt kapasite aralıkları ve bu aralıktaki yat sayıları verilmiştir.



Şekil 8. İncelenen yatların yakıt kapasiteleri

200-300 litre yakıt kapasitesine sahip yatların 373 adetle, toplam yat hareketlerinin %18,6'ini içermekte ve en fazla orana sahip yatlar olduğu görülmektedir. Bununla birlikte 1500-2000 litrelik yakıt kapasiteli yatların hareketleri toplam hareketin sadece %0,5'ine karşılık gelmektedir.

Veriler Turgutreis D-Marin marina müdürlüğü hareket amirliğinin jurnal kayıtlarından elde edilmiştir. Toplanan verilerde, 2019 yılı için yüksek sezonda toplamda 10024 yat hareketi olduğu görülmüş ve bu hareketlerin 2002 adedi incelenmiş ve sonuçlardan ölçeklendirme yapılarak emisyonlar hesap edilmiştir. İncelenen yatların, ana makine güçlerinin gösterildiği Şekil 6, tam boylarına göre dağılımlarının verildiği Şekil 7 ve yakıt kapasiteleri verildiği Şekil 8 incelendiğinde bu 2002 hareketin 10024 hareketi ölçeklendirilmesinde yeterli olduğu görülmüştür.

2.1. Örneklem Marina; Turgutreis D-Marin

2003 yılında faaliyetine başlayan Turgutreis D-Marin, geniş ve kaliteli olanaklara sahip bir marina'dır (URL-4, 2020).



Şekil 9. Turgutreis D-Marin (URL-4, 2020)

Mega yatlara da servis imkanı olan marina, Bodrum ilçesine 20 km uzaklıkta yer almaktadır ve Doğu Gurubu'nun uluslararası marina yatırımlarından ilkidir. Doğu gurubu 2019 yılında yaptığı son anlaşmalar sonunda beş ülkede on dört Marina'ya ulaşarak marina yatırımlarını arttırmıştır (URL-5, 2019). Marinacılık alanında pek çok ödüle sahip

Turgutreis D-Marin son olarak 2019 yılında Türkiye Çevre Eğitim Vakfı tarafından düzenlenen, 'Ulusal Mavi Bayrak Ödül Töreni'nde en iyi çevre bilinçlendirme etkinlikleri ödülünü almıştır (URL-6, 2019). Ayrıca Muğla yöresindeki mavi bayrak sahibi 8 marinadan biridir (URL-7, 2019).

Marina Vhf kanal 17 den dinleme yapmaktadır ve çağrı işareti 'Dmarin'dir. Marina içerisindeki gümrük binası sayesinde yurda giriş çıkış işlemleri yapılabilmektedir (URL-8, 2019). Marina yerleşimi içerisinde yüzme havuzu, tenis kortu, spor salonu, sauna, plaj voleybol sahası, açık hava sineması, amfi tiyatro, kafeler, restoranlar, alışveriş mağazaları, kiralama ve seyahat acentaları, araba kiralama ofisleri, yat broker ve sigortalama şirket ofisleri, banka ve para çekme noktalarının olduğu kapsamlı bir sosyal alana sahiptir.

Pek çok marinada bulunmayan, marina içindeki akaryakıt istasyonundan teknelerin gümrüklü ve gümrüksüz yakıt tedarik etme olanakları vardır (URL-9, 2019). Tekneler iskelelere bağlı durumda iken gerekli enerji ihtiyaçlarını, kesintisiz olarak, 220V ya da 380V gerilimde 50Hz, 16-32-63-125 Amper opsiyonlarıyla marinadan sağlayabilmekte (URL-10, 2020) ve böylece marina içerisinde yardımcı makinelerinden kaynaklanacak emisyonları sıfırlayabilmektedirler. Teknelere tedarik edilen ve marina içerisinde, bitkilerin sulanması dahil her yerde kullanılan tatlı su, şehir şebekesinden değil deniz suyunun ileri teknoloji ile damıtılmasından elde edilmektedir (URL-11, 2020). Marinada bunlara ilave olarak yatçıların kullanımına açık tuvalet ve banyolar, çamaşır ve bulaşık yıkama üniteleri, kablosuz internet erişimi, depo alanları, kapalı ve açık otopark alanları, palamar hizmeti, dalgıç hizmetleri ve dalış tüpü dolumu yapılabilmektedir. Marinanın kendine ait olan ambulansı, doktoru ve ilk yardım merkezi de vardır.

550 adet denizde bağlama kapasitesi bulunmaktadır. Tam boyları 8-15 m arası olan tekneler tonozlu parmak iskelelere bağlanabilmektedirler. Tam boyları 16-75 m arası olan tekneler ise opsiyonlu olarak iskelelere tonozlu ve/veya aborda olabilmektedir (URL-12, 2019).

Marinada gerektiğinde 150 adet tekneye hizmet verebilecek olan çekek yeri mevcuttur. Bu çekek yerinde emniyetli taşıma kapasitesi (SWL) 100 ton olan travel lift ve 40 ton olan tekne taşıyıcısı marinanın olanakları dahilindedir. Yatların kışlamaları için, tekne altı temizleme imkanına da sahip, kapalı hangar ve çekek/gemi kızağı da tekne sahiplerine hizmet vermektedir (URL-13, 2019).

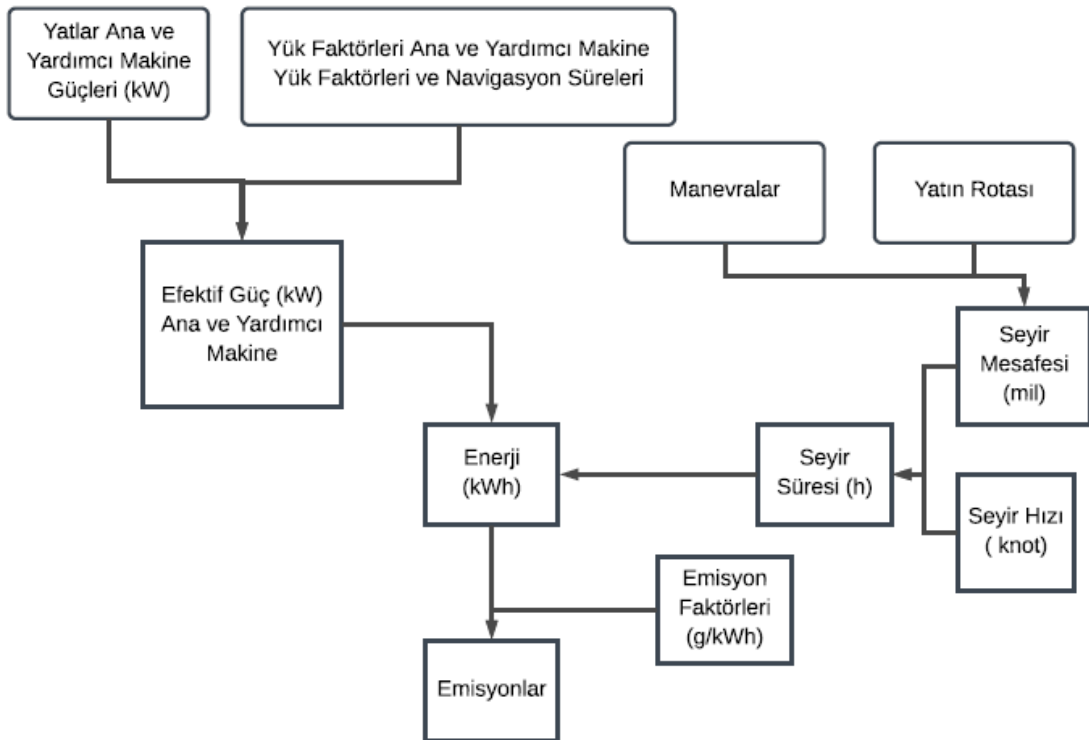
Marinada tekne sahiplerinin teknik ihtiyaçlarından olan; pek çok atölyeler ile boya ve polyester işleri, elektrik, marangoz, torna ve metal işleri, motor bakım ve onarımı, akü

kontrol ve şarjı, havalandırma ve sintine kontrolü, genel temizlik işleri, gemi malzemeleri tedarikleri yapılabilmektedir (URL-12, 2019). ISPS'e tabi olan Turgutreis D-marin'de 24 saat kapalı devre kamera sistemi, gözetleme kuleleri ve özel güvenlik ile yangın uyarı ve söndürme ekipmanları yine yatçıların hizmetindedir (Öztürk ve Turna, 2017).

Türkiye'de yatçılık yoğunlukla Bodrum bölgesinde yapılmaktadır. Bodrum bölgesindeki Turgutreis D-Marin, rekabet avantajları ve yukarıda sıralanan özellikleri dolayısıyla yatçılık faaliyetlerinde tercih edilir bir konumdadır. Ayrıca çevre kirliliğine karşı duyarlı bir politika izlemektedir. Bu yüzden marinalardaki emisyonların çalışıldığı bu araştırmada örnek marina olarak seçilmiştir.

2.2. Yatların Emisyon Hesapları

Bu çalışmada teknelerin sahip olduğu ana ve yardımcı makinelerin güçlerinden yola çıkılarak, çalışmada kullanılan metot alt başlıklarında detaylı anlatılan, 1, 2 ve 3 numaralı formül yardımı ile toplam emisyonlar literatürde kabul görmüş bottom-up yaklaşımı kullanılarak hesap edilmiştir. Şekil 10'da bottom up yaklaşımının akış şeması verilmiştir.



Şekil 10. Bottom-up Emisyon yaklaşımı

İncelenen tekneler öncelikle yelkenli motor yat ve motor yat olarak çeşitlerine göre ayrılmıştır. Her teknenin tam boy (m), genişlik (m), ana ve yardımcı makine güçleri (kW), yakıt kapasitesi (lt), ana makine marka ve modeli, tek ya da çift makineye sahip oldukları ve hangi teknenin hangi aylarda kaç adet giriş çıkış yaptıkları Microsoft Excel program dosyasına girilerek bir döküm oluşturulmuştur.

Tablo 10'da çalışmada incelenen yatların özelliklerinin girilip oluşturulduğu dökümden bir bölüm olan ilk 14 tekne görülmektedir. Her bir teknenin ay ay marinaya yaptığı giriş çıkış sayısı ilk altı sütuna girilmiştir. Bu teknelerin metre olarak tam boy, metre olarak genişlik ve litre olarak yakıt kapasite miktarları 7, 8 ve 9. sütunlara girilmiştir. Yatların sahip oldukları ana makine güçleri kilowatt ve beygir gücü olarak 10 ve 11. sütunlarda yer almaktadır. Yardımcı makinelerin gücü 12., yatların sahip olduğu ana makine sayıları 13. sütunda görülmektedir. 15. Sütunda teknelerin yelkenli yat ya da motor yat oldukları gösterilmiştir. Her teknenin üzerindeki ana makine marka ve modeli 16. sütunda görülmektedir.

Tablo 10. İncelenen yatların dökümünden bir kısım

Tekneler	Haziran		Temmuz		Ağustos		Tam Boy (m)	Genişlik (m)	Yakıt Kap. (ltr)	Ana Makina		Y. Mak. kw	Ana Mk Sayısı	Yakıt	Yat Çeşidi	Ana Mk. Markası
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış				kw	hp					
Tekne 1	1	1	0	0	1	1	12.50	3.96	185.00	37.28	50.00	5.00	1x50	Dizel	Yelkenli Yat	Volvo Penta
Tekne 2	1	0	3	3	1	1	15.24	4.60	500.00	58.16	78.00	5.00	1x78	Dizel	Yelkenli Yat	Volvo Penta
Tekne 3	3	3	5	5	8	8	15.20	4.43	1600.00	328.11	440.00	3.50	2x440	Dizel	Motor Yat	Volvo D6-IPS600
Tekne 4	0	0	3	3	5	5	15.20	4.43	1600.00	164.05	220.00	3.50	2x220	Dizel	Motor Yat	Volvo IPS
Tekne 5	2	2	1	1	2	1	10.22	3.35	375.00	149.14	200.00	7.50	2x220	Dizel	Motor Yat	Volvo D6370
Tekne 6	7	7	5	5	9	9	10.22	3.35	410.00	149.14	200.00	3.50	2x220	Dizel	Motor Yat	Nanni T4
Tekne 7	1	1	2	2	1	1	11.37	3.80	650.00	447.42	600.00	3.50	2x300	Dizel	Motor Yat	Volvo D4
Tekne 8	3	3	5	5	6	5	5.52	2.40	100.00	85.76	115.00	3.50	1x115	Dizel	Motor Yat	Suzuki Mecanic
Tekne 9	2	2	1	1	5	4	10.00	3.40	700.00	167.78	225.00	3.50	2x225	Dizel	Motor Yat	Volvo Penta D4-225
Tekne 10	5	5	6	6	4	3	12.90	4.32	1318.00	279.64	375.00	13.50	2x375	Dizel	Motor Yat	Volvo Penta D6
Tekne 11	0	0	4	3	3	4	16.80	4.65	2200.00	533.00	714.76	13.50	2x533	Dizel	Motor Yat	Volvo D11
Tekne 12	4	4	5	5	5	5	16.90	4.90	2560.00	596.56	800.00	13.50	2x800	Dizel	Motor Yat	MAN i6 V-drive
Tekne 13	3	3	6	6	5	6	19.26	4.98	2700.00	869.49	1166.00	17.00	2x1166	Dizel	Motor Yat	Caterpillar
Tekne 14	2	3	8	9	4	5	22.00	5.06	3200.00	1014.15	1360.00	25.00	2x1360	Dizel	Motor Yat	MAN V12 Common Rail

Teknelerin yanaşma ya da ayrılma için marinaya yaptıkları her giriş ve çıkış birer hareket olarak adlandırılmıştır. Örneğin Tekne 1 Haziran ayında 1 giriş, 1 çıkış ve Ağustos ayında yine 1 giriş, 1 çıkış yapmıştır. Böylece Tekne 1 incelenen süre boyunca, toplamda 4 hareket yapmıştır. Bu 4 hareket, Tekne 1'in 1 Haziran ile 31 Ağustos tarihleri arasında 4 defa manevra ve 4 defa seyir modunda olduğunu bize göstermektedir. Bundan sonraki yapılan tüm hesaplamalar bu minvalde ilerletilmiştir.

İkinci adım olarak Tablo 5'teki gezi tenezzüh tekneleri için verilen emisyon faktörleri kullanılarak, Formül 3'e göre Excel programında formül oluşturulmuştur. Tablo 5'te emisyon faktörleri teknelerin sahip olduğu makine gücü olan kilowatt başına gram olarak verilmiştir. Emisyon faktörleri her tekne makine gücü ile çarpılarak formüle edilmiştir. Böylece, her bir tekne için, bir seferlik tekne hareketinin açığa çıkardığı NMVOC, NH₃, NO_x, PM emisyon değerleri ve spesifik yakıt harcam değerleri bulunmuştur. Bulunan bu ilk değerler, ilk 14 tekne için, bir saatte gram olarak Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Bir tekne hareketi ve tek ana makine için hesaplanan emisyonlar ve yakıt harcamaları

Tekneler	Tek Tekne Hareketi İçin Emission Değerleri gr/saat				
	NMVOC	NH ₃	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	80.90844	0.07457	671.1299	52.19899	10477.08
Tekne 2	126.2172	0.116329	1046.963	81.43043	16344.25
Tekne 3	646.3726	0.656216	2821.728	393.7295	90229.68
Tekne 4	323.1863	0.328108	1410.864	196.8648	90229.68
Tekne 5	293.8057	0.29828	1282.604	178.968	82026.99
Tekne 6	293.8057	0.29828	1282.604	178.968	82026.99
Tekne 7	881.4172	0.89484	3847.811	536.9039	246081
Tekne 8	168.9383	0.171511	737.4972	102.9066	23582.76
Tekne 9	330.5315	0.335565	1442.929	201.339	92280.36
Tekne 10	550.8858	0.559275	2404.882	335.5649	153800.6
Tekne 11	1050.01	1.066	4583.8	639.6	293150
Tekne 12	1175.223	1.19312	5130.415	715.8719	328107.9
Tekne 13	1712.888	1.738972	7477.58	1043.383	478217.3
Tekne 14	1997.879	2.028304	8721.706	1216.982	557783.5

Bu değerler bu aşamada tüm teknelerin tek ana makineye sahip olduğu gibi formüle edilmiştir. Çift ana makineye sahip tekneler bir sonraki Excel hesap tablosunda tekrar formüle edilerek gerçek değerlere ulaşılmıştır. Bu değerler Tablo 12'de verilmiştir. Görüleceği üzere ilk 14 teknedeki Tekne 1, 2 ve 8 tek ana makineye diğerleri çift ana makineye sahip yatlardır.

