

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN PETROL ENDÜSTRİSİNDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE YÖNELİK ZARAR AZALTMA ÇALIŞMALARI:
İSTANBUL AKARYAKIT İSTASYONLARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gönenç BAYRAM

Afet ve Acil Durum Yönetimi Anabilim Dalı

Afet Yönetimi Programı

OCAK 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN PETROL ENDÜSTRİSİNDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE YÖNELİK ZARAR AZALTMA ÇALIŞMALARI:
İSTANBUL AKARYAKIT İSTASYONLARI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gönenç BAYRAM
(801191042)**

Afet ve Acil Durum Yönetimi Anabilim Dalı

Afet Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hikmet İSKENDER

OCAK 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**CLIMATE CHANGE MITIGATION EFFORTS IN THE OIL INDUSTRY
FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE: THE CASE OF ISTANBUL
GAS STATIONS**

M.Sc. THESIS

**Gönenç BAYRAM
(801191042)**

Department of Disaster and Emergency Management

Disaster Management Programme

Thesis Advisor: Asst. Prof. Hikmet İSKENDER

JANUARY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 801191042 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Gönenç BAYRAM ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN PETROL ENDÜSTRİSİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE YÖNELİK ZARAR AZALTMA ÇALIŞMALARI: İSTANBUL AKARYAKIT İSTASYONLARI ÖRNEĞİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Hikmet İSKENDER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur GÜL
Işık Üniversitesi

Teslim Tarihi : **05 Ocak 2024**
Savunma Tarihi : **29 Ocak 2024**



Beni her zaman yüreklendiren eşim Gizem'e ve oğlum Çınar'a,



ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Afet Yönetimi Enstitüsü, Afet Yönetimi programında gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmasında, iklim değişikliğine yönelik petrol endüstrisinde ve akaryakıt istasyonları alt segmenti özelinde zarar azaltma çalışmaları incelenerek bu çalışmaların İstanbul ili içerisindeki akaryakıt istasyonlarında uygulanması durumunda ortaya çıkabilecek etkileri ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Yüksek lisans eğitimim öncesinde ve sırasında her konuda destek veren, her daim engin bilgilerinden yararlandığım ve ülkemizde afet yönetiminde yaptığı çalışmalar ile örnek insan olan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hikmet İSKENDER'e, enstitüdeki tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

İş hayatımda farklılık yaratmamda ve sonuca ulaşmamda bana sürekli ilham ve destek veren, motive eden sevgili eşim Gülendam Gizem BAYRAM'a, tezimin yazımı sırasında kendi ödevlerinden örnekler vererek katkı sunan canım oğlum Çınar'a, tezimin uygulama aşamasında elde ettiğim verileri sahip olduğu yazılım bilgisi ile görsel olarak derleyen iş arkadaşım Onur DEMİREL'e, tezimin dayanağı olan ve ülkemizdeki iklim değişikliğine yönelik çalışmalarda liderlik gösteren; 2050 yılında karbon net sıfır olma hedefini ortaya koyan sevgili şirketim Petrol Ofisi'ne, her zaman desteklerini gösteren yöneticim Engin CEBECİ ve tüm Petrol Ofisi Sağlık Emniyet Çevre ve Güvenlik (SEÇG) ekibindeki iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Ocak 2024

Gönenç BAYRAM
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	3
1.3 Hipotez	5
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE AFET YÖNETİMİ.....	7
2.1 İklim Değişikliği Kavramı	7
2.2 Karbon Ayak İzi	12
2.3 İklim Politikalarının Fosil Yakıt Kullanımı Üzerindeki Etkileri	15
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE AFET RİSK AZALTMA.....	21
3.1 İklim Değişikliğine Uyum ve Afet Risk Azaltma Yaklaşımı	21
3.2 Petrol Endüstrisinin İklim Değişikliğine Yönelik Yaklaşımı ve Afet Risk Azaltma Stratejileri.....	26
3.2.1 Kurumsal aktör modeli.....	28
3.2.2 Yerel – ulusal politika modeli.....	29
3.2.3 Uluslararası yönetim modeli	30
4. AKARYAKIT İSTASYONLARI UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK EMİSYON KAYNAKLARI VE ZARAR AZALTMA YAKLAŞIMI	31
4.1 Akaryakıt İstasyonları ve Uçucu Organik Bileşik Emisyonları	31
4.2 Akaryakıt İstasyonu Faaliyetlerinden Kaynaklanan Kayıplar	32
4.2.1 Depolama tankı kayıpları	32
4.2.1.1 Çalışma kaybı.....	32
4.2.1.2 Buharlaşma / nefes alma kaybı	34
4.2.2 Operasyonel kayıplar	35
4.2.3 Taşıt dolumu	36
4.3 Akaryakıt İstasyonları Zarar Azaltma Hedefi için Teknolojinin Rolü.....	37
4.3.1 Buhar geri kazanım sistemi.....	37
4.3.2 Buhar geri dönüşümü uluslararası düzenlemeler ve uygulamalar	39
4.3.2.1 Amerika Birleşik Devletleri	39
4.3.2.2 Avrupa Birliği	40
4.3.2.3 Çin Halk Cumhuriyeti	41
4.3.2.4 Türkiye	41
5. ÇALIŞMA YÖNTEMİ	45
5.1 Benzin Emisyonu Hesaplama Modelleri.....	45

5.2 Benzin Emisyonu Hesaplama Modeli Girdileri	48
5.2.1 Akaryakıt tankı doldurma yöntemi	48
5.2.2 Reid buhar basıncı.....	48
5.2.3 Ürün sıcaklığı	49
5.2.4 Emisyon oranı ve ürün satış miktarı.....	50
5.3 Çalışmada Kullanılan Programlar	50
6. UYGULAMA.....	53
6.1 Çalışma Alanı	53
6.2 Çalışma Verileri ve Verilerin Düzenlenmesi	57
6.3 Akaryakıt İstasyonu Benzin Buharı Kaynaklı Emisyonların Hesaplanması....	59
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	107



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
BGK	: Benzin Buharı Geri Kazanım
BMARAO	: Birleşmiş Milletler Afet Riski Azaltma Ofisi
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BTEX	: Benzen, toluen, etil benzen ve ksilen uçucu organik bileşikler
CDM	: Clean Development Mechanism (Temiz Kalkınma Mekanizması)
COP	: Taraflar Konferansı
EA	: Elektrikli Araç
ETS	: Emisyon Ticaret Sistemi
IET	: International Emissions Trading (Uluslararası Emisyon Ticareti)
JI	: Joint Implementation (Ortak Uygulama)
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
SKDM	: Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması
SG	: Sera Gazı
THY	: Temiz Hava Yasası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UKB	: Ulusal Katkı Beyanı
VOC	: Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşik)



SEMBOLLER

E	: Buharlaşan ürün miktarı
RVP	: Reid buhar basıncı
T_{DF}	: Doldurulan ürünün sıcaklığı (°F)
T_v	: Akaryakıt tankındaki mevcut ürünün sıcaklığı
ΔT	: Akaryakıt tankındaki mevcut ürünün sıcaklığı (TT) ile Doldurulan ürünün sıcaklığı (TD) arasındaki sıcaklık farkı



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Akaryakıt stoklama terminali (FAZ-I).....	42
Çizelge 4.2 : Akaryakıt istasyonları (FAZ-I).....	43
Çizelge 4.3 : Akaryakıt istasyonları (FAZ-II).	43
Çizelge 5.1 : Akaryakıt satış istasyonlarındaki faaliyetlerden kaynaklanan buharlaşma emisyonları.....	47
Çizelge 6.1 : Sıcaklık farkı (ΔT) : ortalama hava – depolanan ürün sıcaklıkları.	59
Çizelge 6.2 : Depolama tankı kayıpları (m^3).	60
Çizelge 6.3 : Aylık bazda taşıt dolum kayıpları (m^3).	61
Çizelge 6.4 : Örneklem : toplam benzin buharı kaybı, 2022.	61
Çizelge A.1 : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m^3).	82
Çizelge B.1 : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m^3).	90
Çizelge C.1 : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m^3).	97



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Türkiye toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2021.	14
Şekil 2.2 : Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021.	14
Şekil 2.3 : AB sera gazı emisyon eğilimleri, projeksiyonları ve hedefleri.	15
Şekil 2.4 : ABD enerji kaynaklı CO ₂ emisyonları 2050 hedefi.	17
Şekil 2.5 : SKDM kapsamındaki ürünlerde AB ithalatı, 2019.	18
Şekil 2.6 : SKDM uygulama takvimi.	19
Şekil 2.7 : Temel karbon fiyatlandırma mekanizması.	19
Şekil 3.1 : Yaşanan doğal afet sayıları karşılaştırma 2002-2021 yılları ortalaması ile 2022 yılı.....	23
Şekil 4.1 : Akaryakıt perakende sektörü tedarik zinciri.	32
Şekil 4.2 : Akaryakıt tankı dolum – nefeslik üzerinden salınım.	33
Şekil 4.3 : Sallama dolum.	33
Şekil 4.4 : Tank dibi dolum.	34
Şekil 4.5 : Tank dibi dolum bağlantı gösterimi.	34
Şekil 4.6 : Nefeslik uygulama örnekleri.	35
Şekil 4.7 : Tank - nefeslik bağlantı gösterimi.	35
Şekil 4.8 : Operasyonel kayıplar – depolama tankı kontrolleri.	36
Şekil 4.9 : Operasyonel kayıplar – akaryakıt döküntüleri.	36
Şekil 4.10 : Araç dolumu sırasında ürün buharı.	37
Şekil 4.11 : Araç dolumu sırasında benzin buharı salınımı.	37
Şekil 4.12 : BGK sistemi uygulaması – ABD.	40
Şekil 4.13 : Türkiye benzin türleri yurtiçi satış miktarı (ton) 2013-2022.....	42
Şekil 5.1 : Akaryakıt istasyonu ürün akışı için ideal BGK bağlantılar.....	48
Şekil 5.2 : ABD gerekli reid buhar basıncı değerleri.....	49
Şekil 5.3 : Akaryakıt istasyonu otomasyon sistemi ekranı.	50
Şekil 6.1 : Türkiye ve İstanbul benzin satış miktarları (ton), 2013 – 2022.	53
Şekil 6.2 : İstanbul’da bulunan akaryakıt istasyonları.	54
Şekil 6.3 : Örneklem – ilçeler ve çalışmaya dahil olan akaryakıt istasyon sayıları...	55
Şekil 6.4 : Örneklem – çalışmaya dahil edilen istasyonlar.	56
Şekil 6.5 : Örneklem – çalışmaya dahil edilen istasyonlar.	57
Şekil 6.6 : İstanbul aylık ortalama hava sıcaklıkları (1950-2022).....	58
Şekil 6.7 : Ortalama hava sıcaklıkları – tank içindeki ürün sıcaklıkları, 2022.....	58
Şekil 6.8 : Ortalama üstü benzin buharı emisyonu oluşturan akaryakıt istasyonları...	63
Şekil 6.9 : Ortalama ve altında benzin buharı emisyonu oluşturan akaryakıt istasyonları.	64
Şekil 6.10 : Ortalama üstünde ve altında benzin buharı emisyonu oluşturan akaryakıt istasyonları.	65
Şekil 7.1 : Örnek : akaryakıt istasyonu nefeslik ve yakınındaki konutlar.	69
Şekil 7.2 : İklim etkisi derecelendirme sistemi – İsveç örneği.	74



SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN PETROL ENDÜSTRİSİNDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE YÖNELİK ZARAR AZALTMA ÇALIŞMALARI: İSTANBUL AKARYAKIT İSTASYONLARI ÖRNEĞİ

ÖZET

İklim değışikliğı, tüm dünyanın kabul ettiğı en güncel ve en ciddi çevresel tehdittir. Artan hava kirliliğı ile birlikte küresel ısınma hızlanmış; sera gazının olumsuz etkileri yanında doğal afetlerin sıklığı, yoğunluğu ve öngörülemezliğı de artmıştır. Sıklıkla yaşanan kasırgalar, seller, kuraklıklar ve yangınlar her seferinde toplulukları ve ekonomileri olumsuz etkileyerek insan hayatına ve çevreye büyük zararlar vermektedir. Özellikle zarar görebilirliğı ve kırılganlığı yüksek olan ülkelerde afetlerin etkileri daha da büyük olmaktadır.

Yaşanan afetler sonrası gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerin ekonomik kalkınma olanakları ortadan kalkmaktadır. Yoksul nüfusun yoğun olduğu kentlerin sahip oldukları altyapılarıyla, iklim değışikliğı ve afetler karşısında kırılganlıkları artmaktadır. Bu nedenle, toplumların dirençli ve dayanıklı olma kapasitelerini artırmak, afetlerle mücadele ve sürdürülebilir kalkınma için hayati önem taşımaktadır. Küresel boyutta iklim değışikliğıne karşı oluşturulan zarar azaltma stratejilerine öncülüğü petrol endüstrisi göstermektedir. 1970’li yıllardan itibaren petrol ürünlerine bağı emisyonların önlenmesi ve ekonomiye tekrar kazandırılması için teknolojik geliştirmeler ve bunları destekleyen yasal düzenlemeler yapılmıştır.

Bu çalışmada, ülkemizde 2018 yılında yürürlüğe giren yönetmelik ile birlikte zorunluluk haline gelen akaryakıt istasyonlarında benzin kaynaklı uçucu organik bileşik emisyonunun önlenmesinin ve ekonomiye geri kazanılmasının iklim değışikliğıne yönelik zarar azaltma çalışmalarına nasıl katkıda bulunabileceğı incelenmiştir.

Akaryakıt istasyon sayısı ve perakende satış miktarı en fazla olan İstanbul ili içinde bir akaryakıt dağıtım firmasına ait 124 adet istasyon örnekleme ile seçilerek çalışma alanı sınırlandırılmıştır. Örnekleme alınan istasyonların akaryakıt tanklarına dolum ve depolama (Faz I) ve taşıtlara ikmal (Faz II) aşamalarındaki benzin buharı emisyonları, 2022 yılına ait benzin satış miktarı, tanktaki ürün sıcaklığı, aylık ortalama hava sıcaklığı ve uçuculuk (RVP) değerleri kullanılarak literatür araştırması sonucu seçilen ampirik hesaplama modelleri ile öngörülmeye çalışılmıştır. Ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak istasyonların çevresel etkileri incelenmiştir.

Elde edilen veriler ışığında, yakın zamanda uygulamaya geçen benzin buhar geri kazanım sistemlerinin, benzin kaynaklı emisyonları önleyerek hem akaryakıt istasyonlarının çevresel etkisini azaltacağını hem de ekonomiye geri kazandırılan ürün buharı ile birlikte ülkemizin sürdürülebilir kalkınma ve 2053 net sıfır emisyon hedeflerine önemli düzeyde katkıda bulunacağı kesin bir biçimde değerlendirilmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik ve emisyon azaltma çabaları, iklim değışikliğı ile mücadelede kritik bir rol oynamaktadır.



CLIMATE CHANGE MITIGATION EFFORTS IN THE OIL INDUSTRY FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE: THE CASE OF ISTANBUL GAS STATIONS

SUMMARY

Climate change, also referred to as the climate crisis, encompasses global shifts in Earth's average temperature and the ensuing repercussions resulting from these temperature variations. Human activities, particularly during the industrial revolution of the 19th century, have significantly disrupted the natural carbon cycle, resulting in a substantial increase in atmospheric carbon dioxide (CO₂) levels. This phenomenon is dual-fold, embodying both a natural Earth process and complex interactions stemming from human activities, notably the emission of greenhouse gases (GHGs). Undoubtedly, climate change amplifies existing disaster risks, posing threats to livelihoods, settlements, critical infrastructures, and the resilience of ecosystems and communities in the face of heightened uncertainty and disaster frequency.

Disasters, beyond causing immediate loss of life and property, incur significant economic damage that impedes development. Even minor economic losses are critical for states with very low gross national income (GNI). For instance, the losses incurred by Hurricane Mitch in 1998 in Honduras and Nicaragua surpassed the combined gross domestic product (GDP) of both countries, setting back their development goals by at least two decades.

Climate change induces various adverse effects, including rising temperatures, sea-level rise, and extreme weather events, leading to climate migration and contributing to global conflicts, as acknowledged by the European Union (EU) in various documents. The obligation to curtail human-induced GHG emissions, identified as a primary cause of climate change, is closely tied to the petroleum industry's activities, which significantly contribute to these emissions through the release of volatile organic compounds (VOCs) at various stages of the oil industry processes.

Gasoline, a widely used fossil fuel obtained from fuel stations, contributes to climate change through evaporation, primarily releasing volatile organic compounds such as isopentane, benzene, and toluene into the atmosphere. This evaporation is more pronounced during the summer months when air temperatures are elevated. However, an abrupt cessation of fossil fuel use would inevitably trigger significant economic problems. Therefore, a gradual transition from fossil fuel usage to renewable energy sources is deemed necessary.

Controlling emissions from gasoline vapor has become a crucial topic in climate change mitigation efforts, particularly in the United States and the European Union. The intense visible air pollution observed in many cities and industrial centers due to increasing industrialization in the late 1960s supported the initiation of the national environmental movement and the enactment of the Clean Air Act (CAA) by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) in 1970. Within the European Union, Directive 94/63/EC stands as the primary regulation addressing gasoline vapor

emissions in the petroleum industry, specifically aiming to reduce gasoline vapor emissions in the fuel sector by making the use of Vapor Recovery Systems (VRS) mandatory at fuel stations.

Examining the petroleum sector in Turkey, annual reports by the Energy Market Regulatory Authority (EMRA) reveal an 80% increase in gasoline consumption over a decade. In alignment with the EU accession process, regulations for the recovery of gasoline emissions were introduced in 2018 with the publication of the Regulation on the Control of Volatile Organic Compound Emissions Arising from the Storage and Distribution of Gasoline and Naphtha. This regulation, based on EU directives 94/63/EC and 2009/126/EC, mandates the application of Vapor Recovery Systems (VRS) in two phases – Phase I and Phase II – to align with global VRS practices.

Turkey, as a party to the Paris Climate Agreement, has accentuated the importance of recovering gasoline vapor. This study aims to investigate the integration of emission control methods, including vapor recovery systems and sustainable practices, for disaster resilience. Additionally, it evaluates their impact on both environmental sustainability and disaster preparedness, focusing on fuel station activities in Istanbul.

Gasoline, a widely used fossil fuel, is prone to evaporation at ambient temperatures, releasing volatile organic compounds, primarily hydrocarbons. Gasoline comprises compounds known as the BTEX group (benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene), which have detrimental effects on respiratory, nervous, and immune systems, posing serious threats to human health. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) assessments indicate higher BTEX concentrations within approximately a 200-meter radius around gasoline sales stations compared to other areas.

Losses from fuel station operations occur in three distinct processes: Storage tank losses, Operational losses, and vehicle refueling. Storage tank losses arise during the filling of underground storage tanks, leading to emissions through vent connections during gasoline transfer. Operational losses occur during routine checks performed by station operators for product levels and water presence in tanks. Vehicle refueling losses happen during the transfer of gasoline from storage tanks to vehicles, releasing vapor into the atmosphere during refueling. The amount of emissions during vehicle refueling theoretically depends on the quantity and temperature of both the gasoline in the vehicle and the filled gasoline, as well as the Reid Vapor Pressure (RVP), a general measure of gasoline volatility.

Emission control in fuel stations hinges on predicting vapor formation during operations. Vapor recovery systems (VRS) aim to recover at least 95% of gasoline vapor formed during storage, transportation, and refueling activities. This critical efficiency ratio of 95% is globally applicable to VRS systems implemented worldwide.

In this study, The technical report titled "Classification of Air Polluting Emissions: AP-42," published by the United States Environmental Protection Agency (EPA) in 1995, is a cornerstone guiding document for calculating gasoline vapor emissions. This report, complemented by various studies and empirical calculation models, serves as a crucial reference for estimating emissions. In 2008, a dedicated guide section titled "Transportation and Retail Sales of Fuels: Classification of Air Polluting Emissions" was added, providing a comprehensive framework for categorizing emission sources and defining calculation methods specific to fuel stations.

In the practical implementation section of this study, emissions resulting from the filling, storage, and sales of underground tanks, referred to as storage tank losses, were computed following the emission rate assumptions outlined in the AP-42 document. To calculate emissions during vehicle refueling, an empirical emission calculation model by Rothman and Johnson, widely utilized for general purposes, was employed.

With the exception of the COVID-19 pandemic period, gasoline sales in the country have consistently increased at an average rate of approximately % 7 annually. The study focused on Istanbul, where % 24 of the escalating sales volume is concentrated. A total of 124 stations owned by the same fuel distribution company were selected, representing about % 16 of all stations in Istanbul. In 2022, these stations accounted for approximately % 15.51 of total gasoline sales in the city and operated across 35 districts within Istanbul.

During 2022, the sampled fuel stations conducted a total of 163,365.15 m³ of gasoline supply and sales. Model-based estimations indicate that the gasoline vapor loss for these stations is 494.02 m³, comprising 266.37 m³ (%53.9) from vehicle filling losses, 210.79 m³ (%42.7) from storage tank losses, and 16.86 m³ (3.4%) from operational losses. This loss corresponds to approximately 0.3% of the total sales volume for the sampled stations, resulting in an average of 3.98 m³/year of gasoline vapor emissions per station.

In a broader context, the calculated total gasoline vapor loss for the 124 sampled fuel stations corresponds to around 0.3% of their total sales volume. When extrapolating this loss rate to the 2022 sales volume nationwide (approximately 4,424,960.91 m³), it becomes apparent that approximately 13,400 m³ of gasoline vapor is released into the atmosphere annually. If this emission amount could be recovered through vapor recovery systems, it could significantly contribute to meeting the gasoline consumption needs of provinces such as Ardahan, Bayburt, Hakkâri, and Tunceli, each with less than 3,000 m³/year of gasoline sales.

A notable outcome of this study underscores the importance of preventing and recovering gasoline-related emissions through vapor recovery systems, aligning with Turkey's commitment to reduce emissions by at least 35% compared to 2020 levels by 2030 and achieve net-zero emissions by 2053, as declared in 2023. The emission sources and rates identified in this study offer valuable insights for calculating emissions at fuel stations. Implementing vapor recovery systems facilitates easy determination and monitoring of system efficiency, contributing measurably to emission reduction and the 2053 net-zero carbon targets.

Considering the results and implications derived from Istanbul and extrapolated nationwide, it is evident that the Vapor Organic Compound (VOC) emission control regulations introduced in 2018, as part of the adaptation process to the European Union, and the implementation of Vapor Recovery Systems (VRS) in gasoline and naphtha storage and distribution constitute a significant mitigation effort within the petroleum industry, specifically at fuel stations. Recovering gasoline vapor not only has the potential for substantial economic gains in the country but also contributes to creating healthier urban environments, aligning with the United Nations Sustainable Development Goals.



1. GİRİŞ

Yaşadığımız son çeyrek yüzyıl dönem Sera Gazı (SG) emisyonlarını azaltarak iklim değişikliği ile başa çıkma ve iklim değişikliğine uyum sağlayarak afetlere karşı dirençli olma aciliyetinin bizler tarafından hiç olmadığı kadar açık bir şekilde kabul edildiğini göstermektedir. Ülkemiz yakın zamanda iklim değişikliğinin etkisi ile artan hava sıcaklıkları, orman yangınları, kuraklık, sel ve aşırı hava olayları gibi afetler ile karşı karşıya kalmıştır. Nüfus yoğunluğu ve ekonomik katkısı en fazla ili olan İstanbul, iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve uyum sağlama gerekliliğinde öncü rol üstlenmesi beklenmelidir.

Avrupa ile Asya'yı kuşatan hareketli bir metropol olan İstanbul'un kentsel peyzajı, küresel düzeyde tanık olunan hızlı kentleşme ve ekonomik gelişmenin sembolü durumundadır. Bu kentsel altyapının merkezinde akaryakıt istasyonları, şehirdeki taşımacılık ve enerji dağıtım ağının hayati düğümleri olarak görev yapmaktadır. İstanbul'un dinamik ve büyüyen nüfusu, şehirde bulunan akaryakıt istasyonlarına büyük ölçüde bağımlıdır. Ancak bu işletmeler hızla değişen çevresel ve iklimsel peyzajla kesişmekte; bu da benzersiz bir dizi zorluk sunmaktadır.

Çevreye ve insan sağlığına doğrudan ve dolaylı etkileri olan Uçucu Organik Bileşik (UOB) emisyonlarına ciddi seviyede katkıda bulunan petrol endüstrisi ve alt sektörü olan akaryakıt istasyonları, günümüzde değişen iklim stratejilerine uyum sağlama zorunluluğu ile yüzleşmektedir. Bu bağlamda, akaryakıt istasyonlarının sürdürülebilirlik ve afet zarar azaltma çabalarını düşünmek ve bu çabaların daha geniş çevresel ve iklim hedefleriyle nasıl örtüştüğünü anlamak önemlidir. Literatür, afet zarar azaltma çalışmalarını farklı bağlamlarda incelemiş olmasına rağmen, ülkemizdeki akaryakıt istasyonu sektörüne yönelik afet zarar azaltma stratejilerine, UOB emisyonlarını azaltmak için uygulanan başlıca adım olan benzin buharının geri kazanımı dahil, zarar azaltma çalışmalarının nasıl entegre edileceğine dair bir araştırma boşluğu bulunmaktadır. Ayrıca, bu stratejilerin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi ve emisyonları azaltma potansiyeli, araştırma gereksinimini doğuran önemli bir inceleme alanıdır.

Bu tez, İstanbul'daki akaryakıt istasyonları bağlamında afet zarar azaltma ve sürdürülebilirlik çabalarının etkileşimini incelemek amacıyla başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Benzin buharı geri kazanım sistemleri ve sürdürülebilir uygulamalar gibi belirli önlemlerin etkililiğini değerlendirerek, iklim değişikliğiyle başa çıkmakla kalmayıp aynı zamanda iklim değişikliği üzerindeki azaltma rolü incelenmektedir. Bu sayfalarda gerçekleştirilen araştırma ayrıca, İstanbul'daki akaryakıt istasyonlarında afet dirençliliğini ve çevresel sürdürülebilirliği artırma, emisyonları azaltma ile ilgili potansiyel fırsatları ve zorlukları tanıtmayı amaçlamaktadır.

Sonraki bölümlerde, mevcut literatür ayrıntılı bir şekilde incelenerek afet zarar azaltma çalışmalarının önemini irdelenecek ve benzin buharı geri kazanım sistemleri gibi sektörde uygulanan belirli önlemlerin rolü değerlendirilecektir. Sonuç olarak akaryakıt istasyonları sektöründe sürdürülebilirlik, afet zarar azaltma ve iklim değişikliği uyumunun çok yönlü ilişkisini daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilmesi için genel bir çerçeve oluşturularak sonraki çalışmalar için taslak çizilecektir.

1.1 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, İstanbul'da bulunan akaryakıt istasyonlarındaki afet zarar azaltma çabalarını sürdürülebilirlik ve sıfır karbon emisyon hedefi perspektifinden kapsamlı bir şekilde incelemektir. Benzin buharı geri kazanım sistemleri ve sürdürülebilir uygulamalar da dahil olmak üzere afet dirençliliğine yönelik uygulamaların entegrasyonunu inceleyerek, bunların hem çevresel sürdürülebilirlik hem de afete hazırlık üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu tür stratejilerin UOB emisyonlarının azaltılmasına ve iklim değişikliği etkilerinin etkili bir şekilde hafifletilmesine nasıl katkıda bulunabileceğini İstanbul'daki akaryakıt istasyonu faaliyetleri bağlamında incelenmiştir.

