

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇANAKKALE VE İSTANBUL BOĞAZLARINDAN GEÇEN
TÜRK BAYRAKLI KİMYASAL TANKERLERİN EMİSYON TAHMİNLERİ**

YAKUP KOCAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. UĞUR BUĞRA ÇELEBİ**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇANAKKALE VE İSTANBUL BOĞAZLARINDAN GEÇEN
TÜRK BAYRAKLI KİMYASAL TANKERLERİN EMİSYON TAHMİNLERİ

Yakup KOCAMAN tarafından hazırlanan tez çalışması 21.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Serkan EKİNCİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın DURMUŞOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen ve bu konuyu seçmemde büyük katkısı olan danışman hocam Doç. Dr. Sayın Uğur Buğra ÇELEBİ'ye, değerli bilgi ve görüşlerini paylaştığı için,

Bu süreçte fikir ve önerileri ile yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Sayın Levent BİLGİLİ'ye, Değerli katkılarından dolayı jüri üyeleri Prof. Dr. Serkan EKİNCİ ve Dr. Öğr. Üyesi Yalçın DURMUŞOĞLU'na teşekkür etmeyi borç bilirim.

Türk Boğazları'ndan geçiş yapan kimyasal tankerlere ilişkin istatistiki veri paylaşımında bulunan Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü ile bu veriyi edinmem konusunda yardımcı olan Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürü Sayın Salim ÖZPAK, Genel Müdür Yardımcısı Sayın Naci KAYA, Deniz Endüstrisi Daire Başkanı Sayın Murat DİNÇER ve diğer tüm Genel Müdürlük personeline teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Son olarak, bu tezi hazırlamamda büyük emeği ve desteği olan sevgili eşim Kevser Pınar KOCAMAN'a çok teşekkür ederim.

Haziran, 2018

Yakup KOCAMAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvi
ABSTRACT.....	xviii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
DENİZ TAŞIMACILIĞINA GENEL BAKIŞ.....	5
2.1 Dünya Ticaret Filosuna İlişkin İstatistikî Veriler	6
2.2 Türk Ticaret Filosuna İlişkin İstatistikî Veriler	8
BÖLÜM 3	
EMİSYON KAVRAMI VE KURALLARININ GELİŞİMİ	11
3.1 Denizcilik Sektöründe Emisyon	12
3.2 Uluslararası ve Ulusal Mevzuat Kapsamında Getirilen Kural ve Çalışmalar	15
3.2.1 IMO Tarafından Yürütülen Çalışmalar	15
3.2.2 Avrupa Birliği Tarafından Yürütülen Çalışmalar	15
3.2.3 Ülkemiz Tarafından Yürütülen Çalışmalar	17
BÖLÜM 4	

ÇANAKKALE VE İSTANBUL BOĞAZLARINDAN GEÇEN TÜRK BAYRAKLI KİMYASAL TANKER KAYNAKLI EMİSYONLARIN HESAPLANMASI.....	18
4.1 Çanakkale ve İstanbul Boğazları'nın Fiziksel Özellikleri	18
4.2 Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndan Gemi Geçişleri	19
4.3 Emisyon Hesabında İzlenen Yöntem	23
4.3.1 Emisyon Hesaplamalarına İlişkin Yaklaşımlar	23
4.3.2 Makine Tiplerine Bakılmaksızın Emisyon Faktörlerinin Değerlendirilmesi	32
4.4 Türk Boğazları'ndan Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Emisyon Miktarı Tahmini	33

BÖLÜM 5

EMİSYON KAYNAKLI MALİYET TAHMİNİ VE EMİSYONUN AZALTIMASI İÇİN ALINACAK ÖNLEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	39
5.1 Emisyon Maliyet Hesaplarına İlişkin Yaklaşım Yöntemleri	40
5.1.1 BETA Yaklaşım Yöntemi	40
5.1.2 CAFE Yaklaşım Yöntemi	42
5.1.3 HEATCO Yaklaşım Yöntemi	42
5.1.4 NEEDS Yaklaşım Yöntemi.....	43
5.2 Yaklaşım Yöntemlerinin Maliyet Tahmini	44
5.2.1 BETA Yaklaşım Yöntemi Verileri Kapsamında Türk Boğazlarında Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Oluşan Emisyon Maliyeti.....	44
5.2.2 CAFE Yaklaşım Yöntemi Verileri Kapsamında Türk Boğazlarında Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Oluşan Emisyon Maliyeti.....	45
5.2.3 NEEDS Yaklaşım Yöntemi Verileri Kapsamında Türk Boğazlarında Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Oluşan Emisyon Maliyeti.....	46
5.3 Emisyonun Azaltılmasının Gemi İşleticilerine ve Diğer İlgili Tarafalara Maliyeti.....	48
5.3.1 SO ₂ Kaynaklı Emisyon Azaltılma Maliyeti	49
5.3.2 NO _x Kaynaklı Emisyon Azaltılma Maliyeti.....	56
5.3.3 CO ₂ Emisyonunun Azaltılmasına İlişkin Yöntemler.....	74
5.3.4 LNG (Sıvılaştırılmış Doğalgaz) Kullanımı	76
5.4 Emisyon Kontrol Alanı	78
5.4.1 Boğazlar Bölgesi'nin ECA Olarak Değerlendirilmesi	79

BÖLÜM 6

SONUÇ.....	82
KAYNAKLAR.....	87



SİMGE LİSTESİ

BC	Siyah Karbon
CH ₄	Metan
CO	Karbonminoksit
CO ₂	Karbondioksit
e	makine kategorisi (ana, yardımcı)
E	ton cinsinden i kirleticisi için yıllık emisyon değeri
E _i	kg cinsinden i kirleticisi için emisyon değeri
E _{trip,i,j,m}	ton cinsinden tüm seyir için toplam emisyon miktarı
EF	kg/t cinsinden emisyon faktörü
EF _{i,m}	i kirletici ve m yakıt tipine ilişkin yakıt tüketim - spesifik emisyon faktörü (kg/ton cinsinden)
EF _{i,m,j}	m tipi yakıt kullanan j tipi makine bulunduran gemilerdeki i kirleticisi için ortalama emisyon faktörü
FC	ton cinsinden yakıt tüketim miktarı
FC _m	seyir için ülkede satılan m tipi yakıt miktarı
FC _{m,j}	ton cinsinden j tipi makine bulunduran gemilerde kullanılan m tipi yakıt miktarı
FSC	Yakıt içeriğindeki kükürt oranı
HC	Hidro karbon
i	kirletici
j	makine tipi (yavaş, orta ve yüksek hızlı dizel, gaz türbini, büyük gemiler için buhar ve gaz türbini, küçük tekneler için 2S ve 4S benzin)
LF	makine yük faktörü (yüzde olarak)
m	yakıt tipi (gemi akaryakıtı (bunker), deniz tipi dizel yakıt, deniz tipi gaz yağı)
NMVOG	Metan Dışı Uçucu Organik Bileşenler
NO _x	Azot Oksitler
P	kW cinsinden nominal makine gücü
p	seyir fazları (manevra, seyir ve sabit durumda olup makinelerinin çalışır vaziyetteki aşamaları)
PM	Partikül Madde
SO ₂	Kükürt dioksit
SO _x	Kükürt oksitler
T	saat cinsinden süre

TSP
VOC

Toplam Partikül madde
Uçucu Organik Bileşenler



KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
BeTa	Benefits Table Database (Fayda tablo veri tabanı)
BFO	Bunker Fuel-oil (Gemi yakıtı)
CAFE	Clean Air for Europe (Avrupa için Temiz Hava)
DWT	Deadweight Ton (Dedveyt Ton)
ECA	Emission Control Area (Emisyon Kontrol Alanı)
EEDI	Energy Efficiency Design Index (Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi)
EGC	Exhaust Gas Cleaner (Egzoz Gaz Temizleyicisi)
EQUASIS	Electronic Quality Shipping Information System (Elektronik Kalite Gemicilik Bilgi Sistemi)
GT	Groston
HAM	Humidity Air Motor (Nemli Hava Motoru)
HEATCO	Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (Ulaştırma maliyeti ve proje değerlendirmesi için uyumlaştırılmış Avrupa yaklaşımları)
IACCSEA	The International Association for Catalytic Control of Ship Emissions to Air (Uluslararası Havadaki Gemi kaynaklı Emisyonların Katalizör Kontrol Birliği)
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IMO	International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
ISL	Institute of Shipping Economics and Logistics (Denizcilik Ekonomisi ve Lojistik Enstitüsü)
ICCT	International Council on Clean Trtransportation (Uluslararası Temiz Taşımacılık Konseyi)
İMEAK DTO	İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası
KEGM	Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü
LNG	Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğalgaz)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
MARPOL	International Convention, for the Prevention of Pollution from Ships (1978 Protokolü ile Değişik, 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme)
MDO	Marine Diesel-oil (Deniz tipi dizel yakıt)
MEPC	Marine Environment Protection Committee (Deniz Çevresi Koruma Komitesi)
MGO	Marine Gas-oil (Deniz tipi gaz yakıt)

NECA	NO _x Emission Control Area (NO _x Emisyon Kontrol Alanı)
NEEDS	New Energy Externalities Development for Sustainability (Sürdürülebilirlik için Yeni Enerji Dışsallıkları Oluşumu)
OECD	The Organization for Economic Co-operation (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
PM ECA	PM Emission Control Area (PM Emisyon Kontrol Alanı)
SCR	Selective Catalytic Reduction (Seçkili Katalitik İndirgeme)
SECA	SO _x Emission Control Area (SO _x Emisyon Kontrol Alanı)
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan (Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı)
TEU	Twenty-foot equivalent (Konteyner Taşımacılığında Kapasite için Kullanılan Ölçü Birimi)
TUGS	Türk Uluslararası Gemi Sicili
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development (Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
WIF	Water in fuel (Yakıt İçine Su Koyma)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4. 1 Türk Boğazlar haritası	18
Şekil 4. 2 Emisyon Tahmini Adımları	33
Şekil 4. 3 DWT/Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon ilişkisi (Çanakkale Boğazı, 2014-2017)	35
Şekil 4. 4 DWT/Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon ilişkisi (İstanbul Boğazı, 2014-2017)	36
Şekil 4. 5 Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon/DWT ilişkisi (Çanakkale Boğazı, 2014-2017)	37
Şekil 4. 6 Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon/DWT ilişkisi (İstanbul Boğazı, 2014-2017)	37
Şekil 5. 1 Emisyon maliyet yaklaşım yöntemlerine ilişkin akış şeması	40
Şekil 5. 2 SO ₂ emisyon azaltım yöntemlerinde maliyet tahminine ilişkin akış şeması....	49
Şekil 5. 3 NO _x emisyon azaltım yöntemlerinde maliyet tahminine ilişkin akış şeması ...	56

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Denizyolunun dünya taşımacılığında payı.....	6
Çizelge 2. 2 Dünya Deniz Ticaret Filosunun gemi tipleri itibarıyla DWT gelişimi.....	7
Çizelge 2. 3 Ülkelerin ticaret filo kapasiteleri.....	8
Çizelge 2. 4 Türk Deniz Ticaret Filosunun adet bazında yıllara göre dağılımı.....	9
Çizelge 2. 5 Türk Deniz Ticaret Filosunun GT bazında yıllara göre dağılımı.....	9
Çizelge 2. 6 Türk Deniz Ticaret Filosunun yıllara göre yaş ortalaması.....	10
Çizelge 3. 1 IMO ve ICCT emisyon çalışmaları.....	12
Çizelge 3. 2 Yakıt tüketimi tahminleri.....	13
Çizelge 3. 3 Deniz taşımacılığı kaynaklı emisyon miktarı tahminleri.....	14
Çizelge 4. 1 Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin istatistikî verileri.....	19
Çizelge 4. 2 Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin tiplere ve yıllara göre dağılımı.....	20
Çizelge 4. 3 İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin istatistikî verileri.....	21
Çizelge 4. 4 İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin tiplere ve yıllara göre dağılımı.....	22
Çizelge 4. 5 Uluslararası seyir yapan gemilerin yıllık yakıt tahmini (milyon ton).....	23
Çizelge 4. 6 Tüm gemilerin yıllık yakıt tahmini (milyon ton).....	23
Çizelge 4. 7 Farklı makine tipi/yakıt kombinasyonlarının NO _x , NMVOC, PM ve özgül yakıt tüketimi için emisyon faktörleri.....	25
Çizelge 4. 8 Farklı Makine Tipi/Yakıt Kombinasyonlarına İlişkin NO _x , NMVOC ve PM için emisyon faktörleri (seyir, manevra, stabil).....	27
Çizelge 4. 9 Farklı makine tipi/yakıt kombinasyonlarının NO _x , NMVOC, PM ve özgül yakıt tüketimi için emisyon faktörleri (seyir, manevra, stabil).....	28
Çizelge 4. 10 Geminin seyir fazları ve makine tiplerine göre güncellenmiş emisyon faktörleri (seyir esnasında).....	30
Çizelge 4. 11 Geminin seyir fazları ve makine tiplerine göre güncellenmiş emisyon faktörleri (manevra esnasında).....	31
Çizelge 4. 12 CO ₂ ve SO ₂ 'nin emisyon faktörleri.....	32
Çizelge 4. 13 CO ve HC'nin emisyon faktörleri.....	33
Çizelge 4. 14 Boğazlardan geçiş yapan kimyasal tanker sayısı ve süresi.....	34
Çizelge 4. 15 Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndaki Türk Bayraklı kimyasal tanker kaynaklı emisyon tahmin miktarı.....	35
Çizelge 4. 16 DWT/Boy ile kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon miktarı arasındaki formülüzasyon tahmini.....	36
Çizelge 4. 17 Boy ile kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon miktarı/DWT arasındaki formülüzasyon tahmini.....	38
Çizelge 5. 1 BeTa yaklaşım yöntemi emisyon maliyeti (avro/ton).....	40

Çizelge 5. 2 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca BeTa Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton) (Kırsal Bölge İçin).....	41
Çizelge 5. 3 BeTa yaklaşım yöntemi kapsamında 100.000 kişilik şehir için kabul edilen PM2.5 ve için kabul edilen emisyon maliyeti (Avro/ton) (Merkezi Bölge İçin).....	41
Çizelge 5. 4 Bölgenin Nüfusuna göre, Çizelge 5.3'de verilen emisyon maliyetinin katsayıları listesi.....	41
Çizelge 5. 5 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca Çizelge 5.4'de yer alan maliyetlerin güncellenmiş hali.....	42
Çizelge 5. 6 CAFE Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton).....	42
Çizelge 5. 7 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca CAFE Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton).....	42
Çizelge 5. 8 NEEDS Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton).....	43
Çizelge 5. 9 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca NEEDS Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton).....	44
Çizelge 5. 10 BETA verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı PM _{2.5} Emisyon Maliyeti.....	44
Çizelge 5. 11 BETA verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı SO ₂ Emisyon Maliyeti.....	45
Çizelge 5. 12 BETA verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı NO _x Emisyon Maliyeti.....	45
Çizelge 5. 13 CAFE verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı NO _x Emisyon Maliyeti.....	45
Çizelge 5. 14 CAFE verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı SO ₂ Emisyon Maliyeti.....	46
Çizelge 5. 15 CAFE verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı PM _{2.5} Emisyon Maliyeti.....	46
Çizelge 5. 16 NEEDS verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı NO _x Emisyon Maliyeti.....	46
Çizelge 5. 17 NEEDS verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı SO ₂ Emisyon Maliyeti.....	47
Çizelge 5. 18 NEEDS verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı PM _{2.5} Emisyon Maliyeti.....	47
Çizelge 5. 19 BETA, NEEDS ve CAFE Yaklaşım Yöntemleri Kapsamında Hesaplanan Emisyon Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	48
Çizelge 5. 20 Türk Boğazlarından geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerin yakıt sarfiyatı.....	51
Çizelge 5. 21 Yakıttaki Sülfür Oranın Düşürülmesi Sonucunda ve OECD tarafından veriler doğrultusunda oluşacak ilave maliyet.....	51
Çizelge 5. 22 BETA, NEEDS ve CAFE Yaklaşım Yöntemleri Kapsamında Hesaplanan Emisyon Maliyetleri ile Sülfür Oranı Düşürülmesi Sonucu Oluşabilecek İlave Maliyetin Karşılaştırılması.....	53
Çizelge 5. 23 Kullanılan yöntemler kapsamında SO ₂ emisyon azaltım oranları.....	54
Çizelge 5. 24 SO ₂ azaltımına ilişkin maliyetler.....	55
Çizelge 5. 25 NO _x kapsamında alınacak önlemlerin maliyeti.....	58
Çizelge 5. 26 NO _x kapsamında alınacak önlemlerin azaltma oranları.....	59

Çizelge 5. 27 Yakıt bazında NO _x Emisyon Maliyeti.....	60
Çizelge 5. 28 SCR Sisteminin Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi.....	61
Çizelge 5. 29 HAM Ekipmanın Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi.....	62
Çizelge 5. 30 EGC Ekipmanın Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi.....	63
Çizelge 5. 31 WIF Yönteminin Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi.....	64
Çizelge 5. 32 NO _x Azaltma Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	65
Çizelge 5. 33 SCR Sistemi kapsamında azalan emisyon miktarı.....	68
Çizelge 5. 34 SCR Sisteminin kurulum maliyeti ile SCR sistemi sayesinde azalan emisyon miktarının BETA, CAFE ve NEEDS yaklaşım yöntemleri verileri doğrultusunda emisyon maliyetinin hesaplanması.....	69
Çizelge 5. 35 SCR sistemi sayesinde azalan emisyon miktarının, Danimarka Çevre Ajansı verileri bazında topluma ve çevreye verdiği fayda değeri.....	69
Çizelge 5. 36 Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından yürütülen çalışmada yer alan HAM Ekipman yöntemine ilişkin mali veriler.....	71
Çizelge 5. 37 Danimarka Çevre Koruma Ajansından alınan veriler doğrultusunda hesaplanan maliyet çıktıları.....	71
Çizelge 5. 38 Z. Yang v.d. tarafından yapılan çalışmadaki veriler uyarınca, Boğazlardan Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerler için HAM Ekipman Kurulum Maliyeti.....	72
Çizelge 5. 39 Avrupa Komisyonu raporu uyarınca tanker başına HAM ekipman kurulum maliyetleri.....	72
Çizelge 5. 40 Avrupa Komisyonu raporu uyarınca Boğazlardan Geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerler için HAM ekipman kurulum maliyetleri.....	73
Çizelge 5. 41 HAM Ekipmanı Maliyetleri Kapsamında Çalışmaların Karşılaştırılması.....	73
Çizelge 5. 42 CO ₂ Emisyon Azaltım Faktörleri.....	75
Çizelge 5. 43 Çeşitli Büyüklüklere Göre LNG Yakıt Sisteminin Maliyeti, Yakıt Tasarrufu ve Bu Sistem Sayesinde Doğaya Salınmayan Emisyon Miktarına İlişkin Veriler.....	77
Çizelge 5. 44 Türk Boğazlarından Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlere LNG Yakıt Sistemi Takılmasına İlişkin Maliyet Tahmini (Danimarka Çevre Koruma Ajansının verileri doğrultusunda hesaplanan değer).....	77
Çizelge 5. 45 Türk Boğazlarından Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlere LNG Yakıt Sistemi Takılmasına İlişkin Maliyet Tahmini (Avrupa Birliği Projesi verileri doğrultusunda).....	78
Çizelge 5. 46 IMO Tarafından Onaylanan Emisyon Kontrol Alanları.....	79
Çizelge 5. 47 Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından Geçiş Yapan Gemi Sayısı (2006-2017).....	80

**ÇANAKKALE VE İSTANBUL BOĞAZLARINDAN GEÇEN TÜRK BAYRAKLI
KİMYASAL TANKERLERİN EMİSYON TAHMİNLERİ**

Yakup KOCAMAN

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Deniz yolu taşımacılığı tarihsel açıdan incelendiğinde, coğrafi keşiflerin yapılması ve sanayileşmeye gidilen yolda en önemli aktörler arasında yerini almıştır. Diğer taşımacılık modlarına göre daha ekonomik olması ve büyük yük kapasitesi ile önemini korumaya devam etmektedir.

Deniz taşımacılığı, diğer taşımacılık modlarında olduğu gibi petrol yakıtlarının kullanılması nedeni ile emisyon salınımı yaparak çevreyi kirletmektedir. Oransal açıdan bakıldığında, diğer taşımacılık modlarına göre emisyon salınım miktarı daha az olmakla birlikte geçiş hatlarında ve elleçleme yapılan limanları içeren yaşam alanlarını olumsuz olarak etkilemektedir. Bu kapsamda, gemi kaynaklı emisyon miktarının tahmini yapılarak ilgili tarafları ve toplumu bilinçlendirmek büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada öncelikle Türk Boğazları'ndan Türk Bayraklı kimyasal tanker kaynaklı emisyon tahmini yapılmıştır. Emisyonun insan ve çevre sağlığına olan maliyeti, bu kapsamda daha önce yapılmış yaklaşımların yöntemleri esas alınarak tahmin edilmiştir.

SO₂ emisyon azaltımı ile ilgili olarak, yakıttaki sülfür oranının, IMO tarafından 1 Ocak 2020'den sonra azami % 0,5'e düşürülmesi gerektiği belirlenmiştir. Bu çalışmada, yakıt kalitesini ve maliyetini arttıracak bu sınırlamanın denizcilik sektörüne yansıtacağı ilave mali yüke ilişkin tahminde bulunulmuştur.

Ayrıca, NO_x emisyonun azaltılmasını sağlayacak sistem ve ekipmanlar ile alternatif yakıt sistemi olan LNG ile ilgili projeler ve akademik çalışmalar incelenmiş ve NO_x emisyonun azaltılması için bu sistem veya ekipmanların gemide kullanımı gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gerekliliğe istinaden geçiş yapan Türk Bayraklı kimyasal tankerlere sistem ve ekipmanın kurulumunun yapılması durumunda oluşacak maliyet hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Emisyon, Kimyasal Tanker, Çanakkale Boğazı, İstanbul Boğazı

**EMISSION ESTIMATIONS FOR TURKISH FLAGGED CHEMICAL TANKERS
PASSING THROUGH THE CANAKKALE AND ISTANBUL STRAITS**

Yakup KOCAMAN

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

In its historical context Maritime transport was one of the most important leading cause to geographical explorations and industrialization. It continues to maintain its importance with its large load capacity and for being more economical than other modes of transport.

Using petroleum fuels as other modes of transport, Maritime transport causes the environmental pollution by releasing emissions as well. With a lesser amount of release compared to other modes of transportation, Marine transportation still negatively affects the transit line areas and the habitats in the ports during handling. Therefore, it is very important to raise awareness of the parties concerned and the society by estimating the amount of ship-based emission.

In this study, emission estimation for Turkish-flagged chemical tankers passing through the Turkish Straits is made. The cost of the emission for human and environmental health is calculated based on the approach methods that have been done before.

Regarding SO₂ emission reduction, it is determined by IMO after 1 January 2020 that the sulfur content in the fuel should be reduced to a maximum of 0.5%. In this study, the additional financial burden that would be reflected in the maritime sector is estimated, which would increase fuel quality and cost.

Both the projects and academic studies related to LNG, which is an alternative fuel system, and the systems and equipments ensure to reduce NO_x emission are examined, thus the necessity to use this system or equipments on board in order to reduce NO_x emission is set forth. Furthermore, the costs to be incurred in the case of the requirement of installing the systems and equipments to the passing Turkish flagged chemical tankers are calculated.

Keywords: Emission, Chemical Tanker, Istanbul Strait, Canakkale Strait

GİRİŞ

Ülkemiz idari sınırları içerisinde yer alan ve Karadeniz'i Marmara ve Ege Denizlerine bağlayan Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndan yılda toplam yaklaşık 100 bin adet ticari gemi geçiş yapmaktadır. Ülkemizin de taraf olduğu Montrö Boğazlar Sözleşmesine göre herhangi bir ücret ödemeksizin geçiş yapan gemiler yıllık ortalama 150 milyon ton tehlikeli mal taşımaktadır. Bu geçişler can ve mal emniyeti ile deniz çevresinde oluşabilecek kirlilik kapsamında ciddi riskler barındırmanın yanı sıra ülkemiz karasularında önemli oranda emisyon salınımına neden olmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Sanayileşme ile birlikte dünya, emisyon kavramı ile tanışmıştır. 20 nci yüzyılda emisyonun yeryüzündeki etkisi, küresel ısınma başta olmak üzere hissedilmeye başlamış ve günümüzde de artmaya devam etmektedir.

Emisyonun bu olumsuz etkisini saptayabilmek ve miktarını belirlemek için çok sayıda proje ve akademik çalışma yapılmıştır. Emisyon tahmin yöntemlerine ilişkin hesaplamalarda tümdengelim ve tümevarım yöntemleri kullanılmış olup söz konusu çalışmalar [1] Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2'de yer almaktadır.

Çizelge1. 1 Tümdengelim yöntemi ile yapılan emisyon çalışmaları

Referans	Temel alınan yıl	Çalışma yapılan alan	Üzerinde çalışma yapılan kirletici
Corbett and Fischbeck (1997)	1973	Küresel	NO _x , SO ₂
Corbett v.d. (1999)	1993	Küresel	NO _x , SO ₂
Skjølvsvik v.d. (2000) CO,	1996	Küresel	NMVOC, CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , NO _x , SO ₂
Endresen v.d. (2007)	1925–2002	Küresel	CO ₂ , SO ₂
Lucialli v.d. (2007)	2004	Ravenna Limanı	PM ₁₀ , NO _x
Hulskotte ve Denier van derGon (2010)	2003	Rotterdam	HC, SO ₂ , NO _x , CO, CO ₂ , PM ₁₀
Tzannatos (2010a)	1984–2008	Yunanistan	CO ₂ , NO _x , SO ₂ ve PM

Çizelge1. 2 Tümevarım yöntemi ile yapılan emisyon çalışmaları

Referans	Temel alınan yıl	Çalışma yapılan alan	Üzerinde çalışma yapılan kirletici
Georgakaki v.d. (2005)	1997–2000	AB-15 üye ülke	SO _x , NO _x
Wang v.d. (2007)	2002	Kuzey Amerika	SO ₂
Buhaug v.d. (2009)	1990-2007	Küresel	CO ₂ , NO _x , NMVOC, CO, PM, SO _x ve GHG
Jalkanen v.d. (2009)	2007	Baltık Denizi	NO _x , SO _x , SO ₂
Tzannatos (2010b)	2008–2009	Pire Limanı	NO _x , SO ₂ , PM _{2.5}
Yau v.d. (2012)	2007	Hong Kong Limanı	NO _x , SO ₂ , PM ₁₀
Song ve Shon (2014)	2006–2009	Busan Limanı	NO _x , SO ₂ , VOC, CO ₂
IMO (2014)	2007–2012	Küresel	CO ₂ , NO _x , NMVOC, CO, PM, SO _x ve GHG
Maragkogianni and Papaefthimiou (2015)	2013	Pire, Santorini, Mykonos, Corfu ve Katakolo Lımanları	NO _x , SO ₂ , PM _{2.5}

Bu çalışmalarda belirlenen yöntemlerde, emisyon türleri ve emisyon faktörlerine göre değişiklikler bulunmaktadır.

Tümdengelim hesaplama yönteminde gemi yakıt tüketimi, tümevarım yönteminde ise gemi hareketi esas alınmaktadır [2].

Uluslararası ölçekte emisyon tahminlerine ilişkin çalışmalar IMO nezdinde yürütölmektedir. 2000 (1996 yılına ait veriler), 2009 (2007 yılına ait veriler) ve 2014 (2012 yılına ait veriler) yıllarında olmak üzere 3 adet çalışma yürütölmüş olup bu çalışmalarda CO₂ emisyonu miktarı ile ilgili tahminler yürütölmüştür [3]. Hesaplama yöntemlerine ilişkin, seyir, teknolojiye özgü ve hareket yaklaşımı olmak üzere 3 adet yaklaşımdan oluşan bir çalışma yapılmıştır [4].

Çanakkale ve İstanbul Boğazları, yılda yaklaşık 100.000 gemi geçmesi ile yoğun bir trafiğe sahiptir. Genel itibariyle gemi kaynaklı emisyonlar, gemiler tarafından sık kullanılan hatlarda yoğunlaşmaktadır [5].

Türk Boğazlarındaki gemi trafiği ve bu trafiğin açığa çıkardığı emisyonlar konusundaki ilk çalışma U. Kesgin ve N. Vardar tarafından 2001 yılında yapılmıştır [6]. Boğazlarımızdan geçen tankerlerin emisyon hesaplaması yapılırken, Trozzi v.d. tarafından yapılan çalışmada [7] yer alan denklem esas alınmıştır.

Türk ticaret filosunun yaş ortalamasının 22 [8] olması dikkate alınarak en ağır yakıt kullanılacak şekilde kabul yapılmış olup artık yakıt olarak değeri verilen emisyon faktörü [9] dikkate alınmıştır. Makine yükü için ise Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı çerçevesinde yapılan bir çalışmada [10] yer alan 0.8 (%80) değeri dikkate alınmıştır.

Emisyon maliyetleri için Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen Etkili Yol Yaklaşımı isimli proje çalışması yapılmıştır [11]. Bu proje kapsamında; fayda tablo veri tabanı (BeTa), ulaştırma maliyeti ve proje değerlendirmesi için uyumlaştırılmış Avrupa Yaklaşımları (HEATCO), Avrupa İçin Temiz Hava (CAFE) ve Sürdürülebilirlik İçin Yeni Enerji Dışallıkları Organizasyonu (NEEDS) yaklaşım yöntemleri belirlenmiştir. Bu yaklaşım yöntemleri emisyonların ton başına maliyet tahminlerinde bulunulmuştur.

SO₂ emisyon azaltım önlemleri ile ilgili olarak 1 Ocak 2020 tarihi sonrasında yakıt içindeki sülfür oranının azami olarak % 0,5'e düşürölmesi kuralı IMO tarafından onaylanmıştır. Sülfür oranlarına limit getirilmesine ilave olarak tuzlu su temizleyicisi ekipmanların azaltma oranı ve maliyetine ile ilgili çalışma yapılmıştır [12].