Tablo 12. Çift ana makineli yatların tek hareket için emisyon değerleri

Tekneler	Motor Yatların ve Yelkenlilerin Tek Hareket İçin Çift Makine Emission Değerleri gr/saat				
	NMVOC	NH3	NOx	PM	Yakıt
Tekne 1					
Tekne 2					
Tekne 3	1292.745	1.312432	5643.457	787.4590648	180459.4
Tekne 4	646.3726	0.656216	2821.728	393.7295324	180459.4
Tekne 5	587.6115	0.59656	2565.208	357.9359386	164054
Tekne 6	587.6115	0.59656	2565.208	357.9359386	164054
Tekne 7	1762.834	1.78968	7695.623	1073.807816	492161.9
Tekne 8					
Tekne 9	661.0629	0.67113	2885.859	402.6779309	184560.7
Tekne 10	1101.772	1.11855	4809.764	671.1298848	307601.2
Tekne 11	2100.02	2.132	9167.6	1279.200001	586300
Tekne 12	2350.446	2.38624	10260.83	1431.743754	656215.9
Tekne 13	3425.775	3.477944	14955.16	2086.766522	956434.7
Tekne 14	3995.758	4.056607	17443.41	2433.964382	1115567

Herbir tekne için toplam hareket sayıları ile formüle edilen toplam emisyon değerleri Tablo 13'te verilmiştir. Bu değerler tekne ana makinelerinin %100 yükte çalıştığı kabul edilen değerlerdir.

Tablo 13. Toplam tekne hareketleri için %100 yükte emisyon değerleri

Tekneler	Toplam Tekne Hareketi İçin %100 Yükte Toplam Emission Değerleri gr/saat				
	NMVOC	NH3	NOx	PM	Yakıt
Tekne 1	323.6337	0.29828	2684.52	208.796	41908.33
Tekne 2	1135.954	1.046963	9422.664	732.8738	147098.2
Tekne 3	41367.85	41.99782	180590.6	25198.69	5774700
Tekne 4	10341.96	10.49945	45147.65	6299.673	2887350
Tekne 5	25854.91	26.24864	112869.1	15749.18	7218375
Tekne 6	56410.7	57.26975	246259.9	34361.85	15749181
Tekne 7	14102.68	14.31744	61564.98	8590.463	3937295
Tekne 8	10474.17	10.63368	45724.82	6380.208	1462131
Tekne 9	12560.2	12.75147	54831.31	7650.881	3506654
Tekne 10	46274.41	46.97909	202010.1	28187.46	12919250
Tekne 11	29400.28	29.848	128346.4	17908.8	8208200
Tekne 12	65812.49	66.81471	287303.2	40088.83	18374045
Tekne 13	99347.48	100.8604	433699.6	60516.23	27736605
Tekne 14	123868.5	125.7548	540745.8	75452.9	34582577

ENTEC metodu gemilerin manevra veya seyir modlarında tam yükte çalışmadıklarını, her modun yükünün gemi çeşidine göre farklılık gösterdiğini belirtmektedir. Buna göre, Tablo 7’de görüldüğü üzere gezi tenezzüh teknelerinin tüm modlarda ana makine yük faktörleri %50 alınmalıdır. Formül 3’e göre Tablo 13’te görülen değerler Excel programının ilgili sütunlarında formüle edilerek, ana makinenin, manevrada %50 yükte açığa çıkardığı emisyonlar hesap edilmiştir. Bulunan değerler 1 saatlik manevra süresi için geçerlidir ve ilk 14 tekne için hesap edilen değerler Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Manevra modunda 1 saatteki toplam emisyon değerleri

Tekneler	Yük Faktörünün %50 Olduğu Manevra Modundaki Toplam Ana Makine Emisyon Değerleri gr/saat				
	NMVOC	NH ₃	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	161.8169	0.14914	1342.26	104.398	20954.17
Tekne 2	567.9772	0.523481	4711.332	366.4369	73549.12
Tekne 3	20683.92	20.99891	90295.31	12599.35	2887350
Tekne 4	5170.981	5.249727	22573.83	3149.836	1443675
Tekne 5	12927.45	13.12432	56434.57	7874.591	3609187
Tekne 6	28205.35	28.63488	123130	17180.93	7874591
Tekne 7	7051.338	7.158719	30782.49	4295.231	1968648
Tekne 8	5237.087	5.31684	22862.41	3190.104	731065.5
Tekne 9	6280.098	6.375734	27415.66	3825.44	1753327
Tekne 10	23137.2	23.48955	101005	14093.73	6459625
Tekne 11	14700.14	14.924	64173.2	8954.4	4104100
Tekne 12	32906.24	33.40735	143651.6	20044.41	9187022
Tekne 13	49673.74	50.43019	216849.8	30258.11	13868303
Tekne 14	61934.25	62.87741	270372.9	37726.45	17291289

Yine Tablo 7’e göre gezi tenezzüh teknelerinin seyir modunda da ana makine yük faktörleri de %50 alınmalıdır. Formül 2’ye göre Tablo 14’te görülen değerler Excel programının ilgili sütunlarında formüle edilerek, ana makinenin, seyirde %50 yükte açığa çıkardığı emisyonlar hesap edilmiştir. Bulunan değerler 1 saatlik seyir süresi için geçerlidir ve değerler Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15. Seyir modunda 1 saatteki toplam emisyon değerleri

Tekneler	Yük Faktörünün %50 Olduğu Seyir Modundaki Toplam Ana Makine Emisyon Değerleri gr/saat				
	NM VOC	NH ₃	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	80.90844	0.07457	671.1299	52.19899	10477.08
Tekne 2	283.9886	0.261741	2355.666	183.2185	36774.56
Tekne 3	20683.92	20.99891	90295.31	12599.35	2887350
Tekne 4	5170.981	5.249727	22573.83	3149.836	1443675
Tekne 5	12927.45	13.12432	56434.57	7874.591	3609187
Tekne 6	28205.35	28.63488	123130	17180.93	7874591
Tekne 7	7051.338	7.158719	30782.49	4295.231	1968648
Tekne 8	5237.087	5.31684	22862.41	3190.104	731065.5
Tekne 9	6280.098	6.375734	27415.66	3825.44	1753327
Tekne 10	23137.2	23.48955	101005	14093.73	6459625
Tekne 11	14700.14	14.924	64173.2	8954.4	4104100
Tekne 12	32906.24	33.40735	143651.6	20044.41	9187022
Tekne 13	49673.74	50.43019	216849.8	30258.11	13868303
Tekne 14	61934.25	62.87741	270372.9	37726.45	17291289

Yardımcı makinelerin emisyon faktörleri Tablo 4'te verilmiştir. Teknelerde kullanılan yardımcı makineler orta devirli dizel makinelerdir. Tablo 4'teki ilgili sütunda verilen emisyon faktörleri, yardımcı makine güçleri ile çarpılıp Excel programında formüle edilerek, 1 saatte açığa çıkardıkları emisyonlar bulunmuştur. Yine Tablo 8'deki yardımcı makinelere dair yük faktörleri incelendiğinde, seyir modunda %30, manevra modunda ise %50 yükte çalıştıkları görülmektedir. Bu hesaplama da kullanılan Excel programında formüle edilmiş ve bulunan emisyon değerleri ve yakıt harcamaları Tablo 16'da verilmiştir. Bu değerler 1 saatlik manevra süresince açığa çıkan emisyonları göstermektedir.

Tablo 16. Yardımcı makinelerin manevra ve seyir modlarındaki 1 saatlik emisyon değerleri

Tekneler	Toplam Yardımcı Makine Emisyonları Seyir Modu, Yük Faktörü %30 gr/saat				Toplam Yardımcı Makine Emisyonları Manevra Modu, Yük Faktörü %50 gr/saat			
	NMVOOC	NO _x	PM	Yakıt	NMVOOC	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	2.4	78	1.8	1302	4	130	3	2170
Tekne 2	5.4	175.5	4.05	2929.5	9	292.5	6.75	4882.5
Tekne 3	13.44	436.8	10.08	7291.2	22.4	728	16.8	12152
Tekne 4	6.72	218.4	5.04	3645.6	11.2	364	8.4	6076
Tekne 5	39.6	1287	29.7	21483	66	2145	49.5	35805
Tekne 6	40.32	1310.4	30.24	21873.6	67.2	2184	50.4	36456
Tekne 7	3.36	109.2	2.52	1822.8	5.6	182	4.2	3038
Tekne 8	26.04	846.3	19.53	14126.7	43.4	1410.5	32.55	23544.5
Tekne 9	7.98	259.35	5.985	4329.15	13.3	432.25	9.975	7215.25
Tekne 10	68.04	2211.3	51.03	36911.7	113.4	3685.5	85.05	61519.5
Tekne 11	22.68	737.1	17.01	12303.9	37.8	1228.5	28.35	20506.5
Tekne 12	45.36	1474.2	34.02	24607.8	75.6	2457	56.7	41013
Tekne 13	59.16	1922.7	44.37	32094.3	98.6	3204.5	73.95	53490.5
Tekne 14	93	3022.5	69.75	50452.5	155	5037.5	116.25	84087.5

Şekil 11’de yer alan yerleşim planında, Turgutreis D-Marin’de yer alan yanaşma iskeleleri incelendiğinde, mendireğe en yakın A ve mendireğe en uzak iskelenin H olduğu görülmektedir. Hareket amirliğinden edinilen bilgiye göre yelkenli ya da motor yat olduğu fark etmeksizin, bir teknenin mendirekten itibaren yanaşma tamamlama süresi ortalama 20 dakika yani 1/3 saattir.



Şekil 11. Turgutreis D-Marin yerleşim planı (URL-4, 2020)

Şekil 12’de verilen Turgutreis D-Marin yaklaşım portolonu incelendiğinde ise görüleceği üzere, marina mendireğinden itibaren Türkiye Yunanistan deniz hudut çizgisi yaklaşık olarak 4 deniz mili mesafededir.



Şekil 12. Turgutreis D-Marin mendirek- Türkiye Yunanistan deniz hudut rotası (URL-14, 2020)

Motor yatların ortalama seyir hızı 15 knot, yelkenli motor yatların ise 10 knottır. Bu durumda Türkiye Yunanistan deniz hudut çizgisinden itibaren, seyir süreleri motor yatlar için 15 dakika (1/4 saat) ve yelkenli motor yatlar için 20 dakika (1/3 saat) dır. Tüm bu bilgiler ışığında, buraya kadar bulduğumuz 1 saatlik emisyon değerleri formül 3 te olması gerektiği gibi, Excel programında gerekli formül oluşturulmuştur. Buna göre tüm teknelerin manevra modları için 1/3 saat ve yelkenlilerin seyir modları için 1/3, motor yatların seyir modları için 1/4 saatlik değerleri verecek şekilde Excel formülleri girilerek hesaplamalar yapılmıştır. Yardımcı makineler için bulunan değerler Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 17. Manevra ve seyir modlarında açığa çıkan yardımcı makine emisyonları

Tekneler	Manevra Süresince Açığa Çıkan Yardımcı Makine Emisyonları (1/3 saat) (gr)				Seyir Süresince Açığa Çıkan Yardımcı Makine Emisyonları (Motor Yatlar İçin 1/4 saat, Yelkenli Yatlar İçin 1/3 saat) (gr)			
	NMVOC	NO _x	PM	Yakıt	NMVOC	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	1.333333	43.33333	1	723.3333	0.8	26	0.6	434
Tekne 2	3	97.5	2.25	1627.5	1.8	58.5	1.35	976.5
Tekne 3	7.466667	242.6667	5.6	4050.667	3.36	109.2	2.52	1822.8
Tekne 4	3.733333	121.3333	2.8	2025.333	1.68	54.6	1.26	911.4
Tekne 5	22	715	16.5	11935	9.9	321.75	7.425	5370.75
Tekne 6	22.4	728	16.8	12152	10.08	327.6	7.56	5468.4
Tekne 7	1.866667	60.66667	1.4	1012.667	0.84	27.3	0.63	455.7
Tekne 8	14.46667	470.1667	10.85	7848.167	6.51	211.575	4.8825	3531.675
Tekne 9	4.433333	144.0833	3.325	2405.083	1.995	64.8375	1.49625	1082.288
Tekne 10	37.8	1228.5	28.35	20506.5	17.01	552.825	12.7575	9227.925
Tekne 11	12.6	409.5	9.45	6835.5	5.67	184.275	4.2525	3075.975
Tekne 12	25.2	819	18.9	13671	11.34	368.55	8.505	6151.95
Tekne 13	32.86667	1068.167	24.65	17830.17	14.79	480.675	11.0925	8023.575
Tekne 14	51.66667	1679.167	38.75	28029.17	23.25	755.625	17.4375	12613.13

Yardımcı makine emisyonları için uygulanan Excel formülü teknelerin ana makine emisyonları için de uygulanmış ve manevra modu süresince açığa çıkan emisyonlar Tablo 18'de ve seyir modunda açığa çıkan emisyonlar ise Tablo 19'da gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 18. Manevra süresince açığa çıkan ana makine emisyonları

Tekneler	Manevra Modundaki Toplam Ana Makine Emisyonları (1/3saat) (gr)				
	NMVOC	NH ₃	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	53.93896	0.049713	447.4199	34.79933	6984.722
Tekne 2	189.3257	0.174494	1570.444	122.1456	24516.37
Tekne 3	6894.642	6.999636	30098.44	4199.782	962450
Tekne 4	1723.66	1.749909	7524.609	1049.945	481225
Tekne 5	4309.151	4.374773	18811.52	2624.864	1203062
Tekne 6	9401.784	9.544958	41043.32	5726.975	2624864
Tekne 7	2350.446	2.38624	10260.83	1431.744	656215.9
Tekne 8	1745.696	1.77228	7620.804	1063.368	243688.5
Tekne 9	2093.366	2.125245	9138.552	1275.147	584442.3
Tekne 10	7712.401	7.829849	33668.35	4697.909	2153208
Tekne 11	4900.047	4.974667	21391.07	2984.8	1368033
Tekne 12	10968.75	11.13578	47883.87	6681.471	3062341
Tekne 13	16557.91	16.81006	72283.27	10086.04	4622768
Tekne 14	20644.75	20.95914	90124.29	12575.48	5763763