Ampirik araştırma, veri analizi ve İstanbul'a özgü vaka çalışmaları aracılığıyla bu tez, petrol endüstrisi akaryakıt istasyonları alt sektöründe afet zarar azaltma, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğine uyumun kesiştiği noktalar hakkında değerli bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır. Nihayetinde, politika yapıcılar, sektör paydaşlarını ve çevre savunucularını, akaryakıt istasyonlarında kapsamlı afet zarar azaltma stratejilerinin uygulanmasıyla ilgili potansiyel faydalar ve zorluklar hakkında bilgilendirmeyi ve böylece İstanbul'da ve ülkemizin diğer şehirlerinde daha sürdürülebilir ve dirençli bir kentsel ortamı teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

1.2 Literatür Araştırması

Petrol endüstrisinde perakende olarak isimlendirilen akaryakıt istasyonları alt sektörü, otomobillerden ticari ağır tonajlı araçlara kadar birçok büyüklükteki ve tipteki taşıta benzin motorin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) vb. nihai petrol ürünlerini sağlayarak yerel ve küresel ekonomide önemli bir rol oynamaktadır. Ancak petrol endüstrisi ve dolayısıyla akaryakıt istasyonları, iklim değişikliğinin sonuçlarından, özellikle artan UOB emisyonlarından kaynaklanan etkilere karşı ayrıcalıklı değildir.

İklim değişikliğinin etkileri yoğunlaştıkça, akaryakıt istasyonları daha sık karşılaşılan aşırı hava olayları, doğal afetlerin artan riskleri ve değişen çevre politikaları doğrultusunda faaliyetlerinden kaynaklanan UOB emisyonlarının azaltım ihtiyacına yanıt verilmesi gibi bir dizi zorlukla karşı karşıyadır. Ayrıca SG emisyonlarının azaltılması için küresel boyutta ve ülkemizde uygulamaya başlayan bir dizi yasal düzenleme de petrol endüstrisinde önemli teknik değişikliklere neden olmuştur. Bu literatür taraması, iklim değişikliği ve iklim değişikliğine karşı akaryakıt istasyonlarında zarar azaltma çabalarına inceleyen mevcut araştırmalara odaklanırken, özellikle sürdürülebilirlik üzerine durmaktadır. Ayrıca, bu kritik alandaki araştırma boşluklarını belirlemeyi amaçlamaktadır.

Temel olarak insan faaliyetlerinden kaynaklanan SG emisyonlarının neden olduğu iklim değişikliği, artan sıcaklıklar, deniz seviyesinin yükselmesi ve aşırı hava olayları gibi çeşitli olumsuz etkilere yol açmıştır. Ayrıca tüm bu olumsuz etkiler nedeniyle Dünya'nın bir çok bölgesinde topluluklar yaşadığı yerleri terk etmek zorunda kalmaktadır. “İklim Göçmen Akımı” olarak adlandırılan bu durum, ev sahibi toplumlar için yük oluşturabilmekte ve göçmen toplum ile yerli halkla çatışmalara yol neden olabilmektedir (Sekiyama, 2022). Akaryakıt istasyonları, UOB emisyonlarının önemli katkıda bulunanlar olarak iklim değişikliğinin önemli bir parçasıdır. Birleşmiş Milletler Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre, akaryakıt istasyonları ve temel bir parçası oldukları ulaşım sektörü, küresel SG ve UOB emisyonlarının önemli bir kısmından sorumludur (Calvin ve diğ, 2023).

İklim değişikliği ve doğal afetlerin getirdiği riskleri azaltmak için akaryakıt istasyonlarının altyapı dirençliliğini artırmaktan sürdürülebilir uygulamaları hayata geçirmeye kadar geniş bir yelpazede çeşitli zarar azaltma çalışmaları yürütülmektedir. Başlıca zarar azaltma çalışmalarını şu şekilde özetleyebiliriz.

- **Benzin Buharı Geri Kazanım (BGK):** Taşıtlara ve depolama tanklarına akaryakıt doldurulması sırasında UOB salınımını yakalamak, önlemek ve geri kazanımı, akaryakıt istasyonlarında giderek daha fazla önemli hale gelmektedir. Benzin buharını geri kazanmak sadece hava kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda zararlı kirleticilerin kaçışını en aza indirerek çevresel sürdürülebilirliği de arttırmaktadır (Shearston ve Hilpert, 2020).
- **Altyapı Dirençliliği:** Akaryakıt istasyonları, kasırgalar, sel ve orman yangınları gibi aşırı hava olaylarına karşı dirençli olacak şekilde altyapı standartlarını geliştirmektedir. Ülkemizde akaryakıt istasyonları için uygulanan TS 12820 Akaryakıt istasyonları-Emniyet gerekleri standardı ve diğer teknik düzenlemeler, yakıt depolama tanklarının ve akaryakıt ürün hatlarının niteliklerini yükseltmekte; olası yakıt sızıntılarını ve altyapı hasarını hızlı bir şekilde tespit etmek için gelişmiş izleme sistemlerinin uygulamasını zorunlu kılmaktadır.
- **Yenilenebilir Enerji Dönüşümü:** Son yıllarda, akaryakıt istasyonları enerji ihtiyaçlarını güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerinden karşılamaya başlamıştır. Bu akaryakıt istasyonlarının karbon ayak izini azaltabilir ve sürdürülebilirlik açısından daha uygun hale getirmektedir (Fernández-Torres ve diğ, 2022).
- **Yeşil Teknolojiler:** Akaryakıt istasyonları, yeşil teknolojilerin benimsenmesi konusunda öncü bir rol üstlenmektedir. Elektrikli araç (EA) şarj istasyonları ve daha yakıt verimli ekipmanlar gibi yeşil teknolojilerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojiler SG emisyonlarını azaltmaya ve akaryakıt istasyonlarını sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale getirmeye yardımcı olmaktadır.

Akaryakıt istasyonları bağlamında sürdürülebilirlik, işletmelerin uzun vadeli yaşayabilirliğini sağlarken çevresel etkileri en aza indirme çabalarını kapsamaktadır. Sürdürülebilirlik yaklaşımı, benzin istasyonlarının iklim değişikliğine uyum sağlaması, karbon ayak izini azaltması ve UOB'ler de dahil olmak üzere emisyonların yarattığı zorlukları ele alması için gereklidir. Ancak, benzin buharı geri kazanımının rolü de dahil olmak üzere, afet zarar azaltma çabalarını sürdürülebilirlik

perspektifinden akaryakıt istasyonları özelinde inceleyen sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu araştırma boşluğu, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğuna işaret etmektedir.

Bazı çalışmalar akaryakıt istasyonlarında afet zarar azaltma çabalarını araştırmış olsa da, çok azı BGK sistemlerinin entegrasyonu da dahil olmak üzere bu çabaların sürdürülebilirlik yönünü incelemiştir. BGK gibi sürdürülebilirlik uygulamalarının akaryakıt istasyonlarında afet direncini nasıl artırabileceğine ve UOB emisyonlarını nasıl azaltabileceğine dair kapsamlı bir inceleme mevcut literatürde sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, akaryakıt istasyonlarının BGK da dahil olmak üzere afet zarar azaltma stratejilerini iklim değişikliğinin yarattığı zorlukları ele almak için sürdürülebilirlik hedefleriyle nasıl uyumlu hale getirebileceklerini anlamada önemli bir araştırma boşluğu bulunmaktadır.

Bu literatür taraması, sürdürülebilirliğe vurgu yaparak, akaryakıt istasyonlarındaki afet zarar azaltma çabalarına ilişkin mevcut araştırma durumuna genel bir bakış sağlamıştır. Akaryakıt istasyonlarının iklim değişikliği kaynaklı afetlere karşı dayanıklılıklarını artırmak, karbon ayak izlerini azaltmak ve UOB'ler de dahil olmak üzere SG emisyonlarını en aza indirmek için adımlar attığı açıktır. Bu tez, BGK sistemlerine odaklanarak, akaryakıt istasyonları bağlamında afet direnci ve sürdürülebilirlik arasındaki potansiyel sinerjileri araştırarak bu boşluğu ele almayı amaçlamaktadır.

1.3 Hipotez

Benzin buharı geri kazanım sistemleri ve sürdürülebilir uygulamaların entegrasyonu da dahil olmak üzere kapsamlı afet zarar azaltma stratejilerinin İstanbul'da bulunan akaryakıt istasyonlarında uygulanması hem çevresel sürdürülebilirliği hem de afet direncini artıracak, böylece uçucu organik bileşik emisyonlarının azaltılmasına ve bölgedeki iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesine katkıda bulunacaktır.

Bu hipotez, BGK sistemleri ve sürdürülebilir uygulamalar da dahil olmak üzere afet zarar azaltma çabalarının benimsenmesi ve etkili bir şekilde uygulanmasıyla, İstanbul'daki akaryakıt istasyonlarının çevresel etkisinin azaltılması, iklim değişikliği kaynaklı afetlere karşı direncin artırılması ve UOB emisyonlarının azaltılması dahil olmak üzere birçok fayda sağlayabileceğini öne sürmektedir. Bu çalışmada İstanbul

ilinde bir akaryakıt dağım firmasına ait 124 ad. akaryakıt istasyonu seçilmiştir. Seçilen akaryakıt istasyonlarının benzin ürünü satış miktarı ve ikmal edilen ürün miktarı dikkate alınarak oluşan benzin buharı emisyonu ampirik modeller ve teorik kabuller kullanılarak hesaplanmış ve coğrafi bilgi sistemi üzerinde çevresel etkileri incelenmiştir.



2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE AFET YÖNETİMİ

2.1 İklim Değişikliği Kavramı

İklim değişikliği veya diğer kullanım şekli ile iklim krizi ifadesi, günümüzde Dünya'nın ortalama sıcaklığındaki küresel değişiklikleri ve bu sıcaklık değişiminin yarattığı sonuçları ifade etmek için kullanılan bir terimdir. İklim değişikliği karmaşık, uzun süreli bir tehlike olarak mevcut afet tehlike tanımlaması içine rahatça oturmamaktadır. Hem Dünya'nın hareket döngüsü içinde doğal bir olgu olarak hem de insan kaynaklı faaliyetlerin, özellikle de SG emisyonlarının karmaşık etkileşimi ile karakterize edilen bir olgudur. Bu bölümde sürdürülebilirlik ve afet zarar azaltma konularına odaklanılarak iklim değişikliği kavramı ve bu kavramın petrol endüstrisinde perakende satış yapılan akaryakıt servis istasyonları bağlamındaki etkisi araştırılmaktadır.

Binlerce yıldır Dünya'nın atmosferik bileşimini düzenleyen doğal karbon döngüsü, özellikle son yüzyılda insan faaliyetleri nedeniyle önemli ölçüde bozulmuştur. 19.yy başlarına kadar geçen bin yıllık periyotta atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu milyonda yaklaşık 280 ppm seviyesinde nispeten sabit kaldığı kabul edilmektedir. Ancak 19 yy.'da başlayan sanayi devrimi önemli bir dönüm noktası olarak atmosferdeki CO₂ seviyelerinde belirgin ve sürekli bir artışa neden olmuştur (Fernández-Torres ve diğ, 2022).

Karbon döngüsündeki bu dönüşüm, artık inkâr edilemeyecek kadar açık olan bir dizi sonuç zincirini başlatmıştır. Sanayi devrimi ile başlayan SG'lerinin küresel ısınma üzerindeki açık etkisine karşın Dünya'da özellikle 19 yy. başlarında alışılmadık derecede yoğun yaşanan volkanik patlamalar güçlü bir soğumaya; 20 yy. başlarında ise düşük volkanik faaliyet nedeniyle de ısınmaya neden olmuştur. Bu iklim değişikliğinin sadece SG emisyonlarının artışına bağlanmasının doğru olmayacağını; karmaşık ve birbirine bağlı sistemlerin de göz önüne alınması gerektiğini göstermektedir (Hegerl ve diğ, 2019).

İklim değışikliği coğrafi sınırları ve zamansal ölçekleri aşan sıra dışı bir küresel sorundur. Uzun süreli kuraklıkları, yıkıcı selleri ve sayısız aşırı hava olayını kapsayan bir tehlike silsilesi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu olaylar, yerel insan toplulukları için doğrudan tehdit oluştururken, ülkelerin ve kıtaların aslında birbirlerine ne kadar bağlı olduklarını da göstermektedir. İklim değışikliğinin çok yönlü doğası, kısa ve uzun vadeli boyutları beraberinde getirmekte ve nihai sonuçları hakkında belirsizliği yaratmaktadır. Bununla birlikte, iklim değışikliğinin mevcut afet tehlikelerini şiddetlendirdiği, insanların geçim kaynaklarını, yerleşim yerlerini ve kritik altyapıları tehlikeye attığı; aynı zamanda artan belirsizlik ve yaşanan afetlerin sıklığı karşısında ekosistemlerin ve toplumların direncini aşırdığı tartışmasızdır.

İklim değışikliği, ortalama hava şartlarında sürekli değışimlere yol açarak aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini arttırmaktadır (Dong ve diğ, 2022). Fırtınalardan uzun süreli kuraklıklara kadar uzanan bu afetler, insan refahı ve çevresel istikrar için derin riskler oluşturmaktadır. İklim değışikliği sadece tehlikeleri yoğunlaştırmakla kalmaz, aynı zamanda sosyal, siyasi ve ekonomik dinamiklerle karmaşık etkileşimlere de katkıda bulunur. Bu olgu, su kıtlığı nedeniyle çiftçiler ve göçebeler arasındaki kaynak anlaşmazlıklarından, nüfusun yer değıştirmesine yani iklim göçüne, kaynaklar için rekabete yol açan, etnik gerilimleri şiddetlendiren ve potansiyel olarak çatışmaları ateşleyen çeşitli çatışma biçimleriyle ilişkilendirilmiştir (Sekiya, 2022).

İklim değışikliğinin ekonomik etkileri çok geniş ve çok yönlüdür. Sıcak hava dalgaları ve seller gibi iklimle ilgili aşırı hava olayları altyapıya zarar vermekte ve tedarik zincirlerini bozarak önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Örneğin, 35.000 kişinin hayatına mal olan ve 15 milyar dolarlık tarımsal kayba yol açan 2003 Avrupa sıcak hava dalgasının, yüzyılın ortalarında olağan hale geleceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, ABD Enerji Bakanlığı'nın tahminlerine göre, günümüzden 2030 yılına araç kullanımında nüfus artışını geride bırakan önemli bir artış yaşanacak ve uluslararası yönetim sistemleri iklim değışikliğini hafifletmek için harekete geçmezse CO₂ emisyonlarında önemli bir artış oranı devam edecektir (Newman ve diğ, 2009).

İklim değışikliğinin en derin sonuçlarından biri tarım ve gıda güvenliği üzerindeki etkisidir. Değişen hava modelleri, artan sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri mahsul verimini ve hayvancılığı tehdit etmektedir. Çiftçiler, gelir kaybı ve gıda fiyatlarında artışla sonuçlanan benzeri görülmemiş zorluklarla karşı karşıyadır. Aşırı durumlarda, gıda kıtlığı bazılarını hayatta kalma aracı olarak şiddete başvurmaya itebilmektedir

Sıcaklık ve yağış gibi hava değişikliklerinin insanlar üzerinde huzursuzluk gibi psikolojik veya fizyolojik etkileri olabilmekte ve bu da şiddet eylemlerine yönelimi arttırmaktadır. Örneğin, daha yüksek sıcaklıkların toplumsal ayaklanmalara ve hükümet darbeleri gibi siyasi huzursuzluklara neden olma olasılığı daha yüksektir. Sıcaklıktaki değişiklikler aynı zamanda cinayet, saldırı, tecavüz, soygun ve spor kavgaları gibi çeşitli kişiler arası şiddet türlerini de etkilemektedir. Bir çalışmada ortalama küresel sıcaklıktaki her 1°C'lik artış için dünya genelinde cinayetlerde %6'lık bir artış öngörülmüştür. Ayrıca şehirlerin altyapılarına zarar veren şiddetli ve sık sel afetleri merkezi hükümetlerin gelirlerinin azalmasına ve daha fazla hükümet bütçesinden onarımlar için kaynak ayırmasına neden olmaktadır. Böylece zamanla hükümetlerin yönetim ve güvenlik kapasitelerini düşürmekte, toplumsal olaylara kapı açmakta veya mevcut çatışmaların uzamasına neden olmaktadır (Sekiya, 2022).

İklim değişikliği yeni bir olgu olmamakla birlikte, ortaya çıkan tehditler kategorisine girmekte ve önemli bir küresel risk olarak kabul görmektedir. Avrupa Birliği (AB) iklim değişikliğinin dünyadaki birçok çatışmanın uzak bir nedeni olduğunu Avrupa Komisyonu'nun 2008 yılında Avrupa Parlamentosu'na sunduğu iklim değişikliği raporunda ve daha yakın zamanda Ortak Dış ve Güvenlik Politikası belgesinde kabul etmiştir. 2004 yılında Birleşik Krallık Baş Bilim Adamı Sir David King, iklim değişikliğini terörizmden daha büyük bir tehdit olarak nitelendirmiştir. İklim değişikliğinin ele alınmasına yönelik küresel uzlaşma ise, Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri Ban Ki-moon'un Kasım 2007'de iklim değişikliğini "çağımızın belirleyici sorunu" olarak tanımlamasıyla doruğa ulaşarak kaçınılmaz bir ivme kazanmıştır (O'Brien ve diğ, 2006).

Tüm bu gerçekler doğrultusunda uluslararası toplum, küresel ortalama sıcaklıkların sanayi devrimi öncesi seviyelerin 2 ila 2,5 °C üzerine çıkmasını engelleme zorunluluğu etrafında toplanmıştır. Bu artış eşiğinin geçilmesi, kıyı bölgelerinin ve büyük şehirlerin terk edilmesini gerektirebilecek ciddi biyoçeşitlilik kaybı ve yoğunlaşan fırtınalar gibi sonuçları ortaya çıkarması öngörülmektedir (Newman ve diğ, 2009).

Küresel ısınmanın 2 santigrat derecenin çok altında sınırlandırılması temel hedefiyle Paris Anlaşması Kühne (2021) küresel iklim eyleminin aciliyetini bizlere göstermektedir. Günümüzde hızlanan iklim değişikliğiyle bağlantılı afet riskinin azaltılmasına yönelik çabalar da iki temel yapı / kuruluş tarafından koordine

edilmektedir: Bu kuruluşlar Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (BMARAO), ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir (BMİDÇS).

BMİDÇS 1992 yılında anlaşma ile kurulmuş tüzel bir kişiliktir. Temel olarak SG emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğine adaptasyon konularına odaklanmaktadır Karar alma süreci sözleşmeyi imzalayan taraf ülkelerin temsilcilerinden oluşan taraflar konferansı (COP) olarak adlandırılan politika belirleme organı tarafından yürütülmektedir (Kelman, 2017.). Genel olarak iyi ve yeterli maddi ve teknik kaynaklara sahip bir yapıdadır. Paris anlaşmasında ortaya konan sıcaklık hedefi aracılığıyla BMİDÇS'nin nihai hedefi olan iklim sistemine insan kaynaklı müdahalenin sınırlandırılması işlevsel hale getirilmiştir.

Buna karşılık BMARAO, tüm tehlikelerin yarattığı riskleri azaltma konusunda ortak bir çıkar etrafında birleşen kuruluşların oluşturduğu bir ortaklıktır. İsviçre'nin Cenevre kentindeki görece daha küçük ve yetersiz sayılabilecek finansmana sahip bir sekreteryaya tarafından koordine edilmektedir (O'Brien ve diğ, 2006).

BMİDÇS ve BMARAO'nun artarak devam eden iklim değişikliğine ilişkin risklerin azaltılması olarak özetlenebilecek örtüşen bir gündemi bulunmaktadır. Ancak bu gündeme ilişkin kuruluşların yaklaşımları farklıdır. BMİDÇS, zarar azaltma ve iklim değişikliğine adaptasyon yaklaşımını benimsemektedir. BMARAO ise teorik olarak doğal afet risklerinin temel nedenlerini ele almaya önem verse de uygulamada üye ülkeler afetlere hazırlıklı olmayı öne almış; dirençliliği sağlayacak yereldeki bilgi ve kapasiteyi bir noktaya kadar geliştirebilmişlerdir.

Genel olarak değerlendirildiğinde her iki kurumun çalışmalarının iklim değişikliği karşısında halen yetersiz kaldığı bir gerçektir. Bu yetersizlik doğal olarak afet yönetimi ve iklim değişikliği konusunda iş birliği yapması gereken devletler ve devlet organları arasındaki iletişimi etkisiz kılmaktadır. Ayrıca iklim değişikliğinde en fazla etkilenebilecek kırılgan topluluklar ve gruplarla da diyalog kurulmasını engellemektedir.

İklimle ilgili risklerle uğraşırken, dirençliliği inşa eden ve güçlendiren uyum tedbirlerinin başlangıç noktası, iklim değişkenliği ve aşırılıklarına karşı mevcut zarar görebilirliğin anlaşılmasıdır. İklim değişikliğine uyum ve afetlere yönelik zarar azaltma çalışmalarında ihtiyaç duyulan yaklaşım, iklim değişikliğinin getirebileceği

uzun vadeli dönüşümlerle insanların hem ulusal hem bölgesel hem de yerel düzeyde başa çıkabilecek duruma getirilmesidir. Bu yaklaşımın anahtar kavramları hedeflere ulaşabilme ve sürdürme kabiliyeti anlamına gelen kapasite geliştirme ve dirençliliklerdir.

İklim değişikliğine uyumu hedefleyen ülkeler ve siyasi sorumlular, tarım, ormancılık, kıyıların ve su kaynaklarının kullanımı, şehirleşme, altyapı vb. arazi planlaması kullanım kararlarında uzun vadeli ve zor sayılabilecek politik kararlar vermek zorunda kalacaktır (O'Brien ve diğ., 2008). Hükümetler iklim değişikliğinin etkisi ile yaşanamaz hale gelecek bölgelerin terk edilmesi ve nüfusun yeni yerlere yerleştirilmesi kararını alabilirler. Ulusal boyutta böylesine ciddi sorunlar ile başa çıkabilmek için karar alma süreçlerinde sadece güçlü, sürdürülebilir ve kabul görmüş kurumların yanında eğitimli bir nüfusa ve sivil toplum yapısına ihtiyaç duyulacaktır (O'Brien ve diğ., 2006).

İklim değişikliğine uyum, iklim değişkenliği ve değişikliğinden kaynaklanan riskleri azaltmayı ve fırsatları değerlendirmeyi amaçlayan bir dizi stratejiyi kapsar. Özellikle, bu faaliyetler afet riskinin azaltılması kapsamına girmekte ve dirençliliğin ve hazırlığın artırılmasındaki ortak hedeflerini yansıtmaktadır.

İklim değişikliği doğrudan afet tehlikelerini etkilemektedir. Afet yönetimi açısından ise zarar görebilirlik kilit bir faktördür. İklim değişikliğinin zarar görebilirlik üzerindeki etkisi çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin arasında karmaşık bir etkileşiminden kaynaklanmaktadır (K. O'Brien ve diğ., 2008). Bu faktörler arasındaki etkileşim belirli bir olayın neden olabileceği hasarın boyutunu ve bu hasarı öngörebilme, olay sonrası başa çıkma, direnme ve olay sonrası iyileştirme kapasitesini belirler. Nüfuslar için risk, bu tehlikelerin ve kırılganlıkların karşılıklı etkileşiminden kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak iklim değişikliği yarattığı karmaşık ekonomik ve sosyal zorluklar ağı ile birlikte çok boyutlu ele alınması gereken bir olgudur. İklim değişikliği, bozulan karbon döngülerinden küresel sıcaklık trendlerine, aşırı hava olaylarına ve bunların geniş kapsamlı sonuçlarına kadar dünyamızın her alanına nüfuz etmektedir. Bu tezin ilerleyen bölümlerinde, petrol sektöründe akaryakıt istasyonlarının iklim değişikliğinin üzerindeki spesifik etkileri daha derinlemesine incelenecek ve bu kritik bağlamda sürdürülebilirlik ve afet zarar azaltma stratejileri araştırılacaktır.

2.2 Karbon Ayak İzi

İklim değışikliği, insanlığın karşı karşıya olduğu en kritik zorluklardan birini olarak küresel ölçekte çevresel kaygıların ilk sırasına yerleşmiştir. İçinde bulunduğumuz atmosferin sınırının olmaması; dünya ekonomilerinin ticaret ve sermaye akışları yoluyla birbirine bağlı olması, SG emisyonlarının azaltılması için uluslararası iş birliğinin zorunlu kılmaktadır. Bu bölümde karbon ayak izi kavramı ele alınmakta, SG azaltılmasına yönelik uluslararası çerçeve, farklı ülkelerin rolü ve bu acil küresel sorunu ele almak için kullanılan stratejiler incelenmektedir.

SG azaltılmasında uluslararası iş birliğinin kurumsal çerçevesi 1992 yılında Brezilya'nın Rio şehrinde düzenlenen Yeryüzü Zirvesinde imzaya açılan BMİDÇS'ine dayanmaktadır. On yılı aşkın bir süredir yürürlükte olan bu dönüm noktası niteliğindeki anlaşma, iklim değışikliğinin küresel ölçekte ele alınmasına zemin hazırlamıştır.

BMİDÇS'yi tamamlayan 1997 Kyoto Protokolü ise bugüne kadar müzakere edilmiş en karmaşık uluslararası anlaşmalardan birini oluşturmaktadır. Kyoto Protokolü'nün temelinde, 2008-2012 döneminde gelişmiş ülkeler için yasal olarak bağlayıcı emisyon azaltma hedefleri kavramı bulunmaktadır. Bu hedefler SG emisyonlarının önemli ölçüde azaltılmasını gerektirmektedir. Bu ülkeler, yerel çabalarla ya da uluslararası girişimlere katılarak hedeflerine ulaşma esnekliğine sahiptir.

Kyoto Protokolü, SG emisyonu hedefleri olan ülkelerin anlaşma yükümlölüklerini yerine getirmelerine yardımcı olmak amacıyla Ortak Uygulama (JI), Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM) ve Uluslararası Emisyon Ticareti (IET) olmak üzere üç esnek mekanizma getirmiştir (Ridley, 1998). Bu mekanizmalar, ülkelerin emisyon azaltılmasında sadece kendi sınırları içinde değil, aynı zamanda ekonomik açıdan daha verimli olabilecek ülke sınırları dışında da gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır (Yamin, 2012).

İklim değışimine karşı yönetim yaklaşımında Kyoto Protokolünden Paris anlaşmasına geçiş önemli bir gelişme olarak görölmektedir. Bu iki uluslararası anlaşma, iklim değışikliğinin ele alınmasına yönelik yaklaşımdaki değışimleri yansıtan bazı temel hususlarda doğal olarak farklılaşmaktadır.

Kyoto Protokolü kabul edildiği 1997 yılından itibaren gelişmiş ülkeler için yasal olarak bağlayıcı emisyon azaltma hedefleri belirlemiştir. Protokole dahil olan ülkeler

hiyerarşik bir yapıda “gelişmiş” ve “gelişmekte olan” ülkeler olarak iki gruba ayrılmaktaydı. Birinci grup bağlayıcı taahhütleri üstlenirken ikinci gruptaki ülkelerin emisyon azaltma yükümlülükleri bulunmamaktaydı (Engin, 2010)

2015 yılında kabul edilen Paris Anlaşması, anlaşmaya dahil olan ülkeleri gelişmişlik durumlarına bakılmaksızın Ulusal Katkı Beyanı (UKB) olarak isimlendirilen iklim eylem planlarını belirlemeye ve duyurmaya teşvik etmektedir. Bu kapsayıcı yaklaşım ile iklim değişikliğinin ortak bir küresel sorun olduğunu ve her ülkenin katkıda bulunması gerektiği kabul etmektedir. Anlaşma Paris Anlaşması’nın uzun dönemli hedefi, endüstriyelleşme öncesi döneme kıyasla küresel sıcaklık artışının 2°C’nin olabildiğince altında ve mümkünse 1,5°C seviyesinde tutulmasıdır. Doğal olarak bu hedef petrol, kömür vb. fosil yakıtların kullanımının tedricen azaltılarak, yenilenebilir enerjiye yönelimi gerektirmektedir.