NO_x azaltım önlemleri ve maliyetine ilişkin çok sayıda çalışma [13] yer almakta olup, detaylı analiz bilgileri ihtiva eden Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından [14] [15] yürütülen veriler, Türk Boğazları'ndan geçen kimyasal tankerlere uyarlanmıştır.

Alternatif yakıt olarak kabul edilen ve kullanılması yaygınlaşan LNG yakıt sisteminin özellikleri ve kurulum maliyetine ilişkin çalışmalar [16] [17] değerlendirilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışma kapsamında; ülkemiz boğazlarından geçen Türk Bayraklı kimyasal tanker kaynaklı emisyon değerlerinin hesaplanması, emisyon salınımının azaltılmasına ilişkin Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından getirilen kurallar gereği kullanılacak yakıt (düşük sülfür oranına sahip yakıt) ve emisyon salınımı miktarını azaltacak sistem ve ekipman kullanılmasının gemi işletici firmalara getireceği ilave maliyet ile çevrede oluşacak kirlilik riskini azaltmasının getireceği faydaların karşılaştırmalı olarak incelenmesi, IMO tarafından bazı bölgeler için kabul edilen Emisyon Kontrol Alanlarının Marmara Denizi için de kabul edilebilirliğini değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Bu tez hazırlanırken, Boğazlardan geçen gemilere ilişkin Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğünden istatistiki veri alınmış, Türk Bayraklı gemi ve tankerler belirlenmiş, Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı tarafından oluşturulan EQUASIS veri tabanından ve Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığında makine güç bilgilerine ilişkin veriler alınarak emisyon hesaplanması yapılmış ve enerji verimliliğini arttıran unsurlar ve emisyon hesaplama yöntemlerine ilişkin makaleler değerlendirilerek analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplar neticesinde toplam emisyon salınım miktarları ile tankerlerin dedveyt (DWT) değerleri arasında bir oran olup olmadığının değerlendirilmesi ve emisyon salınım miktarı azaltılması için alınacak önlemlerin maliyeti ile emisyon maliyetinin mukayesesi yapılmıştır.

DENİZ TAŞIMACILIĞINA GENEL BAKIŞ

İnsanlığın yerleşik hayata geçmesiyle üretim ve ticaret gelişmiştir. Ticareti yapılacak malların daha kolay taşınması ve daha az iş gücüne ihtiyaç olması nedeniyle deniz ve iç suların yer aldığı bölgelerde deniz yolu taşımacılığı tercih edilmiştir. Sanayi devrimi ile birlikte üretimdeki artış ve geliştirilen yeni teknolojilerin gemilerde kullanılması deniz yolu taşımacılığının daha fazla tercih edilmesini sağlamıştır. Soğuk savaşın sona ermesi ile birçok ülkenin serbest piyasaya geçmesi ve ülkelerin enerjiye olan ihtiyacının artışı, ticaret anlaşmalarının yapılması ve gümrük birliği anlaşmaları gibi küresel ekonominin büyümesini sağlayan etkenler sonucunda ticaretin kolaylaşması ile taşımacılığa olan ihtiyaç artmıştır ve en ekonomik taşımacılık modu olan deniz yolu taşımacılığının gelişmesi günümüze kadar devam etmiştir.

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) 2017 yılı verilerine göre küresel ticaret hacminin % 80'inden fazlası ve maddi değerinin yüzde % 70'inden fazlası gemiler vasıtası ile taşınmaktadır [18].

İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası (İMEAK DTO) tarafından Şubat 2017 yılında yayımlanan istatistiklere göre deniz yolu taşımacılığı taşımacılık modlarında en önemli kısmı oluşturmaktadır [19]. Taşınan birim ürün bazında maliyeti itibari ile daha düşük veya eşdeğer olup daha hızlı olan başka bir taşıma modu bulunmamaktadır.

Çizelge 2. 1 Denizyolunun dünya taşımacılığında payı

Yıllar	Dünya Taşımacılığı (Tüm Yollar) Milyar Ton	Dünya Taşımacılığı Değişim (%)	Dünya Denizyolu Taşımacılığı (Milyar Ton)	Dünya Taşımacılığında Denizyolunun Payı (%)
2008	10,86	-	8,61	79
2009	9,56	-12	8,29	87
2010	10,82	13	9,07	85
2011	11,54	7	9,47	83
2012	11,83	3	9,88	84
2013	12,19	3	10,21	84
2014	12,58	3	10,54	84
2015	12,88	3	10,77	84
2016	13,18	4	11,10	84
2017 (*)	13,55	3	11,34	84
(*) Öngörülen				

2.1 Dünya Ticaret Filosuna İlişkin İstatistikî Veriler

Kullanım oranı en yüksek taşımacılık olan deniz yolu taşımacılığı, büyük oranda özel sektör aracılığı ile deniz, nehir ve göllerde etkin olarak kullanılmaktadır. Çizelge 2.2'de Denizcilik Ekonomisi ve Lojistik Enstitüsü'nün (ISL) verileri esas alınarak İMEAK Deniz Ticareti Odası tarafından yayımlanan rakamlar Dünya Deniz Filosunun yıllara göre artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. 2 Dünya Deniz Ticaret Filosunun gemi tipleri itibarıyla DWT gelişimi

DÜNYA DENİZ TİCARET FİLOSUNUN GEMİ TİPLERİ İTİBARIYLA DWT GELİŞİMİ (300 GRT VE ÜZERİ)						
YILLAR	TANKER (1000 DWT)	DÖKME YÜK (1000 DWT)	KONTEYNER (1000 DWT)	KURU YÜK (1000 DWT)	YOLCU (1000 DWT)	TOPLAM (1000 DWT)
2000	321.626	271.682	63.296	100.061	5.245	761.910
2001	327.455	278.084	68.715	99.174	5.330	778.758
2002	330.718	291.175	76.131	96.128	5.611	799.763
2003	333.176	296.855	83.744	96.754	5.856	816.385
2004	347.453	301.617	90.214	95.187	5.884	840.355
2005	368.399	319.167	99.190	95.346	5.933	888.035
2006	387.707	341.720	111.663	97.417	5.991	944.498
2007	411.319	363.646	128.174	100.322	6.062	1.009.523
2008	439.291	386.650	144.552	102.784	6.062	1.079.339
2009	463.287	414.431	161.945	106.820	6.062	1.152.545
2010	501.573	451.223	169.514	105.781	6.062	1.234.153
2011	523.608	528.126	183.722	107.049	6.062	1.348.567
2012	547.390	605.757	196.885	105.284	6.442	1.461.759
2013	555.181	666.861	206.409	104.531	6.282	1.539.263
2014	567.933	705.826	216.275	107.983	6.358	1.604.375
2015	579.205	738.612	227.674	109.139	6.378	1.661.008
2016	600.130	752.936	244.186	112.306	6.530	1.716.088

IMEAK DTO tarafından yayımlanan aynı çalışmada, Temmuz 2016 ayı itibari ile toplam filo büyüklüğü listesinde (1000 GT ve üzeri) ülkemizin 15 inci sırada yer aldığı görülmektedir. Bu listeye göre gemilerin yaklaşık %73'lük kısmının, armatörlerinin vatandaşlığının bulunduğu ülkenin bayrağı yerine, kolay bayrak olarak tabir edilen ülke bayraklarını (Malta, Liberya, Panama v.b.) taşıdığı görülmektedir. Çizelge 2.3'de dünya deniz ticaretine yön veren ülkelerin ticari filoları gösterilmektedir.

Çizelge 2. 3 Ülkelerin ticaret filo kapasiteleri

No	Ülkeler	Milli Bayrak			Yabancı Bayrak			Toplam Filo		
		Adet	1000	1000	Adet	1000	1000	Adet	1000	1000
			DWT	TEU		DWT	TEU		DWT	TEU
1	Yunanistan	752	71.170	72	3.751	265.698	1.976	4.503	336.868	2.048
2	Japonya	775	28.664	42	3.420	214.569	1.254	4.195	243.233	1.295
3	Çin	2.545	71.709	641	2.287	134.737	1.582	4.832	206.446	2.223
4	Almanya	207	10.469	777	3.128	107.435	4.718	3.335	117.904	5.496
5	Kore	726	13.411	109	925	67.665	576	1.651	81.075	685
6	Norveç	497	15.796	55	1.108	48.233	272	1.605	64.029	327
7	A.B.D.	206	4.740	83	961	56.243	211	1.167	60.983	294
8	Singapur	708	27.359	384	631	23.980	259	1.339	51.339	643
9	Tayvan	108	4.393	133	796	42.529	841	904	46.923	974
10	İtalya	477	14.204	77	598	31.642	1.122	1.075	45.847	1.199
11	Hong Kong	481	27.316	430	370	9.814	53	851	37.130	483
12	Danimarka	324	15.629	975	508	21.042	750	832	36.671	1.725
13	Kanada	113	902	7	387	29.534	799	500	30.436	806
14	İngiltere	211	6.460	110	494	23.011	456	705	29.471	566
15	Türkiye	548	8.196	111	984	20.632	150	1.532	28.827	261
16	Hindistan	597	14.924	23	131	8.116	8	728	23.039	31
17	Rusya	1.073	6.013	75	376	15.041	39	1.449	21.054	114
18	Belçika	63	7.522	1	136	13.371	81	199	20.893	82
19	İran	143	4.060	105	63	13.782	7	206	17.842	112
20	Fransa	112	3.101	199	218	13.130	867	330	16.230	1.066
21	Endonezya	1.506	13.805	171	96	1.803	13	1.602	15.608	184
22	Suudi Arabistan	71	2.610	8	82	12.673	1	153	15.283	9
23	B.A.E.	47	323	1	472	13.954	91	519	14.277	92
24	Malezya	213	6.419	19	93	6.023	1	306	12.442	20
25	Hollanda	614	5.333	213	289	6.133	46	903	11.466	258
26	Kuveyt	36	5.324	22	65	6.047	438	101	11.371	459
27	Bermuda	0	0	0	46	9.140	0	46	9.140	0
28	İsviçre	49	1.700	9	147	7.410	12	196	9.110	21
29	Brezilya	74	2.648	12	27	5.559	2	101	8.207	14
30	Vietnam	764	6.413	32	84	1.191	6	848	7.604	38
30 Ülke Toplamı		14.040	400.610	4.895	22.673	1.230.139	16.632	36.713	1.630.750	21.527
Dünya Toplam								42.139	1.732.278	22.292

2.2 Türk Ticaret Filosuna İlişkin İstatistik Veriler

666 sayılı Kanun Hükmünde Kararname kapsamında, deniz ve iç su taşımacılığı ile ticaret filosu hakkındaki istatistikleri takip etmek ile görevlendirilen Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü tarafından tutulan ve Çizelge 2.4'de bilgileri yer alan Türk Deniz Ticaret filosuna ilişkin adet sayısı ile ilgili bilgiler incelendiğinde, Türk Uluslararası Gemi Sicili Kanununun (TUGS) yürürlüğe girmiş olduğu 21.12.1999 tarihinden sonra genel itibari ile gemi adet sayısının artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. 4 Türk Deniz Ticaret Filosunun adet bazında yıllara göre dağılımı

YIL	TUGS	MİLLİ GEMİ SİCİLİ	TOPLAM
1999	0	1.242	1.242
2000	264	1.006	1.270
2001	316	945	1.261
2002	408	777	1.185
2003	446	702	1.148
2004	535	674	1.209
2005	677	702	1.379
2006	734	695	1.429
2007	807	744	1.551
2008	887	762	1.649
2009	936	784	1.720
2010	967	810	1.777
2011	987	845	1.832
2012	1.026	853	1.879
2013	1.019	890	1.909
2014	1.010	882	1.892
2015	987	908	1.895
2016	1.007	944	1.951
2017	1.022	977	1.999

Ancak gros ton (GT) bakımından incelendiğinde aynı artış eğilimi görülmemekle birlikte Çizelge 2.5'de de görüldüğü üzere 2013 yılından itibaren TUGS'a kayıtlı gemilerin GT bakımından azaldığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 2. 5 Türk Deniz Ticaret Filosunun GT bazında yıllara göre dağılımı

YIL	TUGS	MİLLİ GEMİ SİCİLİ	TOPLAM
1999	0	6.778.000	6.778.000
2000	2.628.576	3.415.440	6.044.016
2001	3.217.128	2.784.646	6.001.774
2002	3.587.800	2.148.256	5.736.056
2003	3.299.581	1.813.833	5.113.414
2004	3.180.255	1.592.095	4.772.350
2005	4.412.902	815.637	5.228.539
2006	4.371.965	711.890	5.083.855
2007	4.406.072	788.915	5.194.987
2008	4.863.718	794.566	5.658.284
2009	5.313.832	825.344	6.139.176
2010	5.701.087	801.374	6.502.461
2011	6.049.591	1.043.036	7.092.628
2012	6.366.647	1.129.815	7.496.462
2013	5.788.366	1.261.125	7.049.491
2014	5.550.094	1.342.511	6.892.605
2015	5.345.037	1.229.468	6.574.504
2016	5.215.558	1.270.510	6.486.068

UNCTAD 2017 raporuna [20] göre dünya ticaret filosunun yaş ortalaması 20,6 olarak belirlenmiştir. Türk filosu Dünya ve AB'ye kıyasla yaşlı olmasına rağmen, Çizelge 2.6'da yer alan Türk Bayraklı gemilerin yaş ortalaması incelendiğinde 2003 yılına göre filomuzun iki yaş gençleştiği görülmektedir.

Çizelge 2. 6 Türk Deniz Ticaret Filosunun yıllara göre yaş ortalaması

YIL	ORTALAMA YAŞI
2003	24
2004	23
2005	21
2006	22
2007	21
2008	21
2009	21
2010	21
2011	21
2012	22
2013	23
2014	23
2015	22
2016	22

EMİSYON KAVRAMI VE KURALLARININ GELİŞİMİ

Bilim ve teknolojinin gelişmesi ile fabrikalaşma artmış ve sanayi devrimine girilmiştir. Daha önceki devirlere göre insan gücüne olan ihtiyaç azalmış, makinelerin enerji gereklilikleri öncelikle buhar ile sağlanmıştır. Fosil kökenli yakıtların keşfi ve yaygın kullanımı ile birlikte sanayileşme ilerlemiş ve son dönemde mekanizasyon ve otomasyonun gelişmesi ile yeni bir endüstrileşme dönemi başlamıştır. Ancak endüstrileşmenin yoğun görüldüğü bölgelerde havaya önemli oranda emisyon bırakılmaya başlanmıştır.

Endüstrileşme ilk olarak büyük donanma ve deniz ticaret filosuna sahip olan, böylece sömürge ülkelerinden gelen hammaddeleri işleyip kullanan ve dış dünyaya pazarlayan İngiltere'de başlamıştır [21]. Dolayısı ile ilk ciddi hava kirliliği İngiltere'nin sanayi şehri olarak benimsediği Manchester şehrinde görülmeye başlanmıştır ve zamanla ucuz işgücü nedeniyle sanayileşme geliştirmekte olan ülkelere de kaymıştır.

Tüketimin artmasıyla doğal bitki örtüsünün azalması sera gazlarının oluşmasına neden olmuş ve buna bağlı olarak yüzey sıcaklıklarının artması [22] ile küresel ısınma başlamıştır. Küresel ısınmanın çevresel bir sorun oluşturması itibari ile 1992 yılında "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" (UNFCCC) kabul edilmiş ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Ülkemiz söz konusu sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde katılmıştır. Sözleşmeyi müteakiben, sera gazı emisyonu ile mücadele edilebilmesi için Kyoto Protokolü ve Kopenhag Mutabakatı oluşturulmuştur [23]. Kyoto Protokolü 2005 yılında yürürlüğe girmiş olup 2009 yılında ülkemiz taraf olmuştur. Denizcilik sektörü kaynaklı emisyonla yönelik düzenleme yetkisi, Protokol'ün 2.2 maddesi kapsamında Uluslararası Denizcilik Örgütüne (IMO) verilmiştir [24].

3.1 Denizcilik Sektöründe Emisyon

Deniz yolu taşımacılığı, diğer taşımacılık modlarından daha fazla kullanılmasına rağmen, gemi kaynaklı CO₂ emisyonu tüm taşımacılık kaynaklı toplam emisyon miktarının %3,3'ünü (% 0,6'lik oranı iç su taşımacılığı ve balıkçı gemisi kaynaklı olmak üzere) oluşturmaktadır [25]. Bu bağlamda denizcilik sektörü, taşımacılık maliyeti ve emisyon miktarı bakımından diğer taşımacılık modlarına göre önemli bir avantaja sahiptir. Avrupa Çevre Ajansı tarafından yapılan çalışmaya göre, 2014 yılında Avrupa Birliği sınırları içerisinde yer alan taşımacılık modları arasında ton-km başına düşen emisyon miktarı açısından deniz taşımacılığı modu %54,5 lik (toplam yüzdenin %14,8 lik kısmı içsu taşımacılığı kaynaklıdır) kısmı oluşturmakta olup havacılık modu bu çalışmada yer almamıştır [26]. Dünyada denizcilik sektörü kaynaklı emisyon hesabına ilişkin çalışmayı yapan kuruluş olan IMO tarafından 2000, 2009 ve 2014 yıllarında olmak üzere üç adet sera gazı çalışması düzenlenmiştir.

Dünya genelinde emisyon hesaplama çalışmaları incelendiğinde, IMO'nun çalışmalarının ve akademik çalışmaların yanı sıra Uluslararası Temiz Taşımacılık Konseyi (ICCT) çalışmalarına da rastlanılmaktadır. Bu kuruluşlara ek olarak emisyonun kaynağı olan yakıtların tüketimine ilişkin Uluslararası Enerji Birliği (IEA) tarafından projeler gerçekleştirilmektedir. Çizelge 3.1'de ICCT tarafından yayımlanan raporda bulunan emisyon çalışmaları görülmektedir [27].

Çizelge 3. 1 IMO ve ICCT emisyon çalışmaları

Co ₂ Emisyon	IMO 3 üncü Sera Gazı Çalışması (Milyon Ton)						ICCT (Milyon Ton)		
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Toplam Emisyon	31.959	32.133	31.822	33.661	34.726	34.968	35.672	36.084	36.062
Uluslararası	881	916	858	773	853	805	801	813	812
İç sular	133	139	75	83	110	87	73	78	78
Balıkçılık	86	80	44	58	58	51	36	39	42
Denizcilik Kaynaklı	1,100	1,135	977	914	1,021	942	910	930	932
Toplam Emisyon (%)	% 3,5	% 3,5	%3,1	%2,7	%2,9	%2,6	%2,5	%2,6	%2,6

Çizelge 3.1 incelendiğinde, dünyadaki emisyon miktarının yıllara göre genel itibari ile artışa geçtiği görülmektedir. Ancak 2008 yılından sonra görülen azalma, bu yıl meydana

gelen küresel kriz etkisiyle ticaretin durumuna paralel olarak denizcilik sektörünün de gerilemesi ve öncekine kıyasla daha az geminin seyire çıkmasına bağlanabilir. Bu azalmanın bir başka etkeninin de MARPOL EK VI "Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi Kuralları" kapsamında 01.01.2013 tarihinden sonra inşa edilecek gemiler için "Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi" (EEDI) ve mevcut gemilerden "Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) talep edilmesi olduğu düşünülebilir.

Çizelge 3.2'de yer alan gemi kaynaklı emisyonu sahip yakıt tüketimi tahminleri ile ilgili olarak IMO, IEA ve ICCT tarafından yapılan çalışmaların karşılaştırılması durumunda IMO'nun çalışmasının IEA sonuçlarına göre ortalama %26 fazla olduğu, ICCT'nin ise %14 fazla olduğu görülmektedir [28].

Çizelge 3. 2 Yakıt tüketimi tahminleri

Yakıt Tüketimi (Milyon Ton)	IMO	IEA	ICCT
2007	352	258	-
2008	363	254	-
2009	313	246	-
2010	293	262	-
2011	327	264	-
2012	300	253	-
2013	-	254	291
2014	-	258	297
2015	-	265	298

2008 yılındaki küresel ekonomik krizi nedeniyle navlun fiyatlarının düşmesi ile laid up [29] olarak tabir edilen bazı gemilerin geçici olarak hizmet dışı tutulmasıyla yakıt tüketiminde bir düşme beklenirken, IEA tarafından yapılan yakıt tüketim tahminlerindeki verilerin daha stabil gözükmesi nedeni ile bu tahminlerde yanılmalar olasıdır. Üç kuruluş tarafından yayımlanan veriler, tarih aralığı itibari ile eş zamanlı olarak mukayese edilemese de aradaki oranın azaldığı görülmektedir.

IMO Gemi Akaryakıt Tüketim Veri Tabanı Sistemini oluşturma çalışmalarını devam ettirmektedir. Bu sistemin kullanımını anlatan ve gemi akaryakıt veri toplama sisteminin yönetimi ve geliştirilmesine ilişkin hazırlanan klavuz veri tabanında rapor formatı, veri doğrulama sunumu ve çapraz referansı, verilerin gizliliği, veri tabanına erişim, kullanıcılar için elde edilebilir veri, veri analizi, idarelerde iletişime geçilecek personel hususlarını içermektedir [30]. Bu sistemin hayata geçmesi ile birlikte, 2019 yılı

itibari ile 5000 GT ve üzeri gemilerin yakıt tüketimi tahminlerinde gerçeğe daha yakın sonuçların ortaya çıkacağı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte IMO'ya üye ülkelerde 5000 GT ve altı gemiler ile iç sularda seyir yapan gemilere ait verilerin bildirim zorunluluğu olmaması nedeni ile toplam tahminlerin gerçeğe kıyasla daha düşük olacağı öngörülmektedir.

Çizelge 3.3'de IMO tarafından hazırlanan, 2007-2012 yıllarını içeren ve CO2 haricinde diğer kirleticilerin doğaya bırakmış olduğu emisyon hesaplamasına ilaveten ICCT tarafından yapılan 2013-2015 yıllarını içeren emisyon hesaplamaları görülmektedir.

Çizelge 3. 3 Deniz taşımacılığı kaynaklı emisyon miktarı tahminleri

Emisyon Kaynağı (Kiloton,kt)	IMO 3 .Sera Gazı Çalışması						ICCT		
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
NO_x	22.801	23.639	20.756	18.756	20.310	19.002	18.426	18.398	19.062
Uluslararası	19.943	20.759	19.104	16.708	18.047	16.997	16.941	16.818	17.058
İç sular	1.564	1.639	930	1.114	1.323	1.171	1.030	1.093	1.238
Balıkçılık	1.294	1.242	722	935	940	834	455	487	766
SO_x	11.581	11.892	11.646	10.550	11.632	10.240	10.574,3	10.592,1	10.674,6
Uluslararası	10.771	11.041	11.164	9.895	10.851	9.712	10.355	10.361	10.457
İç sular	278	331	202	251	358	268	128,3	136,7	122,5
Balıkçılık	533	521	280	405	423	261	90,9	94,1	95,4
PM	1.622	1.679	1.574	1.432	1.563	1.402	1.475	1.504	1.492
Uluslararası	1.493	1.545	1.500	1.332	1.446	1.317	1.426	1.452	1.441
İç sular	51	58	33	41	56	44	30	32	31
Balıkçılık	78	76	41	59	61	41	18	19	20
CO	998	1.039	921	893	975	936	797	809	814
Uluslararası	823	864	816	763	834	806	704	708,9	710,6
İç sular	99	103	60	72	82	76	62,6	66,8	67,7
Balıkçılık	76	72	46	59	58	53	30,8	33,3	35,8
NMVO	827	858	739	683	741	696	781	786	795
Uluslararası	696	727	672	593	643	609	697	697	701
İç sular	76	78	38	51	59	53	57	60	62
Balıkçılık	55	52	28	39	39	35	27	29	32

Kirlenici kaynak verileri incelendiğinde, yıllara göre genel itibari ile azalma olduğu ancak bu azalmanın oransal olarak iç sularda ve balıkçılık alanında daha fazla olduğu görülmektedir. MARPOL EK VI gereği EEDI ve SEEMP, Uluslararası seyir yapan 400 GT ve üzeri gemiler için zorunlu tutulmakla birlikte azalmanın iç sular ve balıkçılık alanında görülmesi dikkate değer bir husustur.

3.2 Uluslararası ve Ulusal Mevzuat Kapsamında Getirilen Kural ve Çalışmalar

3.2.1 IMO Tarafından Yürütülen Çalışmalar

Gemi kaynaklı sera gazı emisyonlarına ilişkin ilk çalışma IMO tarafından 1996 yılında gerçekleştirilmiş ve 2000 yılında rapor şeklinde MEPC 45/8 nolu dokümanın altında yayımlanmıştır [31]. Sera gazı emisyonunun önlenmesine yönelik mevzuat düzenlenmesine istinaden MARPOL sözleşmesine bir ek daha ilave edilerek 6ncı ek oluşturulmuş ve 19 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu ek ile gemi kaynaklı SO_x ve NO_x emisyonlarına sınırlandırılma getirilmiş, ozon delici partiküller yasaklanmış, SO_x ve NO_x ile partikül parçalar için daha sıkı önlemlerin yer alacağı emisyon kontrol alanları belirlenmiş, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedefleyen ve enerji verimliliğini arttıran teknik ve operasyonel birtakım önlemler getirilmiştir.

400 GT ve üzeri gemilerle ilgili olarak, 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren yeni inşa edilen tüm gemilerin Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) gerekliliklerini yerine getirmesi ve mevcut gemilerin “Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı”na (SEEMP) sahip olmasına ilişkin MEPC.203(62) Kararı kapsamında MARPOL EK VI’ya “Gemiler için Enerji Verimliliğine İlişkin Düzenleme” adlı 4 üncü bölüm eklenmiştir.

3.2.2 Avrupa Birliği Tarafından Yürütülen Çalışmalar

Gemi kaynaklı emisyonların azaltımı kapsamında Avrupa Birliği tarafından çeşitli çalışmalar yürütülmekte ve politikalar geliştirilmektedir [32]. Geliştirilen politika gereği, özellikle büyük emisyon kaynağı olarak nitelendirilen ve Avrupa Birliği limanlarında çalışan 5000 GT ve üzeri gemilere için 2018 yılından itibaren yıllık emisyon ve diğer ilgili belgeleri doğrulatacak raporlama sistemi talep edilmesine ilişkin düzenlemeler getirilmiştir.

Avrupa Komisyonu tarafından, deniz taşımacılığı kaynaklı CO₂ emisyonuyla ilgili geliştirilmiş olan stratejiye [33] göre, 2050 yılındaki CO₂ emisyon miktarının 2005 yılının % 40’ı kadar, mümkün olması durumunda %50’si kadar azaltılması hedeflenmektedir. Ancak bu belirlenen strateji Avrupa sınırları içerisindeki taşımacılık işlemlerini

kapsamakta, uluslararası taşımacılık işlemleri hariç tutulmaktadır. Bahse konu strateji üç aşamadan oluşmaktadır:

- Avrupa Birliği limanlarını kullanan büyük tonajlı gemi kaynaklı CO₂ emisyonlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması,
- Denizcilik sektörü için sera gazı salınımı azaltım hedefleri,
- Orta ve uzun vadede, piyasa bazlı ölçüm içerecek önlemler.

Bu strateji kapsamında Avrupa Birliği tarafından 2015/757/EU sayılı “Deniz Taşımacılığı Kaynaklı CO₂ Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması” isimli Avrupa Birliği Direktifi yayımlanmıştır. Söz konusu Direktif’te küresel iklim ve hava kalitesini etkileyen deniz taşımacılığı kaynaklı emisyonlar ile ilgili, Nitrojen Azot Oksit (NO_x), Sülfür Oksit (SO_x), Metan (CH₄), Parçacıklı Madde (PM) ve Siyah Karbon (BC) emisyonları da refere edilmiş olsa da, Direktifin isminden de anlaşılacağı üzere CO₂ konusunda tedbirler alınmıştır. Avrupa Birliği limanlarında bulunan gemilerin % 55’ini ve ilgili emisyonların yaklaşık % 90’ını 5000 GT ve üzeri gemilerin temsil etmesi nedeni ile bu Direktif söz konusu strateji ile uyumlu olarak bu tonaj sınıfında yer alan gemilere yönelik düzenlemeler içermektedir (savaş gemileri, yardımcı savaş hizmet gemileri, balık işleme veya avlama gemileri, mekanik düzenekli tahrik sistemi bulunmayan gemiler ile ticari amaç ile kullanılmayan devlet gemileri hariç). Daha düşük tonajlı gemiler idarelere yüksek mali yük getirmesi nedeni ile bu kapsama alınmamıştır.

Avrupa Ekonomik Alanı içerisinde yapılan seyirleri kapsayacak bu Direktif 1 Ocak 2018 tarihi itibari ile yürürlüğe girmiştir. Direktif gereğince CO₂ emisyonunu izleme, raporlama ve doğrulama işlemleri her bir gemi için ayrı ayrı yapılacak olup bu işlemleri yürütecek şirket, o geminin armatörü, gemi işleticisi veya geminin operasyonunu armatörden yetki yolu ile almış şahıs veya organizasyon olarak tanımlanmıştır. Emisyonların izlenme yöntemleri ile ilgili dört adet metot belirtilmiş olup bu metotlar; yakıt sevk irsaliyesi ve yakıt tankları envanteri, gemi üzerinde yakıt tankı izleme, uygulanabilir yanma prosesi için akış ölçer ve doğrudan CO₂ emisyon ölçümüdür. Söz konusu şirketlerin her bir gemi için yukarıda yer alan metotlar içerisinde seçmiş olduğu bir yöntem üzerinden CO₂ emisyon ve diğer bilgilerin izlenmesi ve raporlanması ile ilgili olarak 31 Ağustos 2017 tarihi itibari ile bir doğrulayıcıya (ulusal akreditasyon kuruluşu

tarafından doğrulayıcı aktiviteleri devam ettirmek üzere akredite edilmiş tüzel kişi) sunması gerekmektedir [34].