Tablo 19. Seyir modunda açığa çıkan ana makine emisyonları

Tekneler	Seyir Süresince Açığa Çıkan Ana Makine Emisyonları (Motor Yatlar İçin 1/4 saat, Yelkenli Yatlar İçin 1/3 saat) (gr)				
	NM VOC	NH ₃	NO _x	PM	Yakıt
Tekne 1	26.96948	0.024857	223.71	17.39966	3492.361
Tekne 2	94.66287	0.087247	785.222	61.07282	12258.19
Tekne 3	5170.981	5.249727	22573.83	3149.836	721837.5
Tekne 4	1292.745	1.312432	5643.457	787.4591	360918.7
Tekne 5	3231.863	3.281079	14108.64	1968.648	902296.8
Tekne 6	7051.338	7.158719	30782.49	4295.231	1968648
Tekne 7	1762.834	1.78968	7695.623	1073.808	492161.9
Tekne 8	1309.272	1.32921	5715.603	797.526	182766.4
Tekne 9	1570.024	1.593933	6853.914	956.3601	438331.7
Tekne 10	5784.301	5.872386	25251.26	3523.432	1614906
Tekne 11	3675.035	3.731	16043.3	2238.6	1026025
Tekne 12	8226.561	8.351839	35912.91	5011.103	2296756
Tekne 13	12418.43	12.60755	54212.46	7564.529	3467076
Tekne 14	15483.56	15.71935	67593.22	9431.612	4322822

Makine tipi ve yakıt harcamasının bilindiği zamanlarda katman 2 emisyon faktörleri ile 2 numaralı formül kullanılabilir. Buraya kadar yapılan hesaplamalardaki yakıt harcam sütunu kullanılarak her bir teknenin manevra ve seyir süresince ne kadar yakıt sarfettiği bulunmuştur. Buna göre katman 2’de açıklanan ve Tablo 6’da verilen yakıt sarfiyatı ve makine tipi bilindiği durumlarda kullanılan, gezi tenezzüh tekneleri için çeşitli kirleticileri içeren emisyon faktörlerinden yararlanılarak, CO emisyonu tüm tekneler için hesaplanabilmektedir. Excel programında gerekli formüller girilerek kg cinsinden CO emisyonları tüm tekneler için hesaplanmıştır ve ilk 14 tekne için bu değerler Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Yakıt tüketimine göre CO emisyon miktarları

Tekneler	Yakıt Tüketimine Göre Seyir Modu İçin CO Emisyon Miktarları (kg)		Yakıt Tüketimine Göre Manevra Modu İçin CO Emisyon Miktarları (kg)	
	Ana Mk.	Yar. Mk.	Ana Mk.	Yar. Mk.
Tekne 1	0.069149	0.008593	0.138297	0.014322
Tekne 2	0.242712	0.019335	0.485424	0.032225
Tekne 3	14.29238	0.036091	19.05651	0.080203
Tekne 4	7.146191	0.018046	9.528255	0.040102
Tekne 5	17.86548	0.106341	23.82064	0.236313
Tekne 6	38.97922	0.108274	51.9723	0.24061
Tekne 7	9.744806	0.009023	12.99307	0.020051
Tekne 8	3.618774	0.069927	4.825032	0.155394
Tekne 9	8.678968	0.021429	11.57196	0.047621
Tekne 10	31.97514	0.182713	42.63353	0.406029
Tekne 11	20.3153	0.060904	27.08706	0.135343
Tekne 12	45.47576	0.121809	60.63435	0.270686
Tekne 13	68.6481	0.158867	91.5308	0.353037
Tekne 14	85.59188	0.24974	114.1225	0.554978

Excel programında yapılan tüm bu hesaplamalar 2002 adet tekne hareketi sonucunda açığa çıkan değerlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi, örneklem marınamızda, 1 Haziran, 31 Ağustos 2019 tarihleri arasında 10024 adet tekne hareketi mevcuttur.

3. BULGULAR

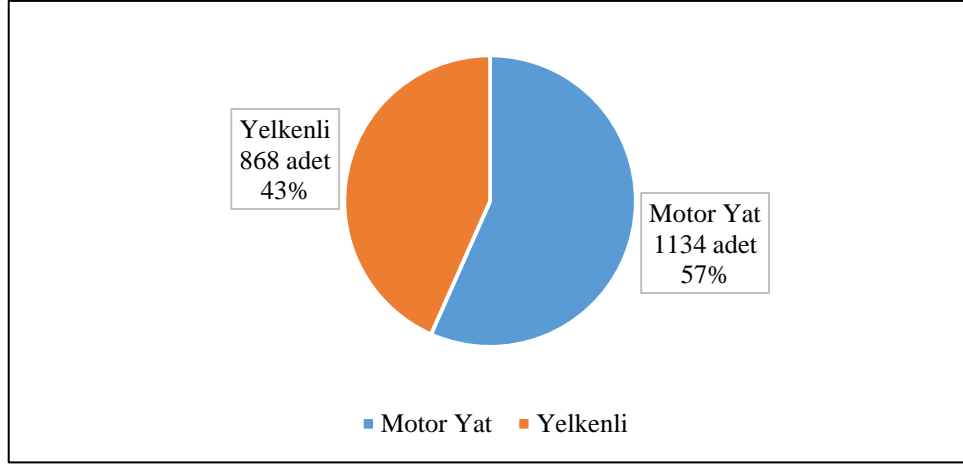
Bu tez çalışmasında, yatların yarattığı emisyonlar yatların seyir ve manevra modları modlarına göre bottom-up yaklaşımı ve ENTEC emisyon faktörleri kullanılarak her tekne için ayrı ayrı emisyonlar çıkartılmış ve toplam değer alınmıştır. Çalışma alanı Turgutreis D-Marin olarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan bottom up metodunda teknelerin seyir ve manevra modlarında ana ve yardımcı makinelerinin çalıştığı süre bulunup hesaplamalar bu süre üzerinden yapılmıştır. Yatların seyir modu, Türkiye Yunanistan deniz hudut hattından marina mendireğine kadar olan mesafede gerçekleşmektedir. Bu mesafe 4 deniz mili uzunluğundadır. Motor yatların ortalama seyir hızı 15 knot, yelkenli motor yatların ise 10 knottır. Bu durumda Türkiye Yunanistan deniz hudut çizgisinden itibaren, seyir süreleri motor yatlar için 1/4 saat ve yelkenli motor yatlar için 1/3 saat bulunmuştur.

Her bir teknenin manevra süresi, yanaşacağı rıhtım ya da iskelenin marina mendireğine mesafesine göre farklılık göstermekle birlikte, Turgutreis D-Marin hareket amirliğinden alınan bilgiye istinaden tüm teknelerin manevra süreleri ortalama süre olan 1/3 saat alınmıştır.

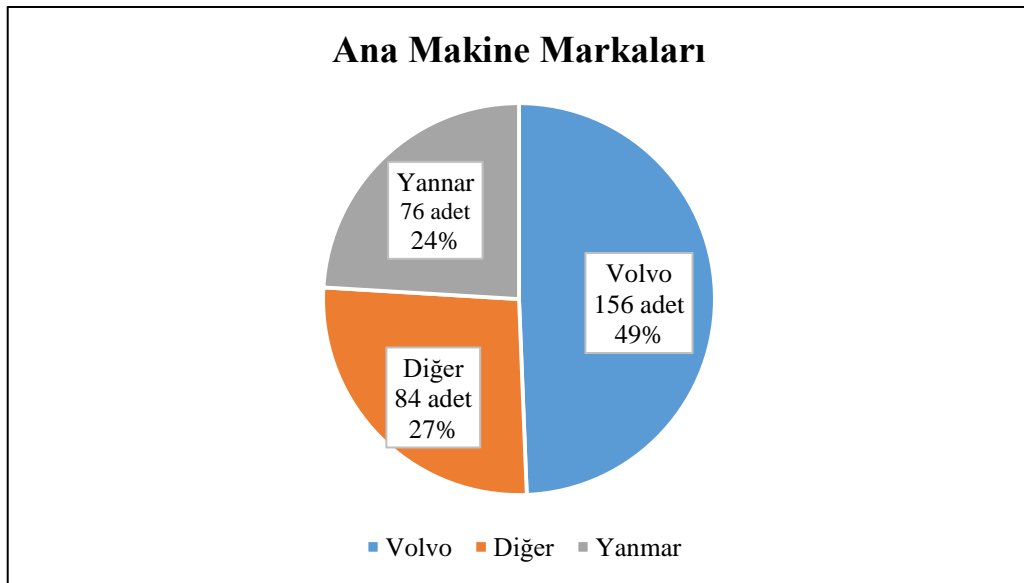
Yatların, marinalarda bağlı durumda iken, elektrik ihtiyaçları sahil bağlantısı yoluyla giderilmektedir. Dolayısıyla ticari gemilerin limanlarda yarattığı emisyon hesaplamalarında kullanılan liman modu yani rıhtıma bağlı iken elektrik gereksiniminin gemi yardımcı makineleriyle karşılanması sonucu açığa çıkan emisyon yatlarda yoktur.

Çalışmada toplam 2002 adet yat hareketi incelenmiştir. İncelenen bu toplam 2002 adet yat hareketinin %43'ünü oluşturan 868 adet hareket yelkenli motor yatların ve yine toplamın % 57'sini oluşturan 1134 adet hareket ise motor yatların oluşturduğu yat hareketleri olarak görülmüştür. Bu değerler Şekil 13'te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 13. Çalışmada incelenen motor yatların ve yelkenli motor yatların oranları

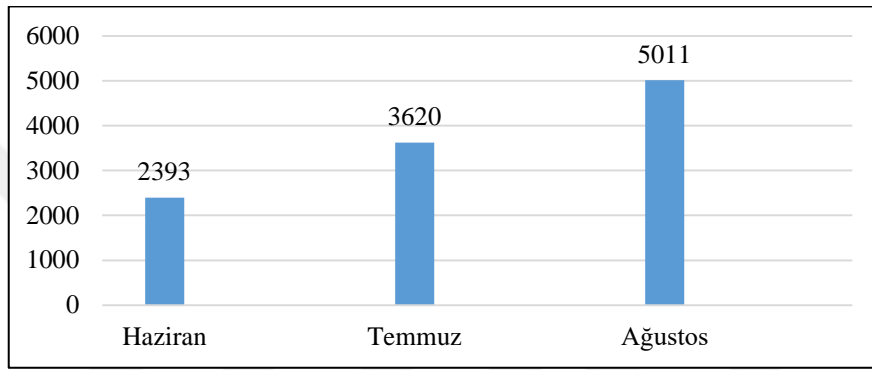
Araştırmada incelenen yatların ana makine marka ve modelleri, her tekne için ayrı ayrı olmak üzere, çıkarılmıştır. Ana makine marka dağılımları Şekil 14'te görüldüğü gibidir. % 49 oranla, çeşitli modellerde marin tipi Volvo marka ana makine kullanımı en fazla olduğu görülmüştür. Bunu % 24 oranla yine çeşitli modelleriyle marin tipi Yanmar markası izlemektedir. Diğer yatlarda ise, toplamda % 27 oranla; Caterpillar, Cummins, Man, MerCruiser, Nanni, Perkins, Suzuki, Volkswagen ve Yamaha marka ana makineler mevcuttur.



Şekil 14. Araştırmada incelenen yatların ana makine markaları dağılımı

3.1. Aylara Göre Yat Hareketleri

2019 yılı için tekne hareketleri incelendiğinde Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları sırasıyla 2393, 3620, 5011 adet olarak görülmüştür. Tekne hareketliliği açısından Ağustos ayının en yoğun ay olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu verilere göre en yoğun ay olan Ağustosta yatların atmosfere saldıkları emisyonların da maksimum olacağı anlaşılmaktadır. Veriler grafik olarak Şekil 15'te verilmiştir.

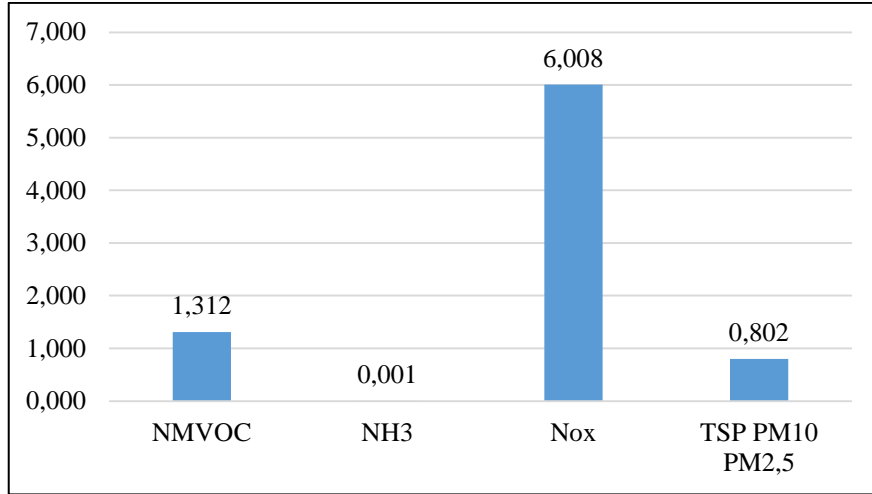


Şekil 15. Turgutreis D-Marina 2019 yılı aylara göre tekne hareketleri

3.2. Ana Makinelerin Seyir Süresince Emisyon Miktarları

Tüm tekneler için seyir aralığı Şekil 13'te görülebileceği gibi, marina mendireğinden 4 deniz mili açıkta olan Türkiye Yunanistan deniz hudut hattı seçilmiştir. Çift ana makinesi olan yatlar için seyir boyunca her iki ana makinesi de sürekli çalışır vaziyette olduğu hesap edilmiştir. Tablo 7'de gezi tenezzüh teknelerinin ana makine yük faktörleri verilmiştir. Seyir, manevra ve liman modlarında ana makine yük faktörü tüm tekne çeşitleri için % 50 dir.

Bu veriler ışığında, 3 numaralı formül kullanılarak tüm teknelerin seyir modundaki açığa çıkarttıkları toplam emisyon miktarları hesap edilmiştir. Şekil 16'da belirtildiği gibi incelenen tüm teknelerin, seyir süresince ana makinelerinden atmosfere saldıkları emisyon miktarları NMVOC, NH₃, NO_x, PM₁₀-PM_{2,5} kirleticiler için sırasıyla 1,312, 0,001, 6,008, 0,802 ton olarak hesap edilmiştir.

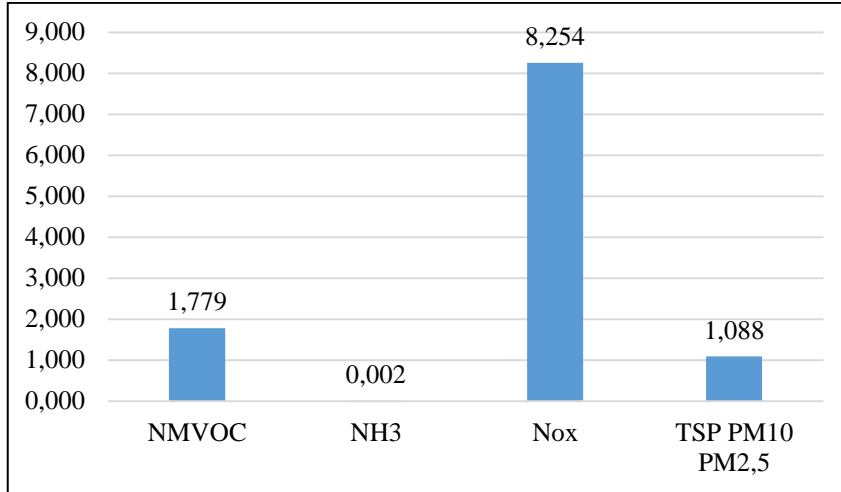


Şekil 16. Teknelerin ana makinelerinin seyir süresince atmosfere bıraktıkları emisyon miktarları (ton)

3.3. Ana Makinelerin Manevra Süresince Emisyon Miktarları

Deniz araçları limanlara yanaşırken ve limanlardan ayrılırken manevra moduna geçerler. D-Marin hareket amirliğinden alınan bilgiye istinaden mendirekten itibaren, ortalama manevra süresi, tüm tekneler için 20 dakika olarak hesap edilmiştir. Tablo 8’de verildiği gibi, manevra modunda ana makine yük faktörü tüm tekne çeşitleri için %50 alınmıştır.