Özetle Kyoto Protokolü öncelikle gelişmiş ülkeler için yasal olarak bağlayıcı emisyon hedefleri içermekte ve yukarıdan aşağıya bir yaklaşımla hedefe ulaşmayı amaçlamaktaydı. Paris Anlaşması ise tüm ülkelerin gönüllü, bağlayıcı olmayan katkılarına dayanmaktadır. Kapsayıcılığı ve şeffaflığı teşvik etmektedir. Bu farklılıklar, uluslararası iklim değişiminin yönetiminde değişen dinamikleri yansıtmaktadır.

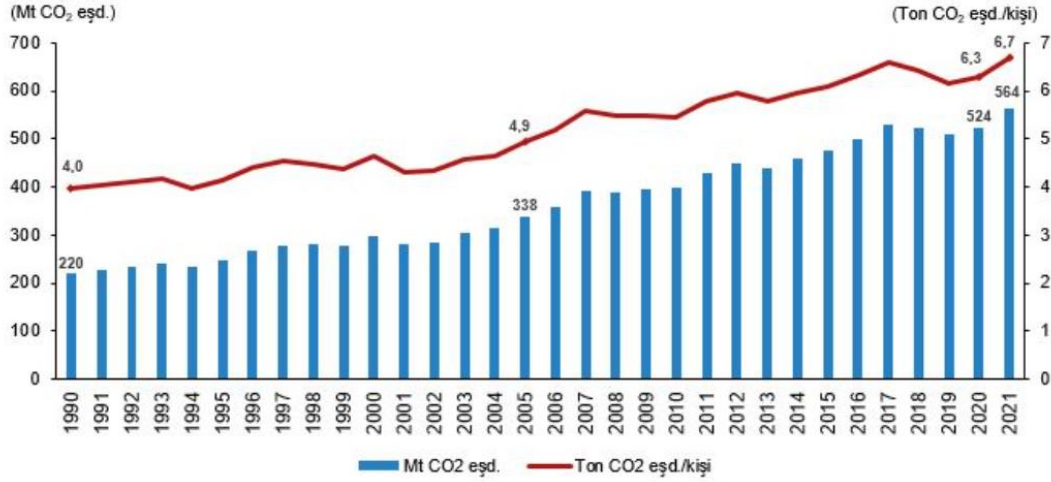
Ülkemizin 2016 yılında Paris Anlaşmasına dahil olması kendine has dinamikleri olan önemli bir gelişme olarak görülmelidir. Türkiye Asya ve Avrupa kıtalarının kesişmesinde benzersiz bir coğrafi konuma sahiptir. Kyoto Protokolü kapsamında gelişmekte olan bir ülke olarak sınıflandırıldığı için başlangıçta emisyon azaltım taahhütlerinden muaf kalmıştır. Ancak 2016 yılında Paris Anlaşmasına imza atarak küresel toplumun iklim değişikliğine karşın çabalarına uyum sağlamıştır.

Paris Anlaşması’nın bir tarafı olarak Türkiye, iklim eylem planlarını ve hedeflerini özetleyen UKB’yi sunmayı taahhüt etmiştir. Anlaşmanın şeffaflık mekanizmaları, Türkiye’nin kaydettiği ilerlemenin düzenli olarak raporlanması ve gözden geçirilmesi çağrısında bulunarak daha fazla hesap verebilirliği teşvik etmektedir. Ayrıca 21 Eylül 2021 tarihinde ilgili hükümet tarafından alınan karar ile 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefi de ilan edilmiştir (Url-1.)

Bu önemli kararlar ile Türkiye’nin iklim değişikliğinin önemini kabul ettiğini yansıtmaktadır. Ancak bu kabul politik, ekonomik ve sosyolojik zorlukları da

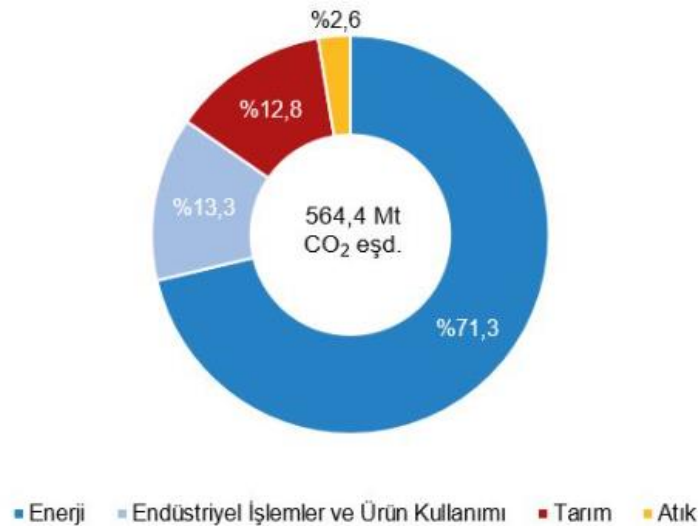
beraberinde getirmektedir. Türkiye'nin ekonomisi ağırlıklı olarak fosil yakıtlara bağımlı durumdadır (Okcu, 2022). Gerçekleştirilen ekonomik büyüme ile SG emisyonları arasında kuvvetli bir korelasyon olduğu gözükmemektedir (Şekil 2.1) (Url-2).

Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2021



Şekil 2.1 : Türkiye toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2021 (Url-2).

Toplam SG emisyonlarında 2021 yılında CO₂ eşd. olarak en büyük payı %71,3 ile enerji kaynaklı emisyonlar almıştır. (Şekil 2.2) (Url-2). Bu nedenle temiz üretim tekniklerinin uygulanması ve kullanılan enerji kaynaklarında dönüşümü gerektiren düşük karbonlu ekonomik modele ülkemizde geçiş, zorlu bir çabayı gerektirmektedir.

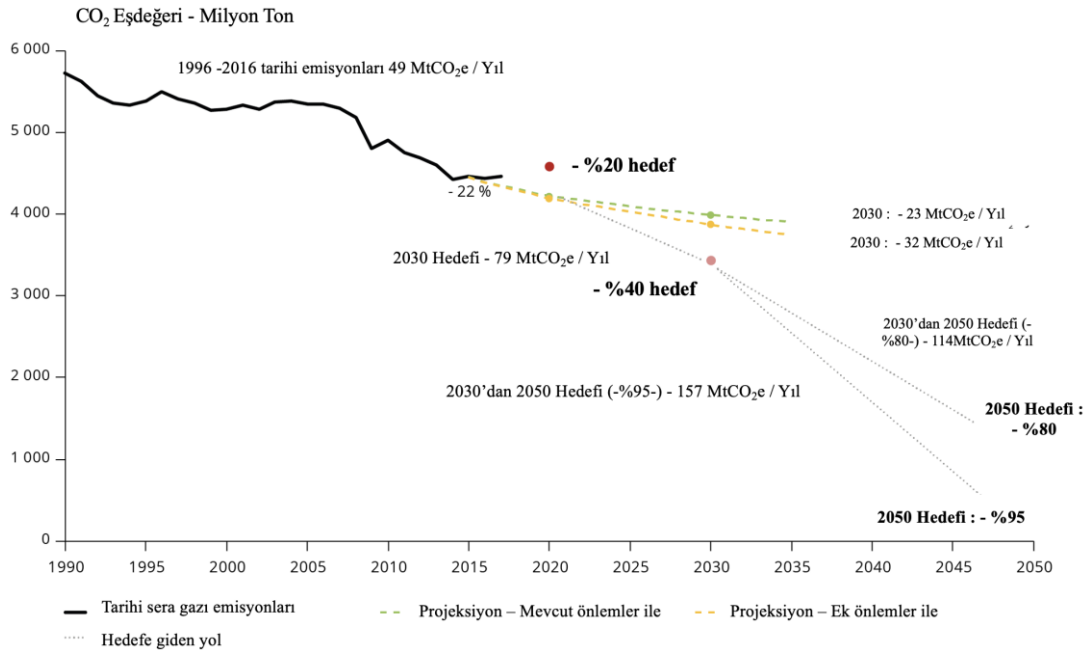


Şekil 2.2 : Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021 (Url-2).

2.3 İklim Politikalarının Fosil Yakıt Kullanımı Üzerindeki Etkileri

İklimi dengede tutmak için belirlenen politikaların temelini, uzun vadeli fosil yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltma oluşturmaktadır (Bauer ve diğ, 2015). Emisyon azaltım için iddialı hedefler ve zaman çizelgeleri içeren bu politikalar, enerji üretimi ve tüketim kalıplarında köklü değişikliklere yol açarak düşük karbonlu bir ekonomiye geçişi teşvik etmektedir. Örneğin dünyanın en büyük SG yayıcılarından biri olan Çin, 13. Beş Yıllık Planı içerisinde karbon emisyon salınımını azaltmak için 2020 yılına kadar karbon yoğunluğunu 2005 seviyelerine kıyasla % 40 ila %45 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir (Ameyaw ve diğ, 2019).

Bu hedefi yakalamak için de enerji verimliliği sağlayan iyileştirme projelerini teşvik etmiş ve enerji yoğun sektörlerde karbon emisyonlarını azaltmak için fosil olmayan yakıtların kullanımını desteklemiştir. AB de 2030 yılına kadar iklim politikası yol haritasını benimseyerek sera gazı üretimini önemli bir miktar olan 200 milyon tondan fazla azaltmayı planlamaktadır (Şekil 2.3) (Url-2). Bu politikanın sekiz farklı ekonomik sektörü doğrudan etkilemektedir. Bu sektörler arasında yer alan enerji sektörü SG üretimini %19'dan fazla azaltma hedefi ile en ciddi düşüşün yaşanacağı ekonomik faaliyet olacaktır.



Şekil 2.3 : AB sera gazı emisyon eğilimleri, projeksiyonları ve hedefleri (Url-3).

Düşük karbonlu ekonomi arayışında Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) karbon ayak izinin yönetilmesinde önemli bir araç olarak ortaya çıkmıştır. ETS, karbon üzerine bir

fiyat koyarak SG emisyonlarını azaltmayı amaçlayan ve emisyon yapanların emisyon tahsisatlarını alıp satmalarına izin veren piyasa temelli bir yaklaşımdır (Ridley, 1998). Bu sistem, şirketleri emisyonlarını sınırlandırmaya ve daha temiz teknolojilere doğru yenilik yapmaya teşvik ederek karbon ayak izlerini azaltır. ETS'nin benimsenmesi, iklim değişikliğini ele almak için piyasa temelli çözümler sağlayarak Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim anlaşmalarının hedefleriyle uyumludur. Birçok ülke iklim değişikliğini etkin bir şekilde ele almak için ETS'yi uygulamaya koymuştur.

AB iklim değişikliğine karşı lider olarak konumlandırmakta ve örnek uygulamalar ile öncü olmak istemektedir. AB iklim değişikliği konusunda iddialı hedefler belirlemiştir. Ancak iklim değişikliği ile mücadele etmek ve aynı zamanda uluslararası alandaki rekabet gücünü korumak için bu hedeflerin tek başına yeterli olmayacağının da farkındadır. Bu amaçla AB ilk olarak Avrupa Yeşil Anlaşması ile yeni bir politika aracı olarak Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) Karbon Sınır Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemini tanıtmıştır. SKDM ile AB'nin tüm ticari ortakları da ürünlerinin emisyon içeriklerinden sorumlu olacaktır.

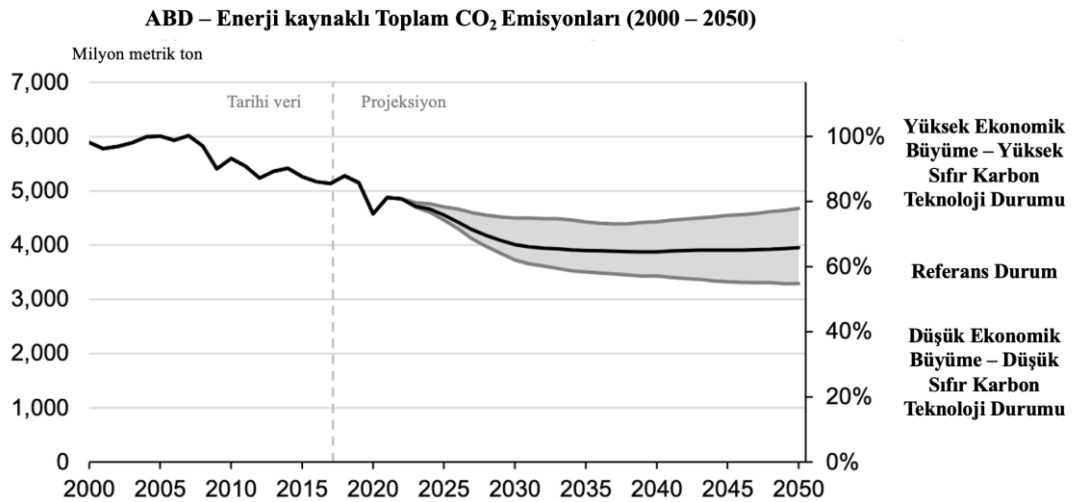
AB oluşturduğu ETS dünya çapında en köklü ve kapsamlı karbon ticaret sistemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. 2005 yılında başlatılan sistem, AB içinde geniş bir endüstri ve sektör yelpazesini kapsamaktadır. Sistem karbon emisyonlarına bir üst sınır koymakta ve katılımcı şirketlere ödenek tahsis etmektedir. Bu ödenekler şirketler arasında alınıp satılabilmekte ve emisyonların azaltılması için mali teşvikler sağlanmaktadır. AB ETS aynı zamanda yıllık bir azaltım hedefi belirlemekte ve hedefin takibini giderek daha sıkı hale getirmektedir. AB'nin konuya yaklaşımı, emisyonların azaltılmasında ve karbon ayak izlerinin etkili bir şekilde yönetilmesi için inovasyonun teşvik edilmesinde oldukça etkili de olmuştur.

Dünyanın en büyük sera gazı salıcısı olan Çin de, kendi ulusal karbon ticareti sistemini başlatmıştır. Bu girişim, ülkedeki karbon ayak izlerinin yönetilmesine yönelik önemli bir değişimi ifade etmektedir. Çin'in karbon piyasası, benzer şekilde kuruluşların emisyon izinlerini alıp satmasına olanak tanıyarak işletmeleri karbon emisyonlarını sınırlandırmaya teşvik etmektedir. Sistem, başlangıçta enerji üretimi, kimya ve imalat sanayilerini kapsayacak şekilde aşamalı olarak uygulanmaya başlamıştır. Sistemin kapsamı genişledikçe, önemli emisyon azaltımlarına yol açması ve Çin genelinde karbon yönetimi uygulamalarını etkilemesi beklenmektedir.

Kanada hem karbon vergilerini hem de üst sınır ve ticaret mekanizmalarını kullanan ulusal bir karbon fiyatlandırma sistemi benimsemiştir. Sistem, emisyon azaltımlarını teşvik etmeyi ve ülkeyi sera gazı azaltım hedeflerine doğru yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Kanada'daki eyaletler ve bölgeler, tercih ettikleri karbon fiyatlandırma yaklaşımını seçme esnekliğine sahiptir. Örneğin British Columbia karbon vergisi uygularken, Ontario ve Quebec gibi eyaletler üst sınır ve ticaret sistemlerini işletmektedir (Ameyaw ve diğ, 2019).

ABD'nin Paris İklim Anlaşmasına taraf olması siyasi bir konu olarak değerlendirilmektedir. 4 Kasım 2020'de resmi olarak anlaşmadan çekilmesine karşın seçim sonucu değişen hükümet ile kısa bir süre sonra 19 Şubat 2021 tarihinde anlaşmaya geri dönmüştür. ABD'de karbon fiyatlandırması da hem federal hem de eyalet düzeyinde tartışılan ve denenen bir konu olmuştur. ABD'de tek tip bir ulusal karbon fiyatlandırma sistemi bulunmamakla birlikte, birçok eyalet kendi karbon fiyatlandırma mekanizmalarını uygulamaya koymuştur.

Bu sistemler tipik olarak karbon vergileri veya üst sınır ve ticaret programları şeklinde olup karbon emisyonlarına bir fiyat koymayı ve emisyon azaltımlarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Ameyaw ve diğ, 2019). 2050 yılına kadar özellikle enerji kaynaklı emisyonların azaltılması için hedefler net olarak belirlenmiştir (Şekil 2.4) (Url-4).

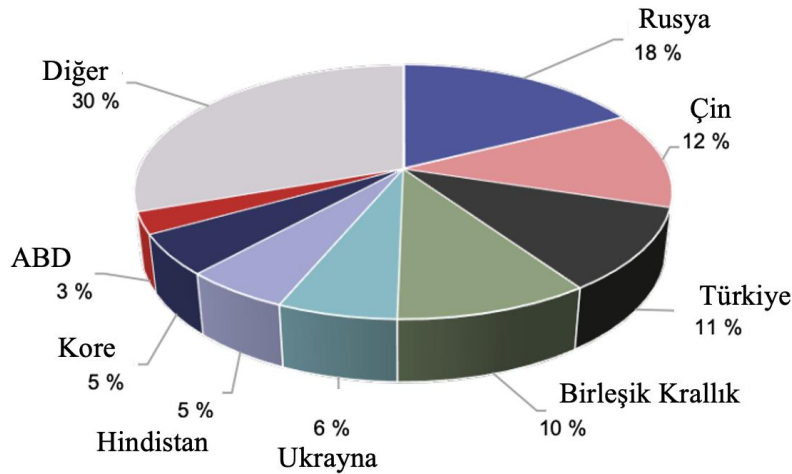


Şekil 2.4 : ABD enerji kaynaklı CO₂ emisyonları 2050 hedefi (Url-4).

Örneğin, Kaliforniya eyaleti bir üst sınır ve ticaret programı başlatırken, kuzeydoğu eyaletlerinde Bölgesel Sera Gazı Girişimi bulunmaktadır. Ayrıca, bazı ABD şehirleri kendi sınırları içerisinde karbon fiyatlandırma girişimlerini yürürlüğe koyarak iklim

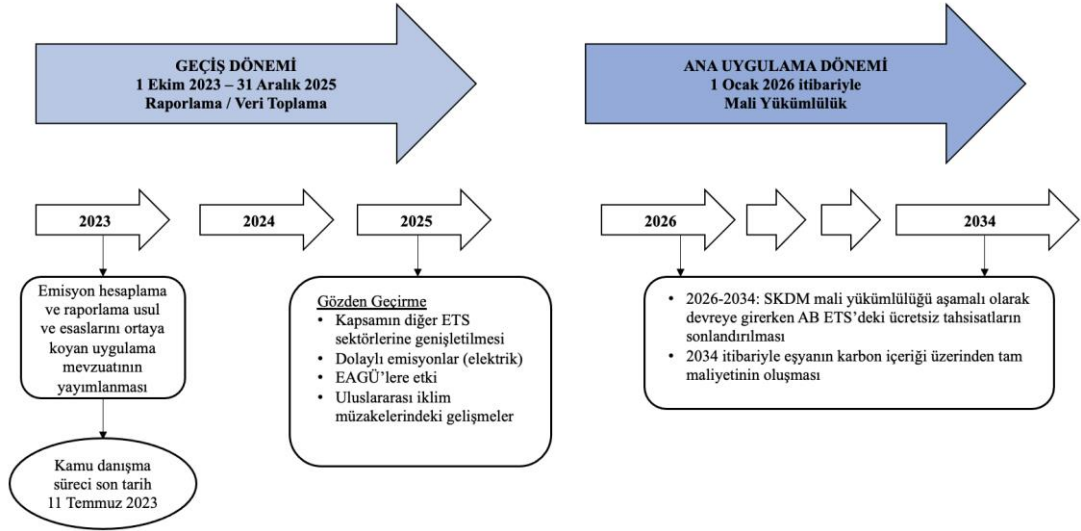
değişikliğinin ele alınmasında yerel boyutta eyleme geçmiştir. Kapsamlı bir federal karbon fiyatlandırma sistemi olmamasına rağmen, bu bölgesel çabalar ülkenin karbon ayak izlerini yönetme ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusundaki kararlılığını göstermektedir.

Türkiye özelinde ise AB, Türkiye'nin hayati öneme sahip bir ticaret ortağıdır. AB Türkiye'den büyük miktarda SKDM kapsamına giren ürün ithal etmektedir. Aşağıda verilen şekilde de görüleceği üzere ülkemiz AB bölgesine Rusya ve Çin'den sonra üçüncü büyük ihracatçı konumundadır (Şekil 2.5) (Simola, 2021). Bu ekonomik nedenlerle AB'nin iklim değişikliği konusunda yaptığı her düzenleme ülkemiz için önem arz etmektedir. Bu amaçla ulusal ETS'nin kurulması ve uygulanmaya başlaması için Dünya Bankası ile 1 Nisan 2022 tarihinde Karbon Piyasası Uygulama Ortaklığı ismi verilen proje devreye alınmıştır.



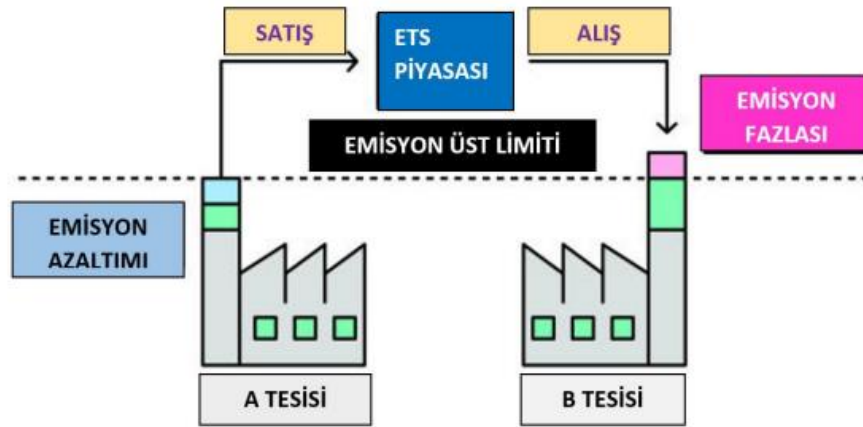
Şekil 2.5 : SKDM kapsamındaki ürünlerde AB ithalatı, 2019 (Simola, 2021).

Avrupa Yeşil Mutabakatının önemli bir parçasını teşkil eden SKDM'e ilişkin AB 2023/956 sayılı Tüzük 16 Mayıs 2023 tarihinde yayımlanmıştır. SKDM'nin kapsamında ilk aşamada, yüksek karbon salınımı yaratan çimento, demir-çelik, alüminyum, gübre, hidrojen ve elektrik olmak altı sektör bulunmaktadır. SKDM tüzüğünün geçiş dönemi 1 Ekim 2023 tarihi itibarıyla başlayacaktır (Şekil 2.6). 2025 yılının sonuna kadar sürecek olan geçiş döneminde AB ithalatçıları herhangi bir mali yükümlülük altına girmeyecek, SKDM mekanizmasına tabi ithal ürünlerde gömülü emisyonları raporlayacaktır. Emisyonların raporlanmasına ilişkin kurallar ve gereklilikler uygulama tasarrufları aracılığıyla AB Komisyonu tarafından detaylandırılacaktır (Url-4).



Şekil 2.6 : SKDM uygulama takvimi (Url-5).

Türkiye, karbon vergileri veya üst sınır ve ticaret programlarını uygulamaya koyan diğer bazı ülkelerin aksine bu tezin yazıldığı yakın zamana kadar ulusal bir karbon fiyatlandırma sistemi (Şekil 2.7) kurmamış ve kapsamlı bir karbon fiyatlandırma mekanizması işletmemektedir (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2023). Bununla birlikte, Türkiye'nin Paris Anlaşması'na katılımı, iklim değişikliğini ele alma ve karbon emisyonlarını yönetme konusundaki kararlılığını göstermektedir.



Şekil 2.7 : Temel karbon fiyatlandırma mekanizması (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2023).

Bu bölümde karbon ayak izi kavramı, sera gazı azaltımına yönelik uluslararası çerçeve ve çeşitli ülkeler tarafından iklim değişikliğini ele almak üzere benimsenen stratejiler hakkında genel bir bakış sunulmuştur. Ülkemizin karbon fiyatlandırmasına yaklaşımının zaman içinde gelişebileceğini ve ülkenin iklim değişikliğini hafifletme ve karbon ayak izlerini azaltma çabalarının bir parçası olarak gelecekte bu tür sistemleri uygulamayı seçebileceğini unutmamak önemlidir. Aynı zamanda bu

bölümde aktarılan emisyonlarla mücadeledeki farklı yaklaşımlar ve zorluklar, iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik küresel çabanın karmaşıklığını da göstermektedir. altını çizmektedir.



3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE AFET RİSK AZALTMA

3.1 İklim Değişikliğine Uyum ve Afet Risk Azaltma Yaklaşımı

İklim değişikliği, karmaşık ve çok yönlü bir olgu olarak, insana bağlı faaliyetlerle tartışmasız olarak hızlandırılmaktadır. İklim değişikliği kaynaklı afetlere etkili bir şekilde yanıt verebilmek kapsamlı bir yaklaşımı gerektirmektedir. İklim değişikliğine yönelik belirlenecek afet yönetimi politikası, politika belirleyicilerin içinde bulunduğu toplumun iklim değişikliğini kabul etmeye hazır olup olmadığı, kurumlar ve kurumların kapasiteleri ve iklim değişikliği risk değerlendirmesinin ve yönetiminin kalkınma stratejilerine ne kadar istekli entegre edildiği vb. çeşitli birbiri ile etkileşimi olan etmenlere bağlıdır. Bu bölüm, mevcut literatür incelenerek iklim değişikliği ile afet risk azaltma arasındaki karmaşık ilişkiye odaklanmaktadır.

İklim değişikliği, temelde doğal süreçlere dayanmakla birlikte, başta SG salınımı gibi insana bağlı faaliyetler nedeniyle önemli ölçüde şiddetlenmektedir. İklim değişikliği kaynaklı afetlere karşı zarar azaltma ve müdahale, bilimsel anlayışı dayalı politika müdahaleleriyle bütünleşen çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. İklim değişikliği gerçeğinin kabul edilmesi, afet yönetiminde çok önemli bir ilk adımdır. Ancak bu kabul genellikle karmaşık sosyopolitik dinamikler tarafından engellenmektedir.

Afet Risk Azaltma (AFA) afetlere neden olan faktörlerin analiz edilmesi ve azaltılması için sistematik bir yaklaşım sergilenerek afetlerin risklerinin azaltılması kavramı ve uygulanması olarak tanımlanmıştır (Url-6). AFA stratejilerinin özünde iki hedef bulunmaktadır: Toplumlara afet tehlikelerine karşın dirençli olmalarını sağlamak ve kalkınma çabalarının kırılganlığı arttırmasını engellemek. Afet yönetimi sadece insan hayatına yönelik risklerle ilgili olmayıp, aynı zamanda insanların geçim kaynakları için hayati önem taşıyan sistemlerin korunmasını da kapsamaktadır. Dolayısıyla AFA sürdürülebilir kalkınmanın temel bir unsuru olarak ortaya çıkmaktadır.