3.2.3 Ülkemiz Tarafından Yürütölen Çalışmalar

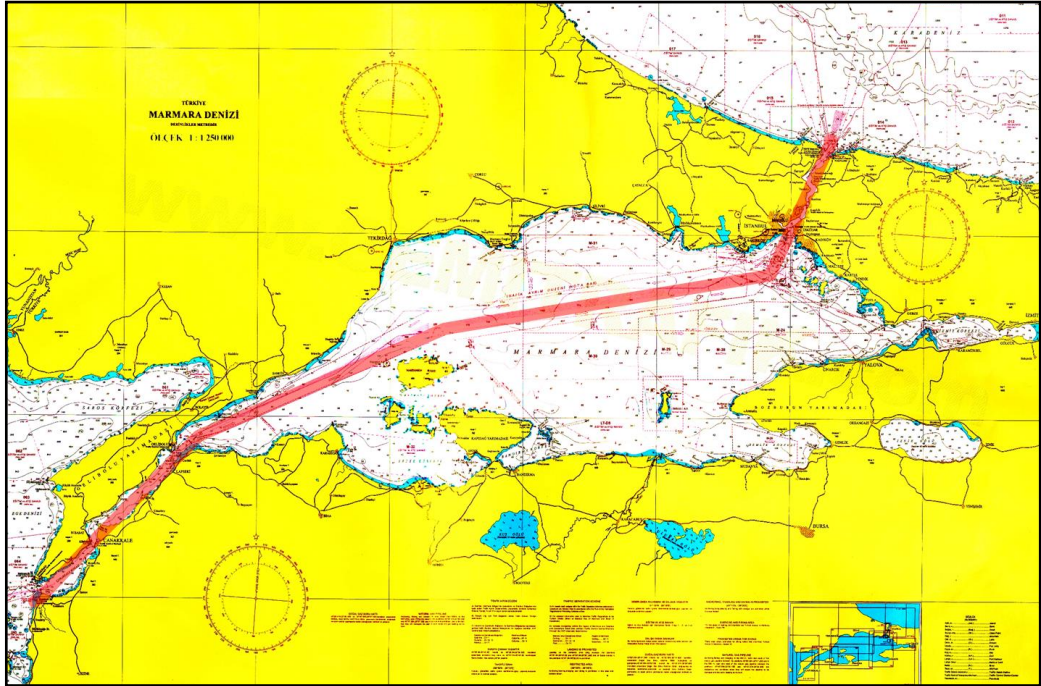
MARPOL EK VI'ya ölkemiz 11.09.2013 tarihli ve 28762 sayılı (Mükerrer) Resmi Gazete'de yayımlanan (2013/5065 nolu) "1978 Protokolü ile Değişik 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önleneğine Ait Uluslararası Sözlēşmeyi Değiştiren 1997 Protokolüne Katılmamız Hakkında Karar" kapsamında taraf olmuştur [35].

MARPOL EK VI'ya eklenen 4 üncü bölüm gereğince, 1 Ocak 2013 tarihi sonrası 400 GT ve üzeri inşa edilen gemiler için zorunlu tutulan Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) ve tüm gemilerden "Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP)" talep edilmesine ilişkin bildirimler İdarece ilgili taraflara bildirilmiştir [36].

ÇANAKKALE VE İSTANBUL BOĞAZLARINDAN GEÇEN TÜRK BAYRAKLI KİMYASAL TANKER KAYNAKLI EMİSYONLARIN HESAPLANMASI

4.1 Çanakkale ve İstanbul Boğazları'nın Fiziksel Özellikleri

Türk Boğazları'nın fiziki özellikleri bakımından ele alınması durumunda; İstanbul Boğazı'nın uzunluğu 18 deniz mili, boğazın en dar yeri Aşiyan-Kandilli arasındaki kısım olan 700 metre, en geniş olan yeri ise Büyükdere ise yaklaşık 3500 metredir. Çanakkale Boğazının uzunluğu 37 deniz mili, en dar yeri Kilitbahir ile Çanakkale arasındadır ve 1400 metre uzunluğundadır. Her iki boğazın en derin kısmı genişliği en dar bölgededir [37]. Şekil 4.1'de Türk Boğazlar haritası görülmektedir [38].



Şekil 4. 1 Türk Boğazlar haritası

4.2 Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndan Gemi Geçişleri

7.200 km kıyı şeridine sahip ülkemiz [39] Karadeniz, Marmara ve Ege Denizleri'ni bağlayan ve yılda ortalama 100.000 civarında geçiş yapılan Çanakkale ve İstanbul Boğazları'na sahiptir. 2017 yılı itibari ile Çanakkale Boğazından 44.615 gemi (823.460.636 GT) ve İstanbul Boğazından 42.978 gemi (599.324.748 GT) olmak üzere toplam 87.593 gemi geçiş yapmıştır. Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndan geçen gemiler ile ilgili istatistikler verilmiştir [40].

Çizelge 4. 1 Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin istatistikî verileri

YILLAR	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Boyu 200 M'den Büyük	500 GT'den Küçük	Türü Belirtilmemiş Tanker	LPG/LNG	Kimyasal
2007	49.913	611.885.819	4.945	1.873	6.527	754	1.990
2008	48.978	657.396.892	5.223	844	5.990	777	1.991
2009	49.453	667.412.661	5.176	615	6.293	842	2.432
2010	46.686	672.843.533	5.098	598	6.017	902	2.333
2011	45.379	705.412.518	5.494	572	5.661	974	2.183
2012	44.613	735.728.537	5.919	519	5.656	1.038	2.304
2013	43.889	745.567.671	5.824	448	5.822	1.380	2.097
2014	43.582	761.631.756	5.902	512	5.875	1.206	2.169
2015	43.230	777.989.382	5.842	581	6.009	1.036	2.479
2016	44.035	772.922.682	5.665	661	6.041	881	2.559
2017	44.615	823.460.636	6.197	755	6.145	734	2.599

Çizelge 4. 2 Çanakkale Boğazı'ndan geçen gemilerin tiplere ve yıllara göre dağılımı

YILLAR	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Barç	290	38	41	9	5	14	9	19	34	29	89
Dökme Yük Gemisi	5.455	6.283	6.876	6.045	6.458	7.442	7.048	7.525	7.714	8.060	8.585
Çimento Gemisi	33	6	27	22	19	19	7	6	4	0	6
Konteyner Gemisi	4.709	4.947	4.649	4.840	5.056	4.653	4.653	4.595	4.346	4.728	4.957
Feribot	16	16	8	8	9	21	4	6	14	29	24
Genel Kargo Gemisi	24.204	23.660	24.033	21.731	20.205	18.992	17.995	17.297	16.282	16.680	16.485
Canlı Hayvan Taşıyan Gemi	141	73	148	283	354	529	454	416	478	653	627
Savaş Gemisi	457	230	131	93	94	115	218	237	341	335	271
Yolcu Gemisi	895	807	694	745	886	806	770	692	783	190	49
Frigorifik Gemi	953	881	700	653	440	280	244	124	91	125	113
Ro-ro Gemi	2.127	2.084	1.638	2.064	2.129	1.861	2.115	2.234	2.373	2.473	2.479
Türü Belirtilmemiş Tanker	6.527	5.990	6.293	6.017	5.661	5.656	5.822	5.875	6.009	6.041	6.145
Kimyasal Tanker	1.990	1.991	2.432	2.333	2.183	2.304	2.097	2.169	2.479	2.559	2.599
Gaz Tankeri (LNG)	122	111	113	120	133	133	109	131	121	126	82
Gaz Tankeri (LPG)	632	666	729	782	841	905	1.271	1.075	915	755	652
Römorkör	335	410	348	323	334	321	329	321	328	365	365
Araç Taşıyan Gemi	404	487	305	239	173	165	289	353	415	433	576
Diğer (Other)	623	298	288	379	399	397	455	507	503	454	511

Çizelge 4. 3 İstanbul Boğazi'ndan geçen gemilerin istatistikî verileri

YILLAR	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Boyu 200 M'den Büyük	500 GT'den Küçük	Türü Belirtilmemiş Tanker	LPG/LN G	Kimyasal
2007	56.606	484.867.696	3.653	2.138	7.204	800	2.050
2008	54.396	515.639.614	3.911	1.800	6.564	764	1.975
2009	51.422	514.656.446	3.871	1.128	6.557	866	1.876
2010	50.871	505.615.881	3.623	1.377	6.464	1.099	1.711
2011	49.798	523.543.509	3.800	1.046	6.216	1.227	1.660
2012	48.329	550.526.579	3.866	1.064	5.913	1.336	1.779
2013	46.532	551.771.780	3.801	1.192	5.685	1.741	1.580
2014	45.529	582.468.334	4.295	928	5.587	1.540	1.618
2015	43.544	565.216.784	3.930	879	5.825	1.232	1.576
2016	42.553	565.282.287	3.873	522	6.033	989	1.681
2017	42.978	599.324.748	4.005	436	6.212	742	1.878

Çizelge 4. 4 İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin tiplere ve yıllara göre dağılımı

YILLAR / Years	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Barç	47	52	53	28	17	2	19	12	17	6	18
Dökme Yük Gemisi	5.145	5.978	6.635	5.863	6.341	7.163	6.898	7.263	7.485	7.664	8.206
Çimento Gemisi	6			3	4	2	1	4	8	4	6
Konteyner Gemisi	2.727	2.773	2.014	2.292	2.718	2.707	2.868	3.073	2.664	2.734	2.659
Feribot	1	1		1	3	1	1	4	2	1	1
Genel Kargo Gemisi	34.822	32.735	30.840	30.876	29.288	27.126	25.521	24.107	22.412	21.344	20.163
Canlı Hayvan Taşıyan Gemi	136	70	147	243	238	390	432	391	434	585	544
Savaş Gemisi	166	200	180	114	94	129	196	237	318	342	237
Yolcu Gemisi	1.702	1.147	786	631	481	583	474	649	444	291	336
Frigorifik Gemi	819	805	623	602	441	248	204	65	24	40	46
Ro-ro Gemi	441	713	350	457	599	492	406	431	377	352	396
Türü Belirtilmemiş Tanker	7.204	6.564	6.557	6.464	6.216	5.912	5.685	5.587	5.825	6.033	6.212
Kimyasal Tanker	2.050	1.975	1.876	1.711	1.660	1.779	1.561	1.618	1.576	1.681	1.878
Gaz Tankeri (LPG-LNG)	800	764	866	1.099	1.227	1.336	1.760	1.540	1.232	989	742
Römorkör	253	313	304	293	245	274	241	231	282	237	262
Araç Taşıyan Gemi	92	189	78	42	47	37	47	93	17	16	45
Diğer	195	117	113	152	179	148	218	224	427	234	227

Türk Boğazları'ndan geçen gemilerin verileri [41] incelendiğinde, 2008 yılı itibari ile rakamlarda azalma görüldüğü anlaşılmaktadır. Bu verilerde görülen azalma eğiliminin nedenlerinin; 2008 yılında dünya çapında etkisi görülen küresel ekonomik krize bağlı olarak ticarete daralma, yeni inşa gemilerin uzak doğuda üretilmeye devam etmesi nedeni ile gerçekleşen navlun fiyatlarında düşme [42] ve bu düşüşün gemi işletmecilerinin kar marjlarını azaltmasına neden olması ile bazı gemilerin sefere dahil edilmeyerek [43] (Laid-up) bekletilmesi olduğu çıkarımında bulunulabilir.

Türk Boğazları yukarıda da belirtildiği üzere gemi geçişleri bakımından yoğun bir trafiğe sahiptir. Özellikle enerji kaynaklarına sahip Rusya'dan petrol (Boğazlarda oluşan emisyonun yaklaşık %10'undan fazlası [44]) ve doğalgaz taşıyan, ülkemizden ağırlıkla

Avrupa'ya otomobil ve sanayi ürünleri başta olmak üzere ticari ürünlerin karşılıklı sevkiyatını sağlayan ve Avrupa ile Asya arasında yolcu taşımacılığı yapan gemiler bu trafiği oluşturan önemli unsurlardır.

4.3 Emisyon Hesabında İzlenen Yöntem

Emisyon tahminleri ile ilgili olarak tümünden gelim ve tüme varım olmak üzere iki adet hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Tümünden gelim hesaplama yönteminde gemi yakıt tüketimi, tüme varım yönteminde ise gemi hareketi esas alınmaktadır. Uluslararası çapta emisyon tahminlerine ilişkin çalışmalar IMO nezdinde yürütülmekte, üye ülkeler ise kendi limanları ile ilgili lokal çalışmalar yapmaktadır. IMO tarafından 2007-2012 yılları arasında yürütülen sera gazı çalışmasında iki yöntem mukayese edildiğinde, bazı yıllarda % 49'a varan farklılıklar bulunmaktadır. Çizelge 4.5 ve 4.6'da bu çalışmanın sonuçları görülmektedir [45].

Çizelge 4. 5 Uluslararası seyir yapan gemilerin yıllık yakıt tahmini (milyon ton)

Yöntem	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tümünden Gelim	200	200	191	207	208	
Tüme Varım	283	294	275	248	274	257
% 'lik fark	42	47	44	20	32	

Çizelge 4. 6 Tüm gemilerin yıllık yakıt tahmini (milyon ton)

Yöntem	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tümünden Gelim	249	244	236	253	254	
Tüme Varım	352	363	313	293	327	300
% 'lik fark	41	49	33	16	29	

4.3.1 Emisyon Hesaplamalarına İlişkin Yaklaşımlar

Emisyon hesaplamalarına ilişkin yapılan tahminlerle ilgili olarak Avrupa Çevre Ajansı tarafından bir çalışma yürütülmüş olup, yapılan bu çalışmaya göre tahminler için üç yaklaşım belirlenmiştir [46].

4.3.1.1 Aşama 1: Varsayılan Yaklaşım

Bu yaklaşımda seyirle ilgili olarak genel denklem kullanılır.

$$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m}) \quad (4.1)$$

Formülünde;

E_i : kg cinsinden i kirleticisi için emisyon değeri

FC_m : seyir için ülkede satılan m tipi yakıt miktarı

$EF_{i,m}$: i kirletici ve m yakıt tipine ilişkin yakıt tüketim - spesifik emisyon faktörü (kg/ton cinsinden)

M: yakıt tipi (gemi akaryakıtı (bunker), deniz tipi dizel yakıt, deniz tipi gaz yağı)

olarak verilmektedir.

Gemi kaynaklı emisyonların toplam miktarının hesaplanabilmesi için, yukarıda belirtilen yakıt tipleri bazında denklem kullanılır. Bu yaklaşım, yakıt tüketimi ile SO₂ ve ağır metaller gibi bazı emisyonlar arasındaki ilişkiyi kapsar.

Birinci yaklaşımda, kullanılan her yakıt tipinde bütün kirleticiler için emisyon faktörleri kullanılmaktadır. Yakıt kalitesine bağlı SO₂ gibi bazı emisyon faktörleri yıldan yıla değişiklikler gösterebilmekte ve sonuç olarak emisyon faktörleri, yakıtın kükürt içeriğini de dahil etmektedir. Ve bu yaklaşım, ülkelerce toplanan verilerin ışığında yakıt tiplerine göre gemicilik faaliyetleri için satılan yakıtın miktarını temel almaktadır.

4.3.1.2 Aşama 2: Teknolojiye Özgü Yaklaşım

Bu aşama ile ilgili olarak aşağıdaki denklem esas alınmaktadır.

$$E_i = \sum_m \left(\sum_j (FC_{m,j} \times EF_{i,m,j}) \right) \quad (4.2)$$

Bu denklemde;

E : ton cinsinden i kirleticisi için yıllık emisyon değeri

$FC_{m,j}$: ton cinsinden j tipi makine bulunduran gemilerde kullanılan m tipi yakıt miktarı

$EF_{i,m,j}$: m tipi yakıt kullanan j tipi makine bulunduran gemilerdeki i kirleticisi için ortalama emisyon faktörü

- i: kirletici
- j: makine tipi (yavaş, orta ve yüksek hızlı dizel, gaz türbini, büyük gemiler için buhar ve gaz türbini, küçük tekneler için 2S ve 4S benzin)
- m: yakıt tipini (gemi akaryakıtı (bunker), deniz tipi dizel yakıt, deniz tipi gaz yağı) ifade eder.

NO_x, NMVOC ve PM (TSP, PM_{2,5} ve PM₁₀) hariç diğer kirleticiler için, her bir farklı yakıt tipleriyle ilgili olarak Aşama 1'deki aynı emisyon faktörlerine sahiptir. Bu çalışma 2013 yılı itibari ile yayımlanmış olup 2000, 2005 ve 2010 yıllarına ait emisyon faktörlerinin mukayesesini içermektedir.

Çizelge 4. 7 Farklı makine tipi/yakıt kombinasyonlarının NO_x, NMVOC, PM ve özgül yakıt tüketimi için emisyon faktörleri

Makine Tipi	Yakıt Tipi	NO _x 2000 (kg/t)	NO _x 2005 (kg/t)	NO _x 2010 (kg/t)	TSP- PM ₁₀ (kg/t)	PM _{2.5} (kg/t)	Özgül yakıt tüketimi (g yakıt/kWh)
Gaz Türbini	BFO	20	19,3	18,6	0,3	0,3	305
	MDO/MGO	19,7	19,0	18,3	0,0	0,0	290
Yüksek Hızlı Dizel	BFO	59,6	57,7	55,6	3,8	3,4	213
	MDO/MGO	59,1	57,1	55,1	1,5	1,3	203
Orta Hızlı Dizel	BFO	65,7	63,4	61,3	3,8	3,4	213
	MDO/MGO	65,0	63,1	60,6	1,5	1,3	203
Düşük Hızlı Dizel	BFO	92,8	89,7	86,5	8,7	7,8	195
	MDO/MGO	91,9	88,6	86,5	1,6	1,5	185
Buhar Türbini	BFO	6,9	6,6	6,4	2,6	2,4	305
	MDO/MGO	6,9	6,6	6,4	1,0	0,9	290

4.3.1.3 Aşama 3: Gemi Hareket Teknolojisi

Yukarıda belirtilen birinci ve ikinci aşamalardaki yaklaşımlarda tahmini emisyon hesaplamasında satılan yakıt miktarı önemli bir göstergedir ve ortalama tekne emisyon karakteristikleri olarak kabul edilmektedir. Üçüncü aşamanın ise detaylı gemi hareketleri ve geminin teknik bilgileriyle (makine boyutu ve teknolojisi, güç veya kullanılan yakıt v.b.) kullanılması önerilmektedir.

$$E_{trip} = E_{Hotelling} + E_{Manouvering} + E_{Cruising} \quad (4.3)$$

Bu aşamada emisyon tahmini yukarıda belirtilen formül uyarınca, geminin seyri, manevrası ve sabit durumda olup makinelerinin çalışır vaziyetteki durumlarına göre belirlenen emisyon faktörleri, aşağıda belirtilen denklem kullanılarak elde edilir.

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p (FC_{j,m,p} \times EF_{i,j,m,p}) \quad (4.4)$$

Bu denklemde;

$E_{Trip,i,j,m}$: ton cinsinden tüm seyir için toplam emisyon miktarı

FC: ton cinsinden yakıt tüketim miktarı

EF: kg/t cinsinden emisyon faktörü

i: kirletici (NO_x , NMVOC, PM)

m: yakıt tipini (gemi akaryakıtı (bunker), deniz tipi dizel yakıt, deniz tipi gaz yağı)

j: makine tipi (yavaş, orta ve yüksek hızlı dizel, gaz türbini, büyük gemiler için buhar ve gaz türbini)

p: seyir fazları (manevra, seyir ve sabit durumda olup makinelerinin çalışır vaziyetteki aşamaları)

ifade eder.

Geminin faz durumuna göre Çizelge 4.8'de yer alan emisyon faktörleri esas alınarak toplam emisyon değeri hesaplanır.

Çizelge 4. 8 Farklı Makine Tipi/Yakıt Kombinasyonlarına İlişkin NO_x, NMVOC ve PM için emisyon faktörleri (seyir, manevra, stabil)

Makine	Faz	Makine Tipi	Yakıt Tipi	NO _x 2000 Gaz Türbini (kg/t)	NO _x 2005 (kg/t)	NO _x 2010 (kg/t)	NMVOC (kg/t)	TSP,P M ₁₀ PM _{2.5} (kg/t)	
Ana	Seyir	Gaz Türbini	BFO	20	19,3	18,6	0,3	0,3	
			MDO/MGO	19,7	19,0	18,3	0,3	0,0	
		Yüksek Hızlı Dizel	BFO	59,6	57,7	55,6	0,9	3,8	
			MDO/MGO	59,1	57,1	55,1	1,0	1,5	
		Orta Hızlı Dizel	BFO	65,7	63,4	61,3	2,3	3,8	
			MDO/MGO	65,0	63,1	60,6	2,4	1,5	
		Düşük Hızlı Dizel	BFO	92,8	89,7	86,5	3,0	8,7	
			MDO/MGO	91,9	88,6	86,5	3,2	1,6	
		Buhar Türbini	BFO	6,9	6,6	6,4	0,3	2,6	
			MDO/MGO	6,9	6,6	6,4	0,3	1,0	
		Manevra veya Gemi Stabil ancak Makine Çalışır Durumda	Gaz Türbini	BFO	9,2	8,9	8,6	1,5	4,5
				MDO/MGO	9,1	8,8	8,5	1,5	1,6
	Yüksek Hızlı Dizel		BFO	43,6	42,3	40,6	2,5	10,3	
			MDO/MGO	43,0	41,7	40,1	2,6	4,0	
	Orta Hızlı Dizel		BFO	47,9	46,2	44,6	6,3	10,3	
			MDO/MGO	47,5	45,7	44,3	6,6	4,0	
	Düşük Hızlı Dizel		BFO	67,4	65,1	62,9	8,2	11,2	
			MDO/MGO	66,7	64,2	62,1	8,6	4,4	
Buhar Türbini	BFO	5,1	4,8	4,7	0,9	7,1			
	MDO/MGO	5,0	5,0	4,7	0,9	2,8			
Yardımcı	Seyir Manevra veya Gemi Stabil ancak Makine Çalışır Durumda	Yüksek Hızlı Dizel	BFO	51,1	49,4	47,6	1,7	3,5	
			MDO/MGO	50,2	48,6	46,8	1,8	1,4	
		Orta Hızlı Dizel	BFO	64,8	62,5	60,4	1,7	3,5	
			MDO/MGO	64,1	62,0	59,7	1,8	1,4	

Yakıt tüketiminin bilinmemesi durumunda ise aşağıda yer alan denklem kullanılarak toplam emisyon değeri tahmini yapılır.

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p [T_p \sum_s (P_s \times LF_s \times EF_{s,i,j,m,p})] \quad (4.5)$$

Denklem de geçen terimler, bir önceki denklemde ter alan terimlere ilaveten;

LF: makine yük faktörü (% olarak)

P: kW cinsinden nominal makine gücü

T: saat cinsinden süre

e: makine kategorisini (ana, yardımcı)

ifade etmektedir.

Bu denklemde yer alan emisyon faktörünün birimi, diğerinden farklı olarak tüketilen yakıttan ziyade zaman ve makine gücüne bağlı olarak g/kWh'tır.

Çizelge 4. 9 Farklı makine tipi/yakıt kombinasyonlarının NO_x, NMVOC, PM ve özgül yakıt tüketimi için emisyon faktörleri (seyir, manevra, stabil)

Makine	Faz	Makine Tipi	Yakıt Tipi	NO _x 2000 Gaz Türbini (g/kWh)	NO _x 2005 (g/kWh)	NO _x 2010 (g/kWh)	NMVOC (g/kWh)	TSP,PM ₁₀ PM _{2,5} (g/kWh)	Özün Yakıt Tüketimi (g yakıt/kWh)	
Ana	Seyir	Gaz Türbini	BFO	6,1	5,9	5,7	0,1	0,1	305	
			MDO/MGO	5,7	5,5	5,3	0,1	0,0	290	
		Yüksek Hızlı Dizel	BFO	12,7	12,3	11,8	0,2	0,8	213	
			MDO/MGO	12,0	11,6	11,2	0,2	0,3	203	
		Orta Hızlı Dizel	BFO	14,0	13,5	13,0	0,5	0,8	213	
			MDO/MGO	13,2	12,8	12,3	0,5	0,3	203	
		Düşük Hızlı Dizel	BFO	18,1	17,5	16,9	0,6	1,7	195	
			MDO/MGO	17,0	16,4	15,8	0,6	0,3	185	
		Buhar Türbini	BFO	2,1	2,0	2,0	0,1	0,8	305	
			MDO/MGO	2,0	1,9	1,9	0,1	0,3	290	
		Manevra veya Gemi Stabil ancak Makine Çalışır Durumda	Gaz Türbini	BFO	3,1	3,0	2,9	0,5	1,5	336
				MDO/MGO	2,9	2,8	2,7	0,5	0,5	319
	Yüksek Hızlı Dizel		BFO	10,2	9,9	9,5	0,6	2,4	234	
			MDO/MGO	9,6	9,3	8,9	0,6	0,9	223	
	Orta Hızlı Dizel		BFO	11,2	10,8	10,4	1,5	2,4	234	
			MDO/MGO	10,6	10,2	9,9	1,5	0,9	223	
	Düşük Hızlı Dizel	BFO	14,5	14,0	13,5	1,8	2,4	215		
		MDO/MGO	13,6	13,1	12,7	1,8	0,9	204		
Buhar Türbini	BFO	1,7	1,6	1,6	0,3	2,4	336			
	MDO/MGO	1,6	1,6	1,5	0,3	0,9	319			
Yardımcı	Seyir Manevra veya Gemi Stabil ancak Makine Çalışır Durumda	Yüksek Hızlı Dizel	BFO	11,6	11,2	10,8	0,4	0,8	227	
			MDO/MGO	10,9	10,5	10,2	0,4	0,3	217	
	Orta Hızlı Dizel	BFO	14,7	14,2	13,7	0,4	0,8	227		
		MDO/MGO	13,9	13,5	13,0	0,4	0,3	217		

Yoğun trafiğe sahip olan Türk boğazlarında, Montrö Boğaz anlaşması gereği herhangi bir sınırlamaya tabi tutulmadan geçen gemilerin önemli oranda emisyon bıraktığı yadsınamaz bir gerçektir. Bu kapsamda, boğazlardaki gemi kaynaklı emisyon hesaplamasına yönelik çeşitli akademik çalışmalar yürütülmekte olup “Türk Boğazları'ndaki Gemi Kaynaklı Egzoz Gazı Emisyonlarına İlişkin Bir Çalışma” Vardar N. ve Kesgin U. tarafından ilk yayımlanan makale olarak kayıtlara geçmiştir [47].

Yapılan bu çalışmada, şehir içi hatta çalışan vapurlar dahil olmak üzere boğazlardan geçiş yapan gemilerden kaynaklanan emisyon hesaplanmasına ilişkin bilgiler yer almaktadır. Hesaplama yapılırken Trozzi C. ve Vaccaro R. tarafından yayımlanan “Gemi kaynaklı hava kirletici emisyon metodolojileri” makalesinden faydalanılmıştır. Bu verilerin yer aldığı tablo aşağıda yer almakta olup daha sonraları, konuyla ilgili çalışmaların yoğunlaşması ile aynı makalede emisyon faktörleri, yakıt tüketim faktörleri ve azaltma faktörlerine ilişkin formüllerle ilgili güncelleme yapılmıştır [48]. Bu güncelleme Çizelge 4.10'da karşılaştırmalı olarak yer almaktadır.

Çizelge 4. 10 Geminin seyir fazları ve makine tiplerine göre güncellenmiş emisyon faktörleri (seyir esnasında)

	Makine Tipi	NO _x		CO		CO ₂		VOC		PM		SO _x	
		1999	2006	1999	2006	1999	2006	1999	2006	1999	2006	1999	2006
Seyir Esnasında	Buhar Türbinleri-BFO	6,98	6,98	0,431	0,431	3.200	3.200	0,085	0,085	2,50	2,50	20S	54
	Buhar Türbinleri-MDO	6,25	6,25	0,6	0,6	3.200	3.200	0,5	0,5	2,08	2,08	20S	10
	Yüksek hızlı dizel motorlar	70	60	9	2,8	3.200	3.200	3	1	1,5	0,52	20S	10
	Orta hızlı dizel motorlar	57	57	7,4	7,4	3.200	3.200	2,4	2,4	1,2	1,2	20S	10
	Düşük hızlı dizel motorlar	87	87	7,4	7,4	3.200	3.200	2,4	2,4	1,2	7,6	20S	54
	Gaz Türbinleri	16	18	0,5	0,8	3.200	3.200	0,2	0,3	1,1	0,01	20S	10
	Gezinti teknesi-İçten takmalı dizel	48	48	20	20	3.200	3.200	26	26	-	-	20S	4
	Gezinti teknesi-İçten takmalı benzin	21,2	21,2	201	201	3.000	3.000	13,9	13,9	-	-	20S	0,1
	Diştan takmalı benzin motorları	1,07	1,07	540	540	3.000	3.000	176	176	-	-	20S	0,1

Çizelge 4.10'da yer alan seyir esnasında gemi kaynaklı emisyon faktörü (kg/ton-yakıt cinsinden) ile ilgili olarak, yüksek hızlı dizel motor kaynaklı emisyonlarda azalma ve gaz türbini kaynaklı emisyonlarda genellikle artış olduğu görülmektedir.