Yine 3 numaralı formül kullanılarak yapılan hesaplama neticesinde yelkenli motor yat ve motor yatların, yanaşma ve avara olma manevraları süresince ana makinelerinden salınan, atmosfere bıraktıkları kirleticiler ve miktarları bulunmuştur. Bunlar NMVOC, NH₃, NO_x, PM₁₀ PM_{2,5} kirleticileri için sırası ile 1,779, 0,002, 8,254 ve 1,088 tondur. Veriler Şekil 17’de grafik olarak verilmiştir.

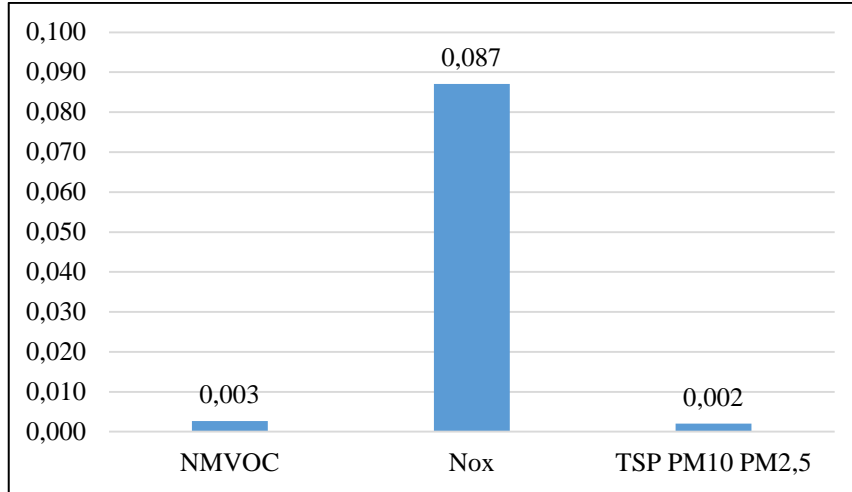


Şekil 17. Manevra süresince salınan ana makine emisyon miktarları (ton)

3.4. Yardımcı Makinelerin Seyir Süresince Emisyon Miktarları

Teknelerin manevra ve seyir modlarında elektrik ihtiyaçları yardımcı makineler tarafından sağlanmakta ve bu yüzden tüm teknelerde hem seyir hem manevra modlarında yardımcı makineler çalışır durumdadır. Yardımcı makinelerin yük faktörleri Tablo 8’de verildiği gibi seyirde %30 alınmıştır. Seyir süresi yelkenli tekneler için 20 dakika, motor yatlar için 15 dakikadır. Bu süreler boyunca yardımcı makineler emisyon üretmektedirler.

Tüm bu verilerle, 3 numaralı formül kullanılarak, yardımcı makilerin seyir süresince ürettiği emisyonlar hesap edilmiştir. Şekil 18’de yardımcı makinelerin yelkenli motor yatlar için 20 dakika, motor yatlar için 15 dakikalık seyir süresince atmosfere bıraktıkları emisyon miktarları verilmiştir. Değerler NMVOC, NO_x, PM₁₀ PM_{2,5} kirleticileri için sırası ile 0,003, 0,087, 0,002 ton hesap edilmiştir.

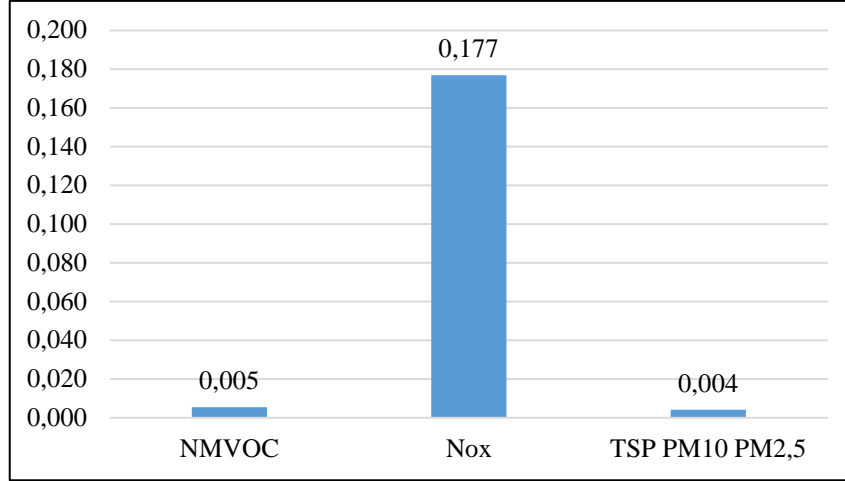


Şekil 18. Seyir süresince yardımcı makinelerden kaynaklı emisyonlar (ton)

3.5. Yardımcı Makinelerin Manevra Süresince Emisyon Miktarları

Yardımcı makinelerin yük faktörleri Tablo 8’de verildiği gibi manevrada %50 alınmıştır. Manevra süresi tüm tekneler için yine 20 dakikadır. Tüm bu verilerle, 3 numaralı formül kullanılarak, yardımcı makinelerin manevra süresince ürettiği emisyonlar hesap edilmiştir.

Yapılan hesaplama neticesinde yelkenli motor yat ve motor yatların yanaşma ve avara olma manevraları süresince atmosfere bıraktıkları kirleticiler ve miktarları bulunmuştur. Bunlar NMVOC, NO_x, PM₁₀ PM_{2,5} kirleticileri için sırası ile 0,005, 0,177, 0,004 tondur. Veriler Şekil 19’da grafik olarak verilmiştir.

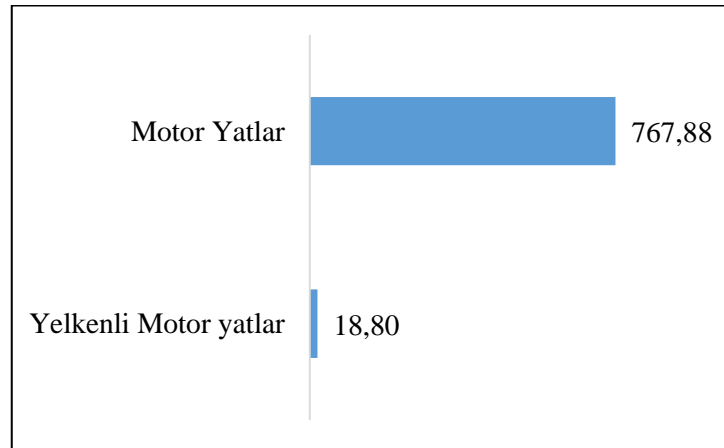


Şekil 19. Manevra boyunca yardımcı makinelerin toplam emisyon salınımları (ton)

3.6. Yatların Spesifik Yakıt Harcamaları

Yine 3 numaralı formül kullanılarak her teknenin her moddaki ana ve yardımcı makinelerinin, toplam spesifik yakıt harcaması hesap edilmiştir.

Yelkenli motor yat ve motor yatların ana ve yardımcı makinelerinin belirtilen tarih aralığında, manevra ve seyir süresince, toplam spesifik harcamaları karşılaştırılmalı olarak Şekil 20'deki grafikte verilmiştir. Motor yatların hesap edilen spesifik yakıt sarfiyatları yelkenlilere göre 40.8 kat daha fazladır.

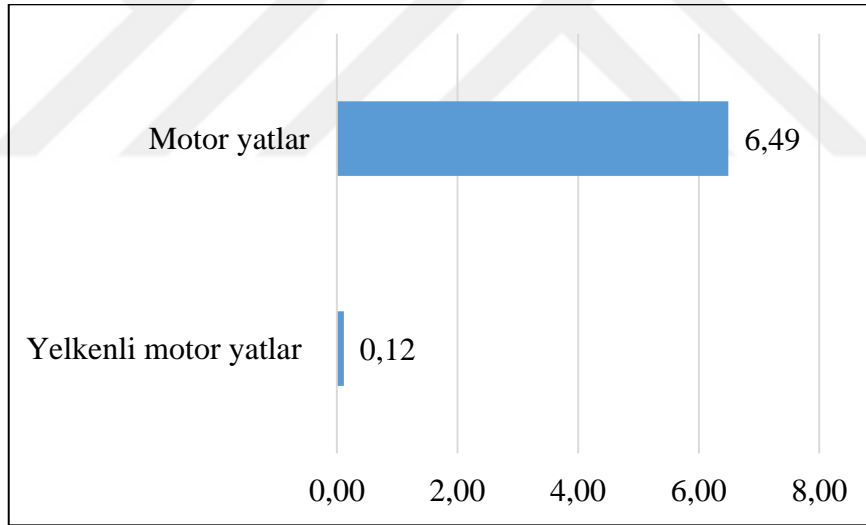


Şekil 20. Teknelerin spesifik yakıt harcamaları (ton)

3.7. Yatların CO Emisyon Miktarları

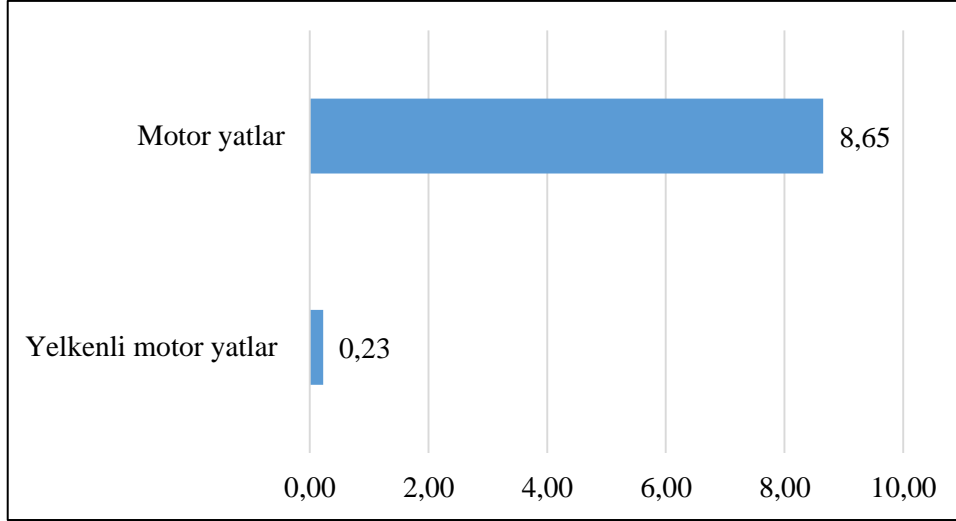
CO emisyon miktarlarını hesap etmek için 2 numaralı formül kullanılmıştır. Bu formül incelendiğinde teknelerin yakıt sarfiyatlarının bilindiği durumlarda kullanılabilir olduğu görülmektedir. Çalışmamızda tüm teknelerin ana makine ve yardımcı makinelerinin manevra ve seyir boyunca harcadıkları spesifik yakıt miktarını hesap edilmiştir. Bottom-up yaklaşımı kullanılarak Tablo 6'da görünen yakıt sarfiyatı ve makine tipi bilindiği durumlarda kullanılan, gezi tenezzüh tekneleri için çeşitli kirleticileri içeren emisyon faktörlerinden CO emisyonu hesap edilebilir.

Yapılan hesaplamalar neticesinde Şekil 21'de görüldüğü üzere yelkenli motor yatların ve motor yatların CO emisyonları hesap edilmiştir. Motor yatların seyir süresince atmosfere saldıkları toplam CO emisyon miktarı Turgutreis D-Marin için 6,49 ton, Yelkenli motor yatların salgıladıkları CO emisyon miktarı ise yalnızca 0,12 tondur.



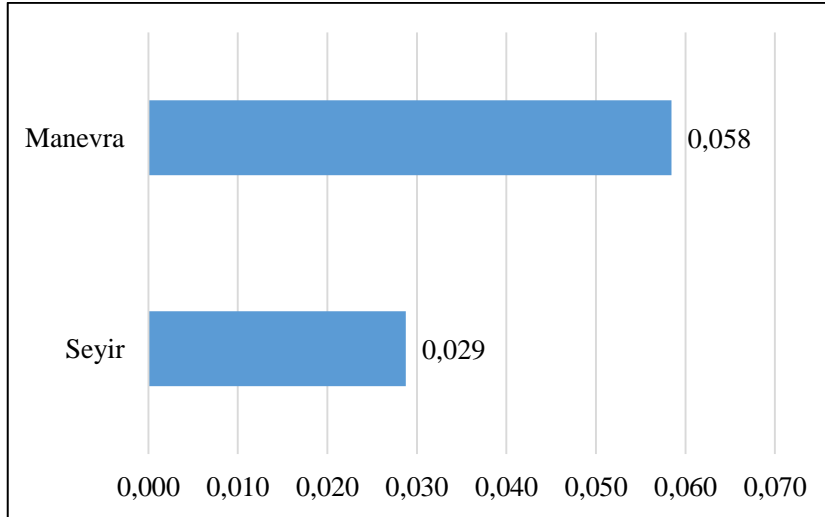
Şekil 21. Yelkenli ve motor yatların seyir süresince CO emisyon değerleri (ton)

Şekil 22'de ise yelkenli motor yatlar ile motor yatların manevra süresince açığa çıkardıkları CO emisyon değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüleceği üzere seyirde modunda olduğu gibi manevra esnasında da, motor yatların yelkenli motor yatlara oranla CO emisyonları 37,6 kat daha fazladır.



Şekil 22. Yelkenli ve motor yatların manevra süresince CO emisyon değerleri (ton)

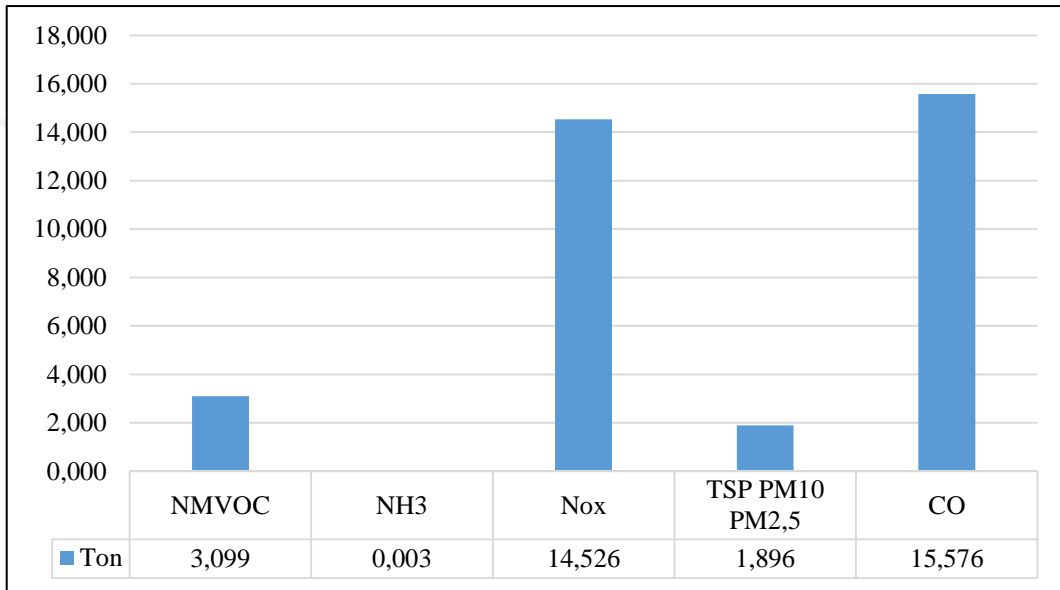
Aynı hesaplama yöntemi teknelerin yardımcı makinelerine uygulanıp, Şekil 23'te görüleceği üzere, manevra ve seyir modlarında atmosfere bıraktıkları CO emisyon miktarları bulunmuştur. Bahse konu tarihler arasında, tekne hareketleri neticesinde yardımcı makinelerin manevra ve seyir modlarında açığa çıkardığı toplam CO miktarları sırası ile 0,058 ve 0,029 tondur.