Afet riski, afet olaylarının sıklığını ve şiddetini, toplumsal zarar görülebilirliği ve belirli bir tehlikenin etkisini etkileyen fiziksel ve sosyo-ekonomik vb. çok yönlü belirleyici özellikleri içermektedir (Uitto, 1998). Afet riskini etkili bir şekilde azaltmak için, zarar

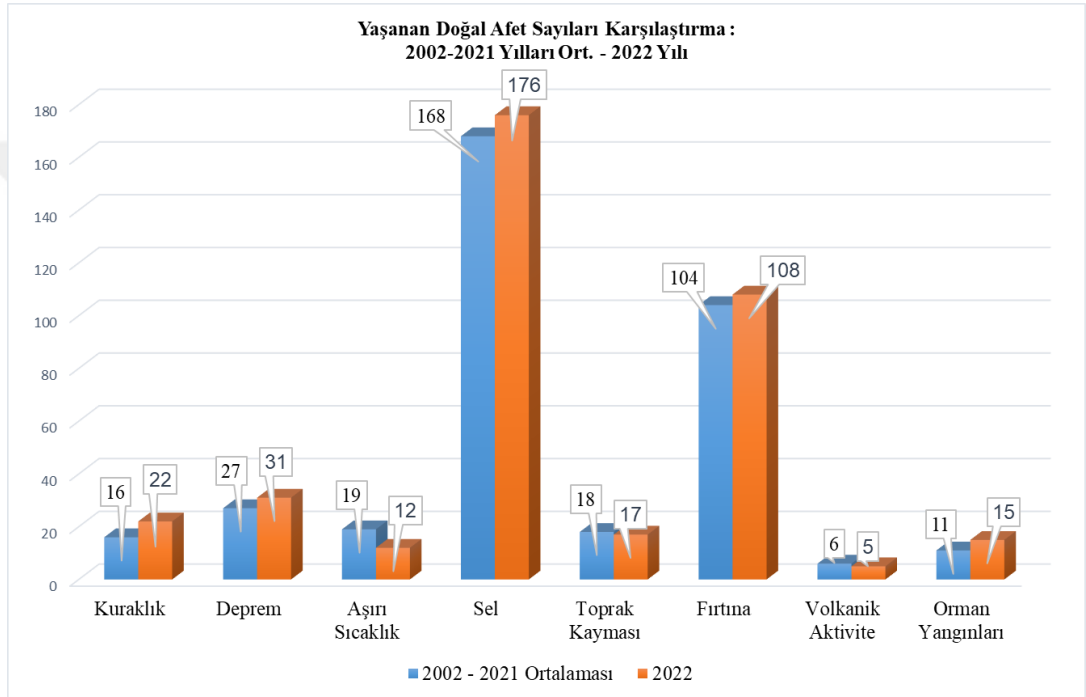
görebilirliğin altında yatan etkenleri anlamak çok önemlidir. Bu etmenler maruziyet, fiziksel duyarlılık, sosyo-ekonomik kırılganlık ve dirençliliğin varlığı ya da yokluğunu içermektedir. Zarar görebilirliğin azaltılması iklim değişikliği kaynaklı risklerin azaltılması için kilit bir rol oynamaktadır.

Uluslararası toplum ister doğal ister teknolojik tetikleyicilerden kaynaklansın, afetlerin etkisini azaltmak için önemli çabalar sarf etmiştir. Tehlikelere hazırlanmak, olası kayıpları azaltmak ve bunlara müdahale etmek için zaman içinde teknikler geliştirilmiştir. İklim değişikliğinin BM Binyıl Kalkınma Hedeflerine (BMBKH) ulaşılması ve sürdürülebilir insani kalkınma için acil ve uzun vadeli bir tehdit olarak kabul edilmesi, 2005 yılında Japonya'nın Kobe kentinde düzenlenen Dünya Afet Riskini Azaltma Konferansında önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu tanıma, iklim değişikliğinin afet planlamasına entegre edilmesine ve risk yönetiminin sürdürülebilir kalkınmanın hayati bir bileşeni olarak çerçevelenmesine yol açmıştır.

Afet planlamasının temelinde risk değerlendirmesi ve geçmiş olaylardan çıkarılan dersler yatar. Bu dersler, etkili ve verimli politika ve uygulamaları kolaylaştırmak için tasarlanmış bir dizi risk yönetimi ve acil durum planına dönüştürülür. Bu yaklaşımın etkinliği sel taşma yatakları, fırtına koridorları ve sismik olarak aktif deprem bölgeleri gibi doğal tehlikelere açık bölgelerde açıkça görülmektedir. Japonya, ABD, Avustralya vb. iyi geliştirilmiş hazırlık ve zarar azaltma stratejilerine sahip gelişmiş ülkeler, gelir, tasarruf ve sigorta kaynaklarına sahip yüksek yönetim kapasitesiyle birlikte afetlere etkili bir şekilde müdahale edebilmektedir. Avustralya'nın 2019-2020 yıllarında karşılaştığı orman yangınları veya ABD'nin Florida eyaletinde sıklıkla meydana gelen çok sayıda kasırgadan sonra hızla toparlanabilmesi gibi örnekler, afet yönetiminde afet öncesi planlamanın ve afet sonrası müdahale ve iyileştirmenin önemini göstermektedir (O'Brien ve diğ., 2006). Şunu da belirtmek gerekirse bu bütüncül bir yaklaşımın etkili bir şekilde işlemesi için hesap verebilir, demokratik devlet kurumlarının, mali kaynakların, siyasi irade ve sivil toplumun bulunması gerekmektedir. Ne yazık ki gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelere bu yaklaşım kağıt üstünde mevcut kalmaktadır.

İklim değişikliğinin etkisi ile doğal kaynaklı afetler zaman içinde daha fazla insanın ölümüne ve maddi kayba neden olmaktadır. Belçika'da bulunan Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi'nin (Center for Research on the Epidemiology of Disaster (CRED) yayınladığı 2022 yılı Yaşanan Afet Sayıları isimli raporda 2002-

2021 yılları arasında ortalama 168 ad. sel afetlerinin 2022 yılında ortalamayı geçerek 176 ad. olarak yaşandığı görülmektedir (Şekil 3.1) (The Center for Research on the Epidemiology of Disaster, 2023). Sel dışında kuraklık, aşırı sıcak hava, fırtına vb. iklim değişikliği kaynaklı diğer afet türlerinde de artış belirgindir. Gelişmiş ülke kategorisinde olan Avrupa Birliği içinde sıcak hava dalgasından 2022 yılında 16.305 kişi hayatını kaybetmiştir. Az gelişmiş ülke kategorisinde olan Uganda’da kuraklık nedeniyle 2465 kişi yaşamını yitirirken Hindistan ve Pakistan’da sel nedeniyle toplamda 3774 kişi hayatını kaybetmiştir.



Şekil 3.1 : Yaşanan doğal afet sayıları karşılaştırma 2002-2021 yılları ortalaması ile 2022 yılı.

Afetler yalnızca can kaybına ve evlerin, altyapının ve geçim kaynaklarının tahrip olmasına yol açmakla kalmamakta, aynı zamanda kalkınmayı engelleyebilecek veya tehlikeye atabilecek önemli mali hasara da neden olabilmektedir. Gayri safi milli geliri (GSMH) çok düşük olan devletler için küçük bir ekonomik kayıp bile kritik önem taşır. Mitch Kasırgası'nın 1998 yılında Honduras ve Nikaragua'da yol açtığı kayıplar, her iki ülkenin toplam gayri safi yurtiçi hasılasından (GSYİH) daha fazlaydı ve bu ülkelerin kalkınma hedeflerini en az 20 yıl geriye götürmüştür (O'Brien ve diğ.,2006). Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki afet nedenli ekonomik kayıplar, insani kalkınmayı doğrudan yavaşlatmaktadır.

Mevcut literatürü incelediğimizde İklim Değişikliğine Uyum (İDU) ve ARA kavramları karşımıza çıkmaktadır. İDU iklim değişikliğinin yarattığı riskleri azaltmayı ve iklimdeki aşırılıklardan veya değişikliklerden elde edilen faydalardan yararlanmayı amaçlayan bir dizi faaliyeti kapsamaktadır. ARA'ya göre daha geniş bir kapsamı ifade etmektedir. İki yaklaşım farklı araştırma ve uygulama toplulukları tarafından ortaya çıkmış, halen farklı devlet kurumları, enstitüler ve sektörler tarafından planlanmakta ve uygulanmaktadır.

ARA ve İDU'nun uygulamada entegre edilmesi terminolojik farklılıklar ve yaklaşım nedeniyle halen zorlu bir süreç olmaya devam etmektedir (Dharmawan, 2021). Örneğin afet uzmanları için sele karşın oluşturulan setler zarar azaltma olarak görülürken, iklim araştırmacıları için bu adaptasyon olarak ifade edilmektedir. Bir diğer örnek olarak zarar azaltma tanımı da verebiliriz. İDU için zarar azaltma sera gazı emisyonlarının azaltılması anlamına gelirken aynı terim ARA için afetlerin olumsuz etkilerinin sınırlandırılması anlamına gelmektedir. Ayrıca ARA ve İDU için finansman ihtiyacının sıklıkla farklı kaynaklardan sağlandığını da dikkate alınmalıdır (Islam ve diğ, 2020).

Kentsel yoksullar, temel altyapı ve hizmetlere sınırlı erişimleri nedeniyle iklimle ilgili afetlerden kaynaklanan orantısız risklerle karşı karşıyadır. Bu hassas nüfusun dayanıklılığının artırılması, tehlikeler, erken müdahale önlemleri ve toplum katılımı hakkında eğitim ve farkındalık yaratmayı gerektirmektedir. Bir afetin etkisini azaltacak faaliyetler olarak görülen afet zararlarının azaltılması, genellikle iyi kentsel hizmet sunumuyla bağlantılıdır. Hükümetler sadece harekete geçmekle kalmamalı, aynı zamanda riski etkin bir şekilde ele alan yerel girişimleri de desteklemelidir. Kentsel yoksullar için direnç oluşturmak, riski anlamayı, hane halkı ve toplum düzeyinde riski ele alacak mekanizmalar geliştirmeyi ve yerel örgütleri desteklemeyi gerektirir.

Afet zarar azaltma yaklaşımında bulunmaması gereken bir fikir, kentsel yoksul insanların bilgisiz veya akılsızca seçimler yaparak kendi kötü durumlarına katkıda bulunduklarının düşünülmesidir. Zarar azaltmada doğru fikir bir kişi sel afet riskinin yüksek olduğu bir bölgede niye yaşamayı seçmek zorunda kaldığına odaklanmasıdır. Kentsel yoksullar, genellikle başkaları tarafından istenmeyen ve dolayısıyla daha uygun fiyatlı alanlara yerleşmektedir (Judy, 2012).

Örneğin Afrika, Asya ve Pasifik bölgesi, Latin Amerika ve Karayipler’de artan nüfus ile hızlı ve plansız kentleşme sonucu milyonlarda insan yaşam ve sağlık açısından tehlike arz eden ev ve mahallere yerleşmek zorunda kalmıştır (K. O’Brien vd., 2008). Kentsel yoksul nüfus için yer değiştirme veya bu durumdan kurtulma seçeneği bulunmamakta; bu da afetlerin etkisinin çok şiddetli yaşanmasına neden olmaktadır. Temiz su, hijyen, kanalizasyon ve sağlık hizmetleri gibi temel hizmetlere erişim eksikliği kentsel yoksulların iklim değişikliği ve afetlere karşı daha savunmasız hale getirmektedir. Bu hizmetlere erişim eksikliği bu nüfus grubu üzerinde zarar görülebilirliği doğrudan arttırmaktadır (O’Brien ve diğ., 2006).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki yönetim ve ekonomik kapasite farklılıkları önemli boyutlardadır. Gelişmiş ülkelerde sağlam kurumlar ve yönetim kapasiteleri, iklim değişikliğinin yarattığı uzun vadeli zorlukların ele alınması için bir temel oluşturmaktadır. Ancak gelişmekte olan ülkelerdeki kapasite geliştirme programları, afete özgü mevzuat, idari düzenlemeler ve kurumsal yapılara dar bir şekilde odaklanma eğilimindedir. Bu programlar genellikle merkezi düzeyde kalmakta ve tabanda ya da yerel düzeyde afet risk yönetimi kapasitesinin artmasına yol açmayabilmektedir. Kapasite açığının kapatılması, düşük kaynaklara sahip bağlamlarda iklim değişikliği ve afet riskinin azaltılması konularının etkin bir şekilde ele alınması için elzemdir.

Kent yoksulları, SG emisyonlarına en az katkıda bulunan kesim olmakla beraber kentlerin düşük maliyetli, afet riskinin daha yüksek olduğu bölgelerinde yaşam eğiliminde oldukları için en yüksek risklerle karşı karşıyadır. Bu nedenle kent yoksulları için iklim değişikliği ve afet riskinin azaltılmasına yönelik politikaların kentsel planlama ve yönetime entegre edilmesi kritik önem taşımaktadır. Arazi kullanım planlaması, özellikle hızla büyüyen şehirlerde yeni yapılaşmaya izin verirken tehlike bölgelerini dikkatle değerlendirmelidir. Temel hizmetlerin sunulması ve iklim ve afet riskine karşı kırılganlığın azaltılması için kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi elzemdir. Birçok şehirde zayıf kurumsal kapasite hizmet sunumunu engellemekte, iklim değişikliği ve afet riski ise kentsel yönetim ve hizmet sunumundaki zorlukları daha da artırmaktadır.

Bu bölüm, iklim değişikliği, afet riskinin azaltılması ve sürdürülebilir kalkınmanın birbiriyle bağlantılı olduğunun anlaşılmasının önemini vurgulamaktadır. Özellikle hassas nüfuslara ve kentsel alanlara odaklanarak afet riskini azaltmak için sosyal,

ekonomik ve çevresel faktörleri hesaba katan kapsamlı yaklaşımlara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Gelecekteki çabalar, marjinalleştirilmiş topluluklar için kapasite geliştirme, politika entegrasyonu ve dayanıklılığa öncelik vermeli, iklim değişikliği ve afetlerin yarattığı zorluklara daha adil bir yanıt verilmesini sağlamalıdır.

3.2 Petrol Endüstrisinin İklim Değişikliğine Yönelik Yaklaşımı ve Afet Risk Azaltma Stratejileri

İklim değişikliği gezegenimiz için kritik bir tehdit oluşturmakta ve SG emisyonlarının azaltılması ve temiz enerji çözümlerine geçiş için acil eylem gerektirmektedir. Ancak başta petrol ve doğal gaz olmak üzere petrol endüstrisi küresel enerji arzında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bölüm iklim değişikliğine uyum ve afet riskinin azaltılması kavramları ışığında petrol endüstrisinin SG emisyonları üzerine etkisi, düzenleyici tedbirler karşısındaki kırılganlığı, petrol endüstrisinin zarar azaltma stratejileri ve bu stratejilerin toplumsal talepler ile hükümet politikaları üzerindeki etkisi incelenmektedir.

İklim değişikliğinin ana nedeni olarak görülen insan faaliyeti kaynaklı oluşan SG emisyonlarını azaltma zorunluluğu, bu emisyonlara büyük ölçüde katkıda bulunan petrol endüstrisi ile doğrudan bağlantılıdır. Petrol arama, sondaj, ikmal ve nakliye, işleme ve perakende satış vb. endüstrinin faaliyetleri sırasında çok sayıda UOB açığa çıkmaktadır. Fosil yakıtların elektrik üretimi, ısınma, ulaşım ve endüstriyel amaçla yakılarak kullanılması insan sağlığı ve ekolojik sistem üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bununla birlikte, fosil yakıt kullanımının aniden durdurulması önemli ekonomik sorunları tetiklemesi kaçınılmazdır. Fosil yakıt kullanımından yenilenebilir enerji kaynaklarına kademeli bir geçişi gereklidir (Sims ve diğ, 2003). Bu geçiş süresi ve SG azaltım hedefleri ülkelerin farklı ekonomik kalkınma düzeylerine ve farklı büyüme hedeflerine sahip olması nedeniyle günümüzde çeşitlilik göstermektedir (Karmaker ve diğ, 2020).

IPCC'ye göre, sıcaklıktaki artışın önlenmesi için dünyanın SG emisyonlarını 2050 yılına kadar en az yüzde 50 oranında azaltması gerekecektir (Newman ve diğ, 2009). Endüstri yoluyla atmosfere salınan sera gazı emisyonlarını azaltmak için dört ana yaklaşım benimsenmektedir (Fernández-Torres ve diğ, 2022) Bu yaklaşımlar :

- Enerji verimliliğini arttırmak
- Fosil yakıtlar yerine karbon-nötr yakıt kaynağı yenilebilir enerjiye geçiş
- CO₂ 'yi kimyasal, fiziksel veya biyolojik yöntemler ile yakalama ve depolama
- CO₂'yi kimyasal karbon içeren ürünlerde hammadde olarak kullanmak

Akaryakıt istasyonlarında ağırlık olarak buharlaşma kaynağı benzin ürünü kaynaklıdır. Benzin buharlaştığında izopentan, benzene ve toluene gibi yan ürünler atmosfere salınmaktadır. Ortalama hava sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında buharlaşma daha fazla yaşanmaktadır. Çin'de gerçekleştirilen bir çalışmada lokal bir alanda sera gazı emisyonuna sırası ile doğalgaz %62,63, yakıt buharlaşması %21,52, yakma kaynaklı %10,91, petrol rafinasyonu %3,80 ve asfalt %1,30 kayda geçmiştir (Zheng ve diğ, 2018).

Dünya çapında hükümetler SG emisyonlarını azaltmaya yönelik zarar azaltma tedbirlerini alırken, petrol endüstrisinin alınan bu tedbirlerden ciddi bir şekilde etkileneceği ve yakın zamanda önemli zorluklarla karşı karşıya kalacağı bir gerçektir. Genel kabule göre iklim değişikliği, büyük ölçüde petrol endüstrisi gibi küresel hedef gruplarının neden olduğu ve uluslararası kurumlar çerçevesinde ele alınan küresel bir sorundur.

Petrol kullanımının azaltılması daha fazla eşitlik ve ekonomik kazanç gibi bir dizi faydayı beraberinde getirmektedir. Arabaya bağımlı şehirlerin yaşlılar, gençler ve yoksullar için yarattığı eşitsizlikler, daha fazla yürünebilirlik ve transit erişim ile azalacak; gürültü, mahallerin bölünmesi, trafik şiddeti ve kamu güvenliğinin kaybı gibi sosyal sorunlar azalacak; verimli tarım arazilerinin şehirleşmeye açılması gibi ekonomik maliyetler azalacaktır.

Diğer açıdan petrol endüstrisi, dünya çağında faaliyet gösteren çok uluslu şirketleriyle küresel bir pazarda faaliyet gösteren küresel boyutta bir yapıdır. Dolayısıyla iklim değişikliğinin sorununun sunduğu fırsatlar ve zorluklar tüm dünyadaki petrol şirketleri için aynı gözükmemektedir. Bu da petrol şirketlerinin iklim değişikliğine karşın zarar azaltma stratejilerinin de aynı olması anlamına gelmektedir.

Temelde petrol endüstrisinin SG emisyonlarını azaltabileceği dört ana yol bulunmaktadır (Skjaerseth ve Skodvin, 2003).

- Enerji tasarrufu ve verimliliğin artırılması,
- Daha düşük karbon içerikli yakıtlara geçiş,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım,
- CO₂ ayrıştırma ve tutma yoluyla baca gazlarının karbondan arındırılması.

Büyük çok uluslu petrol şirketleri iklim değişikliğine yaklaşımlarında evrim geçirmişlerdir. 1990'ların başında bağlayıcı iklim hedeflerine şiddetle karşı çıkılırken, bugün BP ve Shell gibi büyük Avrupa kökenli petrol şirketleri Paris Anlaşmasını desteklemekte, iddialı SG azaltım hedefleri belirlemekte ve yenilenebilir enerjiye yatırım yapmaktadır. Kamuoyu nezdinde de artık kendilerini sadece petrol şirketleri olarak değil enerji şirketleri göstermektedir. Örneğin Dünya'nın en büyük petrol şirketlerinden biri olan ExxonMobil, ABD'nin Paris Anlaşmasına geri dönmesini takdirle karşılamış, düşük emisyonlu enerji çözümlerini araştırmak, geliştirmek ve uygulamak için şimdiye kadar 10 Milyar dolardan fazla yatırım yaptığını kamuoyu ile paylaşmıştır (Url-7).

Çok uluslu petrol şirketlerinin iklim değişikliğine karşın stratejilerinin zamanla değişmesini 3 ana yaklaşım içinde değerlendirebiliriz. Bu yaklaşımlar,

- Kurumsal Aktör Modeli : Ana faaliyet alanları, rezerv kaynakları, çevresel itibar ve öğrenme kapasitesi gibi şirkete özgü faktörlerden kaynaklanmaktadır.
- Yerel / Ulusal Politika Modeli : Şirketlerin ana merkezlerinin bulunduğu ülkelerdeki siyasi bağlam, şirket - devlet arasındaki ilişkiyi düzenleyen siyasi kurumlar ve yerel toplumda gelişen sosyal talepler belirleyici etmenlerdir.
- Uluslararası Yönetim Modeli : İklim değişikliği küresel bir sorun olarak değerlendirildiği için uluslararası ölçekte kurumsal bağlamdaki değişiklikler doğrudan şirketlerin stratejilerini şekillendirmektedir.

3.2.1 Kurumsal aktör modeli

Bu yaklaşımda sahip olunan çevresel risk, çevresel itibar ve kurumsal öğrenme kapasitesi olarak 3 ana etmen öne çıkmaktadır. Petrol endüstrisinin faaliyetleri nedeniyle sahip olduğu çevresel risk, endüstrinin halihazırda petrol aramadan perakende satışa kadar üretim zincirinin her halkasında hava, su ve toprağı kapsayan çevresel düzenlemelerin hedefinde olmasından kaynaklanmaktadır. SG

emisyollarının azaltılmasına yönelik oluşturulan yasal düzenlemeler, düzenlemelerin sertliği ölkeden ölkeye değişse de, petrol şirketlerinin yaşaması için önemli bir tehditi oluşturmaktadır. Petrol şirketlerinin iklim değişikliği alanında yüzleştiği bu düzenlemeler kısa vadede yumuşak bir geçişi öngörse de uzun vadede üretim hacmini de etkileyebilecek seviyede ciddi olacaktır.

Çevresel itibar ise petrol şirketlerinin iklim stratejilerini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. 24 Mart 1989 tarihinde Alaska’da meydana gelen Exxon Valdez veya 20 Nisan 2010 tarihinde Meksika körfezindeki BP Deepwater Horizon petrol sızıntıları gibi ciddi olaylar sonrası karşılaşılan kamu yaptırımları, şirketlerin hafızasında yer edinerek reaktif bir stratejisi yerine proaktif bir iklim stratejisi benimsemelerine yol açmıştır. Proaktif yaklaşım ile iklim değişikline yönelik artan kamuoyu endişe ve taleplerinin de bu şekilde yanıt verebileceği düşünölebilir. Kötü bir çevresel itibar, uluslararası şirketlerin küresel itibarına zarar vereceği aşıkardır. şirket parçalarının bütöünün itibarına zarar vermesini önlemek amacıyla şirket içinde çevresel standartların uygulanmasını düzene sokmayı amaçlayan bir yeniden yapılanma süreci başlatarak şirketleri dolaylı olarak da etkileyebilir.

Kurumsal öğrenme kapasitesini ise temelde 2 ana etmen belirlemektedir. Birincisi kurumun kendisini dış dünyaya ne derece açık tuttuğuna; işiyle ilgili eğilimlerin değişme sinyallerini ne kadar yakalayabildiği ile bağlantılıdır. İkincisi ise üretilen bilgilerin kullanılması ve kurum içinde içşelleştirilmesi ile ilgilidir.

3.2.2 Yerel – ulusal politika modeli

Uluslararası petrol şirketleri faaliyet gösterdikleri tüm ölkelerdeki toplumsal talep ve politikalardan doğrudan etkilenmektedir. Toplumsal taleplerin hükümetlerin eylemlerini etkileyebileği temel mekanizma seçmenlerin oy verme gücüdür. Toplumsal taleplerin çevresel konularda kurumların iklim değişikliği stratejilerini etkileyebileceği iki mekanizmanın varlığından söz edebiliriz. Birincisi, yeşil hareket tarafından başlatılan tüketici kampanyaları şirketlerin itibarına zarar verebilmekte ve pazar paylarını etkileyebilmektedir. İkincisi, şirketler çevresel strateji seçimlerinde, 'yeşil' tüketicilerin temiz enerji ürünleri için daha yüksek bir fiyat ödeme isteklerinin olmasıdır.

3.2.3 Uluslararası yönetim modeli

Uluslararası anlaşmalar ile belirlenen net SG azaltım hedefleri petrol endüstrisine açık bir sinyal göndermektedir. Hükümetler aldıkları kararlar ile iklim değişikliğini ciddi bir sorun olarak gördüklerini ve hedef gruplar düzeyinde eylem beklediklerini göstermişlerdir. Paris Anlaşması ve özellikle AB'nin öncülüğü uluslararası petrol şirketlerinin iklim değişikliği stratejilerini değiştirmesinde önem etki yapmıştır.

Sonuç olarak petrol endüstrisinin iklim stratejilerini belirlemede çevresel risk etmeni özellikle kritik bir itici gücü oluşturmaktadır. Endüstri dış çevre açık olma ve elde edilen bilgiyi içselleştirme kapasitesi ile birlikte daha temiz enerji kaynaklarına geçiş için öncülük etmekte; şirket felsefelerini çevresel itibarı tüketici, kamuoyu, hükümetler ve küresel örgütler nezdinde arttıracak şekilde dönüştürmektedir. İklim değişikliğine karşı petrol kullanımının azaltılması sadece çevreye fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik ve sosyal avantajlar da getirir. Ancak sürdürülebilir kalkınma için petrol halen önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmaya devam edecektir. Bu gerçekçi yaklaşım kabul ederek sonraki bölümde aktarılan UOB emisyonlarını azaltıcı ve atmosfere salınan ürün buharını geri kazanma yönteminin petrol endüstrisi için önemli bir zarar azaltma adımı olduğunu önemle belirtebiliriz.

4. AKARYAKIT İSTASYONLARI UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK EMİSYON KAYNAKLARI VE ZARAR AZALTMA YAKLAŞIMI

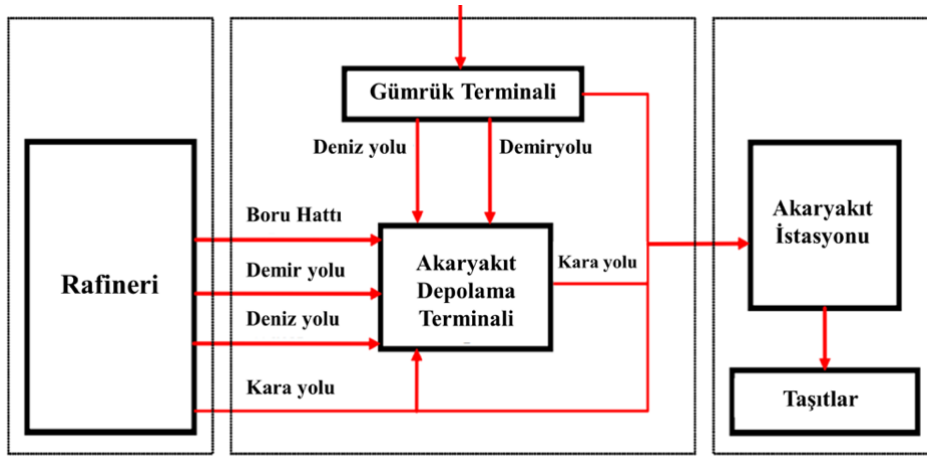
4.1 Akaryakıt İstasyonları ve Uçucu Organik Bileşik Emisyonları

Günümüzde perakende akaryakıt istasyonları modern toplumun ulaşım, enerji ve diğer perakende ihtiyaçlarını karşılamada temel noktalarından birisidir. Ancak istasyonlarda günlük olarak gerçekleştirilen akaryakıt ürünleri ile ilgili faaliyetler nedeniyle UOB emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Bu durum akaryakıt istasyonlarının iklim değişikliğine yönelik çevre stratejilerine uyumu doğal olarak zorlaştırmaktadır. Bu bölüm, kimyasal özelliği sebebiyle ortalama hava sıcaklıklarında kolaylıkla buharlaşabilen benzin ürünü kaynaklı UOB emisyonuna odaklanarak, Dünya’da ve Türkiye’de akaryakıt istasyonlarında uygulanan zarar azaltma faaliyetlerine temel oluşturmaktadır.