Manevra esnasında gemi kaynaklı emisyonlarla ilgili olarak da, Çizelge 4.11'de görüleceği gibi yüksek hızlı dizel motor kaynaklı emisyonlarda azalma ve gaz türbini kaynaklı emisyonlarda genellikle artış olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 11 Geminin seyir fazları ve makine tiplerine göre güncellenmiş emisyon faktörleri (manevra esnasında)

	Makine Tipi	NOx		CO		CO ₂		VOC		PM		SO _x	
		1999	2006	1999	2006	1999	2006	1999	2006	1999	2006	1999	2006
Manevra Esnasında	Buhar Türbinleri-BFO	6,11	6,11	0,19	0,19	3.200	3.200	0,85	0,85	2,50	2,50	20S	54
	Buhar Türbinleri-MDO	5,47	5,47	0,27	0,27	3.200	3.200	5	5	2,08	2,08	20S	10
	Yüksek hızlı dizel motorlar	63	54	34	10.6	3.200	3.200	4,5	1,5	1,5	0,52	20S	10
	Orta hızlı dizel motorlar	51	51	28	28	3.200	3.200	3,6	3,6	1,2	1,2	20S	10
	Düşük hızlı dizel motorlar	78	78	28	28	3.200	3.200	3,6	3,6	1,2	7,6	20S	54
	Gaz Türbinleri	14	18	1,9	0,8	3.200	3.200	0,3	0,3	1,1	0,01	20S	10
	Gezinti teknesi-İçten takmalı dizel	48	48	20	20	3.200	3.200	26	26	-	-	20S	4
	Gezinti teknesi-İçten takmalı benzin	21,2	21,2	201	201	3.000	3.000	13,9	13,9	-	-	20S	0,1
	Dıştan takmalı benzin motorları	1,07	1,07	540	540	3.000	3.000	176	176	-	-	20S	0,1

Gaz türbini az yer kaplaması, yüksek hız yoğunluğu ve diğer motor türlerine göre daha erken çalışmaya başlaması nedeni ile genel itibariyle savaş gemileri tarafından tercih edilmektedir [49]. Yakıt maliyeti nedeni ile boğazlardan geçen gemi ve şehir içi hatlarında çalışan vapurlarda gaz türbini pek tercih edilmemektedir. Bu bağlamda, Çizelge 4.10 ve 4.11'de yer alan emisyon faktörlerinin güncellemelerin esas alınması

durumunda, Vardar N. ve Kesgin U. tarafından yapılan çalışmada hesaplanan NO_x emisyon miktarında kısmi azalma görüleceği açıktır.

4.3.2 Makine Tiplerine Bakılmaksızın Emisyon Faktörlerinin Değerlendirilmesi

Emisyon faktörleri ile ilgili yapılan başka bir çalışmada [50] ise makine tiplerine bakılmaksızın devir ve yakıt tipi şeklinde tasnif edilerek saptanmıştır. Bu değerler Çizelge 4.12 ve 4.13'de yer almaktadır.

Çizelge 4. 12 CO₂ ve SO₂'nin emisyon faktörleri

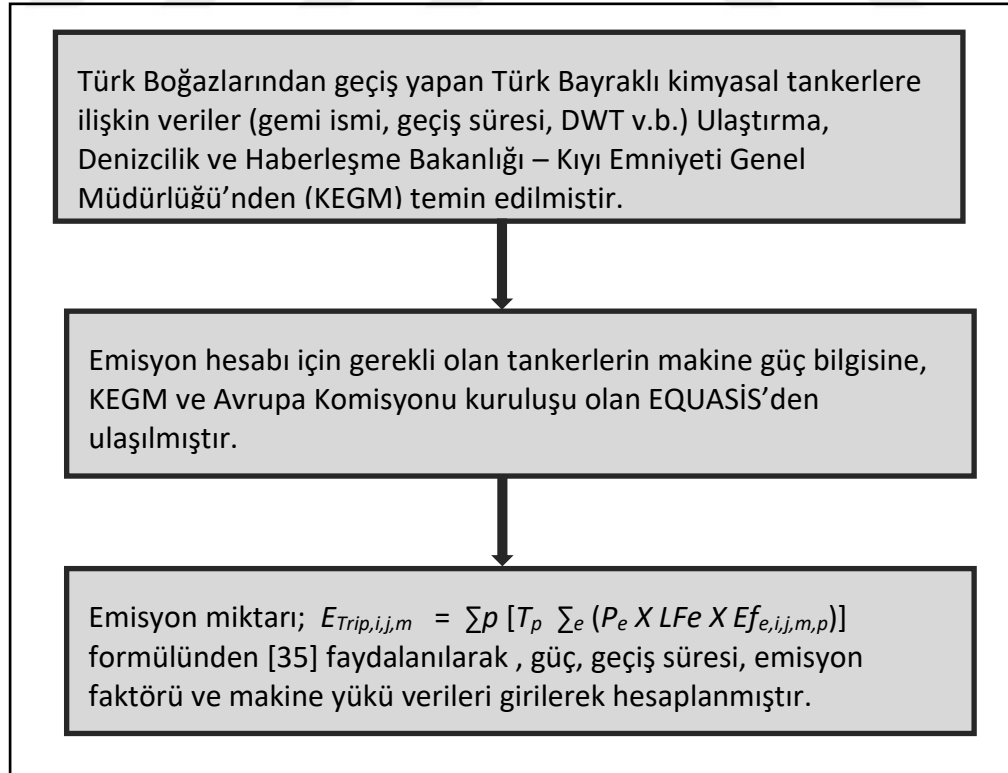
Düşük Hız	Yakıt Tipi	FSC (Yakıt İçreğindeki Kükürt Oranı)	EF _{CO2} (g/kWh)	EF _{CO2} (g/kg-yakıt)	EF _{SO2} (g/kWh)	EF _{SO2} (g/kg-yakıt)
Düşük Hız	Artık Yakıt	%2,7	620	3.179	10,5	54
	Artık Yakıt	%1	620	3.179	3,90	20
	Deniz Tipi Damıtılmış Yakıt	%0,5	588	3.179	1,85	10
	Deniz Tipi Gaz Yağı	%0,1	588	3.179	0,37	2
Orta Hız	Artık Yakıt	%2,7	683	3.179	10,6	54
	Artık Yakıt	%1	683	3.179	4,30	20
	Deniz Tipi Damıtılmış Yakıt	%0,5	652	3.179	2,05	10
	Deniz Tipi Gaz Yağı	%0,1	652	3.179	0,41	2
Yüksek Hız	Artık Yakıt	%2,7	683	3.179	10,6	54
	Artık Yakıt	%1	683	3.179	4,30	20
	Deniz Tipi Damıtılmış Yakıt	%0,5	652	3.179	2,05	10
	Deniz Tipi Gaz Yağı	%0,1	652	3179	0,41	2

Çizelge 4. 13 CO ve HC'nin emisyon faktörleri

	Yakıt Tipi	Geminin Hareket Durumu	EF _{CO} (g/kWh)	EF _{CO} (g/kg-yakıt)	EF _{HC} (g/kWh)	EF _{HC} (g/kg-yakıt)
Düşük Hız	Artık Yakıt	Deniz	0,5	2,5	0,3	1,6
		Manevra	1,0	4,6	0,6	2,8
	Deniz Tipi Damıtılmış Yakıt	Deniz	0,5	2,7	0,3	1,5
		Manevra	1,0	4,9	0,6	2,9
Orta Hız	Artık Yakıt	Deniz	1,1	5,1	0,2	0,9
		Manevra	2,2	9,2	0,4	1,7
	Deniz Tipi Damıtılmış Yakıt	Deniz	1,1	5,3	0,2	1,0
		Manevra	2,2	9,7	0,4	1,8
Yüksek Hız	Artık Yakıt	Deniz	1,1	5,1	0,2	0,9
		Manevra	2,2	9,3	0,4	1,7
	Deniz Tipi Damıtılmış Yakıt	Deniz	1,1	5,4	0,2	1,0
		Manevra	2,2	9,8	0,4	1,8

Yukarıda da belirtildiği üzere bu çalışmada emisyon faktörü belirlenirken makine tipi dikkate alınmamıştır.

4.4 Türk Boğazları'ndan Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Emisyon Miktarı Tahmini



Şekil 4. 2 Emisyon Tahmini Adımları

Boğazlardan geçiş yapan kimyasal tankerlerin sayısı ve geçiş süresi çizelge 4.14'de yer almaktadır [51].

Çizelge 4. 14 Boğazlardan geçiş yapan kimyasal tanker sayısı ve süresi

Yıl	2014	2015	2016	2017
Gemi Geçişi				
Çanakkale	482 adet	691 adet	710 adet	673 adet
İstanbul	470 adet	359 adet	465 adet	513 adet
Toplam	952 adet	1.050 adet	1.175 adet	1.186 adet
Geçiş Süresi				
Çanakkale	1.436,63 saat	2.216,4 saat	2.124,1 saat	2.010,3 saat
İstanbul	737,48 saat	569,2 saat	736,1 saat	800,1 saat
Toplam	2.174,11 saat	2.785,6 saat	2.860,2 saat	2.810,4 saat

Kimyasal tanker kaynaklı toplam emisyon miktarı aşağıdaki formül [52] uyarınca hesaplanmıştır:

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum p [T_p \sum_e (P_e \times LFe \times Ef_{e,i,j,m,p})] \quad (4.6)$$

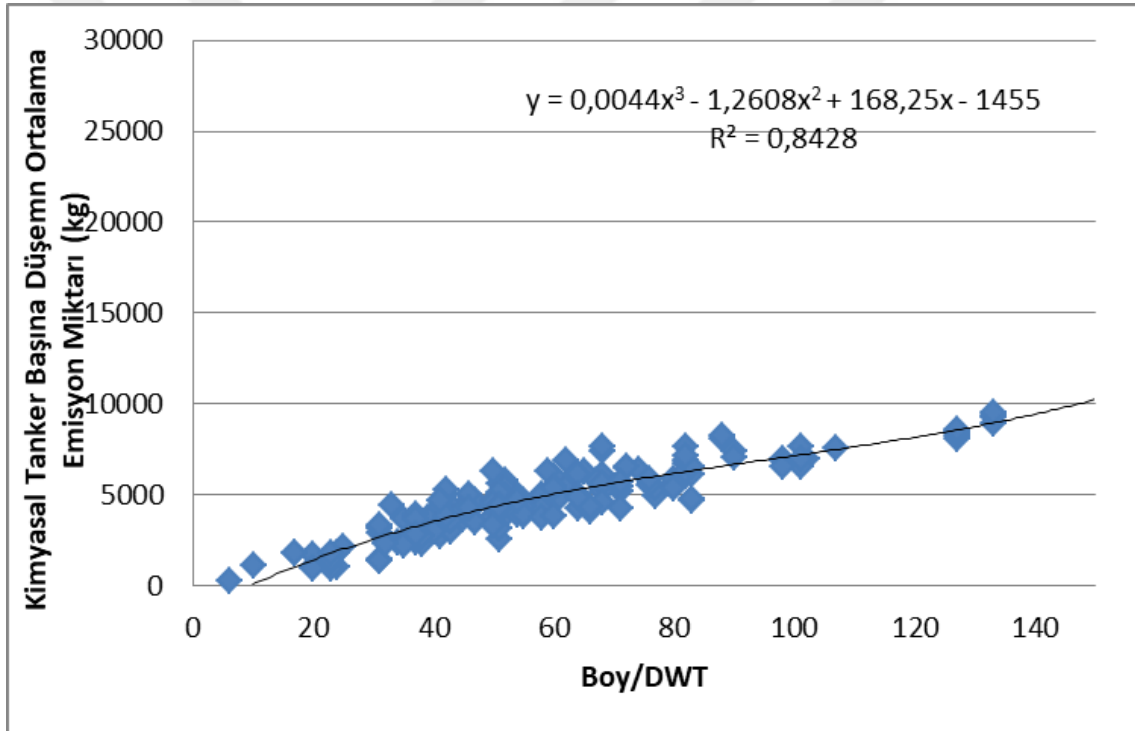
Boğazlarımızdan geçen kimyasal tankerlerin emisyon hesaplamasına ilişkin bu çalışma yürütülürken, Türk ticaret filosunun 2017 yılı itibari ile yaş ortalamasınının 22 olması dikkate alınarak en ağır yakıt kullanılacak şekilde kabul yapılmış olup artık yakıt olarak değeri verilen emisyon faktörü dikkate alınmıştır. Geminin seyiri ve manevrası esnasındaki zaman tespit edilemediği için emisyon faktörü sabit kabul edilmiştir. Makine yükü ise Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı çerçevesinde yapılan bir çalışma [53] esas alınarak 0.8 (% 80) olarak hesaba katılmıştır.

Yapılan hesaplama sonucunda ulaşılan değerler çizelge 4.15'de yer almaktadır.

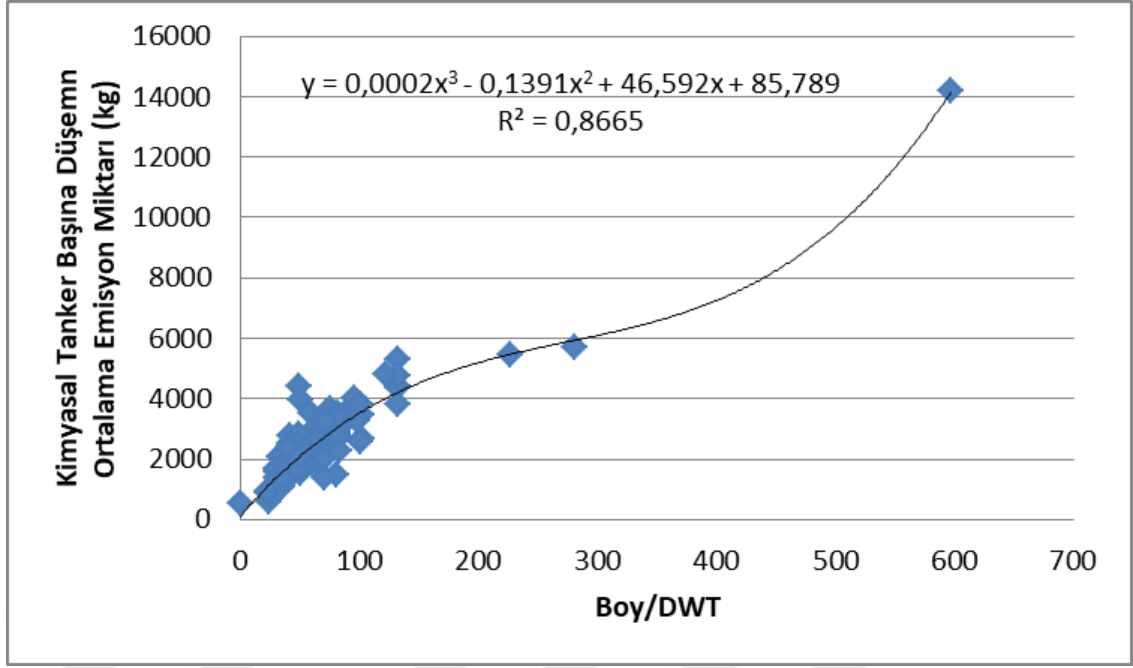
Çizelge 4. 15 Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndaki Türk Bayraklı kimyasal tanker kaynaklı emisyon tahmin miktarı

Yıl	Boğaz	CO ₂ (Ton)	SO ₂ (Ton)	CO (Ton)	HC (Ton)	NO _x (Ton)	PM (Ton)	Toplam Emisyon (Ton)
2014	Çanakkale	2.000,96	33,96	1,62	0,97	58,53	4,20	2.100,24
	İstanbul	1.060,25	17,96	0,86	0,51	30,95	2,22	1.112,75
2015	Çanakkale	3.255,59	55,14	2,63	1,58	95,04	6,83	3.416,81
	İstanbul	775,71	25,45	0,63	0,38	22,65	1,63	826,45
2016	Çanakkale	3.720,66	63,01	3,00	1,80	108,62	7,80	3.904,89
	İstanbul	1.093,14	18,51	0,88	0,53	31,91	2,29	1.147,26
2017	Çanakkale	3.336,15	56,5	2,69	1,61	91,39	6,99	3.495,33
	İstanbul	1.078,88	18,27	0,87	0,52	31,5	2,26	1.132,3

Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndan geçiş yapan Türk Bayraklı kimyasal tanker kaynaklı emisyon ve DWT/Boy arasındaki ilişki Şekil 4.3 ve 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. 3 DWT/Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon ilişkisi (Çanakkale Boğazı, 2014-2017)



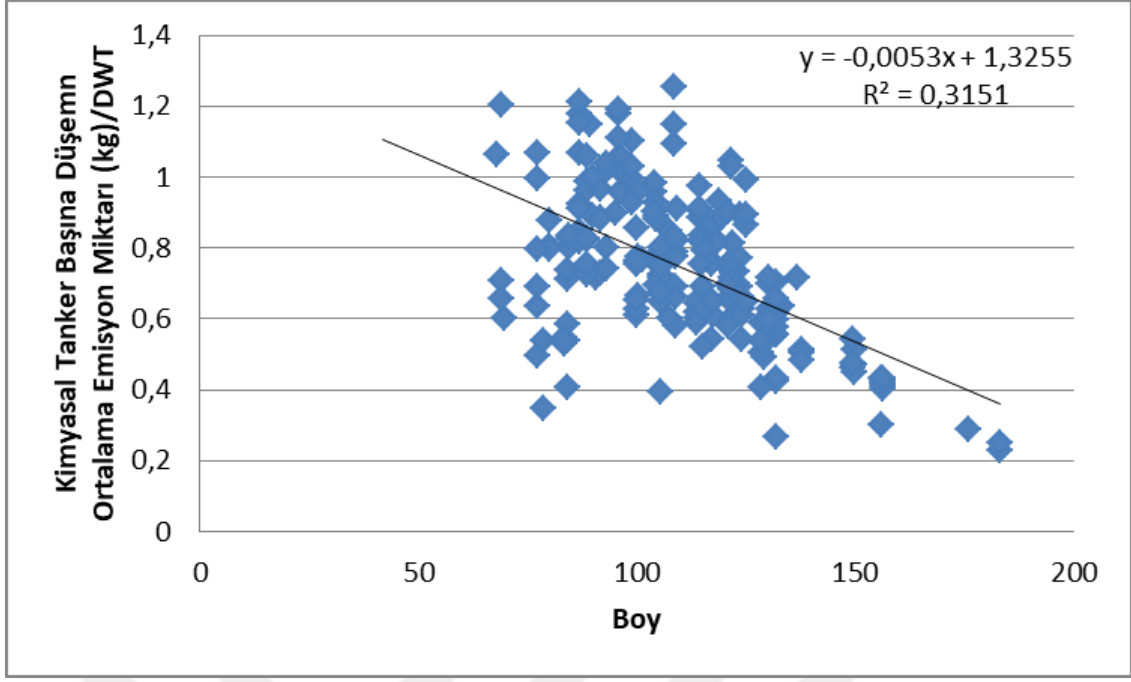
Şekil 4. 4 DWT/Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon ilişkisi (İstanbul Boğazı, 2014-2017)

Bu grafiklerden regresyon analizi yoluyla elde edilen formüller Çizelge 4.16'da gösterilmektedir.

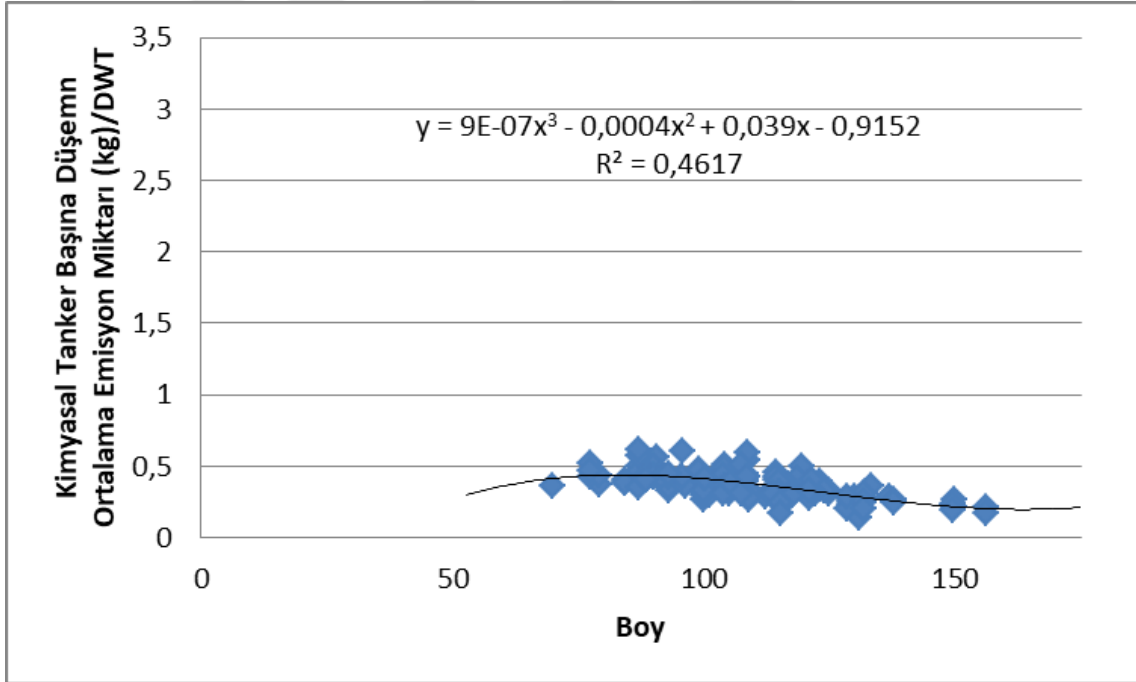
Çizelge 4. 16 DWT/Boy ile kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon miktarı arasındaki formülüzasyon tahmini

Boğaz İsmi	Formül	R ²
Çanakkale	Ort. Emisyon Miktarı = $0,0044x^3 - 1,2608x^2 + 168,25x - 1455$	0,8428
İstanbul	Ort. Emisyon Miktarı = $0,0002x^3 - 0,1391x^2 + 46,592x + 85,789$	0,8665

Çanakkale ve İstanbul Boğazlar'ından geçiş yapan Türk Bayraklı kimyasal tanker kaynaklı emisyon/DWT ile kimyasal tankerin boyu arasındaki ilişki Şekil 4.5 ve 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4. 5 Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon/DWT ilişkisi (Çanakkale Boğazı, 2014-2017)



Şekil 4. 6 Boy ve kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon/DWT ilişkisi (İstanbul Boğazı, 2014-2017)

Bu grafiklerden regresyon analizi yoluyla elde edilen formüller Çizelge 4.17’de gösterilmektedir.

Çizelge 4. 17 Boy ile kimyasal tanker başına düşen ortalama emisyon miktarı/DWT arasındaki formülüzasyon tahmini

Boğaz İsmi	Formül	R ²
Çanakkale	Ort. Emisyon Miktarı/DWT = -0,0053x + 1,3255	0,3151
İstanbul	Ort. Emisyon Miktarı/DWT = 9E-07x ³ - 0,0004x ² + 0,039x - 0,9152	0,4617

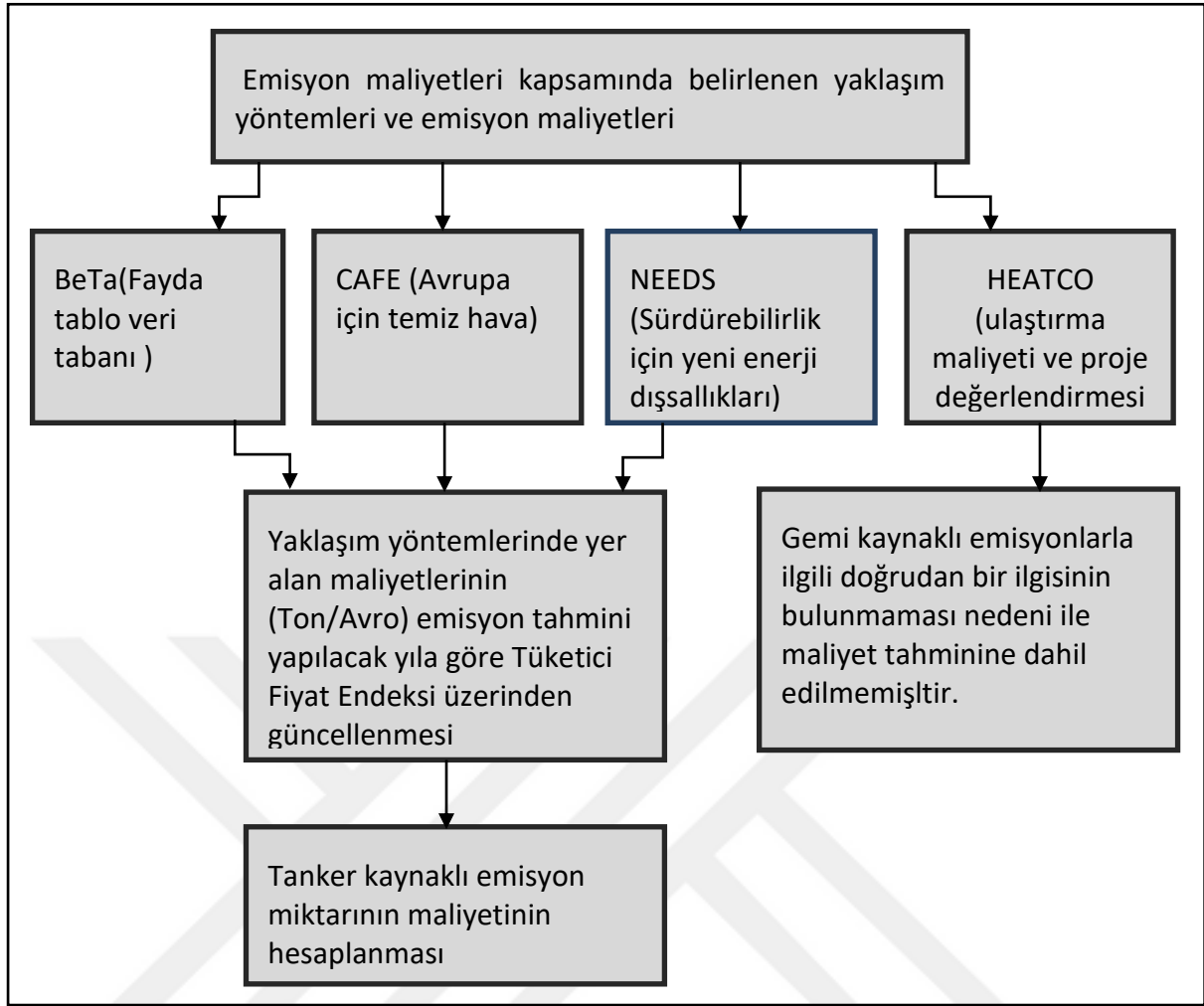
Yukarıda yer alan grafikler incelendiğinde, ortalama emisyon miktarı/DWT ile boy arasındaki ilişkiyi yansıtan formülün R² indeksi açısından değerlendirildiğinde çok iyi sonuç veren bir yaklaşım olmadığı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, şekil 4.3 ve 4.4’de yer alan DWT/Boy ile ortalama emisyon arasındaki ilişkiyi yansıtan formülün daha yüksek değer verdiği görülmektedir. Yapılacak olan yapay sinir ağları gibi modellemelerde, ortalama emisyon miktarı ile DWT/boy arasındaki ilişkiyi gösterir formülün kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

EMİSYON KAYNAKLI MALİYET TAHMİNİ VE EMİSYONUN AZALTILMASI İÇİN ALINACAK ÖNLEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doğaya bırakılan emisyonun insan ve çevreye olumsuz etkisi vardır. Bu bölümde, emisyon kaynaklı zararın maddi değerin tahmini yapılacaktır. Bunun için emisyon etkisi nedeni ile oluşabilecek sağlık sorunlarına ilişkin insanlar için yapılacak sosyal güvenlik harcamaları ve tarım kaynaklarındaki verimin düşmesi ile elde edilen ürünlerin azalması ve buna bağlı olarak arz-talep ilişkisi çerçevesinde fiyatlarının artışı başta olmak üzere birtakım maliyet kalemleri dikkate alınmaktadır.

Maliyetlere ilişkin Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen Etkili Yol Yaklaşımı isimli proje çalışması yapılmış [54] ve projede tümevarım ve tüm dengelim ele alınmıştır. Tümevarım ve tüm den gelim yöntemleri kapsamında;

Tümevarım yöntemi ile ilgili olarak, ulaştırma kaynaklı maliyetin hesaplanmasına yönelik AB tarafından yapılan çalışmalarda; fayda tablo veri tabanı (BeTa), ulaştırma maliyeti ve proje değerlendirmesi için uyumlaştırılmış Avrupa yaklaşımları (HEATCO), Avrupa için temiz hava (CAFE) ve Sürdürülebilirlik için yeni enerji dışsallıkları (NEEDS) faktörlerinden yararlanılmıştır.



Şekil 5. 1 Emisyon maliyet yaklaşım yöntemlerine ilişkin akış şeması

5.1 Emisyon Maliyet Hesaplarına İlişkin Yaklaşım Yöntemleri

5.1.1 BETA Yaklaşım Yöntemi

BeTa sonuçları esas alınarak kırsal alanlardaki emisyonlara yönelik maliyet tablosu (Değerler Avro/ton cinsinden ve 2000 yılındaki değerler esas alınmıştır) Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 1 BeTa yaklaşım yöntemi emisyon maliyeti (avro/ton)

	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}
Yunanistan	4.100	6.000	7.800
AB-15	5.200	4.200	14.000

Araştırmada, Avrupa Birliğinin 15 üye ülkesi baz alınmıştır, mevcut durumda 28 üye ülke bulunmaktadır. Ancak sonradan AB'ye dahil olan ülkelerin gelişmişlik açısından

önceki başat ülkelerden geride olması Çizelge 5.1'deki değerlerin 28 ülke üzerinden hesaplanmış olduğu kabulünün yapılması ve Avrupa Birliği tüketici fiyat endeksi (% 34.39) [55] esas alınarak verilerin 2017 yılına uyarlaması durumunda Çizelge 5.2'deki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5. 2 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca BeTa Yaklaşım Yöntemi
Emisyon Maliyeti (Avro/ton) (Kırsal Bölge İçin)

	SO ₂		NO _x		PM _{2.5}	
	2000	2017	2000	2017	2000	2017
Yunanistan	4.100	5.510	6.000	8.063,4	7.800	10.482,4
AB-15	5.200	6.988,3	4.200	5.644,4	14.000	18.814,6

BeTa sonuçları esas alınarak kentsel alanlardaki emisyonlara yönelik maliyet tablosu (Değerler Avro/ton cinsinden ve 2000 yılındaki değerler esas alınmıştır) Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 3 BeTa yaklaşım yöntemi kapsamında 100.000 kişilik şehir için kabul edilen
PM_{2.5} ve için kabul edilen emisyon maliyeti (Avro/ton) (Merkezi Bölge İçin)

	PM _{2.5}	SO ₂
100.000 kişilik şehir	33.000	6.000

BeTa sonuçları esas alınarak şehir bazında hesaplama faktörleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5. 4 Bölgenin Nüfusuna göre, Çizelge 5.3'de verilen emisyon maliyetinin
katsayıları listesi

Popülasyon	PM _{2.5}	SO ₂
500.000	5	5
1.000.000	7,5	7,5
Milyonlarca insan	15	15

Türk Boğazları etrafında yaşayan nüfus dikkate alındığında, PM_{2.5} ve SO₂ için hesaplama faktörü olan 15, 2017 yılı esas alınarak tüketici fiyat endeksi olan %34,05 ve NO_x için değeri ise çalışmada da belirtildiği şekilde aynı kabul edilmesi durumunda Çizelge 5.5'deki sonuçlar (Avro/ton) elde edilmektedir.