Şekil 23. Yardımcı makinelerin seyir ve manevra süresince CO emisyon miktarları (ton)

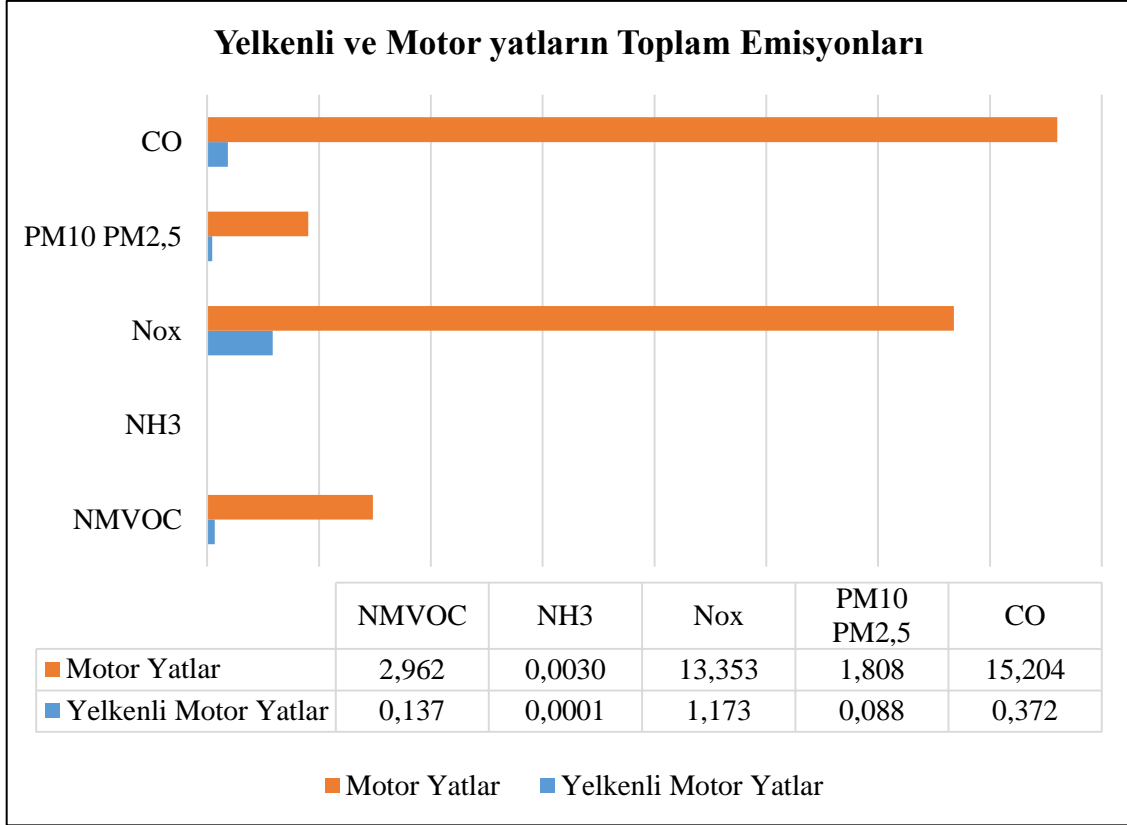
3.8. Toplam Emisyon Miktarları

Çalışmada elde edilen Turgutreis D-Marin 01 Haziran 31 Ağustos tarihleri arasında 2019 yılı için yatların oluşturduğu toplam emisyonlar Şekil 24'teki grafikte verilmiştir. Bu değerler toplam yat hareketi olan 10024 hareketi kapsamaktadır. MVOC, NH₃, NO_x, PM₁₀-PM_{2,5} ve CO emisyon miktarları sırası ile 3,099 ton, 0,003 ton, 14,526 ton, 1,896 ton, 15,576 ton olarak hesap edilmiştir.



Şekil 24. Yatların oluşturduğu toplam emisyon miktarları (ton)

Yelkenli motor yatların ve motor yatların, ana ve yardımcı makinelerinin, seyir ve manevra modlarında toplamda oluşturdukları emisyon miktarları karşılaştırmalı olarak Şekil 25'te verilmiştir. Veriler incelendiğinde motor yatların atmosfere bıraktıkları NMVOC emisyon miktarları 2,962 ton, yelkenli motor yatların NMVOC emisyon miktarları ise 0,137 ton olarak hesap edilmiştir. Orantılandığında motor yatların yelkenlilere nazaran atmosfere toplamda 21 kattan daha fazla NMVOC bıraktığı görülmektedir. Bu oran NH₃ emisyonunda motor yatlarda 0,0030 ton, yelkenli motor yatlarda 0,0001 ton ile 30 kat, NO_x emisyonunda motor yatlarda 13,353 ton, yelkenli motor yatlarda 1,173 ton ile 11 kattan daha fazla, PM₁₀-PM_{2,5} emisyonunda motor yatlarda 1,808 ton, yelkenli motor yatlarda 0,088 ton ile 20 katın üzerinde, CO emisyonunda ise motor yatlarda 15,204 ton, yelkenli motor yatlarda 0,372 ton ile 41 kata yakındır.

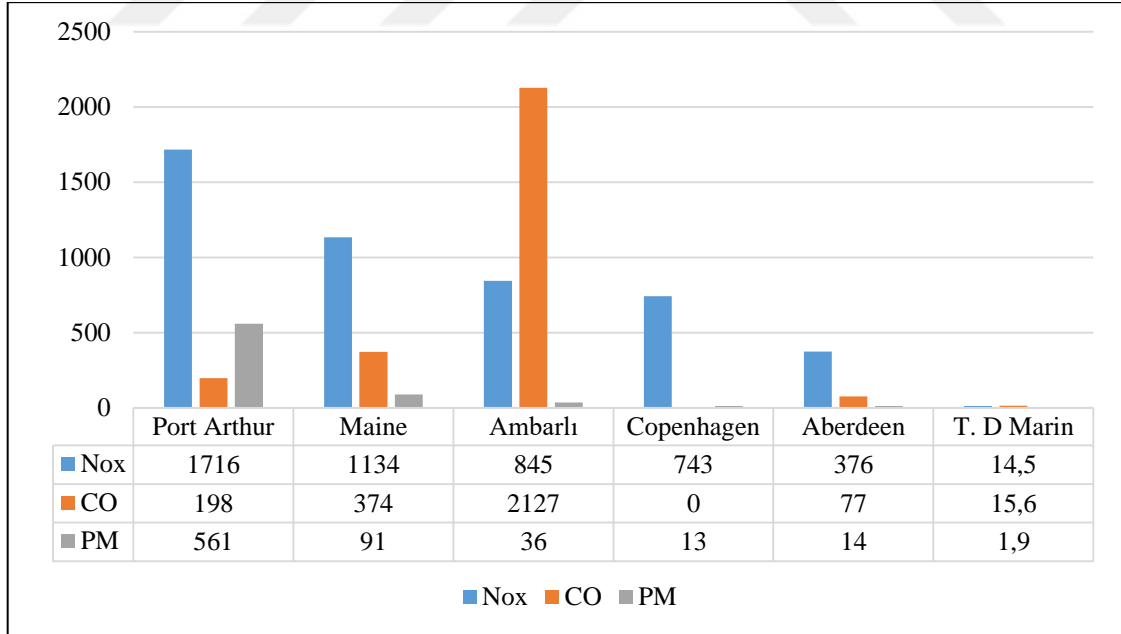


Şekil 25. Yelkenli motor yatların ve motor yatların toplam emisyonlarının karşılaştırılması (ton)

4. TARTIŞMA

Deniz turizminin önemli bir ayağı olan yatlar tahrik sistemlerinde kullandıkları fosil yakıtlar sebebiyle atmosfere kirleticiler salmaktadırlar. Yatların yarattığı bu hava kirliliğinin en yoğun olduğu bölgeler, yatların bir arada buldukları marinalar ve çevreleridir. Bu çalışmada, 01.06.2019-31.08.2019 tarihleri arasında Turgutreis D-Marin'deki 2002 adet yat hareketi için botom-up yaklaşımı ile çeşitli yat işletme modlarından olan, seyir ve manevra sırasında yatların açığa çıkardığı NMVOC, NO_x, NH₃, CO ve PM emisyonları hesap edilmiştir.

Ticari limanlara gelen büyük tonajlı ve yatlara göre daha büyük makineleri olan ticari gemilerin, emisyon miktarları, makineleri küçük olan yatlardan daha fazladır. Port Arthur, Maine, Ambarlı, Copenhagen, Aberdeen gibi büyük limanlar ile Turgutreis D-Marin, gemi ve yatlardan kaynaklı emisyonlar açısından karşılaştırıldığında Şekil 26'daki grafik ortaya çıkmaktadır.



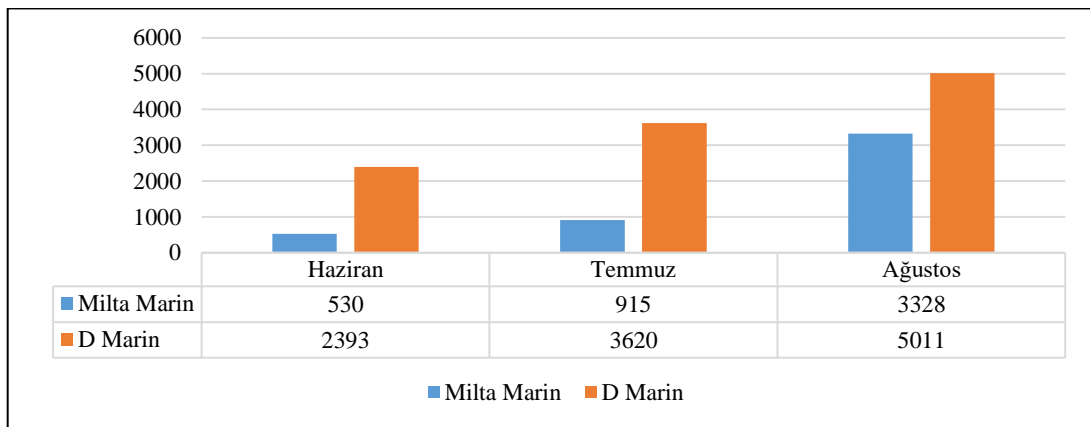
Şekil 26. Emisyonların farklı ticari limanlar (Deniz ve Kılıç, 2009) ve Turgutreis D-Marin'le karşılaştırılması

Yatların marinada bağlı oldukları süre boyunca, ihtiyaç duydukları elektrik enerjisini sahil bağlantısı ile temin ettikleri, diğer bir ifade ile, yardımcı makinelerinin çalışmadığı, dolayısıyla liman modunda yatların emisyon yaratmadığı da göz ardı edilmemelidir.

Bu tablodaki tüm ticari limanların emisyon miktarları yıllık olarak hesaplanmıştır, buna karşın Turgutreis D-Marin’de ise üç aylık emisyon miktarı hesaplanmıştır. Yılın diğer aylarında marinada yat hareketinin çok fazla olmadığı göz önüne alındığında yıllık değişimin de fazla olmayacağı söylenebilir.

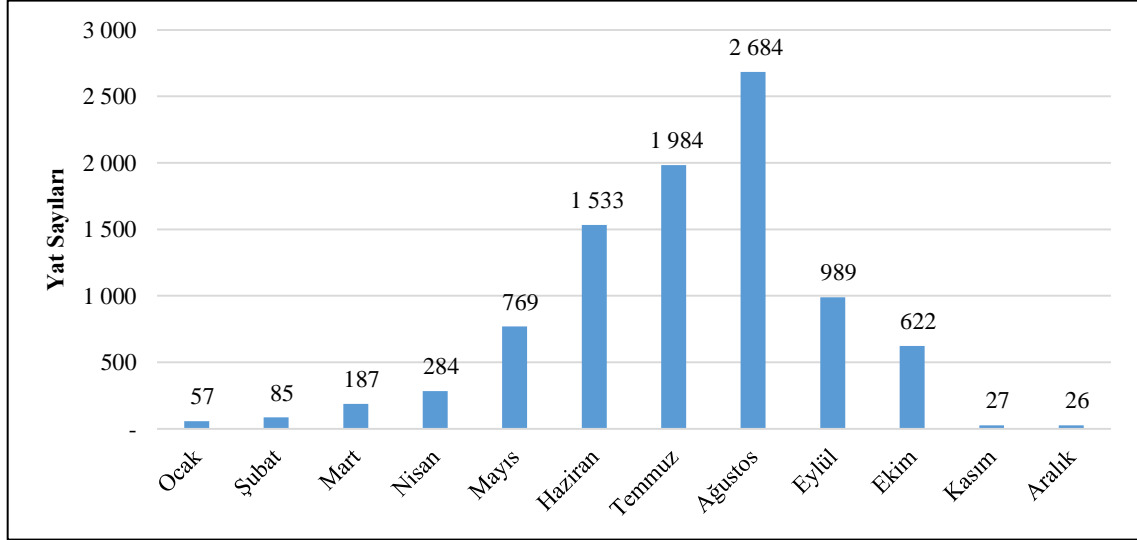
Araştırmanın bulgularından biri de incelenen yatların ana makinelerinin % 49’unun Volvo marka olmasıdır. Bunun en önemli sebeplerinin başında, geniş servis ağı, yüzde otuza varan yakıt tasarrufu ve yüzde elli daha düşük ses ve titreşime sahip olması gelmektedir (Güner, 2015). Bir diğer neden ise 100 yıla yakın (14 Nisan 1927, Göteborg, İsveç) tarihe sahip Volvo dizel motorlarının, egzoz emisyonlarını azaltmayı amaçlayan uluslararası mevzuatı karşılayacak şekilde tasarlanmış olmasıdır (URL-22, 2019).

2017 yılı yaz aylarında, Bodrum ilçesindeki diğer bir marina olan Milta Marina’daki tekne hareketleri incelendiğinde bu hareketlerin % 11’inin Haziran (530 adet) ayında, % 20’sinin Temmuz ayında (915 adet) ve % 69’unun Ağustos ayında (3328 adet) olduğu görülmektedir (Kuleyin vd., 2019). Yapılan bu çalışmanın sonuçlarında ise Turgutreis D-Marin’de aynı aylar için oranlar % 24, % 36 ve % 40 olarak bulunmuştur. Görüleceği üzere yat hareketleri açısından en yoğun ay Ağustos ayıdır. Bu da yatların çevresel etkilerinin en yoğun olduğu ay olarak tanımlanabilir. Değerler Şekil 27’de verilmiştir.



Şekil 27. Bodrum Milta Marin - D-Marin yat hareketleri karşılaştırması

Sarı bayraklı yat tanımı yabancı bir ülkeden, bir başka ülkenin limanına giriş yapmakta olan yat olarak tanımlanmaktadır. 2019 yılında ülkemize gelen sarı bayraklı yatların aylara göre karşılaştırılması Şekil. 28.'de verilmiştir. Görüleceği üzere Ağustos ayı tüm sarı bayraklı yatlar toplamının % 29'unu karşılamaktadır. Buna göre Ağustos ayı ülkemiz yat hareketliliği yönünden en yoğun aydır.