Petrol endüstrisinde upstream olarak adlandırılan sondaj, ürün çıkarılması ve rafinasyon aşamalarında açığa çıkan gaz karışımları, ticari olarak kullanılabilmeleri için gerekli tesisler bulunmuyor ise kontrollü bir şekilde gaz yakmak bacalarında yakılmaktadır (Khalili-Garakani ve diğ, 2022). Downstream olarak adlandırılan ve akaryakıt istasyonlarını içeren perakende satış sektöründe (Şekil 4.1) ise ürünün akaryakıt istasyonlarına taşınması, depolama tanklarına boşaltılması ve nihai müşterilerin araçlarına aktarılması sırasında oluşan ürün kaynaklı emisyonlar ise doğrudan atmosfere salınmaktadır (Trozzi ve Juhrich, 2023).

Akaryakıt istasyonlarından temin edilerek yaygın olarak kullanılan bir fosil yakıt olan benzin, ortam sıcaklıklarında kolayca buharlaşabilen, başta hidrokarbonlar olmak üzere uçucu organik bileşiklerin içeren bir üründür. Benzin, benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen bileşiklerinin baş harflerinden oluşan kısaca BTEX grubu olarak adlandırılan bileşikleri içermektedir (Shearston ve Hilpert, 2020). Solunum, sinir sistemi, immünolojik sistemler üzerinde kanserojen etkiye sahip olan bu bileşikler insan sağlığı üzerinde ciddi seviyede olumsuz etkisi bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu’na değerlendirmesine göre akaryakıt satış istasyonlarının

yaklaşık 200m. çapındaki bir alanda BTEX konsantrasyonları, diğer alanlara göre yüksek olduğu görülmüştür (Hilpert ve diğ, 2019). Buna ek olarak, kanser dışı sonuçları değerlendiren çeşitli çalışmalarda, akaryakıt istasyonu çalışanlarının kırmızı kan hücresi sayılarında ve hemoglobin ve hematokrit seviyelerinde anlamlı azalma olduğu da tespit etmiştir. Avrupa Birliği Çevre Ajansı'nın üye ülkeler için yayınladığı Hava Kirleticiler Emisyon Verileri Kılavuzuna göre, akaryakıt istasyonlarındaki benzin kaynaklı emisyonlar toplam emisyonu etki eden önemli bir etmen olarak tanımlanmıştır (Trozzi ve Juhlich, 2023).



Şekil 4.1 : Akaryakıt perakende sektörü tedarik zinciri.

Benzin harici akaryakıt istasyonlarında depolanan diğer bir ürün olan motorin, nispeten düşük buhar basıncı ve daha ağır hidrokarbon yapısına sahip olduğu için sera gazı emisyonlarının hesaplamalarında ihmal edilebilmektedir.

4.2 Akaryakıt İstasyonu Faaliyetlerinden Kaynaklanan Kayıplar

4.2.1 Depolama tankı kayıpları

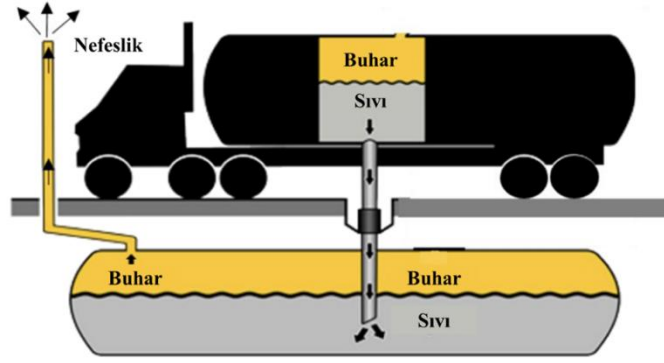
Akaryakıt istasyonunda yer altı depolama tanklarının iç basıncının yükselmesini önleyen ve tankın atmosfere açık bir şekilde çalışmasını sağlayan nefeslik bağlantısı bulunmaktadır. Benzin ürünün yer altı tanklarında depolanması sırasında aşağıda belirtilen iki aşamada emisyon nefeslik bağlantısı üzerinden atmosfere salınmaktadır (Statistics Canada. Environment Accounts and Statistics Division., 2012).

4.2.1.1 Çalışma kaybı

Benzinin akaryakıt istasyonunda yer altı tanklarında depolanması sırasındaki çalışma kaybı, akaryakıt tankerinden depolama tanklarına benzin boşaltılması ve tankların

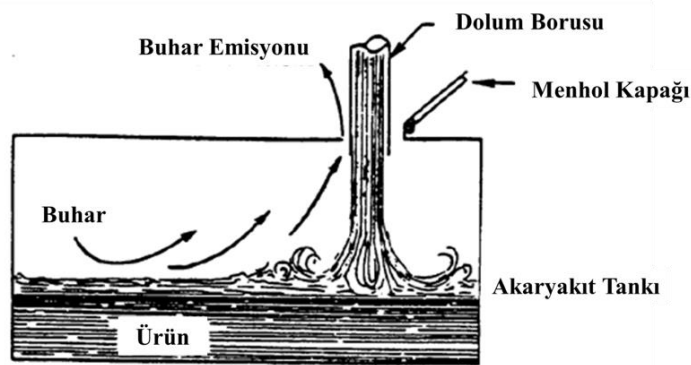
doldurulması sırasında ve taşıtlara ikmal yapılması için akaryakıt pompalarına iletilmesi sırasındaki ürün hareketinden kaynaklanmaktadır.

Depolama tanklarının doldurulması sırasında, tanktaki artan sıvı seviyesi tanktaki buhar boşluğunu yukarı iterek sıkıştırmakta ve hava benzin buharı karışımının atmosfere salınmasına zorlamaktadır (Şekil 4.2) (Url-8).



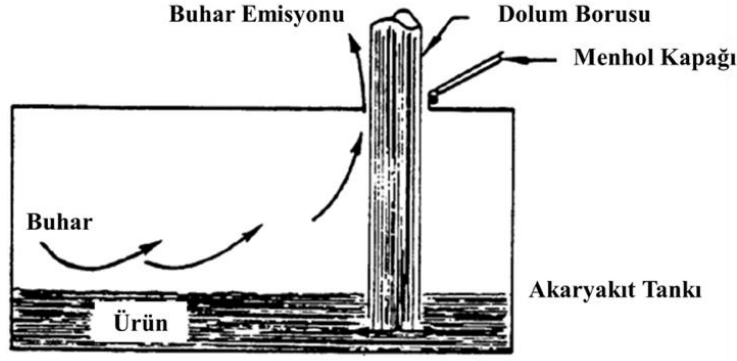
Şekil 4.2 : Akaryakıt tankı dolum – nefeslik üzerinden salınım (Url-8).

Akaryakıt istasyonlarında tankların dolumu için yaygın olarak Tank Dibi Dolum ve Sallama Dolum olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Sallama dolum işlemi sırasında tank içinde önemli derecede sıvı türbülansı ve buhar-sıvı teması meydana gelmektedir. Bu da yüksek seviyede buharın oluşmasına ve nefeslik yolu ile atmosfere atılmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda bu yöntem operasyonel güvenlik risklerini de yaratmaktadır (Şekil 4.3) (AP-42 Section 5.2, 2008).

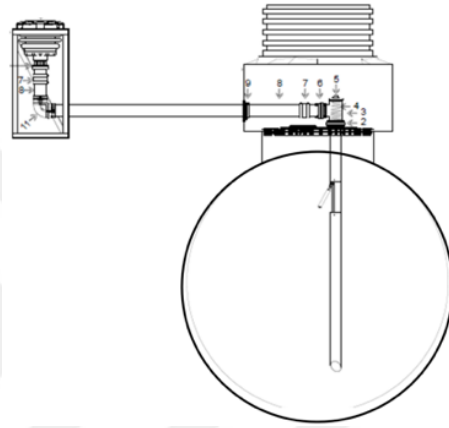


Şekil 4.3 : Sallama dolum (AP-42 Section 5.2, 2008).

Diğer bir yöntem olan tank dibi dolumunda ise dolum borusu tankın tabanına yakın bir noktaya kadar uzanmakta ve boşaltılan yeni ürünün mevcut ürün içerisinde dağılması sağlanmaktadır (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Sıvı türbülansı diğer yöntemle göre daha düşük bir seviyede olduğu için buharlaşma ve atmosfere salınım daha az miktarda olmaktadır.



Şekil 4.4 : Tank dibi dolum (AP-42 Section 5.2, 2008).



Şekil 4.5 : Tank dibi dolum bağlantı gösterimi (Petrol Ofisi, 2021).

Ürünün taşıtlara ikmal yapılması için akaryakıt pompalarına iletilmesi sırasında da akaryakıt tankındaki ürün seviyesi azalması nedeniyle nefeslik üzerinden tankların içerisine vakum etkisi ile hava çekilmesine neden olur. Tank içinde artan hava-ürün buharı karışımı daha sonra genişlerken nefeslik üzerinden atmosfere geri atılmaktadır.

4.2.1.2 Buharlaşma / nefes alma kaybı

Yer altı depolama tankı içinde sıcaklık ve basınç değişiklikleri nedeniyle benzin buharın genişmesi veya yoğunlaşmasından kaynaklı emisyon atmosfere salınmaktadır. Benzin buharı, tanklar yer altında olsa da hava sıcaklıklarının yüksek olduğu yaz aylarında daha fazla buharlaşarak nefeslik üzerinden atmosfere salınmaktadır (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Oluşan emisyon tankın içindeki sıvı seviyesindeki değişimlerinden bağımsızdır. Tank içinde sürekli bir ısınma-soğuma döngüsü yaşanmaktadır. Bu da ürün buharının genişmesine ve yoğunlaşmasına neden olarak buharın çevreye yayılmasına neden olabilir (Hilpert ve diğ., 2019).



Şekil 4.6 : Nefeslik uygulama örnekleri (Türkiye ve ABD).



Şekil 4.7 : Tank - nefeslik bağlantı gösterimi (Petrol Ofisi, 2021).

4.2.2 Operasyonel kayıplar

Akaryakıt istasyonunda operasyonel gereklilikler nedeniyle istasyon yetkilileri uygun aparatlar ile düzenli olarak ürün seviyesi fiziki olarak ölçmekte ve tankların içinde su olup olmadığını görsel olarak kontrol etmektedir. Kontrol için üzerinde ölçüm değerleri olan ahşap ölçüm çubuğu ve çubuğun üzerine sürülen subul macunu kullanılmaktadır (Şekil 4.8).

İlgili kontrollerin sıklığı konusunda bir yasal zorunluluk bulunmamakla beraber istasyon yetkilileri tarafından en az ayda bir genellikle de ay sonları stok sayımı için gerçekleştirilmektedir. Tank kapakları açılarak yapılan bu kontrol adımları, küçük

miktarlar da olsa atmosfere benzin buharının atmosfere karışmasına neden olmaktadır. Ayrıca taşıtlara ikmal sonrası dolum tabancalarından oldukça küçük miktarda ürün dökülmesi de yaşanabilmektedir (Statistics Canada, 2012). Akaryakıt pompalarının önünde oluşan bu döküntülere çoğunlukla emici pedler ile müdahale edilerek döküntü temizlenmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8 : Operasyonel kayıplar – depolama tankı kontrolleri.



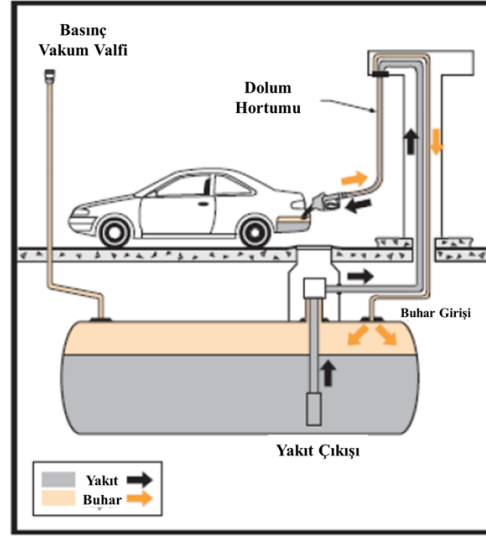
Şekil 4.9 : Operasyonel kayıplar – akaryakıt döküntüleri.

4.2.3 Taşıt dolumu

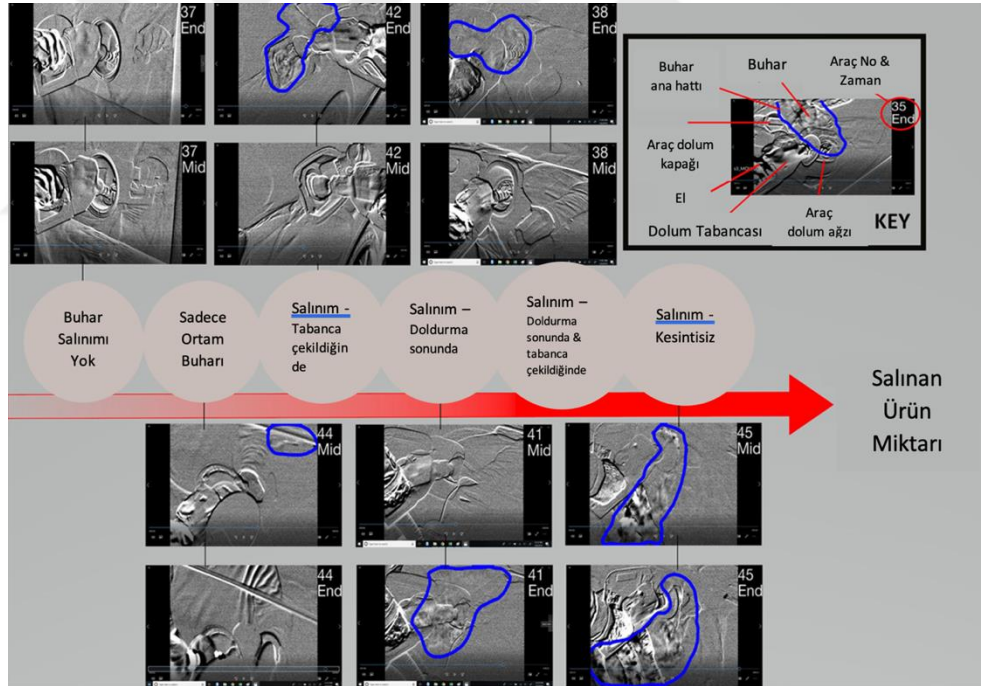
Depolama tanklarındaki benzinin akaryakıt pompası ve dolum tabancası aracılığıyla taşıtlara aktarımı sırasında dolum tabancasının ucundan ve taşıtların depo ağzından ürün buharı atmosfere salınmaktadır (Şekil 4.10) (Davis, 2019). Taşıt dolumu sırasında oluşan bu emisyonun miktarı teorik olarak araçtaki ve doldurulan benzinin miktarına, sıcaklığına ve benzinin uçuculuğunun genel bir ölçüsü olan Reid buhar basıncına (RVP) bağlıdır (Wongwises ve diğ, 1997).

Meksika’da yapılan bir çalışmada araç yaşlarının da bir emisyonu arttıran bir etken olduğu değerlendirilmiştir. Eski yaştaki araçlar eskiyen bağlantı, conta vb. donanımları nedeniyle benzin emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Bu

çalışmada yer alan farklı akaryakıt istasyonlarında gözlemlenen 16 taşıttan 14'ünde benzin kaynaklı emisyon gözlemlenmiştir (Şekil 4.11) (Shearston ve Hilpert, 2020).



Şekil 4.10 : Araç dolumu sırasında ürün buharı (Davis, 2009).



Şekil 4.11 : Araç dolumu sırasında benzin buharı salınımı (Shearston ve Hilpert, 2020).

4.3 Akaryakıt İstasyonları Zarar Azaltma Hedefi için Teknolojinin Rolü

4.3.1 Buhar geri kazanım sistemi

Petrol endüstrisine ve özellikle Akaryakıt istasyonlarında önceki bölümde aktarılan emisyon kaynaklarını ortadan kaldırmak ve benzin buharının atmosfere salınmadan

geri kazanılması, ABD ve Avrupa Birliği ülkelerinde iklim değişikliği zarar azaltma çalışmaları içinde önemli bir konu haline gelmiştir. Benzin buharının atmosfere salınmadan geri kazanılması için geliştirilen metotlar ve teknolojik ekipmanlar genel olarak benzin buharı geri kazanım (BGK) olarak adlandırılmaktadır. Bu bölümde akaryakıt istasyonlarında iklim değişikliğine karşın bir zarar azaltma faaliyeti olan BGK'nın çalışma yapısı, mekanizması ve verimlilik gereksinimlerini inceleyerek Dünyada başlıca ülkelerde ve ülkemizdeki uygulama şartları ve düzenlemeleri araştırılmaktadır.

Buhar geri kazanım sistemi ünitesi kısaca benzin buharı ve hava karışımını birbirinden ayırarak adsorpsiyon, absorpsiyon, yoğunlaşma ve membran ayırma gibi yöntemlerle benzin buharını geri kazanmak için tasarlanmış bir sistem olarak tanımlanmaktadır. BGK, benzinin depolanması, nakliyesi ve doldurma / boşaltma faaliyetleri sırasında açığa çıkan benzin buharının en az %95 verimlilikte geri kazanılmasını amaçlamaktadır. %95 kritik verimlilik oranı zorunluluğu, tüm dünyada uygulanan ve farklı yöntemler ile çalışan BGK'ler için geçerli bir orandır. BGK sistemi ile sadece benzin kaynaklı emisyonlar önlenmez aynı zamanda geri kazanılan buhar yoğunlaştırılarak tekrar ekonomik faydaya dönüştürülmektedir (Yadav ve diğ, 2022).

Benzin buharının geri kazanımı çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Her bir yöntemin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmakla beraber yöntemlerin seçimleri kullanılacak petrol endüstrisi iş kolu, tesislerin kapasiteleri ve fiziki altyapısı vb. belirli koşullara bağlıdır.

Günümüzde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır (Huang ve diğ, 2019);

- Adsorpsiyon : Daha yüksek verimlilik elde etmek ve atmosfere daha düşük konsantrasyonda emisyon verilmesi için benzin buharının sağlamak için aktif karbon, silika jel veya reaktif fiberler gibi malzemelerin adsorpsiyon kapasitesi kullanılarak havadan ayrılması sağlanmaktadır. Ancak sistemde kullanılan malzemeler bir süre sonra aktifliğini kaybetmekte ve ikincil tehlikeli kirletici atığın oluşmasına sebep olmaktadır.
- Absorpsiyon : Benzin buharı ve hava emici madde içinde farklı çözünürlüklerine göre ayrılabilir. Bu yöntem diğerlerine göre daha basit ve yatırım maliyeti düşüktür. Ancak bu yöntemi kullanan BGK üniteleri için daha fazla bir alana ihtiyaç duyulmakta; yüksek miktarda emici madde

kullanılmakta ve sistemin enerji tüketimi fazla olup geri kazanım verimliliği diğer yöntemlere daha düşüktür.

- Yoğuşma : Benzin buharını gaz fazından doğrudan sıvı faza dönüştürmek için soğutma teknolojisini kullanılmaktadır. Bu proses basitliği, yüksek otomasyon kontrolü ile proses güvenliği sağlamaktadır. Ancak soğutma için enerji tüketimine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Membran Ayırma : Geri kazanılmak istenen hidrokarbonların geçişine izin veren özel polimer membranlar kullanılarak benzin buharı – hava karışımı membran içinden geçerken benzin buharının ayrışması sağlanmaktadır. Ayrıştırılan benzin buharı daha sonra yoğulaştırılarak sıvılaşması için geçici tanka veya ana stoklama tankına alınmaktadır. Bu yöntem nispeten basit olmasına karşın teknolojik açıdan gelişmiş ve proses güvenliği yüksek seviyededir. Ancak yöntemin verimliliği için sabit ve sürekli bir gaz akışı gerekmektedir.
- Entegre Yöntemler : İhtiyaç durumuna göre yukarıda belirtilen iki veya daha fazla geri kazanım yöntemi birleştirilerek BGK sistemi dizayn edilebilmektedir. Bu yaklaşım, tek tek yöntemlerin sınırlamalarını ele alırken optimal bir geri kazanım verimliliği sağlamaktadır.

4.3.2 Buhar geri dönüşümü uluslararası düzenlemeler ve uygulamalar

Benzin buharı emisyonunun hem çevresel endişeler hem de ekonomik gerekçeler sebebiyle geri kazanılması üzerine 1960'lardan bu yana yapılan çalışmalar özellikle gelişmiş ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Bu ülkelerde inovatif teknolojilerin, yöntemlerin ve ekipmanların geliştirilmesi için çeşitli teşvik edici yasal düzenlemeler ve standartlar yürürlüğe konulmuştur. 1970'lerin sonlarında, dünyanın ilk BGK ünitesi Amerika Birleşik Devletleri'nde üretilmiş ve petrol endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ABD, AB ülkeleri dışında özellikle Çin BGK teknolojisi geliştirme ve standartların düzenlenmesi konularında lider konumdadır. Bu ülkeler ile ülkemizde BGK yasal düzenlemeleri ve uygulamaları şu şekildedir;

4.3.2.1 Amerika Birleşik Devletleri

ABD, Petrol endüstrisinde ve özellikle akaryakıt istasyonlarında benzin buharı emisyonunun önlenmesi ve geri kazanımın düzenlenmesinde ön safta yer almaktadır.

1960'lı yılların sonlarından itibaren artan sanayileşme ile birlikte birçok kentinde ve sanayi merkezlerinde görülen yoğun, gözle görülür hava kirliliği, ulusal çevre hareketinin başlamasına ve ABD Çevre Koruma Ajansı (ÇKA) tarafından 1970 yılında hazırlanan Temiz Hava Yasası'nın (THY) kabul edilmesine yardımcı olmuştur. İlgili yasada 1977 ve 1990 yıllarında yapılan önemli revizyonlar ile benzin buharından kaynaklananlar da dahil olmak üzere hava kirliliğinin ve UOB emisyonlarının kontrol edilmesinde etkili olmuştur (Yamin Farhana, 2012).

THY'nin getirdiği BGK programı Faz-I ve Faz-II olarak iki ana aşamaya ayrılmaktadır. 1980 yılından sonra uygulanmaya başlanan Faz-I aşaması benzinin dökme olarak akaryakıt stoklama terminallerinden perakende satış yapan akaryakıt istasyonlarına ikmali sırasında oluşan emisyonun kontrolüne odaklanmaktadır. Akaryakıt stoklama terminallerinde tanker dolumu veya boşaltılması sırasında oluşan emisyon nedeniyle BGK ünitesi kurulması zorunlu tutulmuştur.

Faz-II aşaması ise BGK uygulamasını akaryakıt istasyonlarına genişletmektedir. (Şekil 4.12). Bu aşama ile birlikte akaryakıt istasyonlarında BGK sisteminin kurulumu, işletilmesi ve sistemin istenen verimlilikte çalışmasını sağlamak için periyodik muayene ve kontrol yöntemleri düzenlenmiştir. Örneğin California eyaletinde yıllık olarak verilen hava kalitesi izin belgeleri ile sistemin sürekliliği sağlanmaktadır.



Şekil 4.12 : BGK sistemi uygulaması – ABD.

4.3.2.2 Avrupa Birliği

AB, ABD ile birlikte BGK sistemlerinin geliştirilmesinde öncü durumundadır. Birlik kendi içerisindeki düzenlemeler ile benzin emisyonuna karşın sıkı düzenlemeler getirmiştir. Birlik içinde benzin buharı emisyonlarını ele alan ve daha geniş

sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunması için petrol endüstrisine yönelik en başlıca düzenleme 94/63/EC sayılı direktiftir (Directive 94/63/EC, 1994). Direktif doğrudan akaryakıt sektöründe benzin buharı emisyonlarının azaltılmasına odaklanmaktadır. 94/63/EC sayılı direktif, akaryakıt istasyonlarında BGK sisteminin kullanılmasını zorunlu tutmaktadır. BGK kullanım sırasında aynı ABD’de de olduğu gibi asgari %98 verimlilikte çalışması öngörülmüş ve bunu sağlamak için periyodik izleme, muayene ve bakım kriterleri belirlenmiştir. Birlik içindeki üye devletler bu direktifi yerel mevzuatın bir parçası yaparak direktif hükümlerine uyum sağlamak zorundadır.

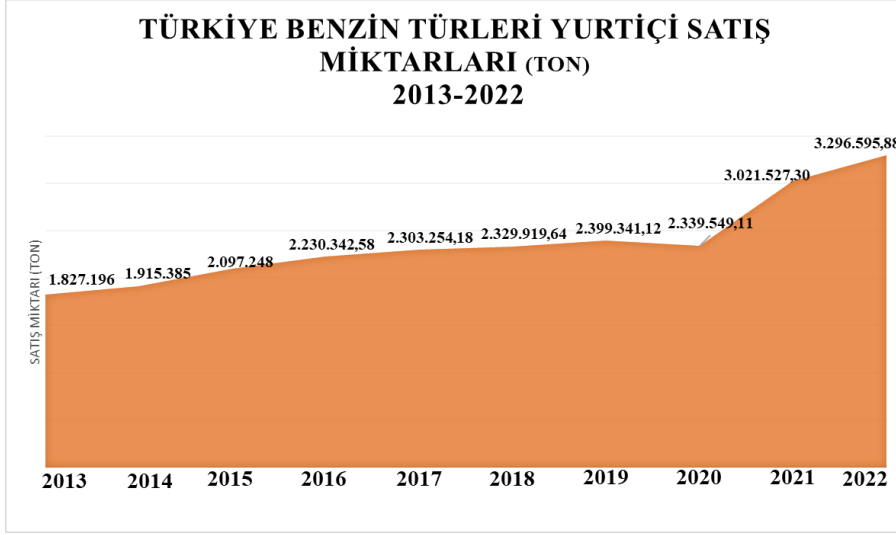
4.3.2.3 Çin Halk Cumhuriyeti

Asya kıtası özelinde Çin, BGK sisteminin kullanımı ve regülasyonu konularına özellikle son on yıllık dönemdeki gelişmeler ile birlikte lider konuma gelmiştir. Hava kirliliğinin önemli bir sorun olduğu Çin’de benzin emisyonuna yönelik en önemli adım 2015 yılında yayınlanan yasal düzenleme yapılmıştır. Bu düzenleme ile akaryakıt istasyonlarından terminallere tüm petrol endüstrisi tesislerinde BGK sisteminin kurulumu ve kullanılması zorunlu hale gelmiştir. 2016’da duyurulan 13. Beş Yıllık Enerji Tasarrufu ve Emisyon Azaltma Planına göre benzin buharının tüm petrol endüstrisi süreçlerin geri kazanılmasının önemi ve teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. BGK sisteminin akaryakıt istasyonlarına yönelik teknik düzenlemeler GB20952 adıyla anılan standart ile sağlanmaktadır (Huang ve diğ, 2019).