Çizelge 5. 5 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca Çizelge 5.4'de yer alan maliyetlerin güncellenmiş hali

PM _{2.5}		SO ₂		NO _x	
2000	2017	2000	2017	2000	2017
495.000	663.553	90.000	120.646	14.000	18.767

5.1.2 CAFE Yaklaşım Yöntemi

CAFE, Avrupa Birliğinin 25 üye ülkesinin çeşitli emisyon kaynaklarının teknik özellikleri ve mevcut yapısında tanımlanan enerji tüketimi, ulaştırma, endüstriyel ile tarımsal aktivitelerdeki beklenen trendlere ilişkin bilgiler toplanılarak oluşturulmuş ve Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5. 6 CAFE Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton)

	NO _x	SO ₂	PM _{2.5}
Yunanistan	840	1.400	8.600
Tüketici Fiyat Endeksi (2013)	914,676	1.524,46	9.364,54

2013 yılında belirlenen maliyet tüketici fiyat endeksi baz alınarak 2017 yılına (%2,25) [56] uyarlanması durumunda Çizelge 5.7'deki sonuçları (Avro/ton) elde edilmiştir.

Çizelge 5. 7 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca CAFE Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton)

NO _x	SO ₂	PM _{2.5}
935,29	1.558,82	9.575,59

Maliyet hesaplamalarında Baltık denizi, Akdeniz, Kuzeydoğu Atlantik ve Kuzey Denizleri de dikkate alınmıştır.

5.1.3 HEATCO Yaklaşım Yöntemi

HEATCO, ulaştırma alt yapısına ilişkin fayda maliyet analizine odaklanmakta ve seyahat süresi, kaza riskleri ve çevresel maliyetlerdeki (Hava kirliliğinin verdiği zararlar, gürültü ve küresel ısınma) değerlerin değişkenliklerine yönelik uyumlaştırılmış kılavuz önerilmektedir. Gemi kaynaklı emisyonla ilişkin maliyetlerin HEATCO ile doğrudan ilgisi bulunmasa da ülkeye özgü maliyet faktörlerinde kullanılması öngörülmektedir.

5.1.4 NEEDS Yaklaşım Yöntemi

NEEDS'te ortalama hasar değerlerine ulaşılabilmektedir. Aşağıda belirtilen nedenlerden ötürü en güncel yöntem olarak kabul edilmektedir;

- Avrupa deniz bölgelerini refere etmektedir. Deniz taşımacılığının harici maliyetinin hesaplanması için oldukça uygundur.
- Yalnızca sağlık etkileri değil aynı zamanda malzemeler, biyolojik çeşitlilik ve mahsul üzerinde dışarı yayılan NO_x ve SO₂'nin yan etkilerinin niceliği belirlenmektedir.
- Aynı zamanda, NEEDS'in en son versiyonunda, deniz taşımacılığında gemi tiplerine göre birim maliyeti sunulmaktadır.

Bu tahmin yönteminde, özel emisyon faktörleri ve kent dışı hasar maliyet faktörleri dikkate alınmıştır. Deniz taşımacılığında, EcoSense modeli kullanılarak Avrupa deniz bölgesindeki tüm büyük kirleticiler için özel hasar maliyet değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada belirtilen EcoSense modeli, Avrupa Çevre Ajansında da belirtildiği şekilde [57], Avrupa'da enerji kaynaklarının analizi için tasarlanmış ve belirgin bölgelerde birden fazla emisyon kaynağının analizi için kullanılmaktadır. İnsan sağlığı, tarım mahsulü, yapı malzemeleri ve ekosistemi etkileyen hava kaynaklı kirliliğe maruz kalmasına yol açacak başlıca etkenlerin değerlendirilmesine destek verilmesi amacı ile geliştirilmiştir. Çizelge 5.8'de NEEDS yaklaşım yöntemi emisyon maliyeti gösterilmiştir.

Çizelge 5. 8 NEEDS Yaklaşım Yöntemi Emisyon Maliyeti (Avro/ton)

	NO _x	SO ₂	PM _{2.5}		
			Kırsal	Banliyö	Şehir
Yunanistan	3.851	8.210	19.329	50.605	197.845
Tüketici Fiyat Endeksi (2013)	4.193,35	8.939,87	21.047	55.104	215.433

2013 yılına belirlenen maliyet tüketici fiyat endeksi baz alınarak 2017 yılına (%2,25) [58] uyarlanması durumunda Çizelge 5.9'daki sonuçlar (Avro/ton) elde edilmiştir.

Çizelge 5. 9 AB 2017 Yılı Tüketici Fiyat Endeksi Uyarınca NEEDS Yaklaşım Yöntemi
Emisyon Maliyeti (Avro/ton)

NO _x	SO ₂	PM _{2.5}		
		Kırsal	Banliyö	Şehir
4.287,86	9.141,35	21.520	56.342	220.288

Yukarıda belirtilen yaklaşımlar arasından HEATCO yaklaşım yönteminin denizcilik alanı ile doğrudan bir ilgisi bulunmamaktadır. Bu çalışmada belirtildiği üzere, NEEDS yaklaşımında AB deniz alanlarındaki maliyet faktörleri, CAFE yaklaşımında emisyon ton başına düşen maliyet öngörülmezsizin hassas durumlar, BeTa yaklaşımında ise AB ülkeleri (Limanlar) ve deniz alanı için mali faktörler esas alınmaktadır.

Bölüm 5.2’de, yukarıda belirtilen yaklaşımlar kullanılarak Türk Boğazlarından geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerin emisyon açısından maliyet değerlendirilmesi yapılmıştır.

5.2 Yaklaşım Yöntemlerinin Maliyet Tahmini

Bu hesaplamalar yapılırken emisyon miktarı tahminleri Çizelge 4.15'ten alınmıştır.

5.2.1 BETA Yaklaşım Yöntemi Verileri Kapsamında Türk Boğazlarında Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Oluşan Emisyon Maliyeti

BETA yaklaşımındaki değerler, tüketici fiyatı endeksi esas alınarak güncellenmiş ve emisyon maliyetleri Çizelge 5.10, 5.11 ve 5.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 10 BETA verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı
Kimyasal Tanker Kaynaklı PM_{2.5} Emisyon Maliyeti

PM _{2.5}	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2000			495.000		
2014	4,20	2,22	651.725	2.737.245	1.446.829,5
2015	6,83	1,63	651.937	4.452.729,71	1.062.657,31
2016	7,80	2,29	653.513	5.097.401,4	1.496.544,77
2017	6,99	2,26	663.553	4.638.235,47	1.499.629,6

Çizelge 5. 11 BETA verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı SO₂ Emisyon Maliyeti

SO ₂	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2000			90.000		
2014	33,95	17,96	118.495	4.024.090,2	2.128.170,2
2015	55,13	25,45	118.534	6.535.964,76	3.016.690,3
2016	63,01	18,51	118.820	7.486.848,2	2.199.358,2
2017	56,5	18,27	120.646	6.816.499	2.204.202,2

Çizelge 5. 12 BETA verileri uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı NO_x Emisyon Maliyeti

NO _x	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2000			14.000		
2014	58,53	30,95	18.432,65	1.078.863,01	570.490,82
2015	95,04	22,65	18.438,64	1.752.408,35	417.635,2
2016	108,62	31,91	18.483,20	2.007.645,18	589.798,91
2017	91,39	31,5	18.767,16	1.715.130,75	591.165,54

5.2.2 CAFE Yaklaşım Yöntemi Verileri Kapsamında Türk Boğazlarında Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Oluşan Emisyon Maliyeti

CAFE yaklaşımındaki değerler, tüketici fiyatı endeksi esas alınarak güncellenmiş ve emisyon maliyetleri Çizelge 5.13, 5.14 ve 5.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 13 CAFE Verileri Uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı NO_x Emisyon Maliyeti

NO _x	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2013			914,676		
2014	58,53	30,95	918,62	53.766,83	28.431,29
2015	95,04	22,65	918,92	87.334,16	20.813,54
2016	108,62	31,91	921,14	100.054,23	29.393,58
2017	91,39	31,5	935,29	85.476,15	29.461,64

Çizelge 5. 14 CAFE Verileri Uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı SO₂ Emisyon Maliyeti

SO ₂	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2013			1524,46		
2014	33,95	17,96	1.531,03	51.978,47	27.497,3
2015	55,13	25,45	1.531,53	84.433,25	38.977,44
2016	63,01	18,51	1.535,23	96.734,84	28.417,1
2017	56,5	18,27	1.558,22	88.039,43	28.468,68

Çizelge 5. 15 CAFE Verileri Uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı PM_{2.5} Emisyon Maliyeti

PM _{2.5}	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2013			9.364,54		
2014	4,20	2,22	9.404,92	39.500,67	20.878,92
2015	6,83	1,63	9.407,97	64.256,44	15.335
2016	7,80	2,29	9.430,71	73.559,54	21.596,33
2017	6,99	2,26	9.575,59	66.933,37	21.640,83

5.2.3 NEEDS Yaklaşım Yöntemi Verileri Kapsamında Türk Boğazlarında Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı Oluşan Emisyon Maliyeti

NEEDS yaklaşımındaki değerler, tüketici fiyatı endeksi esas alınarak güncellenmiş ve emisyon maliyetleri Çizelge 5.16, 5.17 ve 5.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 16 NEEDS Verileri Uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı NO_x Emisyon Maliyeti

NO _x	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2013			4.193,35		
2014	58,53	30,95	4.211,43	246.495	130.343,76
2015	95,04	22,65	4.212,80	400.384,51	95.419,92
2016	108,62	31,91	4.222,98	458.700,08	134.755,3
2017	91,39	31,5	4.287,86	391.867,52	135.067,59

Çizelge 5. 17 NEEDS Verileri Uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı SO₂ Emisyon Maliyeti

SO ₂	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2000			8.939,87		
2014	33,96	17,96	8.978,41	304.906,8	161.252,24
2015	55,14	25,45	8.981,33	495.230,54	228.574,85
2016	63,01	18,51	9.003,04	567.281,55	166.646,27
2017	56,5	18,27	9.141,35	516.486,28	167.012,46

Çizelge 5. 18 NEEDS Verileri Uyarınca Çanakkale ve İstanbul Boğazlarında Türk Bayraklı Kimyasal Tanker Kaynaklı PM_{2,5} Emisyon Maliyeti

PM _{2,5}	Çanakkale (ton)	İstanbul (ton)	(t/€)	Çanakkale (€)	İstanbul (€)
2013			215.433		
2014	4,20	2,22	216.362	908.720,4	480.323,64
2015	6,83	1,63	216.432	1.478.230,56	352.784,16
2016	7,80	2,29	216.955	1.692.249	496.826,95
2017	6,99	2,26	220.288	1.539.813,2	497.850,88

Çizelge 5.19'da ise emisyon maliyetlerine karşılaştırılmalı olarak yer verilmiştir.

Çizelge 5. 19 BETA, NEEDS ve CAFE Yaklaşım Yöntemleri Kapsamında Hesaplanan Emisyon Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Yaklaşım Yöntemi	Boğaz İsmi	NO _x (Avro)	SO ₂ (Avro)	PM _{2,5} (Avro)
BETA	Çanakkale			
	2014	1.078.863,01	4.024.090,2	2.737.245
	2015	1.752.408,35	6.535.964,76	4.452.729,71
	2016	2.007.645,18	7.486.848,2	5.097.401,4
	2017	1.715.130,75	6.816.499	4.638.235,47
	İstanbul			
	2014	570.490,82	2.128.170,2	1.446.829,5
	2015	417.635,2	3.016.690,3	1.062.657,31
	2016	589.798,91	2.199.358,2	1.496.544,77
	2017	591.165,54	2.204.202,2	1.499.629,6
CAFE	Çanakkale			
	2014	53.766,83	51.978,47	39.500,67
	2015	87.334,16	84.433,25	64.256,44
	2016	100.054,23	96.734,84	73.559,54
	2017	85.476,15	88.039,43	66.933,37
	İstanbul			
	2014	28.431,29	27.497,3	20.878,92
	2015	20.813,54	38.977,44	15.335
	2016	29.393,58	28.417,1	21.596,33
	2017	29.461,64	28.468,68	21.640,83
NEEDS	Çanakkale			
	2014	246.495	304.906,8	908.720,4
	2015	400.384,51	495.230,54	1.478.230,56
	2016	458.700,08	567.281,55	1.692.249
	2017	391.867,52	516.486,28	1.539.813,2
	İstanbul			
	2014	130.343,76	161.252,24	480.323,64
	2015	95.419,92	228.574,85	352.784,16
	2016	134.755,3	166.646,27	496.826,95
	2017	135.067,59	167.012,46	497.850,88

Bu yaklaşım yöntemlerinde emisyonlar için birim maliyet olarak belirlenen rakamların farklılıkları nedeni ile maliyetler arasında büyük fark bulunmaktadır.

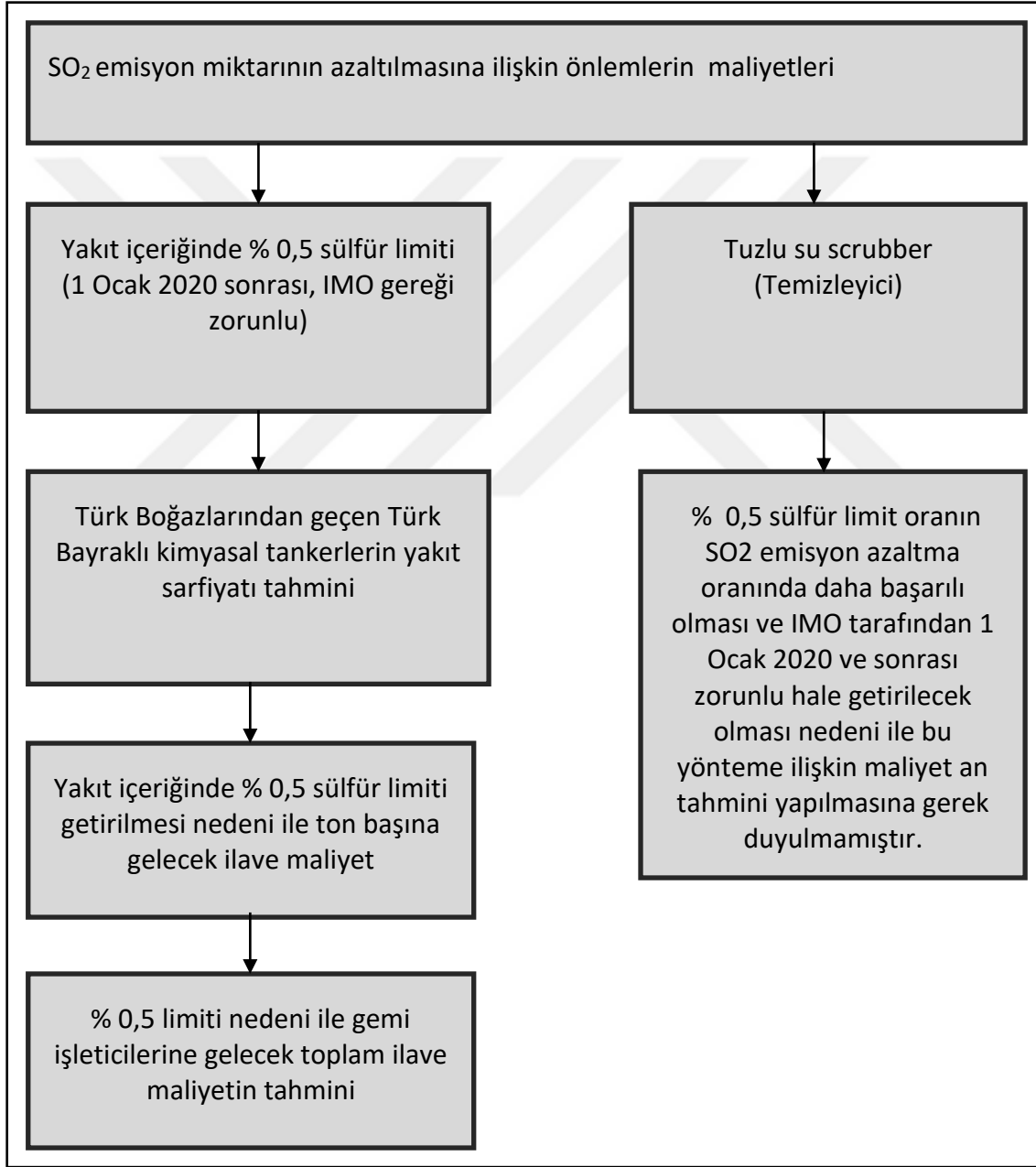
5.3 Emisyonun Azaltılmasının Gemi İşleticilerine ve Diğer İlgili Taraplara Maliyeti

Emisyonun azaltılmasına ilişkin çalışmaların geliştirilmesi, uygulamaların arttırılması insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir ve dünyanın daha

yaşanabilir olması açısından gereklidir. Ancak, bu kapsamda alınan önlemlerin maliyetini de incelemek ve gerek görülmesi durumunda teşvik edici uygulamaların hayata geçirilmesi elzemdir.

5.3.1 SO₂ Kaynaklı Emisyon Azaltılma Maliyeti

5.3.1.1 SO₂ Kaynaklı Emisyonun Azaltılması Kapsamında Alınacak Önlemler ve Maliyetler



Şekil 5.2 SO₂ emisyon azaltım yöntemlerinde maliyet tahminine ilişkin akış şeması

1 Ocak 2020 tarihi itibari ile gemi yakıtları içeriğindeki sülfür oranı, MARPOL EK VI Kural 14.1'e göre %0,5'i geçemeyecektir. Bu konuya ilişkin yapılan analizlerde, normal yakıta göre ton başına 150 ile 300 dolar arasında maliyet çıkaracağı tahmin edilmektedir [59]. OECD'de yer alan Uluslararası Taşımacılık Formu tarafından yapılan bir çalışmada ise [60], taşımacılık maliyetinde hız, yakıt fiyatı ve gemi boyuna bağlı olarak % 20 ile % 85 arasında artış olması ve buna bağlı olarak sadece konteyner gemileri için 5 ile 30 Milyar dolar arasında bir ilave maliyet öngörülmektedir. Yine aynı çalışmaya göre 2020 yılında başlaması öngörülen sülfür sınırlaması uygulamasının 1 Ocak 2025 tarihine ertelenmesi durumunda dahi % 4 ile % 13 arasında bir artış olacağı ifade edilmiş ve bu artışın sebebinin ise Avrupa Birliği sınırları içerisinde yer alan denizlerde 1 Ocak 2020 yılında uygulamaya başlanması olarak belirtilmiştir.

Ancak, 72 inci dönem toplanan MEPC Ana Komitesinde alınan karar [61] uyarınca, 1 Ocak 2020 tarihi ile uygulamaya geçiş yapılacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda, boğazlardan geçen tankerlerin geçmiş yıllara ait harcamış olduğu yakıt sarfiyatı göz önünde bulundurularak 1 Ocak 2020 sonrası için gemi işleticilerine ilişkin maliyet analizinin yapılmasında fayda mütalaa edilmektedir. Bu itibarla, gemilerde kullanılacak yakıttaki sülfür oranının % 0.5 ve altına çekileceği uygulamaya geçiş tarihi olan 1 Ocak 2020 sonrasında Türk Boğazlarından geçiş yapacak kimyasal tankerlerin, yeni uygulamaya istinaden gemi işleticilerine getireceği ek maliyete ilişkin hesap tahmini için geçmişte yapılan gemi geçişleri dikkate alınmıştır.

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından yayımlanan ve "ÖTV'siz Yakıt Uygulamaları" konulu Talimat'ı [62] kapsamında fuel oil için özgül yakıt tüketim katsayısı 100 gr/BHP.h, motorin için ise 118 ml/BHP.h olarak belirtilmiş ve bu hesaplamada boğazdan geçen kimyasal tankerlerin yakıt türü fuel oil olarak kabul edilmiştir.

Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından geçen her bir kimyasal tankerin yakıt tüketimi, 5.1 denkleminde hesaplanılmıştır.

$$FC = SFCC \times P \times h \quad (5.1)$$

Bu denklemde;

FC: Yakıt tüketimi (gr)

SFCC : Özgül Yakıt Tüketim Katsayısı (100 gr/BHP.h)

P: Makine Gücü (BHP)

BHP: Beygir Gücü

H: Süre(saat)

5.1 denklemini uyarınca hesaplanan yakıt tüketimi, tüm geçişler için yıllık bazda toplanıldığında elde edilen yakıt tüketimi Çizelge 5.20’de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 20 Türk Boğazlarından geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerin yakıt sarfiyatı

Yıl	Çanakkale (Ton)	İstanbul (Ton)
2014	541,66	286,44
2015	879,53	209,57
2016	1.005,17	295,32
2017	901,3	291,97

OECD tarafından yapılan çalışmada ton başına 150 ile 300 dolar arasında ilave bir maliyet tahmini baz alınarak Çizelge 5.20’deki değerlere uyarlanması ve ortalamasının alınması durumunda Çizelge 5.21’deki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5. 21 Yakıttaki Sülfür Oranın Düşürülmesi Sonucunda ve OECD tarafından veriler doğrultusunda oluşacak ilave maliyet

YIL	ÇANAKKALE			İSTANBUL		
	Yakıt (Ton)	150 \$	300 \$	Yakıt (Ton)	150 \$	300 \$
2014	541,66	81.248,85	162.497,7	286,44	42.965,55	85.931,1
2015	879,53	131.929,95	263.859,9	209,57	31.434,75	62.869,5
2016	1005,17	150.775,5	301.551	295,32	44.298,6	88.597,2
2017	901,3	135.195	270.390	291,97	43.795,5	87.591
Toplam Maliyet		499.149,30	998.298,60		162.494,40	324.988,80
Ortalama Maliyet		124.787	249.574		40.623	81.247

Çizelge 5.21’de görüleceği üzere, yakıttaki kükürt oranının % 0.5’e çekildiğinin varsayılması durumunda 2014, 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ilişkin Çanakkale Boğazı’ndan geçen kimyasal tankerlerin ortalama 124.787 ile 249.574 dolar arasında, İstanbul Boğazı’ndan geçen kimyasal tankerlerin ise 40.623 ile 81.247 dolar arasında bir maliyet getirmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Gemilerde kullanılan yakıttaki kükürt oranı düşürülmesi durumunda işleticilere yansıyacak maliyete ilişkin bu veriler ile, Avrupa Komisyonu tarafından yürütülen projede [63] yer alan emisyon kaynaklı SO₂ maliyetin karşılaştırılmasının yapılmasının uygun olacağı mütalaa edilmektedir. Çizelge 5.22'de yakıt maliyeti ile ilgili azami sınır olan 300 ABD doları ile Avrupa Komisyonu projesi çıktıları arasında yer alan SO₂ kaynaklı maliyeti karşılaştırılmıştır. Yakıttaki kükürt miktarının azami % 0.5'e çekilmesi SO₂ kaynaklı maliyeti önemli oranda düşürecektir.



Çizelge 5. 22 BETA, NEEDS ve CAFE Yaklaşım Yöntemleri Kapsamında Hesaplanan Emisyon Maliyetleri ile Sülfür Oranı Düşürülmesi Sonucu Oluşabilecek İlave Maliyetin Karşılaştırılması

Yaklaşım Yöntemi	Yıl	SO ₂ Maliyet (Avro)	SO ₂ Maliyet (Dolar [64])	Yakıt Maliyeti (Dolar) (İçeriğindeki kükürt oranının azami olarak % 0,5 düşürülmesi kaynaklı)	Yakıt Maliyeti/SO ₂ Maliyet
BETA	Çanakkale				
	2014	4.024.090,20	4.861.100,96	162.497,70	0,03
	2015	6.535.964,76	7.895.445,43	263.859,90	0,03
	2016	7.486.848,20	9.044.112,63	301.551,00	0,03
	2017	6.816.499,00	8.234.330,79	270.390,00	0,03
	İstanbul				
	2014	2.128.170,20	2.570.829,60	85.931,10	0,03
	2015	3.016.690,30	3.644.161,88	62.869,50	0,02
	2016	2.199.358,20	2.656.824,71	88.597,20	0,03
	2017	2.204.202,20	2.662.676,26	87.591,00	0,03
CAFE	Çanakkale				
	2014	51.978,47	62.789,99	162.497,70	2,59
	2015	84.433,25	101.995,37	263.859,90	2,59
	2016	96.734,84	116.855,69	301.551,00	2,58
	2017	88.039,43	106.351,63	270.390,00	2,54
	İstanbul				
	2014	27.497,30	33.216,74	85.931,10	2,59
	2015	38.977,44	47.084,75	62.869,50	1,34
	2016	28.417,10	34.327,86	88.597,20	2,58
	2017	28.468,68	34.390,17	87.591,00	2,55
NEEDS	Çanakkale				
	2014	304.906,80	368.327,41	162.497,70	0,44
	2015	495.230,54	598.238,49	263.859,90	0,44
	2016	567.281,55	685.276,11	301.551,00	0,44
	2017	516.486,28	623.915,43	270.390,00	0,43
	İstanbul				
	2014	161.252,24	194.792,71	85.931,10	0,44
	2015	228.574,85	276.118,42	62.869,50	0,23
	2016	166.646,27	201.308,69	88.597,20	0,44
	2017	167.012,46	201.751,05	87.591,00	0,43

Yukarıda belirtildiği şekilde, yakıttaki kükürt oranının % 0.5'e düşürülmesi SO₂ kaynaklı oluşabilecek maliyeti sifira indirmese de, önemli oranda azalacak ve kükürt kaynaklı insan ve çevre sağlığı olumlu anlamda gelişme kaydedecektir. Karşılaştırma tablosunda yer alan oran incelendiğinde, CAFE yaklaşım yöntemi haricinde, gemi işleticisine oluşturacak maliyet, SO₂ kaynaklı maliyetine göre daha az olduğu anlaşılmaktadır.

5.3.1.2 SO₂ Emisyon Azaltma Oranları

Yakıttaki kükürt miktarı değişiminin emisyona etkisine ilişkin yapılan başka bir çalışmada [65], % 0,5'e düşürülmesi ile SO₂ ve PM kirleticilerinde önemli azaltıma gidildiği anlaşılmaktadır. Bu çalışma da elde edilen sonuçlara Çizelge 5.23'de yer verilmiştir.

Çizelge 5. 23 Kullanılan yöntemler kapsamında SO₂ emisyon azaltım oranları

Yöntem	Emisyondaki Değişim			
	SO ₂	NO _x	PM	VOC
Tuzlu Su Scrubber	% -75	% 0	% -25	% 0
Yakıttaki kükürt miktarının % 2.7'den 1.5'e indirilmesi	% -44	% 0	% -18	% 0
Yakıttaki kükürt miktarının % 2.7'den 0.5'e indirilmesi	% -81	% 0	% -20	% 0

Çizelge 5.23'de sülfür miktarına ilişkin verilen % 2,7 değeri [66], daha yaygın kullanılan marin yakıtlarındaki dünya çapında ortalama kükürt oranıdır. Ağır yakıtlarda ise bu oran % 3.5'dir.

Yine aynı çizelgede yer alan tuzlu su scrubber (egzoz gaz temizleyicisi) ile ilgili olarak bahse konu çalışmada, egzoz gazının çalışma prensibi ve problemi hakkında bilgi verilmiştir. Bu bilgiye göre; tuzlu su içerisinde kademeli olarak lık egzoz gazı karıştırılır ve egzoz içerisinde yer alan SO₂ alkalin tuzlu suda tutulur. Su yeniden sirküle edilir ve dinlendirme tankına ayrılır. Atık daha sonra boşaltılır. Filtre edilen ve kullanılan deniz suyu tekrar denize gönderilir. Ancak, kullanılan suyun kalitesi ve arıtma için nasıl

kullanılacağı halen tartışılmaktadır. Scrubber içindeki sülfürik asit, korozyon problemini de ortaya çıkarmaktadır. Tahmini ömrü ise 15 yıl olarak belirtilmektedir.

Yine aynı çalışmada, SO₂ azaltımına ilişkin verilen maliyetler Çizelge 5.24'te gösterilmiştir.