Şekil 28. 2019 yılı Türkiye limanlarına gelen sarı bayraklı yat sayıları (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019).

Turgutreis D-Marin ve Bodrum Milta Marin, yat turizmi yönünden Dünya'da önde gelen Karayipler'le karşılaştırıldığında ve yoğun aylar incelendiğinde, Karayipler'de en yoğun iş sezonunun Temmuz'dan Aralık'a kadar olduğu ve bu dönemde rıhtımların doluluk oranı yüzde 70 ile yüzde 100 arasında değişmekte olduğu görülmektedir (Phillips, 2014). Bundaki en büyük etken ise, 1 Haziran-30 Kasım tarihleri arasındaki kasırğa sezonudur. Kasırğa sezonu boyunca yatçılar güvenli marinaları terk etmeyi tercih etmemektedirler.

Kılıç ve Denizin çalışmalarına göre gemilerin açığa çıkardıkları emisyonların işletim modlarına göre karşılaştırıldığında; seyir modunda gemilerin emisyonu, her tür kirletici için toplam emisyonun % 50-60'ı, liman modunda % 25-30 ve manevra modunda ise % 10-20 hesap edilmiştir (Kılıç ve Deniz, 2010). Deniz ve Kılıç'ın 2005 yılı için İstanbul Ambarlı Limanına uğrayan gemilerin emisyon envanterini çıkardığı çalışmalarında, toplam emisyon miktarının % 81'ini gemilerin liman modunda açığa çıkardıklarını hesaplamışlardır (Deniz ve Kılıç, 2009). Deniz vd. Çandarlı Körfezinde, hesapladıkları

gemi kaynaklı egzoz emisyonlara bakılacak olunursa; toplam emisyon miktarlarının % 70'inin liman modunda açığa çıktığını, manevra modunda toplam emisyonların % 18'inin ve toplam emisyonların % 12'sinin ise seyir modunda oluştuğunu hesapladıklarını görürüz (Deniz vd., 2010). Winnes ve Fridell, HFO kullanan gemilerde yaptıkları ölçümlerde gözlenen azot oksit seviyelerinin manevra süresi boyunca, seyir moduna göre daha düşük seviyelerde olduğunu bulmuşlardır (Winnes ve Fridell, 2010). Tzannatos çalışmasında 2008-2009 yılları arasında Yunanistan'nın Piraeus limanına gelen yolcu gemilerinden kaynaklı emisyonları hesaplamış ve liman modunda açığa çıkan emisyonların, manevra modunda üretilenlerden üç ila beş kat daha yüksek olduğunu hesaplamıştır (Tzannatos, 2010). Saraçoğlu'nun 2007 yılında İzmir Limanına gelen gemilerin emisyon envanterlerini araştırdığı tez çalışmasında toplam emisyonların % 67'sinin seyir modunda, % 18'inin manevra modunda ve % 15'inin de liman modunda oluştuğunu ortaya koymuştur (Saraçoğlu, 2010). Song, Şanghay'daki Yangshan limanında liman içi gemi emisyon envanteri çalışmasında toplam emisyonların, kirleticiye göre değişmekle birlikte % 79 - % 89 arasında liman modunda açığa çıktığını belirtmiştir (Song, 2014). Turgutreis D-Marin yat limanında yatların emisyon envanterinin araştırıldığı bu çalışmada ise toplam emisyonlarda manevra modunda salınan kirletici miktarları seyir modunda salınan kirleticilere göre 1,23 kat daha fazla olduğu hesaplanmıştır.

ENTEC motodojisinin bottom up yaklaşımında kullanılan formül tüm dizel makineli gemilerde aynıdır. Seyir ve manevra modlarında kullanılan kilowatt başına düşen emisyon faktörleri ağır, orta ve yüksek devirli makinelerde değişim göstermektedir. Örneğin NO_x emisyon faktörü seyir modunda yüksek, orta ve düşük devirli dizel makinelerde sırasıyla 11,2, 12,3 ve 15,8 gr/kWsaattir. Yarattıkları toplam emisyon miktarları ise; 11,7, 13,1 ve 16,7 gr/kWsaattir. Manevra modunda NO_x için bu değerler sırasıyla; 8,9, 9,9 ve 12,7 gr/kWsaat ve toplam emisyonlar; 10,4, 12,3 ve 15,4 gr/kWsaattir. Buna göre seyir ya da manevra modunda hesap edilen ana makinelerin çalışma sürelerinin eşit olduğu düşünüldüğünde, kilowatt başına emisyon faktörlerinin daha yüksek değerlerde olmasından dolayı, toplamda açığa çıkan emisyon miktarları seyir modunda daha fazla olacaktır. En yüksek miktarda emisyon açığa çıkaran dizel makineler ise ağır devirli makinelerdir. Seyir, manevra ya da liman modlarında farklılık göstermeksizin yardımcı makinelerin emisyon faktörleri incelendiğinde yüksek devirli dizel yardımcı makineleri toplamda 10,9 gr/kWsaat NO_x, NMVOC ve PM emisyonu açığa çıkarırken, orta devirli

dizel yardımcı makineleri toplamda 13,7 gr/kWsaat NO_x, NMVOC ve PM emisyonu yaratmaktadır.

Gezi tenezzüh teknelerinde kullanılan emisyon faktörleri incelendiğinde ise, gezi tenezzüh teknelerinin yaratacağı emisyonlar tekne tam boylarına göre ayrılmıştır. 27 feetten büyük tekneler için toplam emisyon faktörleri 11,772 gr/kWsaat daha küçük tekneler için ise 21,572 gr/kWsaat olarak verilmiştir. Buna göre 27 feetten daha büyük tekneler daha az emisyon açığa çıkarmaktadır. Fakat genelde tekne boyları büyüdükçe makine gücü de büyümekte ve sonuçta çarpan etkisi artmaktadır. Yelkenli teknelerde ise ana ve yardımcı makine güçleri daha küçük olduğundan motor yatlarla nazaran daha çevreci deniz araçlarıdır.

Metodoji ağır hava koşullarında veya akıntı, rüzgar etkileriyle ana ve yardımcı makinelerin yüklerinin hem manevra hem de seyir modlarında artacağı gerçeğini hesaba katmamaktadır.

Bununla birlikte gemilerden kaynaklı emisyon hesaplamalarında ortalama groston üzerinden, ampirik bir formül yardımıyla, makine gücü hesap etme (Lloyd's Register, 1995) yöntemi daha çok kullanılmıştır. Bu çalışmada ise her teknenin makine gücü ve marka-modelleri tek tek incelenmiş ve emisyon envanteri çıkarılmıştır. Ayrıca çalışmada AIS verileri değil hareket amirliği jurnal kayıtlarındaki yat hareketleri kullanılmıştır.

Marinalardaki emisyonlar üzerine yapılan bu çalışmada Turgutreis D-Marin seçilmiştir ve marinalardaki emisyonlar hakkında, önceki yıllarda, akademik bir çalışma yapılmadığı için diğer marinalar ile emisyon envanteri yönünden, geçmiş yıllarla veya günümüzdeki diğer marinalarla karşılaştırma yapılamamıştır.

2023 hedefleri doğrultusunda Türkiye'de, marina yatırımları arttırılmaya devam edecektir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019). Bu çalışma ile 2019 yılı için Bodrum bölgesindeki bir marinanın emisyon envanteri çıkarılmıştır. Literatürde bu çalışma gibi araştırmalar yapılarak marinaların emisyon envanterinin oluşturulması, gelecek yıllarda yeni yapılan ve yapılmış olan marinaların insan sağlığına etkilerinin araştırılması için yapılacak araştırmalarda veri zenginliği yaratacaktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar gösteriyor ki, ana ve yardımcı makinelerinde fosil yakıt kullandıkları için, gemiler atmosfere emisyon salmaktadırlar. Makine güç ve boyutları gemilere nazaran daha küçük olan fakat gemiler gibi tahrik sistemlerinde fosil yakıt kullanan, yatlar da, gemiler gibi insan sağlığına zararlı emisyonlar açığa çıkarmaktadırlar.

Ticari limanlarla karşılaştırıldıklarında, marinalarda yatlardan kaynaklı emisyonların miktarları, ticari gemi trafiğinin yoğun olduğu ticari limanlara göre göreceli olarak daha azdır.

Ticari gemiler limanlarda bağlı buldukları süre zarfında geminin ihtiyacı olan elektriği yardımcı makinelerinden sağlamaktadırlar. Bu yardımcı makineler ise yakıt olarak fosil yakıt kullanmaktadırlar. Buna karşın marinalarda yatlar yanaştıklarında yatın ihtiyacı olan elektriği sahil bağlantısı ile sağlamakta ve marinalarda bağlı buldukları süre boyunca emisyon yaratmamaktadırlar. Bu bağlamda yatlar marinada bağlı iken, gemilere göre daha ekolojiktir.

Özellikle manevra esnasında açığa çıkan emisyonların etki alanları marina ve çevresidir. Bu sonuca göre; yatların yarattığı emisyonların insan sağlığına etkisinin en fazla olduğu alanlar marinalardır.

Yelkenli yatların ana seyir ekipmanı yelkenleri olacak şekilde tasarlanmışlardır. Bu yüzden kurulu ana makine güçleri düşük tutulmuştur. Motor yatlar ise yelkenleri olmadığı için daha güçlü makinelerle donatılmışlardır. Daha güçlü makine daha fazla emisyon açığa çıkarmaktadır. Bu yüzden motor yatlar yelkenli yatlara göre toplamda 19 kat daha fazla emisyon yaratmaktadırlar. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında, yelkenli motor yatların manevra esnasında saldıkları emisyonlar motor yatlara nazaran oldukça azdır. Motor yatların ana makine güçleri aynı kalmak üzere manevra modunda emisyonlarını azaltmanın en pratik yolunun manevra sürelerinin azaltılması olduğu görülmektedir. Marinalar incelendiğinde yatların yanaşma iskeleleri genellikle parmak iskele şeklinde inşa edilmiş olduğu görülmektedir. Marinalarda aynı tip ve boydaki teknelerin aynı iskelelere yanaşmaları güvenlik ve emniyet açısından uygulanagelen bir yoldur. Bunun yanında tüm marinalarda, yelkenli motor yatların yanaşma iskeleleri marina girişine uzak olan iskeleler, motor yatların yanaşma iskeleleri ise mendireğe yakın olan iskeleler olarak organize edilirse, birim mesafede daha fazla emisyon yaratan motor

yatların manevra süreleri ciddi miktarda azalacağı ve böylece motor yatların daha az emisyon üreteceği aşıkardır.

Türkiye’de turizm ayı olan yaz ayı marinalardaki yat hareketliliği en yoğun yaşandığı mevsimdir. Bununla birlikte en yoğun yat hareketliliğin olduğu ay Ağustos ayıdır. Emisyonların zararlarının atmosferdeki yoğunlukları oranında olduğu unutulmamalıdır. Tekne hareketlerinin en fazla olduğu Ağustos ayında emisyonların diğer aylara nazaran daha fazla olduğu gerçeğine istinaden, tekne hareketlerinin sezonun son ayı olan bu ayda azaltılması yolunda Haziran, Temmuz ayları için tekne bağlama ücretlerinde çeşitli avantajlar sağlanıp tüm yaz aylarında tekne miktarlarının eşit miktarlara getirilmesi yolu uygulanabilir bir çözüm sağlayacaktır.

Türkiye son yıllarda marina yatırımlarını arttırmış ve yeni inşa edilecekler ile sahip olduğu marinaların sayılarını yükseltmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda yeni inşa edilecek marinaların yerleşim merkezlerine uzak mesafelerde ve hakim yerel rüzgarların marinalar üzerindeki hava akımlarını yerleşim merkezlerinin uzağına doğru sürükleyecek bölgelerde inşa edilmeleri insan sağlığı açısından olumlu bir çözüm olacaktır.

Yelkenli motor yatların hem seyir hem de manevra modlarında yarattıkları emisyon miktarları incelendiğinde aradaki farkın çok olduğu görülmektedir. Vergi indirimi gibi gerekli kanuni esneklikler sağlanarak, kirleticiler bakımından motor yatlarla oranla daha çevreci olan yelkenli motor yatların kullanımlarının daha cazip hale getirilmesi neticesinde yatlardan kaynaklı emisyon miktarlarında önemli ölçüde azalma olacaktır.

Çalışmada incelenen motor yatların % 46’sı çift ana makine % 54’ü ise tek ana makineye sahip yatlar olduğu tespit edilmiştir. Çift ana makinelerin emisyon miktarları da tek ana makinelere oranla daha fazladır. Bunun için marinalarda, marina yönetimlerinin gerekli kurallar getirmesi ile çift ana makineye sahip yatların, acil durumlar dışında marina girişlerine 1 mil mesafe kala tek makine ile düşük süratlerde giriş çıkış yapmaları hem emisyon hem de emniyetli seyir açısından daha yararlı olacaktır.

Norveç başta olmak üzere pek çok ülkede elektrikli gemilerin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Scandline firmasına ait, orta büyüklükte bir araba feribotu olan MS Ampere, elektrikle çalışmakta ve 2015 yılının başlarından bu yana batı Norveç açıklarında sefer yapmaktadır. Türk tersanelerinde de elektrikli ve hibrit gemiler yapılmaktadır. Bu tersanelerden biri olan Tersan Tersanesi, prestijli lojistik şirketlerinden biri olan Norveç’li Torghatten Nord firmasına, elektrik enerjisi ile çalışan 3 adet arabalı feribot inşa etmektedir. Elektrik enerjisiyle çalışan veya hibrit yatların yapımı ve kullanımının

arttırılması için yasal kolaylıklar sağlanmalıdır. Söz gelimi Naval Yatçılık, Antalya Serbest Bölge'de akü, jeneratör ve güneş enerjisi ile çalışan iki adet hibrit lüks yat üretmiş ve hibrit yat üretim projelerinin devamı gelmektedir. Marinalarda bu yatlara pozitif ayırım yapılmasının neticesi kullanımlarının arttırılmasının emisyonları azaltacağı aşıkardır.



7. KAYNAKLAR

- Akbulut Zencirci, S. ve Işıklı, B. 2017. Hava Kirliliği, Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi, 2, 24-36.
- Aksoyoğlu, Ş. Baltensperger, U. ve Prevot, A. S. 2016. Contribution of ship emissions to the concentration and deposition of air pollutants in Europe, Atmospheric Chemistry and Physics, 16, 1895–1906.
- Albachten, Ö. B., 2012. Mavi Yolculuk (Blue Voyage): A Journey of Self Discovery during the Early Decades of the Turkish Republic (1945–1969), Studies in Travel Writing, 16, 4, 427–439.
- Anderson, J. O., Thundiyil, J. G. ve Stolbach, A., 2012. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health, Journal of Medical Toxicology, 2, 8, 166-175.
- Ateş, A., 2017. Yeşil Liman / Eko Liman, TSE Standart, 653, 37-49.
- Aydoğan, E. ve Kadıoğlu, M., 2018. Yat Turizminin Turizm Sektörü İçerisindeki Yeri ve Önemi, Journal of ETA Maritime Science, 6, 243-254.
- Bailey, D. ve Solomon, G., 2004. Pollution Prevention at Ports: Clearing The Air, Environmental Impact Assessment Review, 24, 749-774.
- Bezirgan, A. E., Yat Limanı Yatırımlarında Olması Gereken Nitelik ve Tesisler. T. K. Konferansı (Dü.), Türkiye Kıyıları 02, Kasım 2002, İzmir, Konferans Bildiriler Kitabı, 5-8
- Brandt, J., Silver, J., Christensen, J. H., Andersen, S. M., Bønløkke, J. H., Sigsgaard, T., Frohn, L. M., 2013. Assessment of Past, Present and Future Health-Cost Externalities of Air Pollution in Europe and the Contribution From International Ship Traffic Using the EVA Model System, Atmospheric Chemistry and Physics, 16, 7747–7764.
- Breidenich, C., Magraw, D., Rowley, A. ve Rubin, J. W., 1998. The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change The American Journal of International Law, 92, 315-331.
- Buccolieri, R., Cesari, R., Dinoi, A., Maurizi, A., Tampieri, F. ve Sabatino, S. D., 2016. Impact of Ship Emissions on Local Air Quality in a Mediterranean City's Harbour After the European Sulphur Directive, International Journal of Environment and Pollution, 59, 1, 30-42.
- Butterfield, D. M. ve Quincey, P., 2017. An Investigation into the Effects of Off-Shore Shipping Emissions on Coastal Black Carbon Concentrations, Aerosol and Air Quality Research, 17, 218–229.