4.3.2.4 Türkiye

Ülkemizde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) yayınladığı petrol sektörü yıllık raporlarına göre on yıllık dönemde benzin tüketimi %80 oranında artmış durumdadır (Şekil 4.13) (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2023.).

Ciddi benzin tüketimi artışı ile birlikte benzin emisyonlarının geri kazanılması için ilk düzenleme AB uyum süreci ile birlikte 2018 yılında yayınlanan Benzin ve Naftanın Depolanması ve Dağıtılmasından Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşik Emisyonlarının Kontrolü Yönetmeliği ile başlamıştır. Ülkemizin Paris İklim Anlaşmasına taraf olması ile birlikte benzin buharının geri kazanılmasının önemi daha fazla ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.13 : Türkiye benzin türleri yurtiçi satış miktarı (ton) 2013-2022 (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 2023).

Avrupa Birliği'nin 94/63/EC ve 2009/126/EC sayılı direktiflerine dayanılarak hazırlanan ilgili yönetmelik, dünyadaki BGK uygulamalarını da dikkate alarak yerel uygulamayı Faz-I ve Faz-II olarak 2 aşamada uygulama şartı getirmiştir. Faz-I aşaması kendi içinde ayrıca Faz-IA akaryakıt terminallerinde tanker dolumu sırasında, Faz-1B Akaryakıt istasyonunda tankerden stoklama tanklarına ürün transferi sırasında oluşan buharın geri kazanılması olarak ikiye ayrılmaktadır. Faz-II ise doğrudan akaryakıt pompalarından taşıtlara ürün satışı sırasında aracın deposunda oluşan buharın geri kazanılması için yapılan uygulamadır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ilgili yönetmeliğe uyum için ülkemizdeki petrol endüstrisinin şartları da dikkate alınarak akaryakıt terminalleri, istasyonları ve tankerler için kademli bir geçiş süreci belirlemiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3) (Benzin ve Naftanın, 2018).

Çizelge 4.1 : Akaryakıt stoklama terminali (FAZ-I). (Benzin ve Naftanın, 2018).

Ürün Çıktı Miktarı	Geçiş Tarihi
Mevcut terminallerdeki yeni depolama tesisleri ve yeni terminaller	1/1/2021'den itibaren
Ürün çıktı miktarı 50.000 ton/yıldan büyük terminallerin mevcut depolama tesisleri	1/1/2023'den itibaren
Ürün çıktı miktarı 25.000 – 50.000 ton/yıl arasında olan terminallerin mevcut depolama tesisleri	1/1/2024'den itibaren
Ürün çıktı miktarı 25.000 ton/yıldan küçük terminallerdeki mevcut depolama tesisleri	1/1/2025'den itibaren

Çizelge 4.2 : Akaryakıt istasyonları (FAZ-I) (Benzin ve Naftanın, 2018).

Ürün Çıktı Miktarı	Geçiş Tarihi
İnşaat ruhsatı alınmış, iskanı henüz alınmamış akaryakıt istasyonları	1/1/2021'den itibaren
Yıllık ürün çıktı miktarının, 1.000 m ³ 'ten fazla olduğu veya yıllık ürün çıktı miktarının 100 m ³ 'ün üzerinde olduğu ve yerleşim yerlerinde bulunan mevcut akaryakıt istasyonları	1/1/2023'den itibaren
Yıllık ürün çıktı miktarı, 500 m ³ ile 1.000 m ³ arasında olan mevcut akaryakıt istasyonları	1/1/2024'den itibaren
Yıllık ürün çıktı miktarı, 100 m ³ ile 500 m ³ arasında olan mevcut akaryakıt istasyonları	1/1/2025'den itibaren

Çizelge 4.3 : Akaryakıt istasyonları (FAZ-II) (Benzin ve Naftanın, 2018).

Ürün Çıktı Miktarı	Geçiş Tarihi
Planlanan ürün çıktı miktarı 500 m ³ /yıldan büyük olan yeni akaryakıt istasyonları ile ürün çıktı miktarı 100 m ³ /yıldan büyük olan ve yerleşim yerlerinde bulunan yeni akaryakıt istasyonları	1/1/2021'den itibaren
Ürün çıktı miktarı 3000 m ³ /yıl'dan büyük mevcut akaryakıt istasyonları ile ürün çıktı miktarı 100 m ³ /yıldan büyük olan ve yerleşim yerlerinde bulunan mevcut akaryakıt istasyonları	1/1/2024'den itibaren
Ürün çıktı miktarı 3000 m ³ /yıl'dan büyük mevcut akaryakıt istasyonlarında, büyük bir tadilat yapılması planlanıyorsa Yönetmelik yürürlüğe girme tarihinden sonra yapılacak tadilatla birlikte	1/1/2021'den itibaren
Diğer akaryakıt istasyonlarında	1/1/2025'den itibaren



5. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

5.1 Benzin Emisyonu Hesaplama Modelleri

Akaryakıt istasyonları için emisyon kontrolünün temelini, faaliyetleri sırasında oluşan buhar oluşumunun tahmin edilmesi oluşturmaktadır. BGK sistemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için benzin buharı oluşum mekanizmasının anlaşılması da büyük önem taşımaktadır. Literatürü incelediğimizde taşıtlara benzin doldurulması sırasında oluşan buharın kestirimi için çeşitli ampirik modeller, kararlı durum modelleri veya zamanla değişen difüzyon olarak isimlendirilen hesaplama modelleri geliştirilmiştir.

1972 yılında ABD Kaliforniya eyaletinde BGK kavramı ve sistemi eyalet yasasına girerek bir zorunluluk haline gelmesiyle benzinin taşınması, boşaltılması veya taşıtlara tekrar doldurulması sırasında oluşan benzin kaynaklı emisyonlar, çevre koruma üzerinde çalışan araştırmacıların dikkatini çekmeye başlamıştır. Bu konudaki ilk çalışma 1972 yılında Scott Araştırma Laboratuvarı Malcolm Smith tarafından taşıtın yakıt deposunu temsil eden daha küçük depolama kabını kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Smith bu çalışmasında benzin sıcaklığını ve Reid buhar basıncını (RVP) çok sayıda test için değiştirmiş ve kontrol edilemeyen koşullar altında benzin emisyonuna ilişkin aşağıdaki ilk ampirik modeli önermiştir (5.1) (Smith, 1972).

$$E = \exp(-0.02645 + 0.01155T_{DF} - 0.01226T_V + 0.002246T_V \cdot RVP) \quad (5.1)$$

- E : Buharlaşan ürün miktarı (g/galon)
- T_{DF} : Doldurulan ürünün sıcaklığı (°F)
- T_V : Akaryakıt tankındaki mevcut ürünün sıcaklığı (°F)
- RVP : Reid Buhar Basıncı (psi)

1976 yılında Hochhauser ve Campion, Smith'in çalışmasının üstüne benzer bir test metodu ile ürün buharının kütlesini ve hacmini aynı anda ölçmüş ve benzin buhar emisyonlarının özgül kütle (g/galon) ve özgül hacim (galon/galon) verisini içeren bir diğer ampirik modeli geliştirmiştir (5.2) (Hochhauser, 1976).

$$E = \exp(-1.23 + 0.0185T_D - 0.0017T_T + 0.118 \cdot RVP) \quad (5.2)$$

- E : Buharlaşan ürün miktarı (g/galon)
- T_D : Doldurulan ürünün sıcaklığı (°F)
- T_T : Akaryakıt tankındaki mevcut ürünün sıcaklığı (°F)
- RVP : Reid buhar basıncı (psi)

1985 yılında Rothman ve Johnson benzin buharı emisyon testlerini 8 farklı araç ve farklı RVP, yakıt sıcaklıkları ve tank sıcaklıklarına sahip 4 yakıt üzerinde gerçekleştirmiştir. Bu test sonuçlarına göre aşağıda belirtilen yeni bir ampirik emisyon hesaplama modeli elde edilmiştir (5.3) (Liu ve diğ, 2020).

$$E = -5.909 - 0.0949\Delta T + 0.0884T_D + 0.485 \cdot RVP \quad (5.3)$$

Son olarak 1988 yılında Cingle ve arkadaşları da 22 farklı taşıta, farklı RVP değerlerine sahip 3 farklı tank üzerinden yakıt ikmali yaparak testleri gerçekleştirmiştir. Farklı araçlar, RVP ve ürün sıcaklıkları üzerinden benzin emisyonunu hesaplamak için aşağıda belirtilen yeni bir ampirik model ortaya konmuştur (5.4) (Liu ve diğ, 2020).

$$E = \exp(-1.2798 + 0.0049\Delta T - 0.0203T_D + 0.1315 \cdot RVP) \quad (5.4)$$

- E : Buharlaşan ürün miktarı (g/galon)
- T_D : Doldurulan ürünün sıcaklığı (°F)
- T_T : Akaryakıt tankındaki mevcut ürünün sıcaklığı (°F)
- ΔT : Akaryakıt tankındaki mevcut ürünün sıcaklığı (T_T) ile Doldurulan ürünün sıcaklığı (T_D) arasındaki sıcaklık farkıdır.
- RVP : Reid buhar basıncı (psi)

Benzin buharının emisyonunu hesaplayabilmek için gerçekleştirilen tüm bu çalışmalar ve ampirik hesaplama modelleri yanında ÇKA tarafından 1995 yılında yayınlanan AP-42 Havayı Kirleten Emisyonların Sınıflandırılması isimli teknik rapor benzin buhar emisyonlarının hesaplamasında ana kılavuz doküman olarak işlev görmektedir. 2008

yılında ilgili teknik rapora akaryakıt istasyonları özelinde emisyon kaynaklarının sınıflandırılması ve emisyon hesaplama yöntemlerini tanımlayan 5.2. Akaryakıtların Taşınması ve Perakende Satışı : Havayı Kirleten Emisyonların Sınıflandırılması isimli kılavuz bölüm eklenmiştir.

İlgili kılavuz dokümanının 5.2.2.2. maddesi doğrudan akaryakıt istasyonlarına yönelik olup emisyon kaynakları, çeşidi ve bu kaynakların oluşturabileceği emisyon oranları tanımlanmıştır (Çizelge 5.1) (AP-42 Section 5.2, 2008).

Çizelge 5.1 : Akaryakıt satış istasyonlarındaki faaliyetlerden kaynaklanan buharlaşma emisyonları ^a (AP-42 Section 5.2, 2008).

Emisyon Kaynağı	Emisyon Oranı	
	mg/L	lb / 10 ³ gal
Yer altı tanklarının doldurulması (Faz - I)		
Tank Dibi Dolum	880	7.3
Sallama Dolum	1380	11.5
Buhar Geri Kazanım Tank Dibi Dolum	40	0.3
Yer altı Tankı Nefeslik ve Boşalma ^b	120	1
Taşıt Yakıt İkmali		
Yer Değiştirme Kayıpları (Kontrolsüz) ^c	1320	11
Yer Değiştirme Kayıpları (Kontrollü)	132	1.1
Yakıt Döküntüsü	80	0.7

^a Benzinin metan ve etan içeriğinden kaynaklı emisyonlar ihmal edilebilir düzeyde olduğu için bu katsayılar toplam UOB için de geçerlidir.

^b Akaryakıt pompası ve yer altı tankı arasındaki tüm kayıpları kapsar.

^c Ortalama şartlar dikkate alınarak 5.3. denklemine göre yapılan hesaplama dayanmaktadır.

Kanada İstatistik Kurumu tarafından 2009 yılında ülke genelindeki tüm akaryakıt istasyonlarını kapsama alarak yapılan benzin buharlaşma kaybı hesaplama çalışmasında, Çizelge 5.1’de verilen AP-42 emisyon oran kabulleri ve buna bağlı Rothman ve Johnson ait 5.3. no’lu ampirik emisyon hesaplama modeli dikkate alınmıştır (Statistics Canada , 2012).

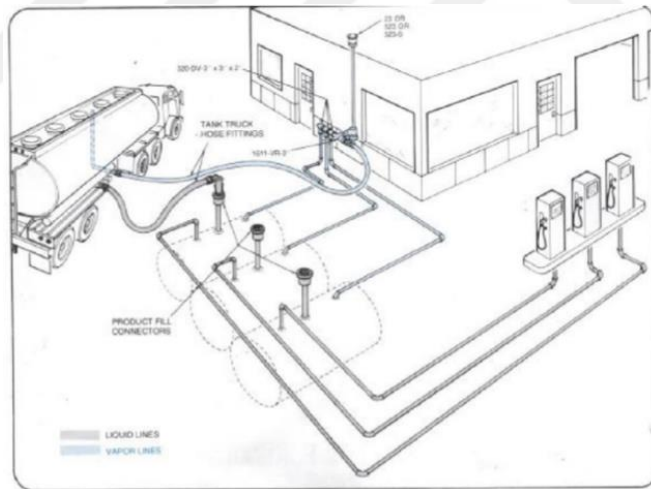
Bu tezin uygulama bölümünde de ilgili literatür doğrultusunda yer altı tanklarının doldurulması, ürün depolanması ve satışının yapılması sırasında oluşan depolama tankı kayıpları olarak ifade edeceğimiz emisyonların hesaplanmasında Çizelge 5.1’de

belirtilen emisyon oranı kabulleri dikkate alınmıştır. Taşıtlara ikmal yapılması sırasında oluşan emisyonu hesaplamak için ise genel kullanımı açısından örneği bulunan Rothman ve Johnson ait ampirik emisyon hesaplama modeli (5.3) temel alınmıştır.

5.2 Benzin Emisyonu Hesaplama Modeli Girdileri

5.2.1 Akaryakıt tankı doldurma yöntemi

İdeal bir akaryakıt istasyonunda tüm ürün akışının kapalı bir sistem içerisinde atmosfere emisyon oluşturmadan gerçekleştirilebileceği düşünülebilir (Şekil 5.1) (Petrol Ofisi, 2021). Ancak bu gerçek hayatta ulaşmamamız imkansız bir taleptir. Bu tezin dördüncü bölümünde aktarılan akaryakıt tanklarının farklı doldurma yöntemleri ve nefeslik kaynaklı emisyon, oluşturulan hesaplama modelinin temel girdisini oluşturmaktadır. Önemle vurgulamak gerekirse ülkemizde TS 12820 Akaryakıt istasyonları-Emniyet kuralları standardının uygulanması ile akaryakıt istasyonlarında tank dibi dolum yönteminin kullanılması önemle oranda sağlanmıştır.



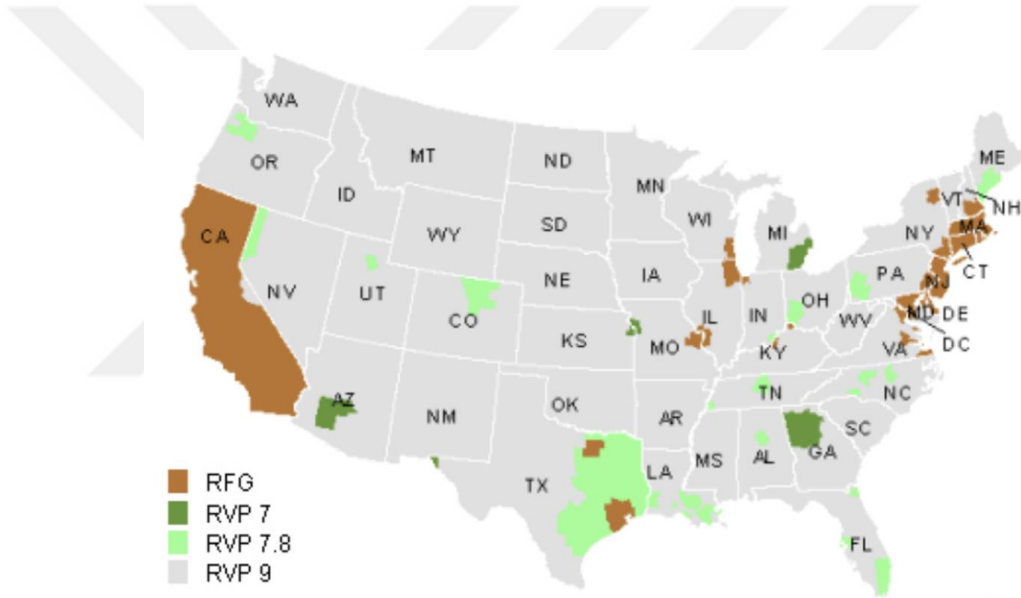
Şekil 5.1 : Akaryakıt istasyonu ürün akışı için ideal BGK bağlantılar (Petrol Ofisi, 2021).

5.2.2 Reid buhar basıncı

Reid buhar basıncı (RVP), benzin ve diğer sıvı petrol ürünlerinin buharlaşma özelliklerini tanımlayan uçuculuğunun bir ölçüsüdür. Benzinin depolandığı ve taşındığı sıcaklık olan 100 °F (37,8 °C) sıcaklıkta yakıtın mutlak buhar basıncı olarak tanımlanmaktadır. RVP inç kare başına pound (psi) veya kilopaskal (kPa) cinsinden ölçülmektedir.

RVP ne kadar yüksekse yakıt o kadar uçucudur, yani daha kolay buharlaşır ve hava kirliliğine katkıda bulunmaktadır. RVP ne kadar düşükse, yakıt o kadar az uçucudur, bu da buharlaşma ve hava kirliliğine katkıda bulunma olasılığının o kadar düşük olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle ÇKA hava kirliliğini azaltmak için ABD’de satılan benzin için mevsimsel ve bölgeye özel RVP gereklilikleri belirlemiştir (Şekil 5.2) (Url-9).

Bu tezin uygulama bölümündeki hesapmalar için çeşitli akaryakıt dağıtım firmalarının benzin ürünü kalite raporları incelenmiş; ülkemizin mevsimsel şartları da dikkate alınarak RVP değeri ampirik hesaplamalarda 1 Nisan – 30 Eylül tarihleri arasında 45-60 kPa / 6,5 – 8,70 psi ve 1 Ekim – 31 Mart tarihleri arasında 60 – 90 kPa / 8,7 – 13,05 psi kabul edilmiştir.



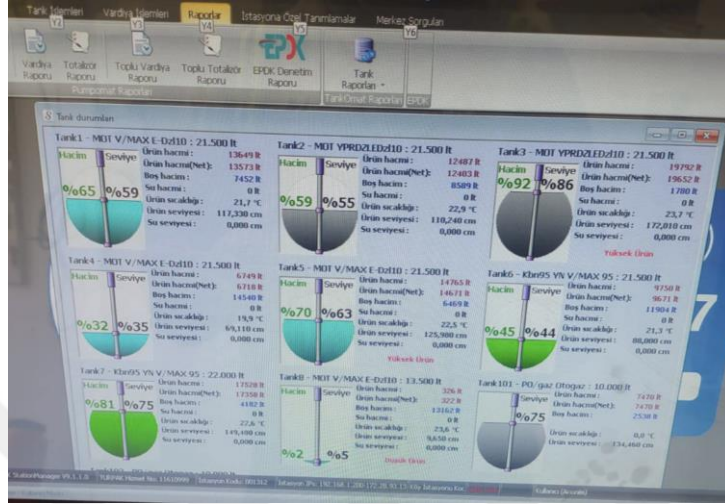
Şekil 5.2 : ABD gerekli Reid buhar basıncı değerleri (Url-9).

5.2.3 Ürün sıcaklığı

Akaryakıt istasyonlarında benzin ve motorin yer altı depolama tanklarında depolanmakta ve satışa sunulmaktadır. Tankların yer altında olması benzinin doldurulduğu taşıttaki mevcut ürünün sıcaklığı ve doldurulan ürünün sıcaklığı arasında fark bulunmasına neden olmaktadır. Ampirik hesaplamalarda oluşan bu fark benzin buharının oluşmasını etkileyen bir etmendir.

Bu amaçla uygulama kısmında taşıtlardaki mevcut benzin ürününün sıcaklık verisi için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 1950-2022 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık (°C) değerleri kullanılmıştır (Url-10).

Yer altı tanklarındaki benzin ürününün sıcaklık verisi, tüm tanklarda kurulması yasal olarak zorunlu olan; ürünün hacmi, sıcaklığı, tank içinde seviyesi bilgilerini 30 dk. aralıklarda ölçerek elektronik olarak raporlayan otomasyon sistemi üzerinden alınmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Akaryakıt istasyonu otomasyon sistemi ekranı.

5.2.4 Emisyon oranı ve ürün satış miktarı

Akaryakıt satış istasyonlarındaki faaliyetlerden kaynaklanan buharlaşma emisyonları çizelgesinde (Çizelge 5.1) verilen ve ayrıca ampirik emisyon hesaplama modeli (5.3) ile de elde edilen emisyon oranı, atmosfere salınan benzin buhar miktarını, akaryakıt istasyonu faaliyetleriyle ilişkilendirmeye çalışan, emisyonların hesaplanmasını kolaylaştıran temsili bir değerdir (AP-42, 1995). Emisyon oranı belirlendikten sonra emisyonu yaratan faaliyetin ürün satış hacmi ile çarpılması gerekmektedir. Gerekli olan satış hacmi ise yine akaryakıt istasyonu otomasyon sistemi üzerinden aylık ve yıllık bazda elde edilmiştir (EK A).

5.3 Çalışmada Kullanılan Programlar

Literatür araştırması, İstanbul Teknik Üniversitesi'nin erişimi açık veri tabanları ile internet ortamında kullanıma açık diğer veri tabanları üzerinden elde edilen yayınlar, makaleler, elektronik kitaplar ve tezler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ampirik model hesaplamasında kullanılmak üzere satış miktarları ve ürün sıcaklıkları, akaryakıt istasyonlarında kurulu olan Turpak ve Asis firmalarına ait istasyon tank otomasyon sistemi raporlama modülü üzerinden temin edilmiştir.

Elde edilen tüm sayısal verilerin düzenlenmesi, ampirik hesaplamalar ve analizler için Microsoft Excel 2020 programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamına alınan istasyonların haritalandırılması için açık bir kaynak olan Openstreetmap-Arcgis çevrimiçi düzenleyici programından yararlanılmıştır.



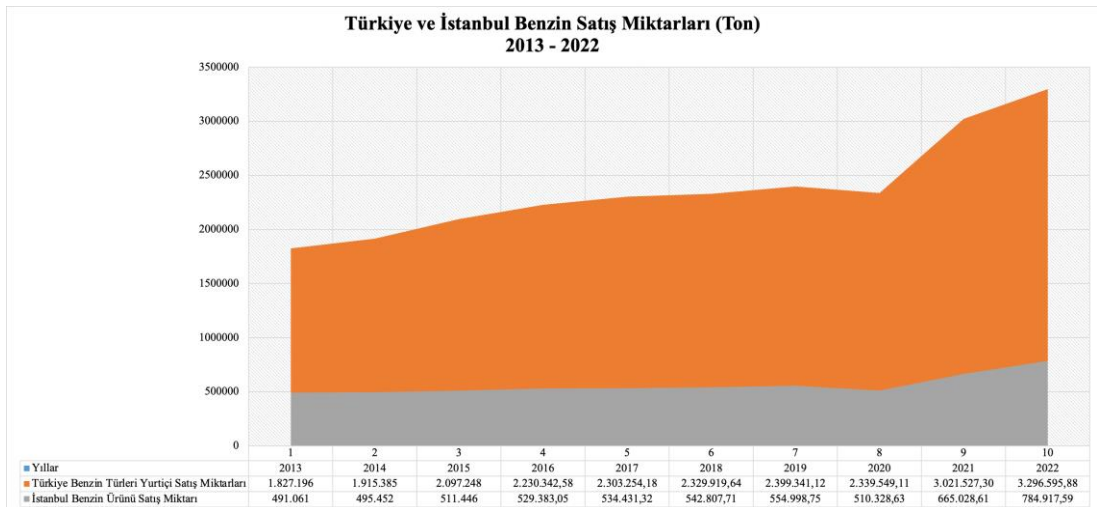


6. UYGULAMA

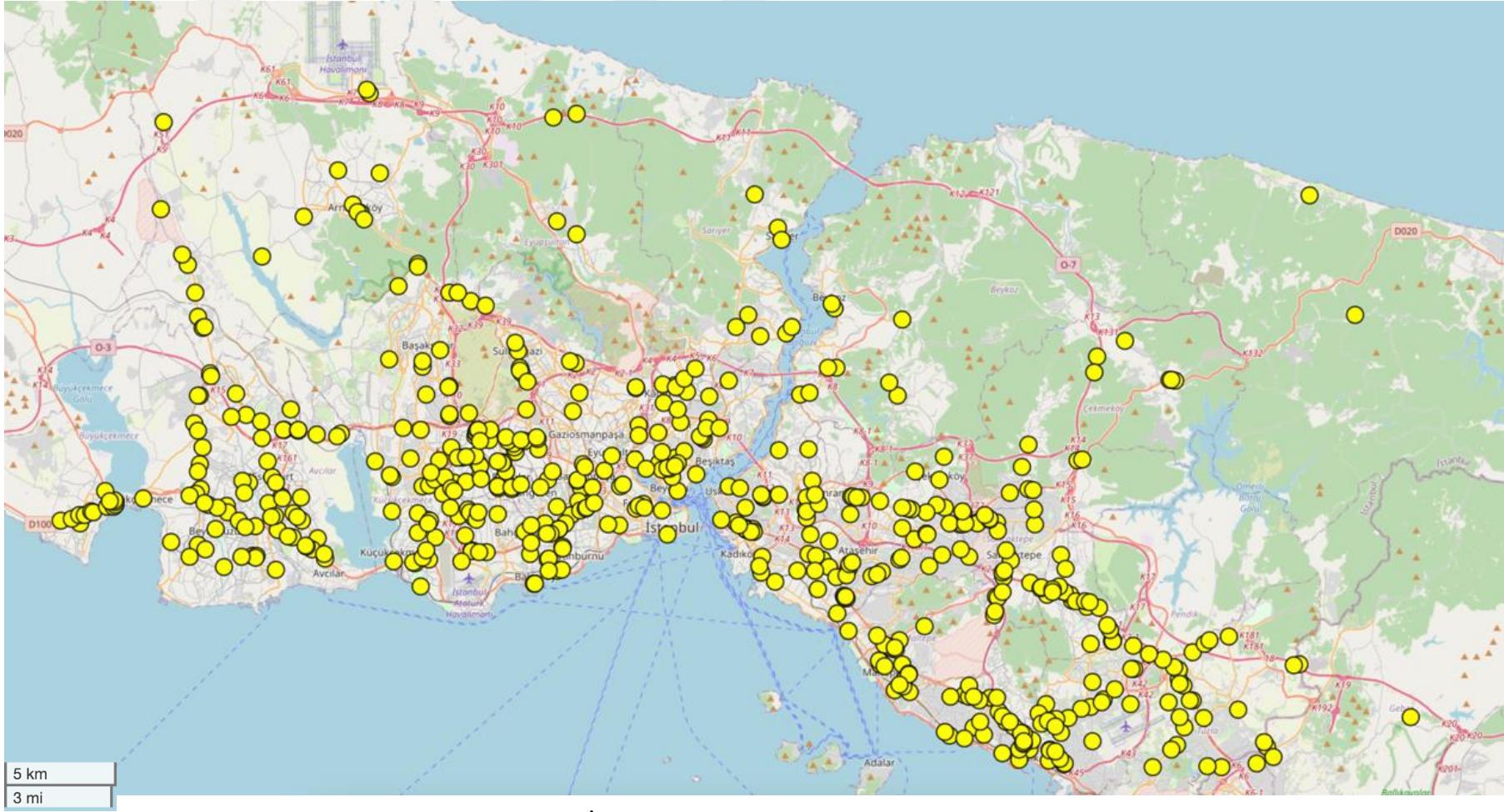
6.1 Çalışma Alanı

Türkiye'nin, ekonomik, kültürel ve demografik açıdan en önemli metropolü olan İstanbul, sanayi üretim tesisleri ve ticaretin yoğun olduğu alanlar ile yüksek bir ekonomik canlılığa sahiptir. Ayrıca uluslararası ticaret yollarının üzerinden olması nedeniyle transit taşımacılığın ve lojistik faaliyetlerin merkezi konumundadır. Sahip olduğu tarihi ve kültürel zenginlikleriyle de dünya genelinde turistik cazibe merkezi olma özelliğini taşımaktadır. İstanbul'un sahip olduğu tüm bu özellikler doğal olarak yüksek nüfus yoğunluğu ile birlikte artan oranda enerji ve özellikle akaryakıt ürünlerini talebini de yaratmaktadır.