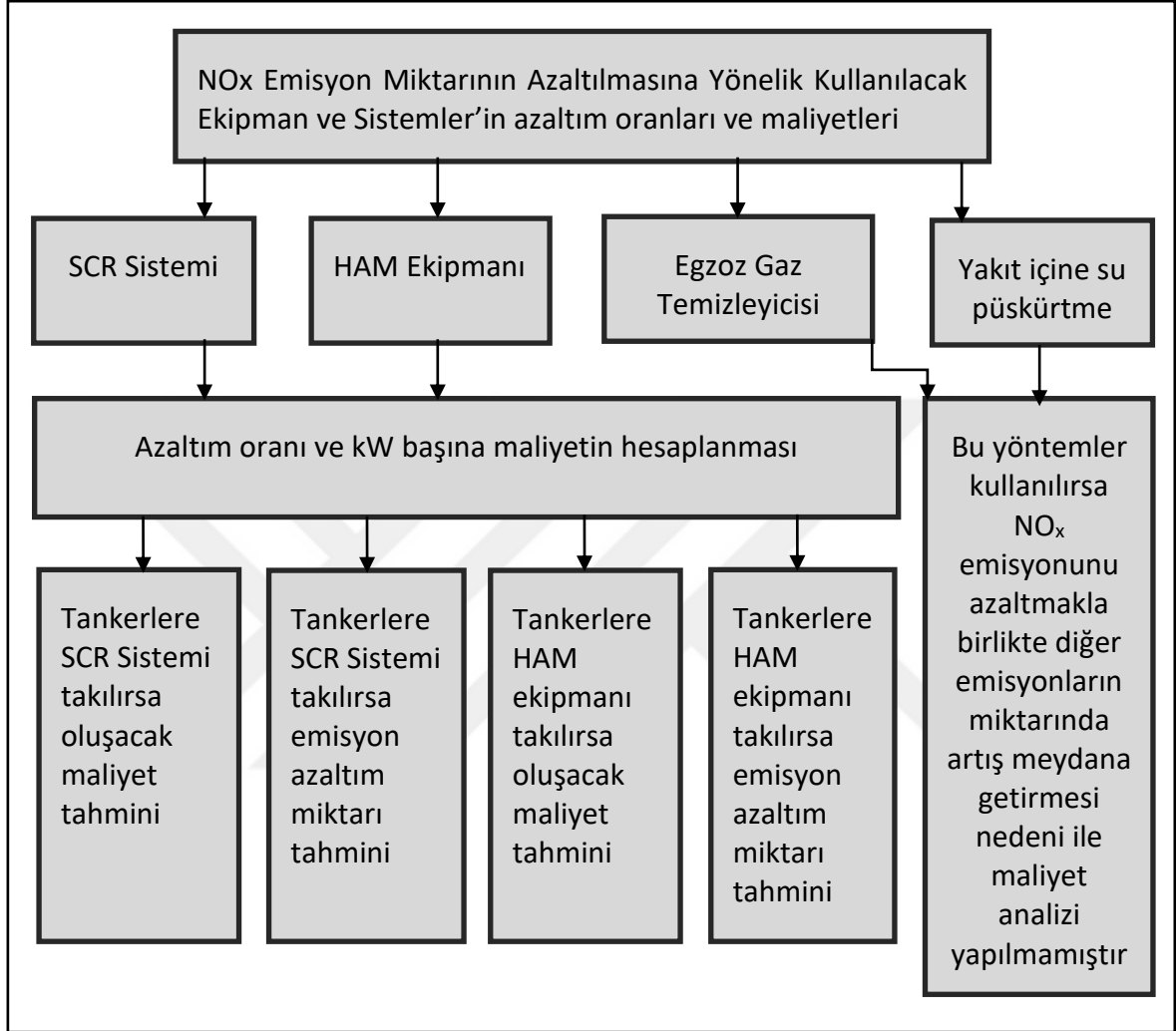
Çizelge 5. 24 SO₂ azaltımına ilişkin maliyetler

Yöntem	Kurulum	Küçük Tonajlı Gemi	Orta Tonajlı Gemi	Büyük Tonajlı Gemi
		SO ₂ (Avro/ton)	SO ₂ (Avro/ton)	SO ₂ (Avro/ton)
Tuzlu Su Scrubber	Yeni	390	351	320
Tuzlu Su Scrubber	Tadilat	576	535	504
Yakıttaki kükürt miktarının % 2.7'den 1.5'e indirilmesi	Yeni/tadilat	2.053 (1.230)	2.050 (1.230)	2.055 (1.230)
Yakıttaki kükürt miktarının % 2.7'den 0.5'e indirilmesi	Yeni/tadilat	1.439 (1.690)	1.438 (1.690)	1.434 (1.690)

Söz konusu çalışmada, gemilerin sınıflandırılmasına ilişkin tonaj limitleriyle ilgili bir kriter belirtilmemekle birlikte maliyet değerleri birbirine yakındır.

5.3.2 NO_x Kaynaklı Emisyon Azaltılma Maliyeti

5.3.2.1 NO_x Kaynaklı Emisyonun Azaltılması Kapsamında Alınacak Önlemler ve Maliyetler



Şekil 5. 3 NO_x emisyon azaltım yöntemlerinde maliyet tahminine ilişkin akış şeması

NO_x emisyonun azaltılmasına ilişkin önlemler arasında en etkili yöntem (% 90-95'e kadar azaltabilen) olan, yüksek oranda başarılı montaj oranı olan ancak teknik ve operasyonel konularda çözülmeye ihtiyaç duyulacak konulara sahip SCR sistemleri bulunmaktadır [67]. Sistemin başlıca problemleri ise; ürenin temini ve kalitesi, sistemin tasarımı, üre enjeksiyonun yerleştirilmesi ve çeşitli yakıt ve yağlama yağına bağlı olarak egzoz karışımıdır [68].

SCR sistemlerinin maliyet tahminleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu tahminlerden en önemlileri şunlardır:

IACCSEA (Uluslararası Havadaki Gemi kaynaklı Emisyonların Katalizör Kontrol Birliği) tarafından yapılan ve NECA'da (Azot Emisyon Kontrol Alanı) işletilen 2 adet gemi için maliyet tahmini [69] yapılmıştır. İlk gemi, 1500 saat işletilen, 10.000 kw'lık güce sahip ve 20.000 DWT'lik bir gemi olup, harcama kalemleri sistemin satın alınması ve kurulumu (500.000 ABD Doları), geminin 25 yıllık ömrü üzerinden en geniş kıyılarda IMO Aşama 3'n gereksinimleri karşılayacak AUS40 (Gemilerdeki ve dizel makine egzoz sistemi kaynaklı Nitrojen Oksit azaltıcı solüsyon [70]) renin maliyeti (950.000 ABD doları), yine geminin 25 yıllık ömrü üzerinden katalizörün yeniden şarj edilme maliyeti (450.000 ABD doları) ve sistemin bakım maliyeti (150.000 ABD doları), SCR ekipmanı kaynaklı geri basınç nedeniyle gelebilecek yakıt cezası (175.000 ABD doları) olarak tahmin edilmiş, buna karşılık yakıt tasarrufu ise % 2 verimlilik sayesinde 425.000 ABD doları olarak tahmin edilmiştir. Bu hesaplar uyarınca, SCR sisteminin gemi işletmecisine tahmini maliyeti harcanan 2.25 milyon ABD dolarından 425.000 ABD doları tasarruf çıkarılarak 1.8 Milyon ABD doları olarak hesaplanmıştır. Aynı özelliklere sahip ancak ilk gemiden farklı olarak yıllık 8.000 saat üzerinden çalışan diğer geminin harcama kalemleri ve yakıt tasarrufları göz önünde bulundurularak 5.3 milyon ABD doları maliyet tahmini yapılmıştır.

Bu kapsamda yapılan başka bir çalışmada [71] ise alınan önlemler ve maliyetler izelge 5.25'te gösterilmektedir.

Çizelge 5. 25 NO_x kapsamında alınacak önlemlerin maliyeti

NO _x Kontrol Tekniği Maliyeti	Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti	Hizmet Süresi
Basit iç makine modifikasyonu – yaşı az makinelerde sürgülü valflerin yenilenmesi ve tadilatı, geminin ebatına bağlı olarak ton NO _x başına 9-12 Avro	Geleneksel valflere bağlı olarak ilave maliyet yaklaşık 200 Avro	Hayır. Makine daha az yağlama yağına ihtiyaç duyabilir.	Yakıt valflerinin ömrü yaklaşık 5 yıldır.
İleri iç makine modifikasyonu – yeni makineler için maliyet ton NO _x başına 19-98 Avro (IMO standasının aşağıya çekilebilmesi için)	Bu konuya ilişkin maliyet, gemiden gemiye değişiklik göstermektedir.	Hayır. Yağlama yağının azaltılması gibi avantajları bulunabilir.	Makinenin ömrü ile eş zamanlıdır.
Direkt su püskürtme – yeni gemilere montaj maliyeti ton NO _x başına 345-411 Avro	Yeni makinelerin maliyetinin yaklaşık 1/4'ünü oluşturan yeni silindir başlıklarına gereksinim duyulması nedeni ile tadilat maliyeti kW başına 50 Avro'dur.	Yüksek su kalitesi gereklidir. (90 g/kWh - %45 su püskürtme oranı) Tahmini maliyeti ise damıtılmış suda metreküp başına 15 Avrodur. Çoğu durumda, daha düşük maliyetli içme suyu kullanılır	Püskürtme sisteminin ömrü yaklaşık 4 yıldır. Geri kalan ekipmanların ömrü ise yaklaşık 25 yıldır.
Nemli hava motoru – yeni gemilere montajda ton NO _x başına 198-268 Avro, tadilatlarda ise ton NO _x başına 263-306 Avro	Yeni imal edilen makinelerde 90-130 Avro/kW, tadilat için ise 110-130 Avro/kW	5700 kW bir motor için yaklaşık maliyeti yıllık 4000 Avro	Paslanmadığı veya galvanize edildiği durumlarda 25 yıl kullanılabilir.
SCR- Yakıt olarak marin dizel kullanan yeni gemilerde tahmini maliyet ton NO _x başına 313-413 Avro ve yakıttaki kükürt oranı % 1,5'i geçen atık yakıtları kullanılması durumunda ton NO _x başına 526-740 Avro	Yeni imal edilen makinelerde 40-60 Avro/kW ve tadilat için 60-100 Avro/kW	2600 kW motor için üre solüsyonu ton başına 170 Avro veya bu maliyet, piyasada üre teslim eden birkaç firma nedeni ile 120-140 Avro'ya indirilebilir ayrıca, ürenin taşınması da maliyeti etkilemektedir. Bakım yapılması gereklilik arz etmektedir. Temizleme maliyeti ise yıllık yaklaşık 8.000 Avrodur. Kullanılan yakıtı bağlı olarak bakım gereksinimi bulunmaktadır. Bir gemi için işletim maliyeti ise finansmanı hariç yıllık 10.000 Avro	Atık yakıt kullanıldığında, tahmini olarak her 20000 saatlik işletmede katalizörün yenilenmesi gerekmektedir.

Yine aynı çalışmada alınan önlemlere ilişkin NO_x emisyon azaltım miktarı ise Çizelge 5.26'da gösterilmektedir.

Çizelge 5. 26 NO_x kapsamında alınacak önlemlerin azaltma oranları

	NO _x	PM	VOC	CO
Basit iç makine modifikasyon-sürgülü valfler	% - 20	0 olarak kabul edilmektedir. Ancak, tam olarak doğrulanmasa da % 50'ye varan azaltım getirebileceği varsayımları bulunmaktadır.	0 olarak kabul edilmektedir. Ancak, tam olarak doğrulanmasa da % 50'ye varan azaltım getirebileceği varsayımları bulunmaktadır.	0 olarak kabul edilmektedir, bazı durumlarda artış gösterme imkanı bulunabilir.
Direkt su püskürtme	% - 50	0	0	0
Nemli hava motoru ve benzer yöntemler	% -70 ile - 85 arasında	0	0	0
SCR	% - 90	0	0 Oksidasyon katalizörü ile birlikte kullanılması durumunda % 75-90 azalma	0 Oksidasyon katalizörü ile birlikte kullanılması durumunda % 50-90 azalma

Yine aynı çalışma da NO_x azaltma maliyetlerine ilişkin değerler Çizelge 5.27'de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 27 Yakıt bazında NO_x Emisyon Maliyeti

Kullanılan Teknik	Kurulum	Küçük tonajlı gemi (Avro/ton-yakıt)	Orta tonajlı gemi (Avro/ton-yakıt)	Büyük tonajlı gemi (Avro/ton-yakıt)
Basit iç makine modifikasyonu (2 zamanlı, düşük hızlı, az yaşlı makineler)	Yeni	0,17	0,13	0,12
Basit iç makine modifikasyonu (2 zamanlı, düşük hızlı, az yaşlı makineler)	Tadilat	0,17	0,13	0,12
Basit iç makine modifikasyonu (2 zamanlı, düşük hızlı, eski makineler)	Tadilat	0,90	0,34	0,20
İleri iç makine modifikasyonu	Yeni	2	0,7	0,4
Direkt su püskürtme	Yeni	15	14	13
Nemli hava motoru	Yeni	14	12	10
Nemli hava motoru	Tadilat	16	15	14
SCR (Marin dizel kullanan)	Yeni	29	23	22
SCR (Marin dizel kullanan)	Tadilat	34	27	25

Söz konusu çalışmada, gemilerin sınıflandırılmasına ilişkin tonaj limitlerine ilişkin bir kriter belirtilmemiştir.

5.3.2.2 Alternatif Bir Çalışmanın Değerlendirmesi

5.3.2.2.1 SCR Sistemi

Danimarka Çevre Bakanlığı – Çevre Koruma Ajansı tarafından yapılan bir çalışmada [72] SCR sistemlerine ilişkin maliyet tahmini çalışması (Danimarka suları kapsamında) yapılmış olup bu çalışmaya (işletme saati 6667 ve NO_x azaltımı % 80 olarak esas alınarak hazırlanılmıştır) göre Çizelge 5.28'deki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5. 28 SCR Sisteminin maliyet, fayda ve emisyon etkisi

	Küçük	Orta	Büyük
Kurulum kapasitesi (kW)	3.580	11.420	28.750
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	168.030	536.005	1.349.401
Net fayda (avro)	620.633	1.979.784	4.984.132
Amorti süresi	1 yıldan az	1 yıldan az	1 yıldan az
Maliyet (Avro/kg NO _x)	0,69	0,69	0,69
Sermaye yatırımı (Avro)	143.800	456.800	1.150.000
Hizmet süresi	12	12	12
Üre (Yıl/Avro)	76.377	243.639	613.634
İşletim ve bakım maliyeti	6.874	21.927	55.203
Emisyonlara etkisi			
NO _x (Ton/yıl)	-168	-536	-1349
PM (Ton/yıl)	0	0	0
CO ₂ (Ton/yıl)	0	0	0
SO ₂ (Ton/yıl)	0	0	0

Yukarıda yer alan çizelge incelendiğinde, SCR sisteminin kurulması, işletimi ve bakımına ilişkin maliyetin, NO_x emisyonun azaltılması ile insan ve çevreye verdiği fayda ile karşılaştırıldığında daha az olduğu görülmektedir. Bu çalışmaya göre emisyonun azaltılmasının maliyeti 0,69 Avro/ kg-NO_x iken getireceği fayda 7 ile 12 Avro/kg-NO_x olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca söz konusu tablodaki sermaye yatırımı ile kurulum kapasitesi arasındaki ilişki incelendiğinde, kW başına 40 Avro maliyet düştüğü ve bu rakamın oranlandığı anlaşılmaktadır.

5.3.2.2.2 Nemli Hava Motoru (HAM) Ekipmanı

Yine aynı çalışmada, NO_x emisyonunun azaltılmasına ilişkin alınan önlemler arasında yer alan nemli hava motoru (HAM - Turbo şarj hava içerisinde su püskürtme) ile ilgili olarak ise Çizelge 5.29'daki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5. 29 HAM Ekipmanın Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi

	Küçük	Orta	Büyük
Kurulum kapasitesi (kW)	3.580	11.420	28.750
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	210.992	673.052	1.694.418
Net fayda (avro)	808.954	2.580.520	6.496.418
Amorti süresi	1 yıldan az	1 yıldan az	1 yıldan az
Maliyet (Avro/kg NO _x)	0,44	0,44	0,44
Sermaye yatırımı (Avro)	716.000	2.284.000	5.750.000
Hizmet süresi	12	12	12
İşletim ve bakım maliyeti	2.864	9.136	23.001
Emisyonlara etkisi			
NO _x (Ton/yıl)	-211	-673	-1694
PM (Ton/yıl)	0	0	0
CO ₂ (Ton/yıl)	0	0	0
SO ₂ (Ton/yıl)	0	0	0

NO_x emisyonu azaltma faktörleri kapsamında yapılan akademik çalışmalar [73] [74] incelendiğinde geneli itibari ile SCR sisteminin en etkili yöntem olduğu değerlendirilmekle birlikte bu çizelgede de görüleceği üzere, bu sistemdeki NO_x emisyon azaltma oranının SCR sistemine göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca söz konusu tablodaki sermaye yatırımı ile kurulum kapasitesi arasındaki ilişki incelendiğinde, kW başına 200 Avro maliyet düştüğü ve bu rakamın oranlandığı anlaşılmaktadır.

5.3.2.2.3 Egzoz Gaz Temizleyicisi (EGC)

Egzoz gaz temizleyici yöntemi ile ilgili olarak ise Çizelge 5.30'daki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5. 30 EGC Ekipmanın Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi

	Küçük	Orta	Büyük
Kurulum kapasitesi (kW)	3.580	11.420	28.750
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	259.682	828.372	2.045.438
Net fayda (avro)	1.044.666	3.221.165	8.120.644
Amorti süresi	1 yıldan az	1 yıldan az	1 yıldan az
Maliyet (Avro/kg NO _x)	0,38	0,35	0,34
Sermaye yatırımı (Avro)	257.856	596.544	1.345.200
Hizmet süresi	12	12	12
Yakıt maliyeti (Avro/yıl)	22.944	73.351	184.662
İşletim ve bakım maliyeti	34.288	109.378	275.361
Emisyonlara etkisi			
NO _x (Ton/yıl)	-259,7	-828,4	-907,3
PM (Ton/yıl)	0,5	1,7	4,2
CO ₂ (Ton/yıl)	113	360,4	907,3
SO ₂ (Ton/yıl)	2,7	8,5	21,4

Bu yöntemde, emisyon azaltma miktarının diğer iki yönteme göre daha etkin olduğu görülmektedir. Ayrıca, diğer önlemlerden farklı olarak NO_x emisyonunun azalmasının aksine SO₂, PM ve CO₂ emisyonunda artış olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yöntemlerde olduğu gibi kW başına oranlanabilecek bir mali oran bulunmamaktadır.

5.3.2.2.4 Yakıt İçinde Su Koyma Yöntemi (WIF)

Bu yöntem ise; silindir içine yakıt püskürtülmesi öncesi yakıtın içine su eklenerek yanma süresince oluşacak NO_x'i engelleme teknolojisi olarak ifade edilmiştir. % 2 oranında su püskürtülmesi ile NO_x emisyonunda % 80'e varan oranında azaltma görülmektedir [75]. Aynı çalışmada bu yöntemle ilgili olarak Çizelge 5.31'deki değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 5. 31 WIF Yönteminin Maliyet, Fayda ve Emisyona Etkisi

	Küçük	Orta	Büyük
Kurulum kapasitesi (kW)	3.580	11.420	28.750
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	105.019	335.003	843.376
Net fayda (avro)	347.347	1.121.785	2.838.339
Amorti süresi	1 yıldan az	1 yıldan az	1 yıldan az
Maliyet (Avro/kg NO _x)	1,36	1,29	1,26
Sermaye yatırımı (Avro)	135.732	270.578	548.933
Hizmet süresi (Ana sistem)	12	12	12
Hizmet süresi (Enjektör)	4	4	4
Yakıt maliyeti (Avro/yıl)	48.288	154.037	387.790
İşletim ve bakım maliyeti	33.190	108.560	271.00
Emisyonlara etkisi			
NO _x (Ton/yıl)	-105	-335	-843,4
PM (Ton/yıl)	0,1	0,3	0,7
CO ₂ (Ton/yıl)	257,1	820,2	2.064,8
SO ₂ (Ton/yıl)	0,2	0,5	1,4

Bu yöntem, NO_x emisyonunu azaltmakla birlikte diğer emisyonlarda artışa neden olmaktadır. Bir önceki yöntemde belirtildiği şekilde bu yöntemde de kW başına oranlanabilecek bir mali oran bulunmamaktadır.

Bu çalışmada yer alan yöntemlere ilişkin veriler, en küçük kurulum kapasitesi olan 3.580 kW güce göre mukayese edildiğinde Çizelge 5.32'deki değerlere ulaşılmaktadır.

Çizelge 5. 32 NO_x Azaltma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	SCR Sistemi	Nemli Hava Motoru (HAM)	Egzoz Gaz Temizleyici	Su Püskürtme
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	168.030	210.992	259.682	105.019
Net fayda (Avro)	620.633	808.954	1.044.666	347.347
Maliyet (Avro/kg NO _x)	0,69	0,44	0,38	1,36
Sermaye yatırımı (Avro)	143.800	716.000	257.856	135.732
Yakıt maliyeti (Avro/yıl)	0	0	22.944	48.288
Üre (Yıl/Avro)	76.377	0	0	0
İşletim ve bakım maliyeti (Avro)	6.874	2.864	34.288	33.190
Toplam Yıllık Maliyet (Avro)	83.251	2.864	57.232	81.478
Emisyon				
NO _x (Ton/yıl)	-168	-211	-259,7	-105
PM (Ton/yıl)	0	0	0,5	0,1
CO ₂ (Ton/yıl)	0	0	113	257,1
SO ₂ (Ton/yıl)	0	0	2,7	0,2

Bu çalışmaya göre, NO_x emisyon salınımı engelleme açısından en faydalı yöntem egzoz gaz temizleyici yöntemi olmakla birlikte, NO_x haricindeki diğer emisyonların yayılımına sebebiyet vermektedir. Bunun sebebinin ilave yakıt yanması sureti ile emisyon miktarlarında artış yaşanması olduğu düşünülebilir. Emisyondaki azalmanın çevre ve topluma olan faydası ve emisyonun doğaya salınımın önlenmesi nedenleriyle çizelgede amortisman süresi kısa olarak hesaplanmıştır. Ancak, gemi işleten açısından düşünüldüğünde, bu yöntemlerin kurulmasıyla oluşacak maliyetin karşılanabilecek bir kalem veya teşvik bir edici unsur olmadığı görülmektedir. IMO tarafından yakıttaki sülfür oranına limit konulduğu gibi NO_x emisyonuna ilişkin zorunlu kuralların da

getirilmesi ve uygulamaya geçilmesi, işletmecilerin NO_x emisyon azaltıcı yöntemleri uygulaması hususunda teşvik edici olacaktır ve NO_x kaynaklı emisyonun azaltılması kapsamında büyük önem arz etmektedir.

Mevcut kurallara göre IMO tarafından kabul edilen NO_x emisyon kontrol alanları (NECA) olduğu ve sadece bu bölgelere yönelik sınırlamanın yer aldığı görülmektedir. Buna ilaveten, Avrupa Birliği (AB) çevre politikası çerçevesinde; AB üye ülkelerince 1 Ocak 2021 tarihi itibari ile Baltık ve Kuzey Denizinin NECA olarak kabul edilmesi, SO_x emisyon kontrol alanı dışında yer alan AB sularındaki gemilerin NO_x emisyonu azaltılmasına yönelik zorunlu makine standartları veya buna eşdeğer kabul edilecek NO_x emisyon azaltma teknolojileri kullanması önlemleri bulunmaktadır [76].

5.3.2.2.5 SCR Sisteminin Kurulum Maliyeti ve Bu Sistem Sayesinde Azaltılan Emisyon Miktarının Değerlendirilmesi

Daha önce de belirtildiği gibi NO_x azaltım oranlarında SCR sisteminin daha etkin olduğu ifade edilmişti. Kurulum maliyeti ve etkinliği göz önünde bulundurularak Boğazdan geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlere SCR sistemi kurulması durumunda oluşacak maliyet hesaplanmıştır.

Bu bağlamda; IACCSEA tarafından 10.000 kW'lık yatırım maliyeti için 500.000 ABD Doları belirlenmesi sureti ile kW başına 50 ABD doları, Danimarka tarafından yapılan çalışmada ise sistemin kurulumu için kW başına maliyet 40 Avro olarak tahmini edilmiştir. Avro ve dolar arasındaki parite [77] göz önünde bulundurulduğunda 40 Avro yaklaşık 48 dolara tekabül edecektir. Bu değerler de birbirine çok yakın değerler olması nedeni ile yapılacak bu hesaplamada, kurulumu yapılacak SCR sistemi için 1 kW'ın maddi karşılığı 50 dolar olarak kabul edilecektir. Bu verilere ilave olarak, SCR sisteminin kW başına 150 Avro'dan 400 Avro'ya (yeni inşa, tadilat ve ilave özelliklere göre maliyette değişkenlikler bulunmaktadır) kadar maliyet getireceğine dair tahminleri içeren çalışmalar [78] bulunmakla birlikte IACCSEA tarafından önerilen ve Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen 40 Avro'ya yaklaşık olan 50 dolar, SCR sisteminin kurulumu için hesaplamalarda baz alınacaktır.

Mevcut durumda 55 [79] adet Türk Bayraklı kimyasal tanker bulunmaktadır. Boğaz geçişlerinin yoğun olduğu 2016 yılında Türk Bayraklı kimyasal tanker sayısı 59 adet olup Çanakkale Boğazı'ndan 56'sı kimyasal tanker olmak üzere 710 adet geçiş ve İstanbul Boğazı'ndan ise 37'si kimyasal tanker olmak üzere 465 adet geçiş [80] yapılmıştır. Boğazlardan geçen tanker sayısına ilişkin yapılan hesaplamada mükerrer geçişler düşüldüğünde Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndan toplamda geçiş yapan kimyasal tanker sayısı 57 olarak belirlenmiştir. 57 adet tankere SCR sisteminin takılması durumunda ortaya çıkacak maliyetin hesaplanması için toplam makine gücü olan 182.717,9684 kW değeri kW başına düşen 50 ABD doları maliyet ile çarpılarak; sistemin ilk kurulum maliyeti 9.135.898,42 ABD doları olarak bulunmuştur. Gemilerin makine güçleri farklı olsa da gemi başına düşen ortalama maliyet yaklaşık olarak 160.278,97 ABD doları bulunmuştur.

Ayrıca ilk kurulum maliyetinin yanı sıra bakım işletim masrafları ve sistemde kullanılan ürenin maliyeti yıllık olarak gemi işleticisine yansıtacaktır. Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından yapılan çalışmada SCR sisteminde olduğu gibi üre ve yıllık bakım-işletim masraflarına ilişkin bir oranlama da mevcuttur. Üre maliyeti kW başına yaklaşık 21.33 Avro ve bakım-işletim masrafı ise yaklaşık 1,92 Avro olarak belirlenmiştir. Bu oranlamanın esas alınması durumunda, boğazdan geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerler için üre maliyeti toplam 3.897.374,265 Avro ve bakım işletim masrafı ise toplam 350.818,5 Avro olarak hesaplanmıştır. Her iki maliyeti içeren toplam yıllık maliyet ise dolar para birimine dönüştürüldüğünde [81] 5.131.816,86 sonucu elde edilmektedir. Bu masraflar, makine güçlerine göre farklılık gösterse de her bir makinenin gücünün aynı kabul edilmesi durumunda kimyasal tanker başına ortalama üre maliyeti 68.375 Avro, bakım işletim masrafı ise ortalama 6.154,71 Avro'dur. Bu çıktılar esas alındığında ise tanker başına yıllık maliyet yaklaşık 74.529,71 Avro olarak bulunmuştur.

SCR sisteminin, % 90–95'e varan NO_x emisyon azaltma oranına ilişkin değerlendirmeler [82] [83] bulunmakla birlikte azami % 80 [84] [85] azaltım oranı (Piyasada bulunan ekipmanları göz önünde bulundurularak [86]) kabul edilerek Türk Boğazlarından geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerin tamamına SCR sistemi takılması durumunda önemli oranda NO_x emisyonunun doğaya yayılması engellenecektir. Geçmiş dönemde geçiş

yapan kimyasal tankerlerin tamamında SCR sisteminin takılı olduğunun varsayılması ve buna istinaden azaltılan emisyonun miktarının hesaplanması durumunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5.33’de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 33 SCR Sistemi kapsamında azalan emisyon miktarı

		Mevcut durum	SCR Azaltım Oranı	Azalan Emisyon Miktarı	Doğaya Bırakılan Emisyon Miktarı
Yıl	Boğaz	NO _x (Ton)			
2014	Çanakkale	58,53	% 80	46,83	11,71
	İstanbul	30,95	% 80	24,76	6,19
2015	Çanakkale	95,04	% 80	76,03	19,01
	İstanbul	22,65	% 80	18,12	4,53
2016	Çanakkale	108,62	% 80	86,90	21,72
	İstanbul	31,91	% 80	25,53	6,38
2017	Çanakkale	91,39	% 80	73,11	18,28
	İstanbul	31,5	% 80	25,2	6,3

Çizelgede de görüleceği üzere SCR sisteminin kimyasal tankerlerin tümünde bulunması durumunda NO_x emisyon miktarını önemli oranda azalttığı görülmektedir. Ayrıca % 80 oranı, MARPOL EK VI Kural 13’de aşama III olarak tabir edilen ve NO_x Emisyon kontrol alanı olarak belirlenen bölgelerde seyir yapacak gemiler için zorunluluk içermektedir. Bu nedenle, SCR sistemi takılı olan gemiler, IMO tarafından belirlenen NO_x emisyon kontrol alanlarında seyir yapabileceklerdir.