- Chen, D., Zhao, Y., Nelson, P., Li, Y., Wang, X., Zhou, Y. ve Guo, X., 2016. Estimating Ship Emissions Based on AIS Data for Port of Tianjin, China, Atmospheric Environment, 145, 10-18.
- Chipperfield, M. P., Bekki, S., Dhomse, S., Harris, N. R., Hassler, B., Hossaini, R. ve Weber, M., 2017. Detecting Recovery of the Stratospheric Ozone Layer, Nature, 549, 211-218.
- Choi, S. A. ve Choi, S. I., 1998. Clinical Manifestations and Complications in Carbon Monoxide Intoxication, Journal of the Korean Neurological Association, 16, 500-505.
- Cooper, D. A., 2005. HCB, PCB, PCDD and PCDF Emissions From Ships, Atmospheric Environment, 39, 4901-4912.
- Corbett, J. J., Fischbeck, P. S. ve Pandis, S. N., 1999. Global Nitrogen and Sulfur Inventories for Oceangoing Ships, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 104,3, 3457-3470.
- Costa, D. L. ve Dreher, K. L., 1997. Bioavailable Transition Metals in Particulate Matter Mediate Cardiopulmonary Injury in Healthy and Compromised Animal Models, Environmental Health Perspectives, 5,105, 1053-1060.
- Cullinane, K., Tseng, P. H. ve Wilmsmeier, G., 2016. Estimation of Container Ship Emissions at Berth in Taiwan, International Journal of Sustainable Transportation, 10,54, 66-474.
- Çoban, O. ve Şakbaz Kılınc, N., 2015. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi : TR Örneği, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 38, 195-208.
- Demirel, H., Ünlügençoğlu, K., Alarçin, F. ve Balın, A., 2015. Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Proses For Error Detection of Auxilary Systems of Ship Main Diesel Engines, International Journal Of Maritime Engineering, 157, 105-111.
- Deniz, C. ve Durmuşoğlu, Y., 2008. Estimating Shipping Emissions in The Region of the Sea of Marmara Turkey, Science of The Total Environment, 255-261.
- Deniz, C. ve Kılıç, A., 2009. Estimation and Assessment of Shipping Emissions in the Region of Ambarlı Port, Turkey, Wiley InterScience, 107-115.
- Deniz, C., Kılıç, A. ve Cıvrakoğlu, G., 2010. Estimation of Shipping Emissions in Candarli Gulf, Turkey, Environmental Monitoring and Assesement, 219-228.
- İMEAK Deniz Ticaret Odası, 2019. Denizcilik Sektör Raporu, İstanbul.
- Diakomihalis, M. N., 2007. Maritime Transport: The Greek Paradigm: Greek Maritime Tourism, Research in Transportation Economics, Elsevier Ltd., Amsterdam, 21, 419 - 455.

- Diñçer, M. Z., 1987. Türkiye’de Yat Turizmi, Turizm Yıllığı, Kalkınma Bankası Yayınları, Ankara.
- Duran, T., 2002. Türk Denizciliği ve Deniz Ticareti Kaynakları, Araştırmalar Vakfı, İstanbul, 1b.
- ENTEC., 2005. Preliminary Assignment of Ship Emissions to European Countries, Final Report, Defra, UK.
- ENTEC., 2010. Preliminary assignment of ship emissions to European Countries, Final Report, Defra,UK.
- Erkmen, T. ve Özkaynak, S., Liman İşletmeciliğinde Sürdürülebilir Liman Ekonomisi Stratejisi. II. Ulusal Liman Kongresi, Kasım 2015, İzmir, Bildiriler Kitabı, 2-19
- Escudero, M., Rojo, A. L., Hierro, J., Tapia, O., Valle, J. d., Alastuey, A. ve Querol, X. 2016. Assessment of the Variability of Atmospheric Pollution in National Parks of Mainland Spain, Atmospheric Environment, 132, 332-344.
- Farman, J. C., Gardiner, B. G. ve Shanklin, J. D., 1985. Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClOx/Nox Interaction, Nature, 315, 207-210.
- Ferrari, A., Novara, C., Paolucci, E., Vento, O., Violante, M. ve Zhang, T., 2018. Design And Rapid Prototyping Of A Closed-Loop Control Strategy Of The Injected Mass For The Reduction of CO2, Combustion Noise and Pollutant Emissions in Diesel Engines, Applied Energy, 232, 358-367.
- Fowler, D., Brimblecombe, P., Burrows, J., Heal, M. R., Grennfelt, P., Stevenson, D. S. ve Vieno, M., 2020. A Chronology of Global Air Quality, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 378, 20190314.
- Gonzalez, Z., Labajos, C. P., Oria, J. ve Andres, M. A., 2015. Methodology Bottom-Up for Estimation of the Air Emissions Inventory and Carbon Footprint for Tugboats, Journal Of Maritime Research, 2, 12, 103–108.
- Gorman, D., Drewry, A., Huang, Y. L. ve Sames, C., 2003. The Clinical Toxicology of Carbon Monoxide, Toxicology, 187, 25-38.
- Gössling, S., 2000. Sustainable Tourism Development in Developing Countries: Some Aspects of Energy Use, Journal of Sustainable Tourism, 8, 410-425.
- Graziosi, F., Arduini, J., Furlani, F., Giostra, U., Cristofanelli, P., Fang, X., Maione, M., 2017. European Emissions of the Powerful Greenhouse Gases Hydrofluorocarbons Inferred From Atmospheric Measurements and Their Comparison With Annual National Reports to UNFCCC, Atmospheric Environment, 158, 85-97.

- Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P. I. ve Geron, C. 2006. Estimates of Global Terrestrial Isoprene Emissions Using MEGAN (Model Of Emissions of Gases And Aerosols From Nature).
- Güner, B., Deniz Ticareti. Lojiport, <https://www.lojiport.com/yat-kullanmak-artik-cocuk-oyuncagi-91891h.htm> 7 Mart 2020.
- Hall, M. C., 2001. Trends in Ocean and Coastal Tourism: The End of the Last Frontier?, Ocean ve Coastal Management, 44, 601 - 618.
- Hamilton, J. M., Maddison, D. J. ve Tol, R. J., 2005. Climate Change and International Tourism: A simulation study, Global Environmental Change, 3, 15, 253-266.
- Heywood, J. B., 1988. Internal Engine Combustion Fundamentals, McGraw-Hill, New York,
- Hovi, J. ve Areklett, I., 2004. Enforcing the Climate Regime: Game Theory and the Marrakesh Accords, International Environmental Agreements, 4, 1-26.
- İlgar, R., 2019. Çanakkale’de Yatçılık Faaliyetleri, Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 6, 3, 594-611.
- İge , P. ve Miral, C., 2000. EU Tourism Policy and Turkey’s Situation During the Adaptation Process, Management, 7, 12, 436.
- Jalkanen, J. P., Brink, A., Kalli, J., Pettersson, H., Kukkonen, J. ve Stipa, T., 2009. A Modelling System for the Exhaust Emissions of Marine Traffic and Its Application in the Baltic Sea Area, Atmospheric Chemistry and Physics, 9, 9209–9223.
- Johansson, L., Jalkanen, J. P. ve Kukkonen, J., 2017. Global Assessment of Shipping Emissions in 2015 on a High Spatial and Temporal Resolution, Atmospheric Environment, 167, 403-415.
- Jos , L. ve Pöschl, U., 2017. Chemists Can Help to Solve the Air-Pollution Health Crisis, Nature, 291-293.
- Jung, S., Kang, H., Sung, S. ve Hong, T., 2019. Health Risk Assessment for Occupants as a Decision-Making Tool to Quantify the Environmental Effects of Particulate Matter in Construction Projects, Building and Environment, 161, 106267.
- Juurlink, D. N., Buckley, N., Stanbrook, M. B., Isbister, G., Bennett, M. H. ve McGuigan, M., 2005. Hyperbaric Oxygen For Carbon Monoxide Poisoning. Cochrane Database of Systematic Reviews, 1.
- Kalbarczyk, R. ve Kalbarczyk, E., 2020. Meteorological Conditions of the Winter-Time Distribution of Nitrogen Oxides in Poznan: A Proposal for a Catalog of the Pollutants Variation, Urban Climate, 33, 100649.

- Kandiş, H. ve Katırcı, Y., 2009. Karbonmonoksit Zehirlenmesi, Düzce Tıp Fakültesi Dergisi, 11, 3 , 54-60.
- Karpuzcu, M., 2007. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü , Kubbealtı Yayınları, İstanbul.
- Kennedy, R., 2016. Airs, Waters, Metals, Earth: People and Environment in Archaic and Classical Greek Thought, Routledge Handbook to Identity and the Environment, 9-28.
- Kesgin, U. ve Vardar, N., 2001. A Study on Exhaust Gas Emissions From Ships in Turkish Straits, Atmospheric Environment, 1863-1870.
- Kılıç, A. ve Deniz, C., 2010. Inventory of Shipping Emissions in Izmit Gulf, Turkey, Environmental Progress ve Sustainable Energy, 221-232.
- Kılıç, A. ve Tzannatos, E., 2014. Ship Emissions and Their Externalities at the Container Terminal of Piraeus – Greece, International Journal of Environmental Research, 1329-1340.
- Kim, K.-H., Kabir, E. ve Kabir, S., 2014. A Review on the Human Health Impact of Airborne Particulate Matter, Environment International, 74, 136-143.
- Kim, R. A. ve Seo, Y. J., 2019. The Reduction of SO_x Emissions in the Shipping Industry: The Case of Korean Companies, Marine Policy, 100, 98-106.
- Kolasa, A., 2018. Neural Modeling of Greenhouse Gas Emission From Agricultural Sector in European Union Member Countries, Water, Air, & Soil Pollution, 229,6, 205.
- Kuleyin, B., Çetinkaya, V. ve Akdaş, O., 2019. Marinaların Optimum Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesinde Kuyruk Teorisi Yaklaşımı: Bodrum Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 11, 93 - 106.
- Kuriyama, A. ve Abe, N., 2018. Ex-Post Assessment of The Kyoto Protocol - Quantification of CO₂ Mitigation Impact in Both Annex B and Non-Annex B Countries, Applied Energy, 220, 286-295.
- La, Y. S., Camredon, M., Ziemann, P. J., Valorso, R., Matsunaga, A., Lannuque, V. ve Aumont, B., 2016. Impact of Chamber Wall Loss of Gaseous Organic Compounds on Secondary Organic Aerosol Formation: Explicit Modeling of SOA Formation From Alkane and Alkene Oxidation, Atmospheric Chemistry and Physics (Online), 16.
- Laurent, A. ve Hauschild, M. Z., 2014. Impacts of NMVOC Emissions on Human Health in European Countries for 2000-2010: Use of Sector-Specific Substance Profiles, Atmospheric Environment, 85, 247-255.
- Leitato, N. C. ve Shahbaz, M., 2016. Economic Growth, Tourism Arrivals and Climate Change, Bulletin of Energy Economics (BEE), 1, 4, 35-43.

- Li, N., Hao, M., Phalen, R. F., Hinds, W. C. ve Nel, A. E., 2003. Particulate Air Pollutants and Asthma: A Paradigm for the Role of Oxidative Stress in PM-Induced Adverse Health Effects, Clinical Immunology, 3, 109, 250-265.
- Li, Q., Jacob, D. J., Bey, I., Palmer, P. I., Duncan, B. N., Field, B. D. ve Oltmans, S. J., 2002. Transatlantic Transport of Pollution and Its Effects on Surface Ozone in Europe and North America, Journal of Geophysical Research, 107, D3, ACH-4.
- Lidskog, R. ve Sundqvist, G., 2002. The Role of Science in Environmental Regimes: The Case of LRTAP, European Journal of International Relations, 8, 77-101.
- Liu, F., Zhang, Q., Zheng, B., J, R., Tong, D. ve He, K., 2017. NO_x Emission Trends Over Chinese Cities Estimated From OMI Observations During 2005 to 2015, Atmospheric Chemistry and Physics, 17, 9261-9275.
- Liu, W., McKibbin, W. J., Morris, A. C. ve Wilcoxon, P. J., 2020. Global Economic and Environmental Outcomes of the Paris Agreement, Energy Economics, 90, 104838.
- Liu, Y., Ge, Y., Tan, J., Fu, M., Shah, A. N., Li, L. ve Ding, Y., 2018. Emission Characteristics of Offshore Fishing Ships in the Yellow Bo Sea, China, Journal of Environmental Sciences, 65, 83-91.
- Liu, Z., Li, D., Zhang, J., Saleem, M., Zhang, Y., Ma, R. ve Wei, H., 2020. Effect of Simulated Acid Rain on Soil CO₂, CH₄ and N₂O Emissions and Microbial Communities in an Agricultural Soil, Geoderma, 366, 114222.
- Lloyd's Register, 1995. Marine Exhaust Emissions Research Programme, L. S. Services, London.
- Lyyranen, J., Jokiniemi, J., Kauppinen, E. I. ve Joutsensaari, J., 1999. Aerosol Characterisation in Medium-Speed Diesel Engines Operating With Heavy Fuel Oils, Journal of Aerosol Science, 30, 771-784.
- Maragkogan, A. ve Papaefthimiou, S., 2015. Evaluating the Social Cost of Cruise Ships Air Emissions in Major Ports of Greece, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 36, 10-17.
- Marmer, E. ve Langmann, B., 2005. Impact of Ship Emissions on the Mediterranean Summertime Pollution and Climate: A Regional Model Study, Atmospheric Environment, 39, 26, 4659-4669.
- Martin, R., Matthias, K., Armin, A., Johannes, B., Volker, M. ve Markus, Q., 2016. Modelling the Emissions From Ships in Ports and Their Impact on Air Quality in the Metropolitan Area of Hamburg, Geophysical Research Abstracts, 18.
- Michel, A. ve Seidling, W., 2016. Forest Condition in Europe: 2016 Technical Report of ICP Forests: Report Under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP), United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Eberswalde.

- Miriam, S., 1999. *Diffuse Lung Disorders: A Comprehensive Clinicalradiological Overview*, *Diffuse Lung Disorders: A Comprehensive Clinical-Radiological Overview Great Britain: Springer-Verlag London Limited, London.*
- Misra, A., Panchabikesan, K., Gowrishankar, S. K., Ayyasamy, E. ve Ramalingam, V., 2017. GHG Emission Accounting and Mitigation Strategies to Reduce the Carbon Footprint in Conventional Port Activities - A Case of the Port of Chennai, *Carbon Management*, 8, 45-56.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More, N., Yadav, A., Zainith, S., Mani, S. ve Chowdhary, P., 2019. Heavy Metal Contamination: An Alarming Threat to Environment and Human Health. in *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future*, 103-125. Springer, Singapore.
- Molina, M. J. ve Rowland, F. S., 1974. Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone, *Nature*, 249, 810-812.
- Monks, P. S., 2005. Gas-Phase Radical Chemistry in The Troposphere, *Chemical Society Reviews*, 34, 376-395.
- Murena, F. ve Prati, M. V., 2018. Assessment of The Impact of Ship Emissions on The Air Quality in Naples, *Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources*, 1037-1041.
- Muslu, A., 2018. Mavi Yolculuğun ve Geleneksel Ahşap Yatların Deniz Turizmi Arz Verisi Olarak Önemi: Bodrum Bölgesine Yönelik Nitel Bir Araştırma, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 456, 475.
- Özet, H. ve Büyükakıncı, B. Y., 2020. Altın Geri Dönüşüm Prosesindeki Azot Oksit Emisyonunun Düşürülmesi, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 8, 3, 565-571.
- Öztürk, O. B. ve Turna, İ., 2017. Türkiye'deki Yat Limanlarının Güvenlik Zafiyetleri, *Electronic Turkish Studies* , 29, 12, 413-425.
- Peng, Z., Ge, Y., Tan, J., Fu, M., Wang, X., Chen, M. ve Ji, Z., 2016. Emissions From Several in-Use Ships Tested By Portable Emission Measurement System, *Ocean Engineering*, 260-267.
- Phillips, W., 2014. Towards Diversification of the Tourism Sector: A Recreational Demand Study of Yachting and Marina Services in the Caribbean, United Nations, 31. ECLAC Subregional Headquarters for Latin America and the Caribbean.
- Piris, A. O., Navamuel, E. R., Labajos, C. A. ve Chaveli, J. O., 2018. Reduction of CO2 Emissions With Automatic Mooring Systems; The Case of the Port of Santander, *Atmospheric Pollution Research*, 9, 76-83.

- Qiao, T., Zhao, M., Xiu, G. ve Yu, J., 2016. Simultaneous Monitoring and Compositions Analysis of PM1 and PM2.5 in Shanghai: Implications For Characterization of Haze Pollution and Source Apportionment, Science of the Total Environment, 57, 558, 386-394.
- Rappenglück, B., Ackermann, L., Alvarez, S. L., Golovko, J., Buhr, M. P., Field, R. A. ve Keslar, C., 2014. Strong Wintertime Ozone Events in The Upper Green River Basin, Wyoming, Atmospheric Chemistry and Physics, 14, 4909.
- Rehmatulla, N. ve Simith, T., 2015. Barriers to Energy Efficient and Low Carbon Shipping, Ocean Engineering, 102-112.
- Roberts, T. J., Vignelles, D., Liuzzo, M., Giudice, G., Aiuppa, A., Coltelli, M. ve Renard, J. B., 2018. The Primary Volcanic Aerosol Emission From Mt Etna: Size-Resolved Particles With SO2 and Role in Plume Reactive Halogen Chemistry, Geochimica et Cosmochimica Acta, 222, 74-93.
- Roskilly, T., Nanda, S. K., Wang, Y. ve Chirkowski, J., 2008. The Performance and the Gaseous Emissions of Two Small Marine Craft Diesel Engines Fuelled With Biodiesel, Applied Thermal Engineering, 28, 872-880.
- Ruggiero, V., 2016. New Approach to Design and Representation of Large Yacht as Consequence of New Diesel Electric Propulsion Systems, International Journal of Advances in Mechanical ve Automobile Enng., 1, 3 , 2349-1493.
- Russo, M., Leitao, J., Gama, C., Ferreira, J. P. ve Monteiro, A., 2018. Shipping Emissions Over Europe: A State of the Art and Comparative Analysis, Atmospheric Environment, 177, 187-194.
- Saraçoğlu, H., 2010. İzmir Limanına Gelen Gemilerin Oluşturduğu Egzoz Gazı Emisonlarının İncelenmesi ve Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Saxe, H. ve Larsen, T., 2004. Air Pollution From Ships in Three Danish Ports, Atmospheric Environment, 38, 4057- 4067.
- Scheinkestel , C. D., Myles, P. S., Cooper, J., Millar, I. L., Tuxen, D. V., Bailey, M. ve Jones, K., 1999. Hyperbaric or Normobaric Oxygen For Acute Carbon Monoxide Poisoning: A Randomised Controlled Clinical Trial, Medical Journal of Australia, 170, 203-210.
- Shi, J. P. ve Harrison, R. M., 1997. Regression Modelling of Hourly NOx and NO2 Concentrations in Urban Air in London, Atmospheric Environment, 24, 31, 4081-4094.
- Shi, Y., 2016. Reducing Greenhouse Gas Emissions From İnternational Shipping is It Time to Consider Market-Based Measures, Marine Policy, 123-134.

- Sjöstedt, G., Svedin, U. ve Aniansson, B. H., 1993. International Environmental Negotiations Process Issues and Contexts, The Acid Rain Story, Utrikespolitiska Institutet, Stockholm, 105-116.
- Sliggers, J. ve Kakebeeke, W., 2004. Clearing the Air. 25 years of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva.
- Song, S., 2014. Ship Emissions Inventory, Social Cost and Eco-Efficiency in Shanghai Yangshan Port, Atmospheric Environment, 82, 288-297.
- Sozaeva, L. T., 2018. Evaluation of Emission of Pollutants in the Atmosphere Produced by Heating Enterprises of Nalchik Town. Materials Science Forum, 931, 1047-1051.
- Şahin, G., 2019. Orta Doğu ve Doğu Akdeniz'in Önemi: Tehditler, Riskler, Fırsatlar ve Türkiye, Güvenlik Stratejileri Dergisi, 29, 199-230.
- T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Dokuzuncu Kalkınma Planı, Turizm Özel İhtisas Komisyonu Raporu. (877), 28.06.2006, 69-70.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On Birinci Kalkınma Planı.(1225), 18.07.2019, 94-96.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, AB Eşleştirme Projesi TR08IBEN02, Emisyon Kontrolü'nün Geliştirilmesi. 11.07.2013, 2.
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Faliyet Raporu. 11.03.2020, 131-132.
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Yatırım Ve İşletmeler Genel Müdürlüğü. Yat İstatistikleri. 30.06.2020, 39
- T.C. Resmi Gazete, Deniz Turizm Yönetmeliği. (27298), 24.07.2009, 5561 - 5582.
- T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Turizm Kıyı Yapıları Master Plan Çalışması. 27.07.2010, 19-30.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, Deniz Ticareti 2018 Yılı İstatistikleri, 30.06.2019, 45-46.
- Tağıl, Ş. ve Menteşe, S., 2012. Zonguldak'ta Hava Kirliliği Pm10 ve So2 ile İlişkili Olarak Seçilmiş Solunum Yolu Hastalıklarının Zamansal Ve Mekânsal Değişimi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 15, 27, 3-18.
- Talapatra, A. ve Srivastava, A., 2011. Ambient Air Non-Methane Volatile Organic Compound (NMVOC) Study Initiatives in India - A Review. Journal of Environmental Protection, 2, 21.
- Thea, C. ve Gautam, A., 2009. Towards a Low Carbon Travel and Tourism Sector. World Economic Forum, Geneva.

- Transport Research Laboratory, 1999. Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions From Transport, European Commission, Transport RTD Programme of the 4th, Berkshire.
- Trozzi, C., 2017. Emission Estimate Methodology for Maritime Navigation, Combustion and Industry Expert Panel - Task Force on Emission Inventories, Roma.
- Trozzi, C. ve De Lauretis, R., 2016. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, Long-range Transboundary Air Pollution, European Environment Agency.
- Trozzi, C. ve Vaccaro, R., 1998. Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions From Ships. Techne Report MEET (Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport).
- TÜİK, 2005. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, Ankara.
- Tzannatos, E., 2010. Ship Emissions and Their Externalities for the Port of Piraeus – Greece, Atmospheric Environment, 44, 400- 407.
- UNCTAD, 2018. Shipping and the Environment, Geneva.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2018. Review of Maritime Transport 2018, New York.
- URL-1, <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-ced/ced-birimi> T.C. Sağlık Bakanlığı. Çevre Sağlığı Dairesi Başkanlığı. Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 16 Şubat 2020.
- URL-2, <https://www.britannica.com/technology/yacht> Technology Yacht. Britannica, 15 Şubat 2019.
- URL-3, http://www.mavibayrak.org.tr/tr/icerikDetay.aspx?icerik_refno=5, Marinalar, Mavi Bayrak Türkiye, 12 Mart 2019.
- URL-4, <https://www.coastguidetr.com/tr/marina/100204014/d-marin-turgutreis-marina> D-Marin Turgutreis Marina, Coast Guide Tr, 17 Kasım 2019.
- URL-5, <https://www.dogusgrubu.com.tr/tr/d-marin-meraas-ve-dubai-holding-ile-marina-agini-guclendiriyor> Doğu Grubu Hakkında, Dogus Grubu, 18 Nisan 2019.
- URL-6, <https://www.virahaber.com/d-marin-turgutreise-bir-odul-daha-53641h.htm>, Vira Haber, 19 Haziran 2019.
- URL-7, [http://www.mavibayrak.org.tr/userfiles/image/4%20\(1\)\(1\).png](http://www.mavibayrak.org.tr/userfiles/image/4%20(1)(1).png), Mavi Bayrak Türkiye, Turçev, Marinalar. 19 Haziran 2019.
- URL-8, <https://www.navigamagazin.com/yazi/176/guney-ege-marinalari.html>, Güney Ege Marinaları, Naviga Magazin, 18 Eylül 2019.

- URL-9, <https://www.coastguidetr.com/tr/marina/100204014/d-marin-turgutreis-marina>, D-Marin Turgutreis Marina, Coast Guide tr, 3 Ocak 2020.
- URL-10, <https://www.denizturizmbirligi.org.tr/marina/d-marin-turgutreis-marina>, D-Marin Turgutreis, Deniz Turizm Birliği, 7 Nisan 2019.
- URL-11, <https://marinalar.com/d-marin/d-marin-turgutreis/> D-Marin Turgutreis, Marinalar, 22 Ocak 2020.
- URL-12, <https://www.yatliman.com/limanlar/d-marin-turgutreis/>, Limanlar, D-Marin, Yat ve Liman, 3 Aralık 2019.
- URL-13, <https://www.yatliman.com/limanlar/d-marin-turgutreis/>, İkia Turizm, Limanlar D-Marin, Yat Liman, 18 Şubat 2019.
- URL-14, <https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@13vekey=ary%60FidjeD>, Navionics Srl a Socio Unico, Chart Viewer, Navionics, 12 Şubat 2020.
- URL-15, https://www.emep.int/emep_overview.html, EMEP History and Structure, EMEP, 12 Eylül 2020.
- URL-16, <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>, Commission European, Environment – Air, 15 Şubat 2020.
- URL-17, <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>, Particulate Matter Pollution, United States Environmental Protection Agency, 18 Şubat 2020.
- URL-18, <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableView/tableView.aspx>, UNCTAD, Data Center, Unctadstat, 12 Eylül 2020.
- URL-19, [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/SpecialAreasUnder MARPOL/Pages/Default.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/SpecialAreasUnder%20MARPOL/Pages/Default.aspx), IMO, Special Areas Under MARPOL, 22 Şubat 2020.
- URL-20, <http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/>, International IMO, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 22 Şubat 2020.
- URL-21, [http://www.cleanshipping.org/download/111128_Air%20pollution%20from%20ships_New_Nov-11\(3\).pdf](http://www.cleanshipping.org/download/111128_Air%20pollution%20from%20ships_New_Nov-11(3).pdf), Cleanshipping Coalition, 18 Şubat 2020.
- URL-22, <https://www.volvopenta.com/industrialoffroad/en-en/products/info/benefits/emission-technology.html>, Volvo Penta Industrial Emission Technology Engineered For The Future, 26 Mart 2020.
- Valavanidis, A., Vlachogianni, T., Fiotakis, K. ve Loridas, S., 2013. Pulmonary Oxidative Stress, Inflammation and Cancer: Respirable Particulate Matter, Fibrous Dusts and Ozone as Major Causes of Lung Carcinogenesis through Reactive Oxygen Species Mechanisms, International Journal of Environmental Research And Public Health, 9, 10, 3886-3907.

- Wang, X., Zheng, H., Wang, Z., Shan, Y., Meng, J., Liang, X. ve Guan, D., 2019. Kazakhstan's CO₂ Emissions in the Post-Kyoto Protocol Era: Production- and Consumption-Based Analysis, Journal of Environmental Management, 249, 109393.
- WanLee, J. ve Brahmasrene, T., 2013. Investigating The Influence of Tourism on Economic Growth and Carbon Emissions: Evidence From Panel Analysis of the European Union. Tourism Management, 69-76.
- Webster, A., Reynolds, G. ve Lavender, K., 2006. Emission Inventory Guidebook, Lloyds Register of Shipping, UK.
- Weichenthal, S., Kulka, R., Belisle, P., Joseph, L., Dubeau, A., Martin, C. ve Dales, R., 2012. Personal Exposure to Specific Volatile Organic Compounds and Acute Changes in Lung Function and Heart Rate Variability Among Urban Cyclists, Environmental Research, 118, 118-123.
- Wettstad, J., 1997. Acid Lessons? LRTAP Implementation and Effectiveness, Global Environmental Change, 7, 235-249.
- Winnes, H. ve Fridell, E., 2010. Emissions of NO_x and Particles From Manoeuvring Ships, Transportation Research Part D, 204–211.
- Yau, P. S., Lee, S. C., Corbett, J., Wang, C., Cheng, Y. ve Ho, K. F., 2012. Estimation of Exhaust Emission From Ocean-Going Vessels in Hong Kong, Science of the Total Environment, 299–306.
- Yizhong, W., Ye, H., Qunwei, W., Dequn, Z. ve Bin, S., 2020. Cleaner Production vs End-of-Pipe Treatment: Evidence From Industrial SO₂ Emissions Abatement in China, Journal of Environmental Management, 277, 111429.
- Zaman, K., Khan, M. M. ve Ahmad, M., 2011. Exploring the Relationship Between Tourism Development Indicators, World Applied Sciences Journal, 5, 15, 690-701.
- Zhang, F., Chen, Y., Tian, C., Wang, X., Huang, G., Fang, Y. ve Zong, Z., 2014. Identification and Quantification of Shipping Emissions in Bohai, Science of the Total Environment, 570-577.
- Zhang, Q., Wang, Y., Zhang, W. ve Xu, J., 2019. Energy and Resource Conservation and Air Pollution Abatement in China's Iron and Steel Industry, Resources, Conservation and Recycling, 147, 67-84.
- Zhang, Y., Gu, J., Wang, W., Peng, Y., Wu, X. ve Feng, X., 2017. Inland port vessel Emissions Inventory Based on Ship Traffic Emission Assessment Model-Automatic Identification System, Advances in Mechanical Engineering, 9, 7, 1-9.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Bölümünden 2007 yılında mezun oldu. 2007-2017 yılları arasında Deniz Ticaret Filosunda Uzakyol Vardiya Zabiti, Uzakyol Birinci Zabit ve Uzakyol Kaptanı olarak çalıştı. 2017-2018 yılları arasında Artvin Çoruh Üniversitesi, Hopa MYO, Deniz ve Liman İşletmeciliği Programında öğretim görevlisi olarak çalıştı, 2018 tarihinden beri Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Bodrum Denizcilik MYO, Yat Kaptanlığı Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.