Avrupa Komisyonu tarafından yaptırılan projede [87], emisyon maliyetlerine ilişkin yöntemler ve boğaz geçişlerinin yoğun olduğu 2016 yılının esas alınması ve geçiş yapan Türk Bayraklı kimyasal tankerlere SCR sisteminin kurulumunun yapıldığının varsayılması durumunda azaltılan emisyon maliyetleri Çizelge 5.34’de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 34 SCR Sisteminin kurulum maliyeti ile SCR sistemi sayesinde azalan emisyon miktarının BETA, CAFE ve NEEDS yaklaşım yöntemleri verileri doğrultusunda emisyon maliyetinin hesaplanması

Yaklaşım Yöntemi	Boğaz	NOx Emisyon (Ton)	(t/€)	NOx Emisyon Maliyeti (Avro)	SCR Azaltma Oranı	Azaltılan NOx Emisyon Maliyeti (Avro)	NOx Emisyon Maliyeti	SCR Sisteminin Toplam Kurulum Maliyeti (Avro)	SCR Sisteminin Toplam Yıllık Maliyeti (Avro)
BETA	Çanakkale	18.483,20	2.007.645,18	% 80	1.606.116,15	401.53	18.483,20	7.562.830	4.248.192
	İstanbul	18.483,20	589.798,91	% 80	471.839,90	117.959,01	18.483,20	7.562.830	4.248.192
CAFE	Çanakkale	921,14	100.054,23	% 80	80.043,38	20.010,85	921,14	7.562.830	4.248.192
	İstanbul	921,14	29.393,58	% 80	23.514,86	5.878,72	921,14	7.562.830	4.248.192
NEEDS	Çanakkale	4.222,98	458.700,09	% 80	366.960,07	91.740,02	4.222,98	7.562.830	4.248.192
	İstanbul	4.222,98	134.755,30	% 80	107.204,23	26.951,05	4.222,98	7.562.830	4.248.192

Maliyet analizi yukarıda yer alan çizelgede görülmektedir. SCR sistemi için yapılacak yıllık maliyetin, emisyon kaynaklı maliyete göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu yaklaşımlara göre, gemi işletenin SCR sistemini kullanması insan ve çevre sağlığı haricinde çok makul gözükmemektedir.

Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen ve SCR sisteminin kullanılması sureti ile NO_x emisyon azaltılması ile oluşacak net fayda değeri [88] esas alınarak Çizelge 5.35'deki veriler ortaya çıkartılmıştır. Söz konusu çalışmada, net fayda değeri kW başına 173,36 Avro düşecek şekilde oranlama yapılmıştır.

Çizelge 5. 35 SCR sistemi sayesinde azalan emisyon miktarının, Danimarka Çevre Ajansı verileri bazında topluma ve çevreye verdiği fayda değeri

2016 yılında Boğazlardan Geçiş Yapan 57 Adet Türk Bayraklı Kimyasal Tankerin Toplam Makine Gücü (kW)	Danimarka Çevre Koruma Ajansı Tarafından Belirlenen Güç (kW) başına Düşen Net Fayda Değeri (Avro/kW)	Net Fayda Değeri (Avro)	SCR Sisteminin Toplam Kurulum Maliyeti (Avro)	SCR Sisteminin Toplam Yıllık Maliyeti (Avro)
182.717,9684	173,36	31.675.987	7.562.830	4.248.192

Bu çalışmada bir önceki çalışmadan farklı olarak, insan ve çevre sağlığı üzerindeki fayda değeri, gemi işleticileri tarafından SCR sisteminin ilk kurulum maliyeti ve yıllık maliyeti rahatlık ile karşılayabildiği anlaşılmaktadır. Bu değer büyük olmasının sebebi, Danimarka'daki sosyal güvenlik maliyetinin yüksek olması ve ekolojik değer korumasına önemli oranda değer verilmesi olduğu çıkarımı yapılabilir.

Ayrıca, daha önce refere edilen çalışmanın [89] dikkate alınması durumunda, SCR sisteminin kW başına maliyeti 3 ile 8 kat arasında değişkenlik (Yeni inşaa, tadilat ve ilave özelliklere göre maliyette farklılıklar bulunmaktadır.) göstermektedir. Bu çalışmada yer alan veriler esas alınarak maliyet tahmininde bulunulması durumunda, Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından belirlenen net fayda değerini de aşabilecek değerlere ulaşılması ihtimal dahilindedir.

5.3.2.2.6 Ham Ekipman Kurulumu

SCR sisteminden sonra en etkin NO_x emisyon önleme yöntemi olan nemli hava motoru (HAM) kapsamında, Türk Boğazlarından geçiş yapan Türk Bayraklı kimyasal tankerlere bu ekipmanın takılması durumunda NO_x emisyonuna ilişkin etkisi ve maliyetine ilişkin yapılan çalışmalar esas alınarak aşağıda belirtilen verilere ulaşılmıştır.

HAM ekipmanın kurulum maliyetine (Mevcut durumdaki gemiye montaj esas alınmıştır.) ilişkin Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından yapılan çalışmada [90], güç ile ilk kurulum maliyeti, işlem ve bakım maliyeti ve net fayda arasında bir oran kurulmuş ve kW başına ilk kurulum maliyeti 200 Avro, işletim ve bakım maliyeti 0,8 Avro ve net fayda ise 225,96 Avro olarak oranlanmıştır. Farklı güçlere sahip 3 adet makineye HAM ekipmanın takılması durumunda elde edilen mali veriler (söz konusu çalışmada) Çizelge 5.36'da gösterilmektedir.

Çizelge 5. 36 Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından yürütülen çalışmada yer alan

HAM Ekipman yöntemine ilişkin mali veriler

	Küçük	Orta	Büyük
Kurulum kapasitesi (kW)	3.580	11.420	28.750
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	210.992	673.052	1.694.418
Net fayda (avro)	808.954	2.580.520	6.496.418
Amorti süresi	1 yıldan az	1 yıldan az	1 yıldan az
Maliyet (Avro/kg NO _x)	0,44	0,44	0,44
Sermaye yatırımı (Avro)	716.000	2.284.000	5.750.000
Hizmet süresi	12	12	12
İşletim ve bakım maliyeti	2.864	9.136	23.001

Bu veriler doğrultusunda boğazdan geçen tankerlere ekipmanın kurulumu ile oluşacak ilk kurulum ve yıllık bakım işletim maliyeti Çizelge 5.37’de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 37 Danimarka Çevre Koruma Ajansından alınan veriler doğrultusunda hesaplanan maliyet çıktıları

2016 yılında Boğazlardan Geçiş Yapan 57 Adet Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlerin Toplam Makine Gücü (kW)	Danimarka Çevre Koruma Ajansı Tarafından Belirlenen Güç (kW) Başına Düşen İlk Kurulum Maliyeti (Avro/kW)	Toplam Sermaye Yatırım Maliyeti (Avro)	Danimarka Çevre Koruma Ajansı Tarafından Belirlenen Güç (kW) Başına Düşen Yıllık Bakım – İşletim Maliyeti (Avro/kW)	Toplam Yıllık Bakım – İşletim Maliyeti (Avro)
182.717,9684	200	36.543.593,68	0,8	146.174

Bu konuya ilişkin yapılan başka bir akademik çalışmada [91], ekipman kurulum montajının maliyeti 86.000 ABD doları, sermaye yatırımı olarak kW başına 98 ABD doları ve yıllık bakım işletim ücreti ise 1500 ABD doları olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada yer alan veriler Çizelge 5.38’de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 38 Z. Yang v.d. tarafından yapılan çalışmadaki veriler uyarınca, Boğazlardan Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerler için HAM Ekipman Kurulum Maliyeti

2016 yılında Boğazlardan Geçiş Yapan 57 Adet Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlerin Toplam Makine Gücü (kW)	(kW) Başına Düşen Sermaye Yatırım Maliyeti (Dolar/kW)	Toplam Sermaye Yatırım Maliyeti (Dolar)	Ekipmanın Kurulum Maliyeti (Gemi Başına) (Dolar)	Yıllık Bakım – İşletim Maliyeti (Gemi Başına) (Dolar)	Boğazdan Geçiş Yapan Tanker Sayısı	Ekipmanın Kurulum Toplam Maliyeti (Dolar)	Toplam Yıllık Bakım – İşletim Maliyeti (Dolar)
182.717,9684	98	17.906.360,90	86.000	1500	57	4.902.000	85.500

Bu kapsamda yapılan diğer bir çalışmada [92] ise sermaye yatırımı olarak yeni inşa gemiler için kW başına ortalama 113 Avro, mevcut gemiler için ise tadilat sonucu ekipmanın kurulması durumunda kW başına ortalama 121 Avro ve yıllık bakım işletim ücreti ise (1 Yıl = 6000 saat baz alınmıştır) başına 0,15 Avro/MWh olarak belirtilmiştir ve bu birim güce (kW) dönüştürüldüğünde kW başına düşen bakım-işletim maliyeti 0,9 Avro olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda Türk Boğazlarından geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlere tadilat ile takılmasının varsayılması durumunda aşağıdaki maliyet çıktıları alınmıştır.

Bu çalışmada sermaye yatırımı ve yıllık maliyet değerlendirilirken, küçük, orta ve büyük gemiler olmak üzere üç adet sınıflandırılma yapılmış ancak gemilerin büyüklüklerinin neye göre sınıflandırıldığı belirtilmemiş ve herhangi bir oranlama yapılmamıştır. Bu kapsamda, söz konusu üç gemi sınıfı için belirlenen yıllık sermaye yatırım ücreti ve yıllık maliyetin ortalaması alınmıştır. Bulunan ortalama değer her bir kimyasal tanker başına düşen ilk sermaye yatırımı ve yıllık sermaye olarak kabul edilerek Çizelge 5.39'da gösterilmektedir. Ayrıca, diğer çalışmalardan farklı olarak yıllık maliyete ilişkin veride bulunmaktadır.

Çizelge 5. 39 Avrupa Komisyonu raporu uyarınca tanker başına HAM ekipman kurulum maliyetleri

	Küçük Gemi (Avro)		Orta Gemi (Avro)		Büyük Gemi (Avro)		Ort. Sermaye Yatırımı (A)	
	Yeni	Tadilat	Yeni	Tadilat	Yeni	Tadilat	Yeni	Tadilat
Sermaye Yatırımı	462.800	462.800	1.292.400	1.392.400	2.7444.000	3.244.000	1.500.000	1.700.000
Yıllık Maliyet	41.625	47.769	116.240	143.720	246.798	334.837	134.887,6	175.442

Ortalama kabulü yapılan değer esas alınarak boğazlardan geçiş yapan Türk Bayraklı kimyasal tankerlere HAM ekipmanının kurulumu yapılması durumunda oluşacak maliyet tahmini Çizelge 5.40'da gösterilmektedir.

Çizelge 5. 40 Avrupa Komisyonu raporu uyarınca Boğazlardan Geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerler için HAM ekipman kurulum maliyetleri

2016 yılında Boğazlardan Geçiş Yapan 57 Adet Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlerin Toplam Makine Gücü (kW)	Tanker Başına Düşen Sermaye Yatırım Maliyeti (Tadilat) (Avro)	Tanker Başına Düşen Yıllık Maliyet (Tadilat) (Avro)	Boğazdan Geçiş Yapan Tanker Sayısı	Toplam Sermaye Yatırım Maliyeti (Avro)	Toplam Yıllık Maliyet (Avro)	Bakım – İşletim Maliyeti (kW/Avro)	Yıllık Toplam Bakım – İşletim Maliyeti
182.717,9684	1.700.000	175.442	57	96.900.000	10.000.194	164.446,17	1500

Her üç çalışmanın maliyetlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.41'de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 41 HAM Ekipmanı Maliyetleri Kapsamında Çalışmaların Karşılaştırılması

HAM Yöntemine İlişkin Maliyet Mukayesesi	Danimarka Çevre Koruma Ajansı	Z. Yang v.d.	Avrupa Komisyonu Raporu
İlk Kurulum Toplam Maliyeti	-	4.902.000 Dolar	-
Toplam Sermaye Yatırım Maliyeti	36.543.593,68 Avro	17.906.360,9032 Dolar	96.900.000 Avro
Toplam Yıllık Bakım - İşletim Maliyeti	146.174 Avro	85.500 Dolar	164.446,17 Avro
Yıllık Maliyet	-	-	10.000.194 Avro
Avro/Dolar Paritesi [93]	1,208	1	1,208
Toplam Sermaye Yatırım Maliyeti	44.144.661,6544 Dolar	17.906.360,9032 Dolar	117.055.200 Dolar
Ekipman ve kurulum maliyeti	-	22.808.360,9032 Dolar	-
Yıllık Bakım- İşletim Maliyeti	176.578,92 Dolar	85.500 Dolar	198.675,13 Dolar
Yıllık Maliyet	-	-	12.080.234,352 Dolar

Çizelgedeki ilk iki çalışma içeriğinde yer alan sermaye yatırım ve kurulum maliyeti birbirine yakın olmakla birlikte üçüncü çalışmada yer alan sermaye yatırım miktarı ve yıllık maliyet verilerinde büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu farkın çıkmasında, ilgi

çalışmada kW başına düşen maliyetin belirtilmemesi ve herhangi bir oranlama yapılmaması nedeni ile tanker başına düşen ortalama değerlerin kabulü ve diğer çalışmalara göre kronolojik olarak daha önceden yayımlanmış olmasından dolayı teknolojinin gelişimi ile maliyetin düşmesi sonucuna varılabilir.

Yukarıdaki çalışmalar arasında maliyet açısından en ekonomik görünen ekipman esas alındığında dahi SCR sistemine göre daha pahalı bir sistem olduğu anlaşılmaktadır.

Bu kapsamda yapılan çalışmalara [94] [95] göre bu ekipmanın kullanılması ile, gemi kaynaklı oluşabilecek NO_x emisyonunda % 70'e yakın azalma mümkün gözükmektedir. Ancak, SCR sistemi ile karşılaştırılması halinde, % 80'e varan NO_x emisyonu azaltma özelliğine sahip olması ve daha ekonomik olması nedeni ile SCR sisteminin kullanılması gemi işleticileri için daha makul olacaktır. Ancak bununla, SCR sisteminin HAM ekipmanına göre tek dezavantajı hacimsel olarak daha fazla yer kaplamasıdır [96].

5.3.3 CO₂ Emisyonun Azaltılmasına İlişkin Yöntemler

Yakıt içeriğindeki sülfür oranının düşürülmesi ve gemilerin makine aksamı ile ilgili ünitelere takılan sistemlerin uygulanması suretiyle SO₂ ve NO_x emisyonlarının azaltılması gibi CO₂ emisyonunda da bir takım tedbirlerin alınması vasıtası ile azaltıma gidilebilir. Bu tedbirlere ilişkin yapılan bir çalışmada [97], geminin işletilmesinde etkin olan faktörler ve bu faktörlerin devreye girmesi sureti ile CO₂ emisyon miktarında azaltma oranlarına ilişkin genel bir çerçeve çizilmiştir.

Söz konusu çalışmada yer alan faktörler ve CO₂ emisyon azaltılma oranlarına ilişkin değerler Çizelge 5.42'ye işlenmiştir.

Çizelge 5. 42 CO₂ Emisyon Azaltım Faktörleri

Yaklaşım	Faktör	Oran (%)	Faktör	Oran (%)	Faktör	Oran (%)	Faktör	Oran (%)
Operasyonel	Hız azaltımı	10-30	Oto pilot iyileştirme	1-3	Hava durumuna göre güzergah belirleme	1-4		
Yardımcı makine	Verimli pompa ve fanlar	0-1	Yüksek verimli aydınlatma	0-1	Güneş paneli	0-3		
Aerodinamik	Hava lubrikasyon	5-15	Rüzgar motoru	3-12	Uçurtma	2-10		
İtme Verimliliği	Pervanenin cilalanması	3-8	Pervane iyileştirme	1-3	Pervane/dümen güçlendirilmesi	2-6		
Enerji Verimliliği	Atık ısı geri kazanımı	6-8	Makine kontrol	0-1	Makine tutuculu püskürtme	0-1	Makine hızının azaltılması	10-30
Hidrodinamik	Gemi yüzey temizliği	1-10	Koruyucu kaplama	1-5	Su akış optimizasyonu	1-4		

Söz konusu çizelgede yer alan veriler incelendiğinde, en etkin ve en uygulanabilecek faktörün CO₂ emisyon miktarının % 30'a varan oranda azaltımı ile hız düşürme olduğu anlaşılmaktadır.

Hız ve emisyon arasındaki bağlantı incelendiğinde, hız ve yakıt tüketimi arasında lineer bir ilişki olmadığı, ancak geminin hızının düşürülmesine bağlı olarak tüketilen yakıtın düşmesi neticesinde emisyon miktarının azalacağı [98] anlaşılmaktadır.

Hız azaltımı ve CO₂ emisyonu arasındaki bağlantıya ilişkin yapılan bir çalışmada [99] 21,9 kn hıza sahip ve 26.000 kW güç yapan bir konteynerın yaklaşık 3000 deniz mili uzunluğuna sahip 6 rota üzerinde hız azaltımlarına ilişkin bir inceleme yapılmıştır. Ancak bu çalışmada yer alan gemi tipinin farklılığı, Türk Boğazları'ndan geçişlerde karaya göre saatte 10 mil hız limitinin [100] bulunması nedenlerinden dolayı boğazlardan geçen kimyasal tankerler için doğru bir model olarak nitelendirilememiştir. Bu bağlamda ilgi çalışma esas alınarak boğaz geçişi ile ilgili bir değerlendirme yapılamamıştır. Kimyasal tanker hız azaltımı ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen doğrudan bir çalışma tespit edilememesi nedeni ile detaylı bir maliyet analizi yapılmamıştır.

Bununla birlikte hız azaltımı, yükün varılmak istenen limana gidiş süresini arttıracaktır. Bu süre artımının ise gemi işletmecisinin kazanç kaybı ve kiralık kullanılması durumunda ise daha büyük bir mali zarar oluşturacağı çıkarımında bulunulabilir. Hız azatımı durumunda, gemi işletmecisi açısından tek kazanç ise yakıt tasarrufudur.

Mali kayıplar ile alakalı genel bir değerlendirme yapılması durumunda; uluslararası ekonomik göstergeler, ikili ve çoklu ticari ilişkiler ve anlaşmalar, taşınan ürünlerin spesifik özellikleri, bölge ve iklim özellikleri, taşıma işlemi yapan geminin tonajı, yaşı ve yakıt fiyatları gibi çok değişkenli faktörlere göre kiralama ve taşıma değerleri günlük ve haftalık değişkenlik gösterebilmektedir. Karşılaştırma yapılabilmesi için tespit edilen bu verilerin 365 gün boyunca sabit oldununun kabul edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, yaklaşık 7.250 GT'lik bir kimyasal tanker için günlük net kazancı [101] olan 5.888,4 doların ve orta tonajlı olarak tabir edilen bir tanker için günlük [102] 13.938 doların ortalama bir değer olarak kabul edilmesi durumunda günlük kaybın değeri ortaya çıkacaktır. Ancak yukarıda da belirtildiği üzere, tankerlerde hız ve emisyon arasındaki bağlantıyı gösteren bir akademik çalışma tespit edilemediğinden hız azaltımına ilişkin detaylı bir değerlendirme yapılamamıştır.

5.3.4 LNG (Sıvılaştırılmış Doğalgaz) Kullanımı

Emisyonu azaltmak için alternatif yöntemlerden birisi de gemilerde LNG yakıt kullanılmasıdır. Bu yakıt, gemilerde kullanılan özellikle çok düşük sülfür içeren diğer yakıtlara göre daha ekonomiktir [103]. Ayrıca diğer yakıtlara göre doğaya daha az emisyon bırakır. Ancak LNG'nin kaza ihtimalinin yüksek olması nedeni ile gemi işletenler açısından teşvik edici olmaması, bazı limanlarda yakıt ikmali yapamaması veya izin verilmemesi, beklenmedik maliyetlerin oluşma ihtimali, farklı kurallara tabi olunması nedeni ile gemide çalışacak mürettebatın maliyetinin diğer gemilere göre daha fazla olması gibi dezavantajlara sahiptir [104]. Bu dezavantajların yanında gemi işletmecileri açısından en büyük problem, bir geminin LNG yakıtlı hale getirilmesi veya mevcut yakıt sisteminin dönüştürülmesinin oldukça maliyetli olmasıdır.

LNG sisteminin kurulum maliyeti üzerine yapılan çalışmaların değerlendirilerek SCR sistemi veya HAM ekipmanın kurulumu ile mukayese edilmesi, gemi işleteni açısından ekonomik yönden büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda LNG sisteminin kurulum

maliyetine ilişkin Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından yapılan çalışmada [105] yer alan veriler Çizelge 5.43'te görülmektedir.

Çizelge 5. 43 Çeşitli Büyüklüklere Göre LNG Yakıt Sisteminin Maliyeti, Yakıt Tasarrufu ve Bu Sistem Sayesinde Doğaya Salınmayan Emisyon Miktarına İlişkin Veriler

	Küçük	Orta	Büyük
Kurulum kapasitesi (kW)	3.580	11.420	28.750
Doğaya salınmayan NO _x emisyon miktarı (kg/yıl)	184.833	589.606	1.484.341
Sermaye yatırımı (Avro)	7.356.157	11.386.422	14.594.196
Yakıt tasarrufu (Avro)	177.515	566.263	1.425.574

Kurulum kapasitesi arttıkça kW başına düşen maliyet, 3.580 kW kurulum kapasitesine sahip olan sistemde 2.054,7, 11.420 kW kurulum kapasitesine sahip sistemde 997 ve 28.750 kW kurulum kapasitesine sahip sistemde 507,6 avrodur. Güç arttıkça, maliyet düşmektedir. Bu maliyet hesaplanırken tadilat yönü baz alınarak yapılmıştır. Sermaye yatırımında bir oranlama olmamasına rağmen doğaya salınmayan emisyon miktarı ve yakıt tasarrufunda belirli bir oranlama yapılmıştır. Doğaya salınmayan emisyon miktarı kW başına 51,6 kg, yakıt tasarrufu ise 49,5 avrodur.

Çanakkale Boğazı'ndan geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerin ortalama makine gücü yaklaşık 2.955 kW, İstanbul Boğazı'ndan geçenlerin ise yaklaşık 3.300 kW olması nedeni ile hesaplama yapılırken en küçük değer olan 3.580 kW başlığında yer alan güç değerine ilişkin veriler esas alınacaktır. 2016 yılında Türk Boğazlarından geçen kimyasal tankerlerine LNG yakıt sisteminin varsayılması durumunda Çizelge 5.44'teki maliyet tahminleri ortaya çıkmıştır.

Çizelge 5. 44 Türk Boğazlarından Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlere LNG Yakıt Sistemi Takılmasına İlişkin Maliyet Tahmini (Danimarka Çevre Koruma Ajansının verileri doğrultusunda hesaplanan değer)

Toplam Güç	LNG Sisteminin maliyeti (avro/kW)	Toplam Maliyet (avro)
182.717,9684	2.054,7	375.430.609,67148

Diğer bir çalışmada [106] ise, buji ateşlemeli zayıf yanmalı gaz motoru, düşük basınçlı çift yakıtlı motor ve yüksek basınçlı çift yakıtlı motor olmak üzere 3 seçenek üzerinden

LNG sistemine ilişkin ilk sermaye yatırımı maliyet tahmini yapılmıştır. Birinci ve ikinci seçenekte yer alan maliyetler aynı olmakla birlikte tadilat için kW başına 1.310 avro ve yeni inşa için ise kW başına 2395 avro, üçüncü seçenekte ise tadilat için kW başına 1144 avro (bakım onarım işlemleri için ise kW-saat başına 0,007 avro), yeni inşa için ise kW başına 2470 avro maliyet tahmininde bulunulmuştur. Bu çalışmadaki veriler değerlendirildiğinde beklenenin aksine yeni inşa gemiler için daha pahalı bir maliyet ortaya çıkmıştır. Üçüncü seçenekte belirtilen verilerin hesaba katılması durumunda Çizelge 5.45'teki maliyet tahminleri ortaya çıkmıştır.

Çizelge 5. 45 Türk Boğazlarından Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlere LNG Yakıt Sistemi Takılmasına İlişkin Maliyet Tahmini (Avrupa Birliği Projesi verileri doğrultusunda)

Toplam Güç	LNG Sisteminin maliyeti (avro/kW)	Toplam Maliyet (avro)
182.717,97	1.144	209.029.355,85

Her iki hesaplamada da görüldüğü üzere LNG sistemi, diğer alternatif yöntemlere göre oldukça maliyetlidir.

LNG yakıt sistemine sahip gemilere olan talebin artacağına ilişkin veriler [107] ve küçük konteyner (2500 TEU ile 4600 TEU arasında) gemilerinde iki yıldan daha kısa bir sürede amorti edeceğine ilişkin bilgiler [108] olmakla birlikte mevcut durumda, sistemin kurulum maliyetinin yüksek olması, yeterli tedbir alınmaması durumunda yüksek risk unsurları barındırması hususları göz önünde bulundurulduğunda, en azından Türk Bayraklı gemiler için LNG yakıt sistemine geçişin çok hızlı olmayacağı çıkarımında bulunulabilir.

5.4 Emisyon Kontrol Alanı

2008 yılında IMO tarafından hava kirliliğinin önlenmesi için katı kurallar getirmek sureti [109] ile MARPOL EK VI'da düzenlemeler getirmiş ve bu düzenlemelerin içinde SO₂ ve NO_x emisyonları kapsamında SO₂ emisyon kontrol alanına (SECA) ve NO_x emisyon kontrol alanına (NECA) ilişkin bölgelerin tayini ve söz konusu alanlarda çalışan gemilerin uyması gereken SO₂ ve NO_x limitleri belirlenmiştir.

IMO tarafından onaylanan ve MARPOL EK VI'da [110] yer alan emisyon kontrol alanları Çizelge 5.46'da görülmektedir.

Çizelge 5. 46 IMO Tarafından Onaylanan Emisyon Kontrol Alanları

SECA	Yürürlüğe girdiği tarih	NECA	Yürürlüğe girdiği tarih	PM ECA	Yürürlüğe girdiği tarih
Baltık Denizi	19.05.2006				
Kuzey Denizi	22.11.2007				
Kuzey Amerika Emisyon Kontrol Alanı	01.08.2012	Kuzey Amerika Emisyon Kontrol Alanı	01.08.2012	Kuzey Amerika Emisyon Kontrol Alanı	01.08.2012
Karayip Emisyon Kontrol Alanı	01.01.2014	Karayip Emisyon Kontrol Alanı	01.01.2014	Karayip Emisyon Kontrol Alanı	01.01.2014

Emisyon kontrol alanları (ECA) belirlenirken coğrafi nitelendirme, gemi kaynaklı emisyonun kara ve deniz bölgelerini nasıl etkileyeceğinin tanımı, hidrometeoroloji koşulların tanımı, deniz trafik yoğunluğu, emisyon kontrol ve sınırlamalara ilişkin uygulama ve kontrol düzeneklerine göre öneriler göz önünde bulundurulmaktadır [111]. IMO tarafından onaylanan bölgeler dışında lokal düzeyde ilan edilen [112] veya yapılması planlanan [113] emisyon kontrol alanları da bulunmaktadır.

5.4.1 Boğazlar Bölgesi'nin ECA Olarak Değerlendirilmesi

20 Temmuz 1936 yılında imzalanan Montrö Boğazlar Sözleşmesi'ne göre, ticari gemilerin geçişinde bayrak ve yükü ne olursa olsun geçiş serbestiyeti bulunmaktadır.

Çizelge 5. 47 Çanakkale ve İstanbul Boğazlarından Geçiş Yapan Gemi Sayısı [114] (2006-2017)

Yıllar	Çanakkale Boğazı	İstanbul Boğazı	Toplam
2006	48.915	54.880	103.795
2007	49.913	56.606	106.519
2008	48.978	54.396	103.374
2009	49.453	51.422	100.875
2010	46.686	50.871	97.557
2011	45.379	49.798	95.177
2012	44.613	48.329	92.942
2013	43.889	46.532	90.421
2014	43.582	45.529	89.111
2015	43.230	43.544	86.774
2016	44.035	54.880	98.915
2017	44.615	42.978	87.593
Ortalama	46.107	49.980	96.088

Yıllara göre değişkenlik gösterse de yaklaşık ortalama 95.000 adet gemi Türk Boğazlarından geçiş yapmıştır.

130 kW üstü güce sahip makinelerin MARPOL EK VI Kural 13'e uygun olması gerekmektedir. Bununla birlikte mevcut durumda, gemi kaynaklı hava kirliliği kurallarını belirleyen MARPOL EK VI'ya taraf olmayan [115] ülke sayısı 107'dir. Taraf olmayan ülke sayısı göz önünde bulundurulduğunda herhangi bir kısıtlamaya tabi olmayan gemi kaynaklı emisyonun Türk Boğazları'nı ve çevresini olumsuz yönde etkilemeye devam edeceği anlaşılmaktadır.

Bu olumsuzluğun giderilmesine yönelik en önemli adım Türk Boğazları'nı, daha büyük ölçekte Marmara Denizini kapsayacak bölgesini emisyon kontrol alanı ilan edilmesidir. Bölgenin emisyon kontrol alanı ilan edilmesi durumunda, bu bölgeden geçecek gemilerin, emisyon azaltıcı sistem ve ekipmanlara sahip olması gerekmektedir. Yaşça büyük ve kondisyon bakımından pek gelecek vaat etmeyen gemilere uzun vadeli yatırım yapılmasının gemi işletmecileri tarafından makul bulunmaması nedeni ile bu tür gemilerin Türk Boğazları'ndan geçişi önlenecektir.

Bölgenin ECA olarak IMO tarafından onaylanması durumunda, insan sağlığı ve ekolojik denge açısından çok büyük getirileri olacaktır. Ancak, Türk ticaret filosunun yaş ortalamasının yaklaşık 22 [116] olması ve iç hatlarda çalışan gemilerin durumu

değerlendirildiğinde, bazı Türk gemi işletmecileri açısından bir takım endişeler oluşturacağı aşıkardır. Buna rağmen söz konusu olumsuz durum kısa vadede gemi işletmecilerine maddi külfet getirirse de, IMO tarafından ECA bölgelerinin artırılma ihtimali ve diğer ülkelerin gemi işletmecileri ile rekabet edilebilmesi açısından gereken yatırımların gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir.



BÖLÜM 6

SONUÇ

Petrol yakıtlarının kullanılmasının yaygınlaşması ile doğaya bırakılan emisyon miktarındaki artış devam etmektedir. Emisyon küresel ısınma başta olmak üzere insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilemekte, doğayı geri dönülemeyecek şekilde tahrip etmekte ve sosyal güvenlik harcamaları nedeni ile devletlere büyük bir mali yük getirmektedir. Emisyonun kaynağını oluşturan sanayileşmenin başlangıcı olan ve yaygınlaşmasında önemli role sahip olan taşımacılık, petrol yakıtlarının kullanıldığı sektörler arasında başta gelir.

Diğer taşımacılık modlarına göre daha ucuz ve taşıma kapasitesi büyük olduğu için tercih edilen deniz yolu taşımacılığı ve diğer taşımacılık yöntemlerinde olduğu gibi petrol kaynaklı yakıt kullanımı ile havayı kirletmektedir. Bu özelliğine rağmen doğaya bırakılan emisyon miktarı bakımından oransal açıdan en azını teşkil etmektedir. Petrol yakıtlarının alternatifi olan çevre dostu kaynakların rekabet edebilecek şekilde ekonomik olması ve kullanılması yaygın halde tercih edilinceye kadar havayı olumsuz yönde etkilemeye devam edecektir.

Bunun ile birlikte denizcilik kaynaklı hava kirliliğinin önleme çalışmaları Kyoto protokolü ile IMO'ya verilmiştir. IMO nezdinde emisyonun azaltılmasına ilişkin kurallar geliştirilmekte ve küresel ölçekte gemi kaynaklı emisyon miktarı tahminine ilişkin çalışmalar yürütülmektedir. Avrupa Birliği sınırları içerisinde CO₂ emisyon miktarının 1990 yılına nazaran 2007 yılında % 48 artması [118], IMO ve Avrupa Birliği regülasyonlarının devreye girmesi ile 1990 yılında oluşan emisyon miktarına kıyasla % 40 azaltılmasını sağlayacak tedbirlerin alınması, deniz kaynaklı emisyon artışının kritik

düzeyleme çıkması ve önleyici tedbirlerin alınması ile azaltılma girişimleri insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir.

Gemiler, Türk Boğazları'ndan Montrö Boğazlar Sözleşmesi gereği herhangi bir kısıtlamaya tabi olmaksızın ticari geçiş yapmaktadır. Her iki boğazdan geçen toplam gemi sayısı yaklaşık 100.000 adettir. Cüzi bir miktar ücret ödeyerek geçiş yapan gemiler Trafiğin yoğun olduğu boğaz ve çevresini, emisyon bırakarak kirletmektedir.

Yapılan bu çalışmada, boğazlardan geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerin neden olduğu emisyon miktarına ilişkin tahminler yapılmıştır. Söz konusu hesaplanan miktar, yakıt sarfiyatı, emisyon kaynaklı maliyet ve emisyon azaltılmasına ilişkin kullanılacak sistem ve ekipmanların maliyeti ve karşılaştırılmasında temel veri olmuştur.

Emisyonun insan ve çevre sağlığına olumsuz etkisinin maliyetine ilişkin çeşitli akademik çalışmalar bulunmaktadır. Avrupa Komisyonunda yapılmış olan bir proje çerçevesinde ortaya konan yaklaşım yöntemlerinde (BeTa, CAFE ve NEEDS) ortaya konan değerler esas alınarak emisyonun maliyeti ortaya konulmuştur.

SO_x emisyon azaltım için alınan önlemlere ilişkin öncelikli olarak, IMO tarafından 1 Ocak 2020 yılından itibaren tüm gemiler için zorunlu kılınan yakıttaki sülfür oranının % 0,5 değerini geçmemesi hususu ele alınmıştır. Bu çalışmada, Çanakkale ve İstanbul Boğazı'ndan geçen kimyasal tankerlerin yakıt sarfiyatı hesaplanmış ve düşük sülfür kullanılması nedeni ile gemi sahiplerine getireceği mali yük hesaplanmıştır.

Yukarıda belirtilen sülfür oranının azaltılması önleminin IMO tarafından zorunlu tutulması ve diğer bir önlem olan tuzlu su scrubber'a (temizleyicisi) göre emisyon azaltma miktarında daha başarılı olması ve nedeniyle tuzlu su scrubber'a ilişkin maliyet analizi yapılmasına gerek duyulmamıştır.

NO_x emisyon azaltımında kullanılacak sistem ve ekipmanlarla ilgili olarak; SCR sistemi, HAM ekipmanı, egzoz gaz temizleyicisi ve yakıt içine su koyma ele alınmıştır. Egzoz gaz temizleyicisi ve yakıt içine su koyma yöntemi, NO_x emisyonunu azaltmakla birlikte diğer

emisyondarda artışa sebebiyet vermesi nedeni ile bu yöntemlere ilişkin maliyet analizi yapılmamıştır.

SCR sistemi ile HAM ekipmanının kW başına kurulum maliyeti ve azaltma oranları da incelenmiş ve Türk Boğazları'ndan geçen Türk Bayraklı kimyasal tankerlerde kullanılması durumunda ortaya çıkacak sermaye yatırımı tahmini yapılmıştır. Ayrıca, en çok kimyasal tanker geçişinin gerçekleştiği 2016 yılı baz alınarak, sistemin kurulması ile azalacak emisyon miktarı hesaplanmıştır. Bu ekipman veya sistemin kurulması ile azalacak emisyon maliyeti, BeTa, CAFE ve NEEDS yaklaşım yöntemlerindeki veriler esas alınarak hesaplanmıştır.

Maliyet ve azaltma oranına ilişkin hesaplamalarda SCR sisteminin daha avantajlı olduğu anlaşılmaktadır. SCR sisteminin kimyasal tankerlere toplam kurulum maliyeti 9.135.898,97 ABD doları ve makine güçleri farklı olsa da tanker başına düşen maliyet ise 160.278,97 ABD doları olarak tahmin edilmiştir.

CO₂ emisyonun azaltımında en etken önlemler arasında yer alan hız azaltımının emisyon miktarını azalttığı ancak aralarında doğrusal bir ilişki bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal tankerler de hız azaltımı ve CO₂ emisyonu arasındaki doğrudan bağlantıya ilişkin yapılan bir çalışma tespit edilememesi nedeni ile detaylı bir değerlendirme yapılamamıştır. Ancak hız azaltımı nedeni ile oluşacak gecikme süresine bağlı olarak günlük kazançtan kayıp ve tankerin kiralık olması durumunda ilave mali bir yük getireceği çıkarımında bulunulmuştur.

Gemiler için alternatif bir yakıt sistemi olan LNG değerlendirilmiş, NO_x, SO₂, CO₂ ve PM emisyonlarını azaltma özelliği, SCR sistemi ve HAM ekipmanına göre avantaj sağlamakla birlikte ilk kurulum maliyetinin oldukça yüksek olması, mevcut durumda bazı güvenlik risklerini barındırması ve bazı limanların bu tip yakıt kullanan gemiler için uygun olmaması veya limanlarca kabul edilmemesi LNG yakıt sisteminin başlıca dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Başka bir önlem ise, Türk Boğazları çevresinin, IMO tarafından emisyon kontrol alanı olarak ilan edilmesidir. Türk Boğazları'ndan geçen gemiler geçiş serbestiyeti bulunması

nedeni ile çevre açısından büyük risk oluşturmaktadır. Bu bölgenin emisyon kontrol alanı olarak ilan edilmesi durumunda ise, geçiş yapacak gemilerin emisyon kurallarına uygun olacak şekilde sistem ve ekipmanların kurulumu ve işletilmesi gerekmektedir. Bu durum, işleticilere belirli bir mali yük getirecektir. Bu mali yük yaşça büyük veya kondisyonu iyi durumda olmayan gemilere yapılması çok makul bulunmaması nedeni ile bu tür gemiler geçiş yapamayacaktır. Böylelikle boğazlar daha güvenli hale gelecektir.

Emisyonun azaltılmasına ilişkin çalışmada belirtilen önlemler değerlendirildiğinde, gemi işleticilerine büyük bir mali yük getirmektedir. Türk ticaret filosu açısından ele alınması durumunda, emisyon azaltılmasına ilişkin gemilere sistem ve ekipmanların kurulumunun getireceği mali yük, yaş ortalamasının yaklaşık 22 olduğunun değerlendirilmesi açısından çok makul görülmemektedir.

İlerleyen dönemlerde, IMO tarafından onaylanan emisyon kontrol alanlarının artışı ve piyasada rekabet edebilirliği sürdürebilmek açısından Türk ticaret filosunun gençleşmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, yeni inşa edilecek gemilerde, emisyon azaltımı sağlayacak ekipmanların montaj maliyetinin mevcut gemilerde tadilat yöntemiyle yapılacak montaj maliyetine göre daha ekonomik olması da göz önünde bulundurulmalıdır.

Gemi işleticilerinin emisyon azaltılmasına ilişkin önlem almasını teşvik edici bazı unsurlar ortaya sunulabilir. Emisyon azaltımı kapsamında yeterli önlem alınmış gemilere yapılacak “Deniz Araçları Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortasında” belirli oranda iskonto yapılması ya da limanlardaki ücret ve hizmet tarifelerinde indirim yapılması önerilebilir. Ayrıca, emisyon azaltımı yönünde mali destek sağlayacak bir işbirliği tesis edilebilir. Bu kapsamda, NO_x emisyonunun azaltılmasına ilişkin Norveç Girişimciler Konfederasyonu tarafından NO_x fonu oluşturulmuştur [117].

Sonuç olarak doğaya bırakılan emisyon miktarının azaltılması, insan ve çevre sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. Emisyon azaltımı için kullanılacak sistem ve ekipmanların kurulumu her ne kadar işletmeciye mali bir yük getirirse de çevreye

katacağı değer tartışılmazdır. Ancak, armatörlerce yapılacak harcama için de teşvik edici unsurların olması, işin dengeli yapılabilmesi adına bir gerekliliktir.



KAYNAKLAR

- [1] Maragkogianni, A., Zopounidis, C. ve Papaefthimiou, S., (2016). Mitigating Shipping Emissions in European Ports, Social and Environmental Benefits, Springer, İsviçre.
- [2] International Maritime Organization, (2014). "Executive Summary and Final Report", Third IMO Greenhouse Gas Study, 2014, Londra.
- [3] International Maritime Organization, Historic Background, www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Historic%20Background%20GHG.aspx, 18 Ocak 2018.
- [4] Trozzi, C. ve De Lauretis, R., (2016). EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, Avrupa Çevre Ajansı, Kopenhag.
- [5] Bilgili, L., Çelebi, U.B., Alkan, G.B., Çağlak, S.B. ve Koraltürk, G., 2014. "Comparison of Different Ship Emission Estimation Methodologies for Annual Emission Footprint and Reduction Techniques of a Bulk Carrier", Fresenius Environmental Bulletin, 23 (7): 1497-1509.
- [6] Kesgin, U. ve Vardar, N., (2001). "A Study on Exhaust Gas Emissions from Ships in Turkish Straits", Atmospheric Environment, 35: 1863-1870.
- [7] Trozzi, C., (2010). "Emission Estimate Methodology for Maritime Navigation", 19th International Emission Inventory Conference, 27-30 September 2010, San Antonio.
- [8] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, İstatistiki Bilgi Sistemi, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 1 Şubat 2018.
- [9] Moldanová, J., Fridell, E., Petzold, A., Jalkanen, J.P. ve Samaras, Z., (2014). "Emission Factors for Shipping – Final Dataset for Use in Transphorm Emission Inventories", Transphorm, 2014, Brüksel.
- [10] Wall C., (2002). "Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements Between Ports in the European Community, Final Report", European Commission ve Entec UK Limited, 2002, Cheshire.
- [11] Maragkogianni, A., Zopounidis, C. ve Papaefthimiou, S., (2016). Mitigating Shipping Emissions in European Ports, Social and Environmental Benefits, Springer, İsviçre.

- [12] Lövblad, G. ve Fridell, E., (2006). Experiences from use of some techniques to reduce emissions from ships, Profu & Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.
- [13] IACCSEA, Marine SCR – Cost Benefit Analysis, www.iaccsea.com/scr-cost-model, 12 Ocak 2018.
- [14] Jordal-Jørgensen, J., (2012). Reducing Air Pollution from Ships, - a Cost Benefit Analysis and Feasibility Study on Possible Means for Further Reduction of Emissions, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhag.
- [15] Lövblad, G. ve Fridell, E., (2006). Experiences from use of some techniques to reduce emissions from ships, Profu & Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.
- [16] Faber J., (2015). “Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled Ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure Lot 3 Analysis of the LNG market development in the EU”, CE Delft-TNO, 2015, Brüksel.
- [17] Jordal-Jørgensen, J., (2012). Reducing Air Pollution from Ships, - a Cost Benefit Analysis and Feasibility Study on Possible Means for Further Reduction of Emissions, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhag.
- [18] United Nations Conference on Trade and Development, (2017). “Review of Maritime Transport”, United Nations Conference on Trade and Development, 2017, Cenevre.
- [19] İMEAK Deniz Ticaret Odası, (2017). “Rakamlarla Denizcilik Sektörü ve İstatistikler”, Deniz Ticaret Odası Raporu, Şubat 2017, İstanbul.
- [20] United Nations Conference on Trade and Development, (2017). “Review of Maritime Transport”, United Nations Conference on Trade and Development, 2017, Cenevre.
- [21] Enviropedia, History of Air Pollution, http://www.enviropedia.org.uk/Air_Quality/History.php, 02 Aralık 2017.
- [22] Türkeş, M., (2003). “Sera Gazı Salımlarının Azaltılması İçin Sürdürülebilir Teknolojik Ve Davranışsal Seçenekler”, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı: Çevre Bilim ve Teknoloji Küreselleşmenin Yansımaları, 267-285.
- [23] Lau, L., Lee, K. ve Mohamed, A., (2012). “Global Warming Mitigation and Renewable Energy Policy Development from the Kyoto Protocol to the Copenhagen Accord – A Comment”, Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16: 5080-5084.
- [24] Oberthür, S. ve Ott, H., (1999). The Kyoto Protocol: International Climate Policy for the 21st Century, Springer, New York.
- [25] International Maritime Organization, (2009). “Executive Summary and Final Report”, Second IMO Greenhouse Gas Study, 2009, Londra.

- [26] European Environment Agency, Energy Efficiency and Specific CO₂ Emissions, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-specific-co2-emissions>, 5 Kasım 2017.
- [27] Olmer, N., Comer, B., Roy, B., Mao, X. ve Rutherford D. (2017). "Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping: 2013-2015" ,International Council on Clean Transportation, 2017, Washington.
- [28] Olmer, N., Comer, B., Roy, B., Mao, X. ve Rutherford D. (2017). "Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping: 2013-2015" ,International Council on Clean Transportation, 2017, Washington.
- [29] Kalgora, B. ve Christian, T., (2016). "The Financial and Economic Crisis, Its Impacts on the Shipping Industry, Lessons to Learn: The Container-Ships Market Analysis", Journal of Social Science, 04 (01): 38-44.
- [30] International Maritime Organization, (2017). "MEPC 71/WP.1, Sonuç Raporu", MEPC, 2017, Londra.
- [31] International Maritime Organization, (2009). "MEPC 59/4/7, Prevention of Air Pollution From Ships", MEPC, 2009, Londra.
- [32] European Commission, Reducing Emissions from the Shipping Sector, https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en, 2 Şubat 2018.
- [33] European Commission, (2013). Integrating Maritime Transport Emissions in the EU's Greenhouse Gas Reduction Policies: COM(2013) 479 Final, European Commission, Brüksel.
- [34] Official Journal of the European Union, On the Monitoring, Reporting and Verification of Carbon Dioxide Emissions from Maritime Transport, and Amending Directive: 2009/16/EC, (2015/757/EU). (L 123) 19.5.2015, 55.
- [35] T.C. Resmi Gazete, 1978 Protokolü ile Değişik 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmeyi Değiştiren 1997 Protokolüne Katılmamız Hakkında Karar. (28762 mükerrer), 11.09.2013.
- [36] Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı-Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü, 21.11.2012 tarihli ve 17761 sayılı yazı.
- [37] İstikbal, C., Türk Boğazları, <http://www.kaptanhaber.com/yazarlar/cahit-istikbal/turk-bogazlari/100998/>, 2 Aralık 2017.
- [38] Gemi Trafik, Deniz Seyir Haritaları, <http://www.gemitrafik.com/deniz-haritalari/>, 4 Ocak 2018.
- [39] CIA, The World Factbook, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tu.html>, 12 Aralık 2017.
- [40] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, İstatistiki Bilgi Sistemi, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 1 Şubat 2018.

- [41] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, İstatistiki Bilgi Sistemi, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 1 Şubat 2018.
- [42] Yücel, A., Denizde Navlun 1 Yılda Yüzde 40 Düştü 2017'den Önce Düzelmeye Beklenmiyor, <https://www.dunya.com/sectorler/lojistik/denizde-navlun-1-yilda-yuzde-40-dustu-2017den-once-duzelme-haberi-280792>, 4 Ocak 2018.
- [43] Kalgora, B. ve Christian, T., (2016). "The Financial and Economic Crisis, Its Impacts on the Shipping Industry, Lessons to Learn: The Container-Ships Market Analysis", Journal of Social Science, 04 (01): 38-44.
- [44] Kesgin, U. ve Vardar, N., (2001). "A Study on Exhaust Gas Emissions from Ships in Turkish Straits", Atmospheric Environment, 35: 1863-1870.
- [45] International Maritime Organization, (2014). "Executive Summary and Final Report", Third IMO Greenhouse Gas Study, 2014, Londra.
- [46] Trozzi C. ve De Lauretis R. (2013). EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, Avrupa Çevre Ajansı, Kopenhag.
- [47] Kesgin, U. ve Vardar, N., (2001). "A Study on Exhaust Gas Emissions from Ships in Turkish Straits", Atmospheric Environment, 35: 1863-1870.
- [48] Trozzi, C. ve Vaccaro, R., (2006). "Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Ships: A 2006 Update", Environment & Transport 2th International Scientific Symposium (Including 15th Conference Transport and Air Pollution), 12-14 June 2006, Reims.
- [49] Kayadelen, H. ve Üst, Y., (2013). "Marine Gas Turbines", 7th International Advanced Technologies Symposium (IATS'13), 30 October-1 November 2013, İstanbul.
- [50] Moldanová, J., Fridell, E., Petzold, A., Jalkanen, J.P. ve Samaras, Z., (2014). "Emission Factors for Shipping – Final Dataset for Use in Transphom Emission Inventories", Transphom, 2014, Brüksel.
- [51] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, İstatistiki Bilgi Sistemi, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 1 Şubat 2018.
- [52] Trozzi, C., (2010). "Emission Estimate Methodology for Maritime Navigation", 19th International Emission Inventory Conference, 27-30 September 2010, San Antonio.
- [53] Wall C., (2002). "Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements Between Ports in the European Community, Final Report", European Commission ve Entec UK Limited, 2002, Cheshire.
- [54] Maragkogianni, A., Zopounidis, C. ve Papaefthimiou, S., (2016). Mitigating Shipping Emissions in European Ports, Social and Environmental Benefits, Springer, İsviçre.

- [55] CPI Inflation Calculator, Euro Inflation Calculator, <http://www.in2013dollars.com/2000-euro-in-2017?amount=100>, 25 Ocak 2018.
- [56] CPI Inflation Calculator, Euro Inflation Calculator, <http://www.in2013dollars.com/2000-euro-in-2017?amount=100>, 25 Ocak 2018.
- [57] European Environment Agency, Ecosense, <http://scenarios.pbe.eea.europa.eu/foI079729/online-model-inventory/ecosense>, 28 Ocak 2018.
- [58] CPI Inflation Calculator, Euro Inflation Calculator, <http://www.in2013dollars.com/2000-euro-in-2017?amount=100>, 25 Ocak 2018.
- [59] International Maritime Organization, (2016). "MEPC 70/5/2, Air Pollution and Energy Efficiency: Effective Implementation of the 0.50% m/m Sulphur Limit Under Regulation 14.1.3 of MARPOL Annex VI", MEPC, 2016, Londra.
- [60] International Transport Forum, (2016). "Reducing Sulphur Emissions from Ships- The Impact of International Regulation", Organisation for Economic Cooperation and Development, 2016, Paris.
- [61] International Maritime Organization, (2018). "MEPC 72/WP.1, Sonuç Raporu", MEPC, 2018, Londra.
- [62] Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, "ÖTV'siz Yakıt Uygulamaları" konulu 08.12.2016 tarihli ve 92122 sayılı yazı.
- [63] Maragkogianni, A., Zopounidis, C. ve Papaefthimiou, S., (2016). Mitigating Shipping Emissions in European Ports, Social and Environmental Benefits, Springer, İsviçre.
- [64] T.C. Merkez Bankası, Gösterge Niteliğindeki Merkez Bankası Kurları, http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html, 27.04.2018.
- [65] Lövlblad, G. ve Fridell, E., (2006). Experiences from use of some techniques to reduce emissions from ships, Profu & Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.
- [66] ExxonMobil, What Does IMO's 0.50% Sulphur Cap Decision Mean for the Bunker Supply Chain <https://www.exxonmobil.com/en/marine/technicalresource/news-resources/imo-sulphur-cap-and-mgo-hfo>, 12 Şubat 2018.
- [67] Chopra, K., 10 Technologies/Methods for Controlling NO_x & SO_x Emissions from Ships, <https://www.marineinsight.com/tech/10-technologiesmethods-for-controlling-nox-sox-emissions-from-ships>, 4 Mart 2018.
- [68] Österman C., (2013). "A Systemic Review of Shipboard SCR Installations in Practice", WMU Journal of Maritime Affairs, 12 (1): 63–85.
- [69] IACCSEA, Marine SCR – Cost Benefit Analysis, www.iaccsea.com/scr-cost-model, 12 Ocak 2017.

- [70] Achema, AUS 40 Urea Solution, <http://www.achema.lt/aus-40-urea-solution>, 12 Ocak 2017.
- [71] Lövlblad, G. ve Fridell, E., (2006). Experiences from use of some techniques to reduce emissions from ships, Profu & Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.
- [72] Jordal-Jørgensen, J., (2012). Reducing Air Pollution from Ships, - a Cost Benefit Analysis and Feasibility Study on Possible Means for Further Reduction of Emissions, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhagen.
- [73] Seddiek, I. ve Elgohary, M., (2014). "Eco-friendly Selection of Ship Emissions Reduction Strategies with Emphasis on SO_x and NO_x Emissions", International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 6 (3): 737-748.
- [74] Lamas, M.I. ve Rodriguez, C.G., (2012). "Emissions from Marine Engines and NO_x Reduction Methods", Journal of Maritime Research, IX (1): 77-82.
- [75] World Bank Group International Finance Corporation, (1998). Nitrogen Oxides: Pollution Prevention and Control, Pollution Prevention and Abatement Handbook, World Bank Group, Washington.
- [76] European Commission, Air pollution from the main sources/ Air emissions from maritime transport, <http://ec.europa.eu/environment/air/sources/maritime.htm>, 6 Ocak 2018.
- [77] T.C. Merkez Bankası, Gösterge Niteliğindeki Merkez Bankası Kurları, http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html, 27.04.2018.
- [78] Faber J., (2015). "Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled Ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure Lot 3 Analysis of the LNG market development in the EU", CE Delft-TNO, 2015, Brüksel.
- [79] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, İstatistiki Bilgi Sistemi, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 1 Şubat 2018.
- [80] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, 2014-2017 Yıllarına Ait Boğaz Geçiş İstatistiki Verileri.
- [81] T.C. Merkez Bankası, Gösterge Niteliğindeki Merkez Bankası Kurları, http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html, 27.04.2018.
- [82] Chopra, K., 10 Technologies/Methods for Controlling NO_x & SO_x Emissions from Ships, <https://www.marineinsight.com/tech/10-technologiesmethods-for-controlling-nox-sox-emissions-from-ships>, 4 Mart 2018.
- [83] Andreoni, V., Miola, A. ve Perujo, A., (2008). "Cost Effectiveness Analysis of the Emission Abatement in the Shipping Sector Emissions", JRC Scientific and Technical Reports, EUR 23715 EN, Ispra.
- [84] Baltic Marine Environment Protection Commission, (2016). Baltic Sea NECA Application, Laulasmaa.

- [85] Lövblad, G. ve Fridell, E., (2006). Experiences from use of some techniques to reduce emissions from ships, Profu & Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.
- [86] Confederation of Norwegian Enterprise (NHO), (2017). NOx-Reducing Technologies - Suppliers and Applications, Oslo.
- [87] Maragkogianni, A., Zopounidis, C. ve Papaefthimiou, S., (2016). Mitigating Shipping Emissions in European Ports, Social and Environmental Benefits, Springer, İsviçre.
- [88] Jordal-Jørgensen, J., (2012). Reducing Air Pollution from Ships, - a Cost Benefit Analysis and Feasibility Study on Possible Means for Further Reduction of Emissions, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhag.
- [89] Faber J., (2015). "Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled Ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure Lot 3 Analysis of the LNG market development in the EU", CE Delft-TNO, 2015, Brüksel.
- [90] Jordal-Jørgensen, J., (2012). Reducing Air Pollution from Ships, - a Cost Benefit Analysis and Feasibility Study on Possible Means for Further Reduction of Emissions, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhag.
- [91] Yang, Z., Zhang, D., Caglayan, O. ve Yan X.P., (2012). "Selection of Techniques for Reducing Shipping NO_x and SO_x Emissions", Transportation Research Part D 17 Transport Environment, 17 (6): 478–486.
- [92] ENTEC, (2005). Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market- based Instruments, Task 2b – NO_x Abatement, Cheshire.
- [93] T.C. Merkez Bankası, Gösterge Niteliğindeki Merkez Bankası Kurları, http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html, 27.04.2018.
- [94] Yang, Z., Zhang, D., Caglayan, O. ve Yan X.P., (2012). "Selection of Techniques for Reducing Shipping NO_x and SO_x Emissions", Transportation Research Part D 17 Transport Environment, 17 (6): 478–486.
- [95] ENTEC, (2005). Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market- based Instruments, Task 2b – NO_x Abatement, Cheshire.
- [96] Yang, Z., Zhang, D., Caglayan, O. ve Yan X.P., (2012). "Selection of Techniques for Reducing Shipping NO_x and SO_x Emissions", Transportation Research Part D 17 Transport Environment, 17 (6): 478–486.
- [97] Wang, H. ve Lutsey, N., (2013). Long-term Potential for Increased Shipping Efficiency Through the Adoption of Industry-leading Practices, ICCT, White Paper, Washington.
- [98] Gusti, P. A. ve Semin (2016). "The Effect of Vessel Speed on Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions", American Journal of Engineering and Applied Sciences, 9 (4): 1046.1053.

- [99] Prpić-Oršić J., Vettor R., Soares C. G. ve Faltinsen O.M., (2015). "Influence of Ship Routes on Fuel Consumption and CO₂ Emission, Maritime Technology and Engineering", Maritime Technology and Engineering, 857-864.
- [100] T.C. Resmi Gazete, Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü. (23515), 06.11.1998.
- [101] Tune Chemical Tankers, Hollanda, 19.02.2018.
- [102] Shipping Intelligence Network (SIN), (2018). Clarksons Research January, MR-2 : 35000-44999 DWT Chemical Tanker, Londra.
- [103] Wurster, R., Weindorf, W., Zittel, W., Schmidt, P., Heidt C., Lambrecht, U., Lischke, A. ve Müller, S., (2014). "LNG as an Alternative Fuel for the Operation of Ships and Heavy-Duty Vehicles", AZ Z14/SeV/288.3/1179/UI40, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, Berlin.
- [104] Faber J., (2015). "Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled Ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure Lot 3 Analysis of the LNG market development in the EU", CE Delft-TNO, 2015, Brüksel.
- [105] Jordal-Jørgensen, J., (2012). Reducing Air Pollution from Ships, - a Cost Benefit Analysis and Feasibility Study on Possible Means for Further Reduction of Emissions, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhag.
- [106] Faber J., (2015). "Study on the Completion of an EU Framework on LNG-fuelled Ships and its Relevant Fuel Provision Infrastructure Lot 3 Analysis of the LNG market development in the EU", CE Delft-TNO, 2015, Brüksel.
- [107] DNV, Technology Uptake in The World Fleet Towards 2020 - Shipping 2020, www.oecd.org, 18 Mart 2018.
- [108] MAN, Costs and Benefits of LNG as Ship Fuel for Container Vessels, www.mandieselturbo.com, 18 Mart 2018.
- [109] Incentive Partners and Litehauz, (2012). Economic Impact Assessment of a NOX Emission Control Area in the North Sea, Project No. 1427, Danish Ministry of Environment Environmental Protection Agency, Kopenhag.
- [110] International Maritime Organization. MARPOL Sözleşmesi EK VI Kural 13 ve 14, Londra.
- [111] Wiśniewski, B. ve Szymański, M., (2016), "Navigation in Emission Control Area Zones", Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, 47 (119): 116-120.
- [112] California Government, (2008). Final Regulation Order, Fuel Sulfur and Other Operational Requirements For Ocean-Going Vessels Within California Waters And 24 Nautical Miles Of The California Baseline, California.
- [113] North P&I Club, Industry News, China: Emission Control Areas "Update", <http://www.nepia.com/insights/industry-news/china-emission-control-areas-starupdatestar/>, 2 Mayıs 2018.

- [114] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, 2014-2017 Yıllarına Ait Boğaz Geçiş İstatistik Verileri.
- [115] International Maritime Organization, Status of Convention, <http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>, 10 Mayıs 2018.
- [116] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, İstatistik Bilgi Sistemi, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 1 Şubat 2018.
- [117] NHO, The NO_x Fund, <https://www.nho.no/Prosjekter-og-programmer/NOx-fondet/The-NOx-fund>, 30 Nisan 2018.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yakup KOCAMAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.08.1982 / Ankara
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yakocaman@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012-Devam Ediyor	Ulaştırma Bakanlığı	Denizcilik Uzmanı
2008-2012	Denizcilik Müsteşarlığı	Denizcilik Uzman Yrd.
2007-2008	Ereğli Tersanesi	Saha Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Kocaman Y., Bilgili L., Çelebi U.B. ve Ünlügençoğlu K., (2016). “Çanakkale ve İstanbul Boğazları’ndan Geçen Türk Bayraklı Kimyasal Tankerlerin Emisyon Ölçümü”, 1. Uluslararası Gemi ve Deniz Teknolojisi Kongresi, SHIPMAR-2016, 8-9 Aralık 2016, İstanbul.