Tüm dünyayı etkileyen COVID-19 pandemi dönemi hariç ülkemizdeki benzin satışları her yıl ortalama %7 oranında artmaktadır. Ülkemizde satılan her 100 litre benzinin 24 litresi İstanbul'da bulunan akaryakıt istasyonları aracılığı ile gerçekleşmektedir (Şekil 6.1) (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 2023). Akaryakıt istasyonu sayısına baktığımızda EPDK verilerine göre ülkemizde toplam 12.468 bayilik lisansına sahip istasyon bulunmaktadır. İstanbul'da ise ülke genelinin yaklaşık %6'ına denk gelen 744 bayilik lisansına sahip istasyon faaliyettedir (Şekil 6.2) (Url-11).



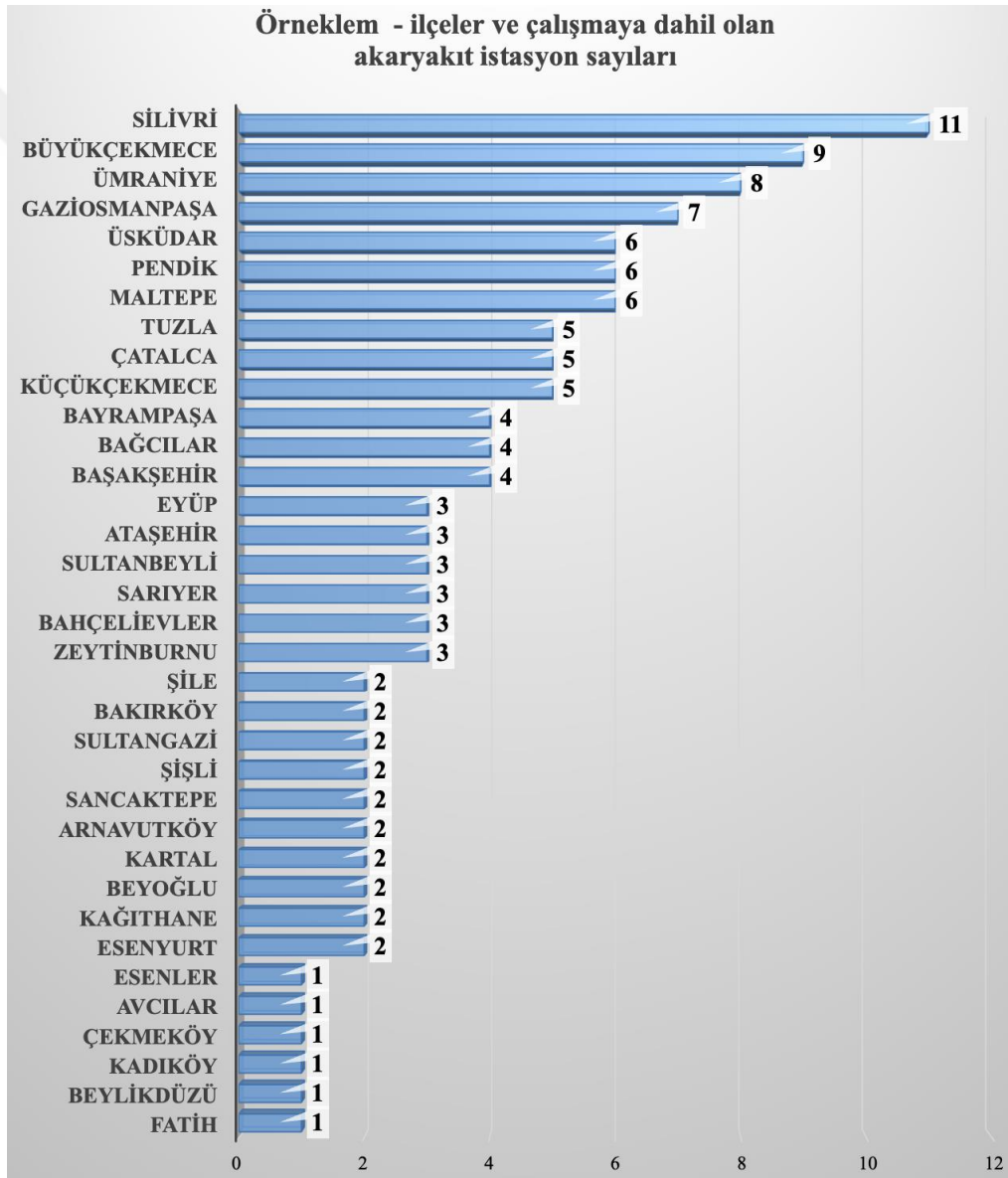
Şekil 6.1 : Türkiye ve İstanbul benzin satış miktarları (ton), 2013 – 2022 (Url-11).



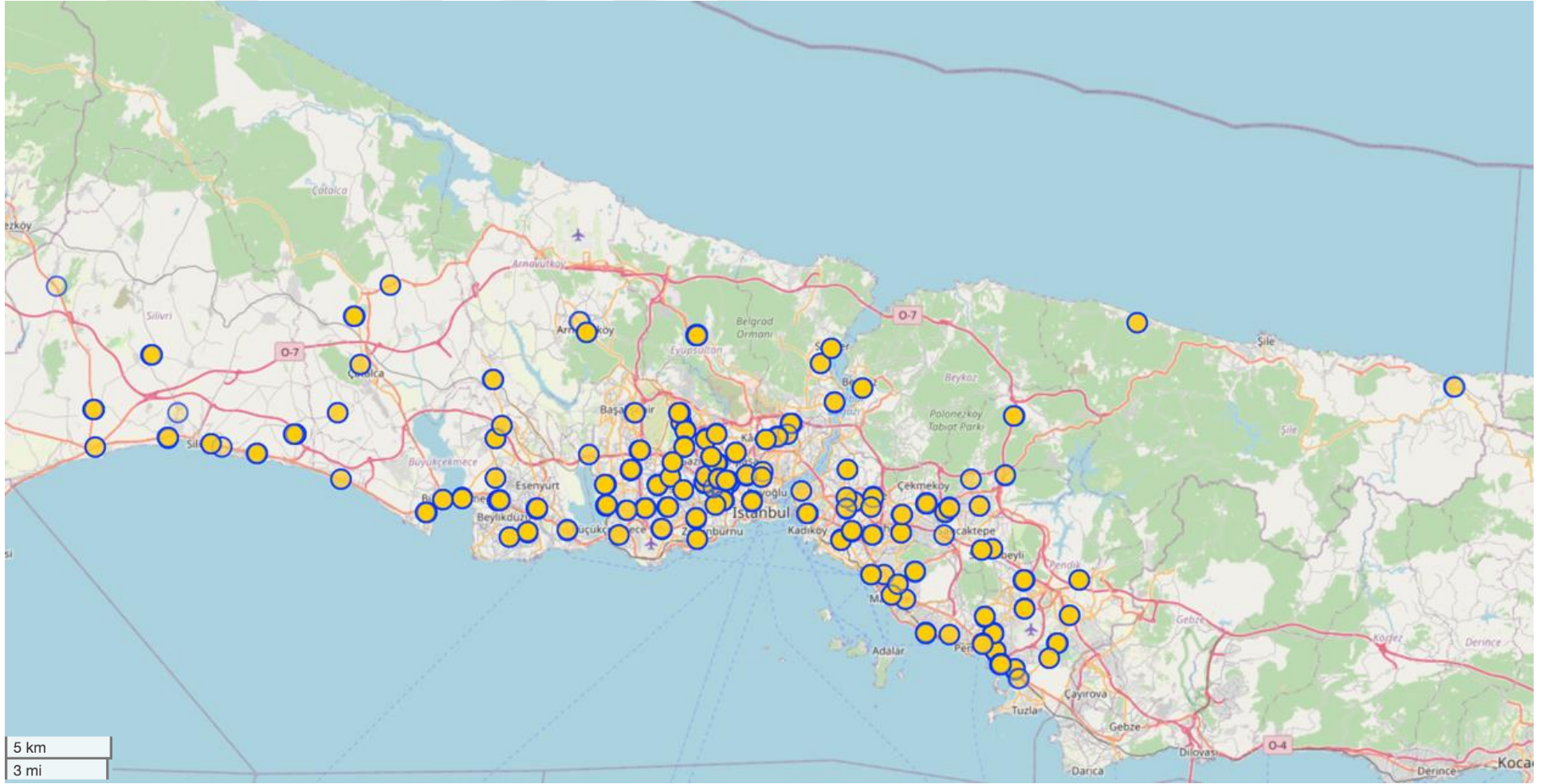
Şekil 6.2 : İstanbul'da bulunan akaryakıt istasyonları.

Çalışma alanı İstanbul ili içerisinde aynı akaryakıt dağıtım firmasına ait 124 adet istasyon örnekleme ile seçilerek sınırlandırılmıştır. Örnekleme alınan istasyon sayısı İstanbul ili genelindeki toplam istasyon sayısının %16'ına karşılık gelmekte olup seçilen istasyonlar İstanbul ilinde 2022 yılı toplam benzin satışlarının yaklaşık %15,51'ini gerçekleştirmiştir (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 2023).

Örnekleme alınan istasyonlar İstanbul'un 35 ilçesinde faaliyet göstermektedir (Şekil 6.3). Adalar, Beşiktaş, Beykoz ve Güngören ilçelerinde ilgili akaryakıt dağıtım firmasının akaryakıt istasyonu bulunmadığı için bu ilçeler çalışma alanı kapsamı dışında tutulmuştur (Şekil 6.4).



Şekil 6.3 : Örnekleme – ilçeler ve çalışmaya dahil olan akaryakıt istasyon sayıları.



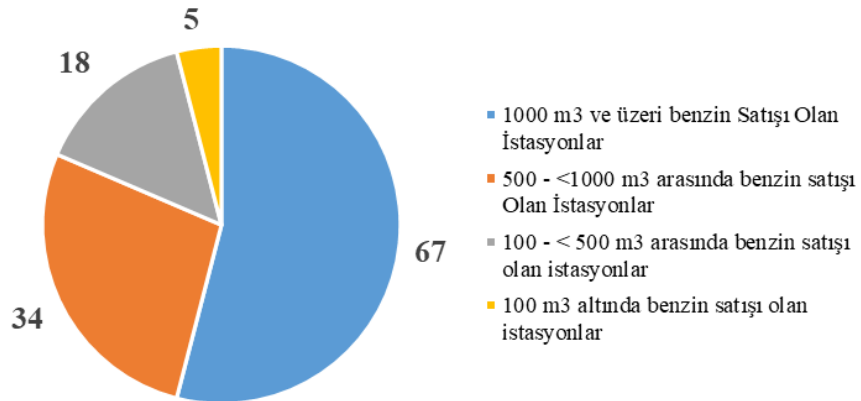
Şekil 6.4 : Örneklem – çalışmaya dahil edilen istasyonlar.

6.2 Çalışma Verileri ve Verilerin Düzenlenmesi

Benzin kaynaklı VOC emisyonu hesaplamasında kullanılan satış verilerinin ana kaynağını Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından petrol piyasası bayilik lisansına sahip akaryakıt istasyonlarının otomasyon sistemi üzerinden alınan aylık ve yıllık bazdaki veriler oluşturmaktadır (EK A). Örneklem alınan 124 adet istasyonun 122'inde 2022 yılında yer altı tanklarına ve taşıtlara benzin dolumu gerçekleştirilmiştir. Deniz araçlarına yakıt ikmalinin yapıldığı liman veya marina içerisinde bulunan istasyonlar örneklem dışında tutulmuştur.

Örneklem alınan istasyonların %54'ü yıllık 1000 m³ ve üstünde; %27,5'i 500 m³ - 1000 m³ arasında; %14,5'i 100 m³ - 500 m³ arasında ve %4'ü 100 m³ altında benzin satışına sahiptir (Şekil 6.5). Her istasyonda en az 1 adet benzin ürünü depolanan yer altı akaryakıt tankı bulunmaktadır.

Örneklem - benzin satış miktarlarına göre istasyon dağılımı

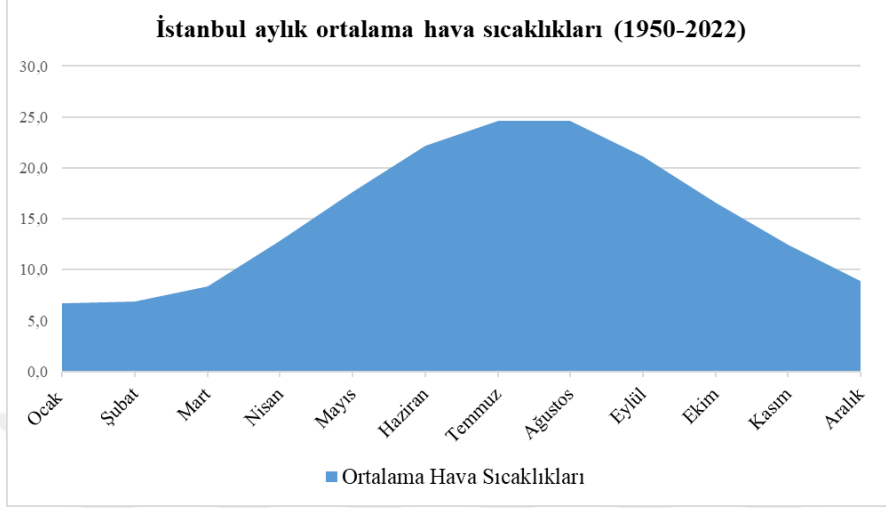


Şekil 6.5 : Örneklem – çalışmaya dahil edilen istasyonlar.

Ülkemizde akaryakıt istasyonlarının inşa, kurulum ve işletilmesinde TS 12820 Akaryakıt istasyonları - Emniyet gerekleri zorunlu standardı uygulanmaktadır. İlgili istasyonların bakım ve muayene kayıtları kontrol edilerek istasyonların yer altı tanklar, ürün hatları, nefeslik vb. akaryakıt altyapıları benzer özelliklerde olduğu teyit edilmiştir.

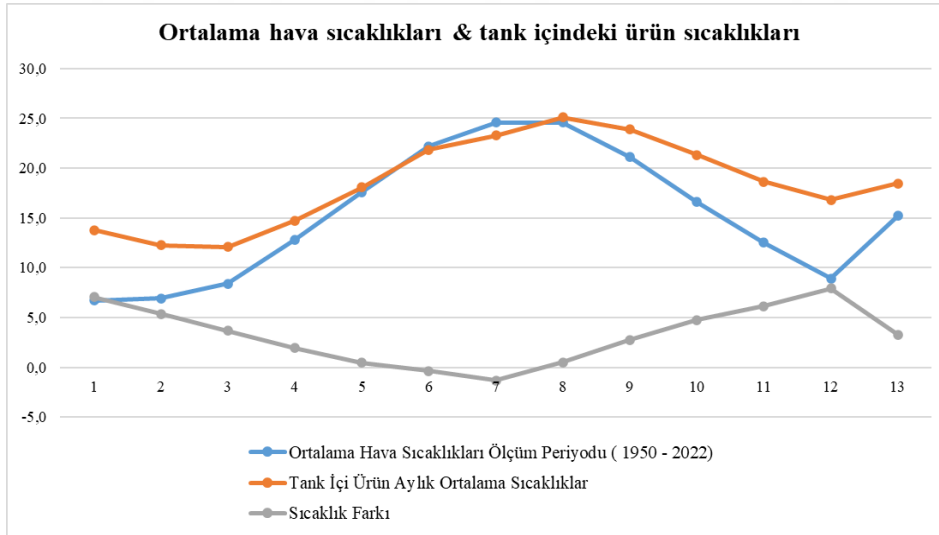
İstanbul genelinde ve örneklem alınan akaryakıt istasyonlarının mekânsal dağılımını gösteren haritalar istasyonların GPS data verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Haritalarda daire olarak gösterilen her bir nokta bir akaryakıt istasyonunu temsil etmektedir. Bu gösterim ile istasyonların harita üzerindeki mekânsal dağılımları ve buna bağlı yoğunlukları anlaşılabilir olması amaçlanmıştır.

Taşıtlardaki mevcut benzin ürününün sıcaklık verisi için kullanılan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1950-2022 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık (°C) değerleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 6.6) (Url-10).



Şekil 6.6 : İstanbul aylık ortalama hava sıcaklıkları (1950-2022).

Ampirik emisyon hesaplama modeli için yer altı tanklarındaki benzin ürününün 2022 yılına ait aylık ortalama sıcaklık değeri ile aylık ortalama hava sıcaklık değeri arasındaki sıcaklık farkı hesaplanmıştır (Şekil 6.7) (Url-10).



Şekil 6.7 : Ortalama hava sıcaklıkları – tank içindeki ürün sıcaklıkları, 2022.

Elde edilen sıcaklık farkı (ΔT) incelendiğinde hava sıcaklıklarının düşük olduğu güz ve kış mevsimi aylarında, yer altındaki tanklarda bulunan benzin ürünü sıcaklığının görece korunduğu ve sıcaklık farkının bu aylarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Ampirik hesaplama modeli doğrultusunda özellikle taşıtlara ikmal sırasında kışın yaz mevsimine göre daha fazla emisyon oluşabileceği görülmektedir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1 : Sıcaklık farkı (ΔT) : ortalama hava – depolanan ürün sıcaklıkları.

Aylar	Ortalama Hava Sıcaklıkları °C	Depolanan Ürün Sıcaklıkları (Ort.) °C	Sıcaklık Farkı ΔT °F
Ocak	6.7	13.76	12.71
Şubat	6.9	12.25	9.63
Mart	8.4	12.08	6.62
Nisan	12.8	14.75	3.51
Mayıs	17.6	18.06	0.83
Haziran	22.2	21.84	- 0.65
Temmuz	24.6	23.27	- 2.39
Ağustos	24.6	25.10	0.90
Eylül	21.1	23.87	4.99
Ekim	16.6	21.34	8.53
Kasım	12.5	18.63	11.03
Aralık	8.9	16.82	14.26

Ampirik hesaplama modelinde diğer bir önemli değişken olan Reid buhar basıncı (RVP) değeri için benzin ürünü kalite raporları kullanılmıştır. Hesaplamalarda RVP değeri 1 Nisan – 30 Eylül tarihleri arasında 60 kPa / 8,70 psi ve 1 Ekim – 31 Mart tarihleri arasında 90 kPa / 13,05 psi alınmıştır.

Kullanılan benzin ürünü kalite raporları Ülkemizde piyasaya sunulan akaryakıt ürünlerine yönelik ürün kalite raporları Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik mevzuatı gereğinde bağımsız akreditasyona sahip kuruluşlarca yapılarak EPDK'ya bildirilmektedir.

6.3 Akaryakıt İstasyonu Benzin Buharı Kaynaklı Emisyonların Hesaplanması

Örneklem için öncelikle akaryakıt depolama tanklarının doldurulması, ürünün depolanması veya ürünün akaryakıt pompalarına transferi sırasında oluşan depolama tankı kayıpları çalışma kaybı ve buharlaşma / nefes alma kaybı olarak iki alt bölümde Çizelge 5.1’de verilen AP-42 emisyon oran kabulleri kullanılarak hesaplanmıştır (EK B) (AP-42 Section 5.2, 2008). Bu kabuller şu şekildedir.

- Örneklem alınan tüm istasyonlarda TS 12820 Akaryakıt istasyonları-Emniyet kuralları standardı gereği tank dibi dolum yapılmaktadır. Tank dibi dolum emisyon oranı 880 mg/L olarak alınmıştır.

- Örneklem alınan tüm istasyonlarda her benzin tankı bir nefeslik bağlantısına sahiptir. Yer altı tankı nefeslik bağlantısı emisyon oranı 120 mg/L olarak alınmıştır.
- Örneklem alınan tüm istasyonlarda BGK Faz-I sistemi bulunmamaktadır.

Kabul edilen emisyon oranları, istasyonların 2022 yılı benzin satış miktarları ile çarpılarak Çalışma ve buharlaşma / nefes alma kayıpları modellenmiştir (Çizelge 6.2). Modelleme sonucunda satış miktarının %0,13 oranında depolama tankı kaybı yaşanmaktadır.

Çizelge 6.2 : Depolama tankı kayıpları (m³).

Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)		
	A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı
163365.1486	185.4985	25.2952	210.7937

Operasyonel gerekliliklerden dolayı gerçekleştirilen çeşitli muayene ve kontroller sırasında oluşan kayıplar ile ve küçük miktarlardaki döküntü kaynaklı kayıpların hesaplanması için yine Çizelge 5.1’de verilen yakıt döküntüsü emisyon oranı 80 mg/L olarak hesaplamada kullanılmıştır. Modelleme sonucunda tüm örneklem için 16,8635 m³ operasyonel kayıp yaşanmaktadır. Belirlenen kayıp, satış miktarının %0,01 oranındadır.

Örneklem alınan akaryakıt istasyonlarında akaryakıt pompası aracılığı ile taşıtlara benzin dolumu sırasında oluşan emisyonun oranının hesaplanması için Rotman ve Johnson tarafından geliştirilen ampirik hesaplama modeli (5.3) kullanılmıştır (EK C) (Liu ve diğ., 2020). Taşıt dolum kayıplarının hesaplamasında aşağıda belirtilen kabuller dikkate alınmıştır.

- Taşıtlara yakıt ikmali sırasında oluşan benzin buharı emisyonu, taşıtların modeli, akaryakıt pompa tabancasının şekli veya tabancayı kullanan istasyon personeli gibi etkenlerden bağımsızdır.
- Örneklem alınan tüm istasyonlarda BGK Faz-II sistemi bulunmamaktadır.

Ampirik modele göre aylık olarak hesaplanan emisyon oranları, istasyonların ilgili ayın benzin satış miktarları ile çarpılarak aylık bazda modellenmiştir (Çizelge 6.3).

Modelleme sonucunda taşıt dolumu kaybı, 266,366 m³; satış miktarının %0,16 oranında olduğu hesaplanmıştır. Önemle vurgulamak gerekirse benzin buharı emisyonunun en yüksek zaman aralığı, Haziran-Aralık ayları arasındaki dönem olduğu gözükmemektedir.

Çizelge 6.3 : Aylık bazda taşıt dolum kayıpları (m³).

Aylar	Toplam Taşıt Dolum Kaybı
1	16.17
2	17.39
3	17.87
4	23.82
5	18.45
6	21.31
7	22.74
8	24.70
9	22.32
10	30.73
11	25.74
12	25.13
Toplam	266.366

Sonuç olarak benzin buharı kayıplarını belirlemek için ampirik hesaplama modeli ve geçerli kabul edilen benzin buharı emisyon oranları kullanılmıştır. Belirlenen kayıplar depolama tankı kayıpları, operasyonel kayıplar ve taşıt dolum kayıpları olmak üç ana kategori altında tanımlanmıştır.

Örneklem alınan akaryakıt istasyonlarında 2022 yılında toplamda 163.365,15 m³ benzin ikmali ve satışı gerçekleştirilmiştir. Modelleme sonucunda toplam benzin buharı kaybının 494,02 m³ olduğu öngörülmektedir. Bu kayıp toplam satış miktarının %0,3'üne denk gelmektedir (Çizelge 6.4).

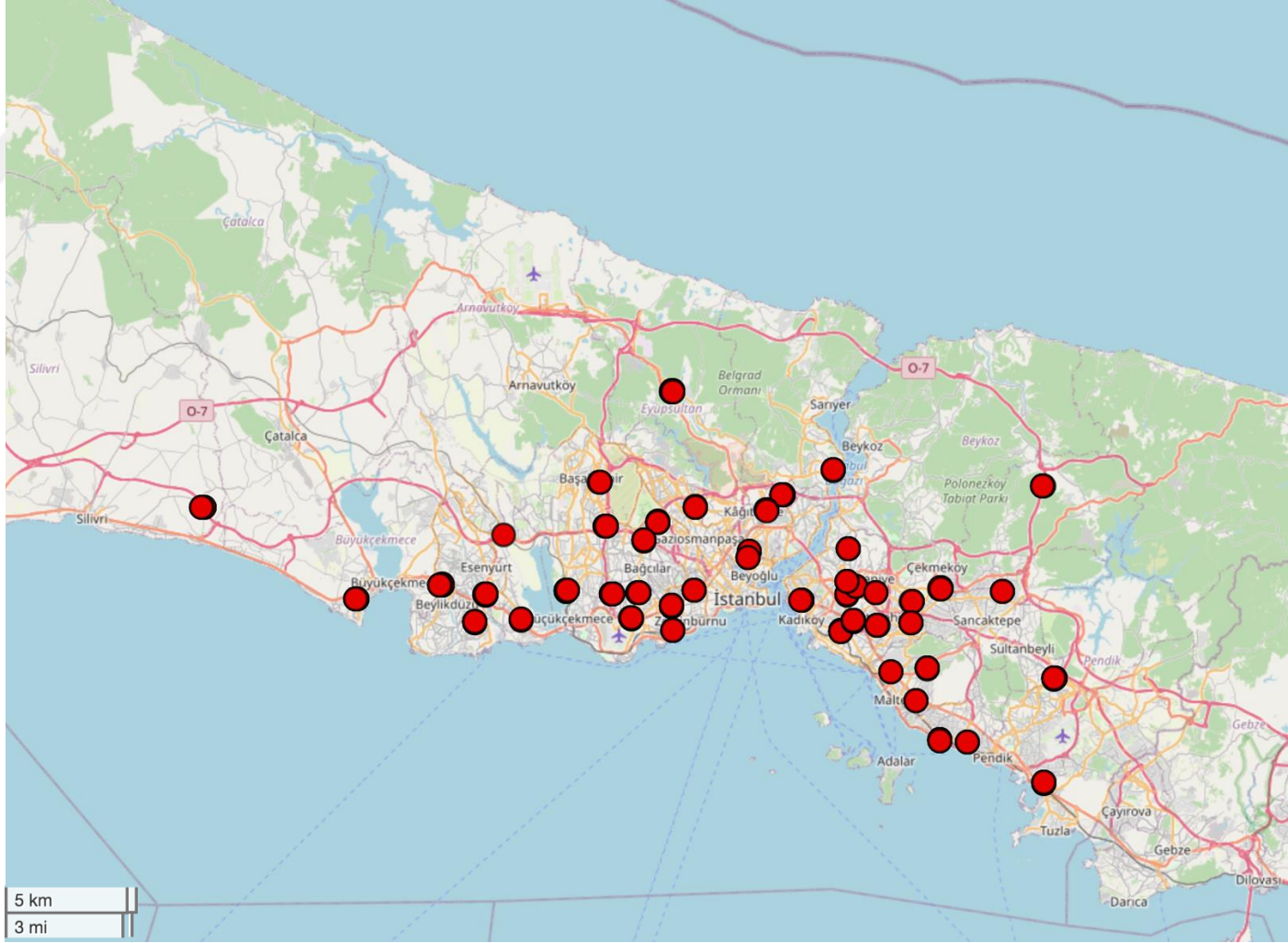
Çizelge 6.4 : Örneklem : toplam benzin buharı kaybı, 2022.

Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
	A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
163365.15	185.50	25.30	210.79	16.86	266.37	494.02

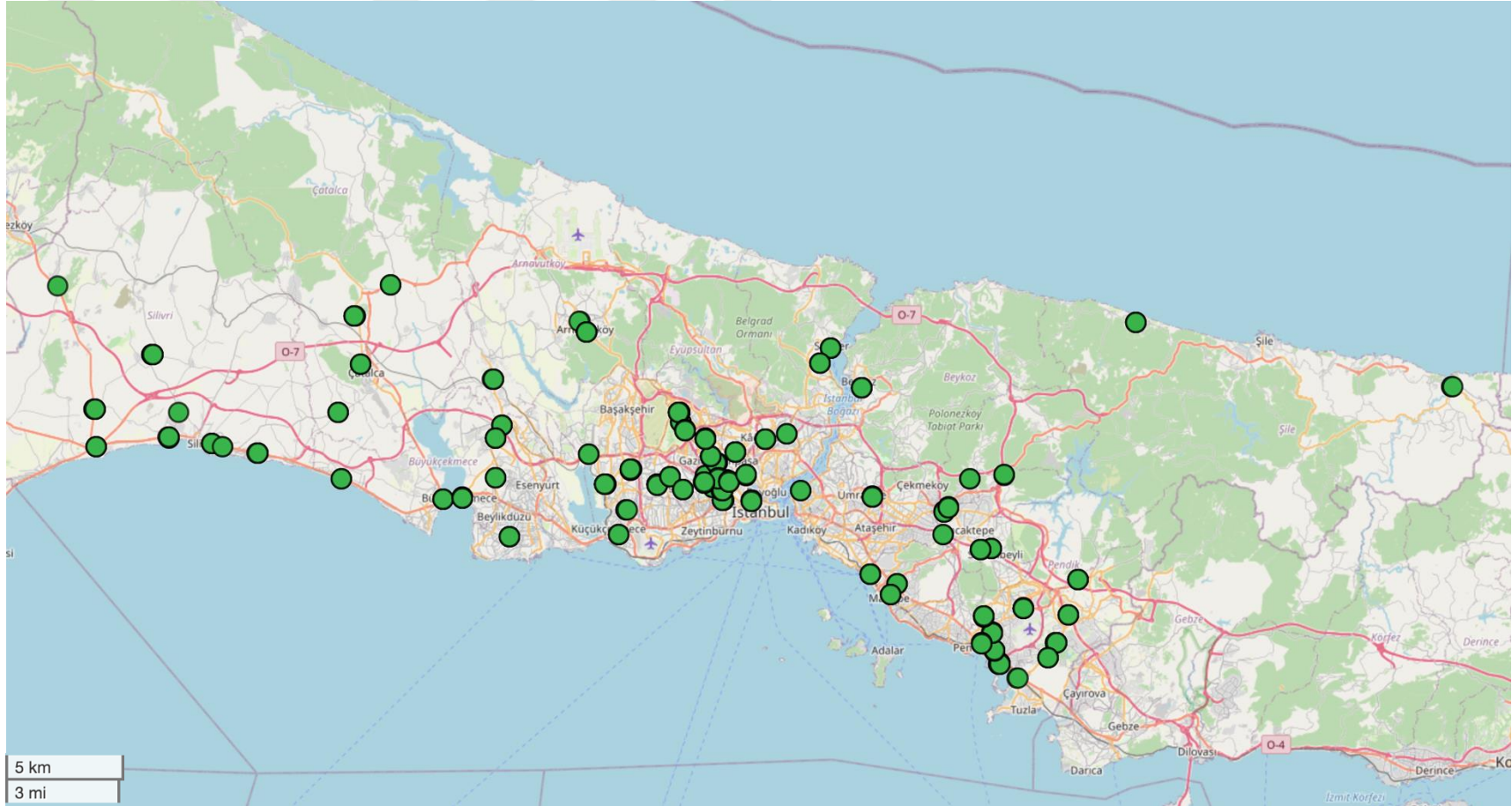
Benzin buharı emisyonlarının %53,9'nun taşıt dolumu kaynaklı olduğu görülmektedir. Bunu %42,7'si oranında depolama tankı , %3,4 oranında ise operasyonel kaynaklı kayıplar izlemektedir.

İstasyon başına ise ortalama 3.98 m^3 / yıl benzin buharı emisyonu oluşmaktadır. Örneklemeye alınan 124 istasyonun 49 adedinde ortalama emisyonun üzerinde emisyon yaratılmaktadır. Ortalama benzin buharı emisyon değerinde veya daha altında 75 ad. istasyon bulunmaktadır. İlgili istasyonların konumları Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10’da gösterilmiştir.

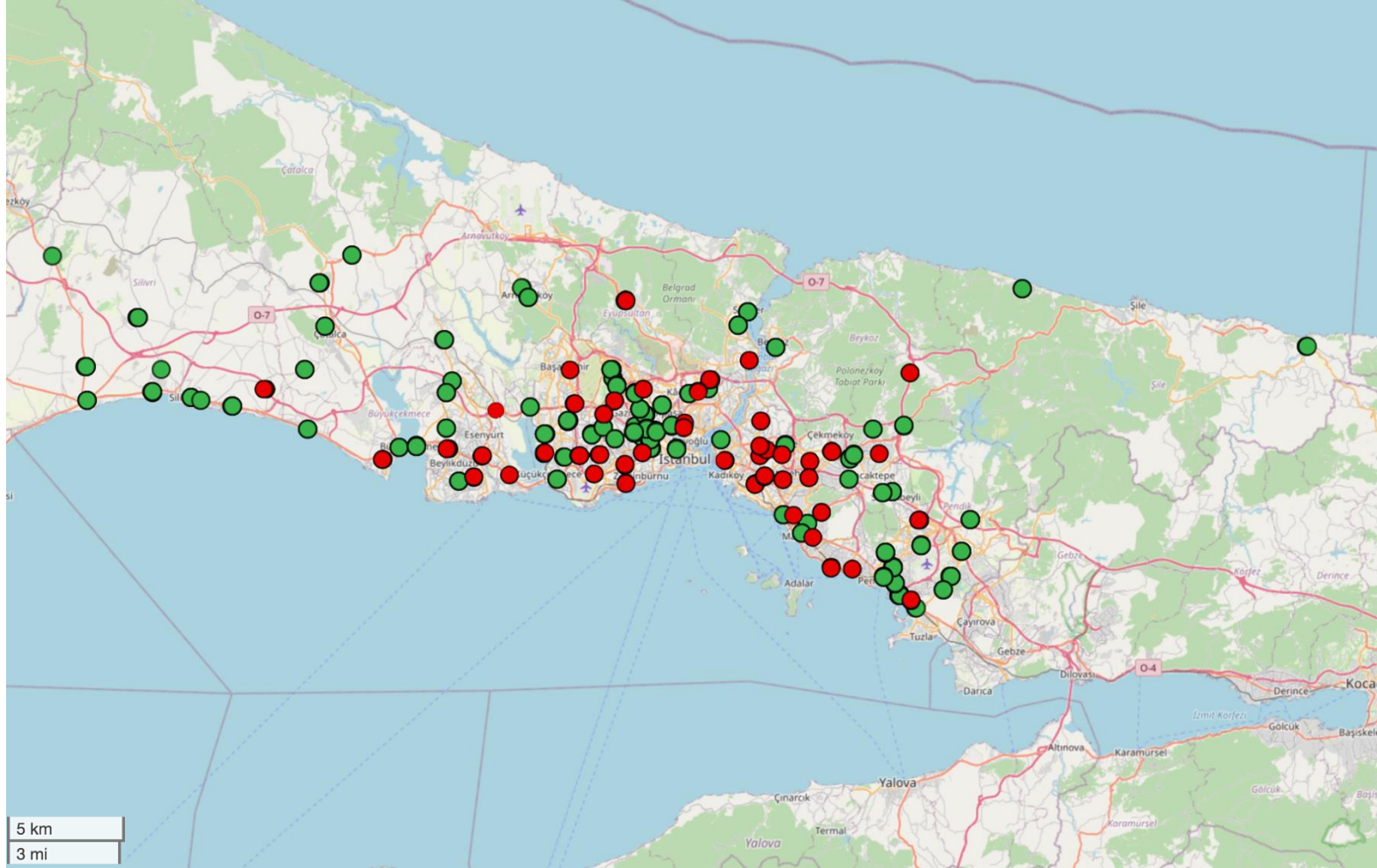




Şekil 6.8 : Ortalama üstü benzin buharı emisyonu oluşturan akaryakıt istasyonları.



Şekil 6.9 : Ortalama ve altında benzin buharı emisyonu oluşturan akaryakıt istasyonları.



Şekil 6.10 : Ortalama üstünde ve altında benzin buharı emisyonu oluşturan akaryakıt istasyonları.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atmosferdeki sera gazı birikiminin yol açtığı iklim değişikliğinin, en ciddi seviyede çevresel tehdit olduğu içinde bulunduğumuz yüzyılın başında tüm dünya tarafından kabul edilmiştir. Her geçen sürede acil ve kapsamlı çözümler gerektiren bu tehdidin yarattığı olumsuzlar ile günümüzde baş edilmeye çalışılmaktadır. Yarattığı emisyonlar ile küresel ısınmaya katkıda önemli bir rol oynayan petrol endüstrisinin iklim değişikliğine yönelik afet zarar azaltma çalışmalarındaki rolü hem kritik ve hem de öncülük göstermesi gereken bir konumdadır.

Petrol endüstrisinde özellikle benzin ürününün depolanması, taşınması, dağıtılması ve kullanımı dahil olmak üzere çeşitli faaliyetler sırasında açığa çıkan benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen gibi uçucu organik bileşiklerin BGK sistemleri ile atmosfere salınımının engellenmesi ve geri kazanılması petrol endüstrisinin iklim değişikliğine karşı başlıca zarar azaltma çalışması olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışmada ele alınan BGK sistemlerinin iklim değişikliğine yönelik doğrudan ve dolaylı etkileri bulunmaktadır. BGK, küresel ısınmaya karbondioksitten çok daha yüksek katkı sunma potansiyeli bulunan metan başta olmak üzere diğer uçucu organik bileşik emisyonlarının atmosfere salınımını engelleyerek küresel ısınmanın azaltılmasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca dolaylı yoldan endüstri içindeki uygulamaları uluslararası anlaşmalar ve hedefler ile uyumlu hale getirerek diğer sektörlere de öncülük etmektedir. Bu çalışmada incelenen BGK sisteminin ülkemizdeki petrol endüstrisinde ve özellikle akaryakıt istasyonlarında kullanılması ile birlikte Paris İklim Anlaşmasının gerekliliklerine ve karbon ayak izini azaltması taahhüdüne açık bir destek verileceğini gösterecektir.

Akaryakıt istasyonlarındaki faaliyetler sırasında atmosfere salınan benzin buharını yakalamak ve geri kazanmak için tasarlanan BGK sistemleri, ülkemizdeki petrol endüstrisinde UOB emisyonlarını azaltmak için yenilikçi ve teknolojik olarak gelişmiş; faydası kanıtlanmış bir çözümü temsil etmektedir. Faz I ve Faz II olarak iki aşamada kategori edilen BGK sisteminin ülkemizde kullanılmaya başlanması ile birlikte aşağıda belirtilen temel faydaların elde edileceği değerlendirilmektedir.

- İklim Değişikliği Zarar Azaltma Çalışmaları / Emisyon Azaltımı: BGK sistemlerinin uygulanmasının birinci faydası akaryakıt istasyonlarının çevresel etkisini en aza indirmesini sağlayan UOB emisyonlarını önemli derecede azaltmasıdır. Ayrıca atmosfere salınan benzin buharı, karbondioksitten (CO₂) sonra ikinci en önemli insan kaynaklı sera gazı olan metan (CH₄) gazını içermektedir (Shen vd., 2023). Metan gazının sanayi devrimi öncesi dönemden bu zamana kadar küresel ısınmaya 0,6 °C'lik katkı yaptığı bilinmektedir. BGK sistemleri benzin buharının atmosfere salınımını önleyerek doğrudan iklim değişikliğine yönelik zarar azaltma çalışmalarına önemli derecede katkıda bulunmaktadır.
- Hava Kalitesinin İyileştirilmesi: İklim değişikliği endişelerinin ötesinde, BGK sistemleri yerel hava kalitesinin iyileştirilmesine de katkıda bulunur. Özellikle İstanbul gibi akaryakıt istasyonlarının şehir içinde yaşam mahallerine yakın olduğu yerlerde UOB'ler atmosfere salındığında insanların solunum sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan yer seviyesinde ozon ve kirli hava kütlesinin oluşumuna yol açmaktadır. Troposfer tabakasında veya yer seviyesindeki ozon tabakası, güneş ışığının varlığında nitrojen oksitleri (NO_x) ve uçucu organik bileşikler arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır (Url-12).

Benzin buharı içerisinde bulunan BTEX bileşikleri ayrıca sucul ve karasal ekosistemleri için toksisiteye sahiptir. Emilen BTEX emisyonları su ürünleri ve tarımsal ürünler tarafından emilerek insan besin zincirine girmektedir. BTEX bileşiklerinden benzen lösemi ile bağlantısı iyi bilinen kanserojen bir maddedir. Toluen nörolojik etkilere neden olabiliyorken etil benzen ve ksilen ise solunum ve merkezi sinir sistemi üzerinden sağlık sorunlara neden olmaktadır.

Yapılan araştırmalar hamile kişilerin ve gelişmekte olan fetüslerin akaryakıt istasyonunun ve özellikle ana emisyon kaynağı olan nefeslik bağlantısının yakınında yaşaması durumunda UOB maruz kalabileceğini ve ciddi sağlık riski oluşabileceğini göstermiştir (Şekil 7.1) (Minister of Health, 2023).



Şekil 7.1 : Örnek : akaryakıt istasyonu nefeslik ve yakınındaki konutlar.

Yukarıda belirtilen tüm bu faydalara karşın BGK sistemlerinin teçhiz edilmesi ve kullanımında aşağıda belirtilen çeşitli zorluklar ve olumsuzlar bulunmaktadır.

- Kurulum ve Bakım Maliyetleri: BGK sistemleriyle ilgili en temel zorluklardan biri ilk kurulum, izleme ve sürekli bakım maliyetidir. Ülkemizdeki mevcut akaryakıt depolama tesisleri, akaryakıt istasyonları ve tankerleri, BGK sistemlerine yeterli düzeyde bir uyuma sahip değildir. BGK sisteminin kullanılmaya başlanması için öncelikle akaryakıt depolama tesislerindeki tanker dolum adalarının dizaynının değişmesi; üstten dolum olarak adlandırılan tanker üstünde bulunan göz kapaklarının tamamen açık bir şekilde olduğu dolum yönteminin uygulamadan kaldırılması ve tüm tanker dolum faaliyetinin alttan dolum olarak adlandırılan kapalı sisteme geçmesi gerekmektedir. Bu dizayn değişikliği beraberinde kullanılan tankerlerin önemli bir oranda yenilenmesi anlamına gelmektedir.

Mevcut istasyonlarda ise BGK sisteminin kurulabilmesi için ciddi orandan akaryakıt ürün altyapısının yenilenmesi gerekmektedir. Yeni yer altı buhar geri kazanım hatlarının yerleştirilmesi ve nefeslik bağlantılarının uygun hale getirilmesi için tadilat ihtiyacı bulunmaktadır.

Ayrıca yürürlükte olan ilgili yasal düzenleme ile BGK sisteminin yetkilendirilmiş kuruluşlarca düzenli takibi, bakımı ve kontrolleri yapılması gerekmektedir. Tüm bu

bilgiler kısıtlı maddi olanaklara sahip küçük veya orta büyüklükte bir işletme sayılabilecek istasyonların sahipleri veya işletmecilerine ek maliyet baskısı oluşturmakta ve sisteme geçiş süresinin uzamasına neden olmaktadır.

- Operasyonel Zorluklar: Öncelikle ülkemizde çalışan bir akaryakıt istasyonuna ilave güvenlik riskleri yaratmadan çalışabilecek ve gerekli teknik şartlara göre BGK sistemini kurabilecek yeterli sayıda yüklenici firma ve teknik personeli bulunmamaktadır.

Ayrıca BGK sisteminin ülkemizdeki uygulamasında diğer ülkelerde olduğu gibi kurulum, periyodik muayene, düzenli bakım ve kontrol kriterleri vb. operasyonel şartlar tanımlanmıştır. Ülkemizde BGK sistemi konusunda yürürlükte olan mevzuata göre akaryakıt istasyonu işletmecileri sistemi bir bütün olarak TS EN 16321-1 ve TS EN 16321-2 standartlarına göre uygunluğunu, faaliyete geçmeden önce ilk kez ve sonrasında periyodik olarak her 3 yılda bir ilgili kamu idaresi tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlara doğrulamak zorundadır.

İlave olarak taşıtlara benzin ikmali sırasında oluşan buharın geri kazanımını ifade eden FAZ II aşamasında kurulunan BGK sisteminin %85 – %115 verim aralığında çalışması; verim oranının sürekli izleme sistemi ile takip edilmesi ve verimlilik oranında tanımlanan değerlerin dışına çıkılması durumunda BGK sistemi yetkilendirilmiş kuruluş tarafından kontrol edilene kadar taşıtlara benzin satışının otomatik olarak geçici süre durdurulması zorunlu tutulmuştur.

Bu tezin yazıldığı 2023 yılı sonu itibariyle ilgili kontrolleri yapabilecek yetkilendirilmiş kuruluş sayısı, ülkemizde on iki binden fazla olan akaryakıt istasyonu sayısı dikkate alındığında halen yeterli düzeyde değildir. Bu da yönetmeliğin uygulanmasında geçiş süresine ihtiyaç doğurmaktadır.

- Diğer Mevcut Mevzuatlara Uyum: BGK sistemlerinin ülkemizde başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için çevresel düzenlemeler yanında mal, imar, ticaret vb. konularda da yasal düzenlemelerin yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. BGK için hazırlanan yönetmeliğin uygulanmasında halihazırda bir çok belirsizlik bulunmaktadır. Örneğin geri kazanılan benzin buharının muhasabeleştirilmesi, ülkemizde zorunlu olarak kullanılan milli marker uygulamasına tesiri vb. yerel kurallar gözden geçirilmeli ve uygulama şartlarına uyumlu hale getirilmelidir.

Yukarıda belirtilen tüm fayda ve zorluklar dikkate alındığında ülkemizde sahip olduğu akaryakıt istasyonu sayısı ve benzin satış miktarı en yüksek olması sebebiyle önemli miktarda benzin buharı emisyonunun meydana geldiği İstanbul'da BGK sistemleri aracılığı ile benzin kaynaklı emisyonların önlenmesi temiz bir çevre ve sağlıklı bir toplum için büyük önem taşımaktadır.

Bu önemi anlamlandırmak için gerçekleştirilen bu çalışmada İstanbul ili içerisinde aynı akaryakıt firmasına ait, İstanbul ilinde 2022 yılı toplam benzin satışının yaklaşık %21'ini gerçekleştiren 124 adet istasyon örnekleme olarak seçilmiştir. Benzin buharı emisyon oranları, dünyada geçerliliği kabul edilen buharlaşma emisyonları çizelgesi ve ampirik hesaplama modeli kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen emisyon oranları daha sonra ilgili istasyonların 2022 yılı benzin satış miktarları ile çarpılarak A.Depolama Tankı Kayıpları, B.Operasyonel kayıplar ve C.Taşıt Dolum Kayıpları olmak üzere üç ana kategoride modellenmiştir.

Akaryakıt tankerinden yer altı depolama tanklarına ürün boşaltılması ve benzinin yer altı tanklarında geçici depolanması sırasında oluşan benzin buharı emisyonu temsil eden A. Depolama tankı kayıpları, 2022 yılı satış verilerine göre toplam kaybın yaklaşık %42,7'ine denk gelen $210,79 \text{ m}^3$ olarak modellenmiştir.

Depolama tankı kayıplarının yaklaşık %88'i ($185,4985 \text{ m}^3$) akaryakıt tankerinden yer altı tanklarına benzin aktarımı sırasında nefeslik ünitesinden atmosfere atılmaktadır. %12'si ($25,2952 \text{ m}^3$) ise benzin ürününün yer altı tanklarında satışa sunulması için geçici depolanması sırasında oluşmaktadır.

Akaryakıt istasyonlarında gerçekleştirilen periyodik bakım, muayene ve kontroller sırasında oluşan ikinci kategori olan B.Operasyonel kayıplar ise toplam benzin buharı kaybının yaklaşık %6'ına ($16,8635 \text{ m}^3$) denk gelmektedir. Çeşitli operasyonel ve kalite kontrol ihtiyaçlarından kaynaklanan bu faaliyetlerde yakın zamanda metot değişikliği veya yeni teknoloji kullanımı beklenmemektedir. Bu nedenle tüm akaryakıt istasyonlarında operasyonel kayıpların modellenen oranda gerçekleşeceği kabul edilmelidir.

Ampirik model kullanılarak hesaplanan C.Taşıt dolum kayıpları, örnekleme alınan 124 istasyonun 2022 yılı satış verilerine göre $266,37 \text{ m}^3$ olarak modellenmiştir. Bu miktar toplam kaybın %53,9'una denk gelmektedir. İnsanların taşıtlarına yakıt alımı sırasında taşıtların içinde veya etrafından beklerken karşılaştığı bu emisyonun göz ardı

edilemeyecek bir oranda olduğu; kısmi de olsa istasyon çalışanlarının ve müşterilerin benzin buharı maruz kaldıkları rahatlıkla görölmektedir.

Genel olarak değerdendirdiğimizde, örnekleme alınan 124 akaryakıt istasyonu için hesaplanan toplam benzin buharı kaybı, bu istasyonların toplam satış miktarının ortalama %0,3'üne denk gelmektedir. Modelleme ile belirlenen kayıp oranını Türkiye'de 2022 yılı satış miktarına (yaklaşık 4.424.960,91 m³) uyguladığımızda ülke genelinde yaklaşık 13.400 m³ benzin buharının atmosfere salındığı görölmektedir. Bir yıllık dönem içinde yaratılan bu emisyon miktarı, BGK sistemleri ile geri kazanılabileseydi 3000 m³ / yıl altında benzin satışı olan Ardahan, Bayburt, Hakkâri ve Tunceli illerinin benzin tüketimlerini önemli bir oranda karşılayabilecekti.

Tüm bu modelleme sonuçlarını değerdendirdiğimizde; İstanbul'daki hızlı kentleşme ve artan mobilizasyon nedeniyle gelecekte benzin tüketiminin her yıl artarak devam edeceği bir gerçektir. Diğer yandan sürekli artan benzin tüketimi, halihazırda ağırlıklı olarak apartman, konut, ana cadde, park vb. insan hareketinin ve yaşam alanlarının oldukça yakınlarında faaliyet gösteren akaryakıt istasyonları ile karşılanmaktadır. Bu durum benzin buharı kaynaklı emisyonların hava kalitesini dolayısıyla halk sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini arttırmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen diğer bir sonuç benzin kaynaklı emisyonların BGK sistemleri ile önlenmesi ve geri kazanılmasının, Türkiye'nin 2023 yılında açıkladığı emisyonları 2030 yılına kadar 2020 seviyelerine göre en az %35 oranında azaltma ve 2053 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşma taahhüdünü için son derece önemli olduğudur. Bir akaryakıt istasyonunda emisyon kaynakları ve oluşturabilecekleri emisyon oranları bu çalışmada ortaya konan modeller ile hesaplanabilmektedir. BGK sistemlerinin uygulamaya geçmesi ile sistemin verimliliği, emisyonların azaltılmasına ve 2053 net sıfır karbon hedeflerine olan ölçülebilir katkısı kolay bir şekilde belirlenip takip edilebilecektir.

Bu çalışmada İstanbul özelinde ve daha sonra ülke genelinde elde edilen sonuç ve çıkarımları dikkate aldığımızda AB uyum süreci ile birlikte 2018 yılında yayınlanan Benzin ve Naftanın Depolanması ve Dağıtılmasından Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşik Emisyonlarının Kontrolü Yönetmeliği ile hayatımıza giren BGK sistemlerinin akaryakıt istasyonlarının çevresel etkisini anlamlı bir şekilde azaltacağı; iklim değişikliğine karşın petrol endüstrisinde ve akaryakıt istasyonları özelinde temel bir

zarar azaltma çalışması olduğu; geri kazanılan benzin buharı sayesinde ülkemizde kayda değer ekonomik kazanç sağlanabileceği; daha sağlıklı kentsel ortamlar yaratması nedeniyle BM sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uyum için gerekli bir uygulama olduğu görülmektedir.

Ancak tüm gerçeklere karşın BGK sistemlerinin ülkemizdeki uygulamasında daha fazla fayda sağlanması için aşağıda belirtilen öneriler dikkate alınmalıdır.

- a) Ülkemizde BGK uygulaması, bu tezin üçüncü bölümünde aktarılan uluslararası yönetim modeli içerisinde hükümetin AB ile uyum yasaları çerçevesinde hazırlayıp yürürlüğe soktuğu mevzuat düzenlemesi ile başlamıştır. Bu mevzuatın öncesinde ülkemizdeki petrol endüstrisini iklim değişikliğine karşı zarar azaltma çalışması gerçekleştirmesini isteyen bir toplumsal talep ne yazık ki oluşmamıştır. Ülkemizdeki petrol endüstrisinin yerli veya yabancı sermayeli üyeleri de çevresel itibarlarını düşünerek iklim değişikliğine karşı öncü bir rol üstlenmemişlerdir.

Bu nedenle öncelikle iklim değişikliği, emisyonları önlemek veya azaltmak için gerçekleştirilen zarar azaltma çalışmaları konusunda toplumsal bilinç ve farkındalığın oluşturacak aşağıdaki eylemlerin düşünülmesi önerilmektedir. Bu eylemler;

- İklim değişikliği ve zarar azaltma stratejileri hakkında eğitim materyalleri hazırlanması, okullar, üniversiteler ve toplumun bulunduğu her türlü merkezde bilinçlendirme seminelerinin düzenlenmesi
 - Medya ile yakın işbirliği sağlanarak düzenli basın açıklamalarının yapılması. Sosyal medya ve diğer dijital platformlarda bilinçlendirme kampanyalarının düzenlenmesi
 - Sivil toplum kuruluşları ile işbirliği; yerel düzeyde zarar azaltma çalışmalarının takip edilmesi
 - İklim değişikliğine karşın bilgi kirliliğinin önlenmesi için bilimsel tabanlı bilgilerin paylaşılması. BGK sistemlerinden geri kazanılacak emisyonların toplumun bilgisine bilimsel raporlar ile sunulması.
- b) Akaryakıt istasyonlarının BGK sistemlerine geçiş sürecinin kısaltılması için merkezi hükümet tarafından vergi indirimi, yatırım teşviği, kredi kullanım kolaylıkları vb. teşvik ve destekler akaryakıt istasyonu sahiplerine ve

işletmecilerine tanınmalıdır. Ayrıca BGK sistemini yasal şartlardan önce kuran ve kullanan akaryakıt istasyonlarını tüketicilerin tercih etmesi sağlayacak iklim değişikliğine yönelik olumlu iletişim mekanizmaları ve görsel materyaller kullanılmalıdır (Brooks VE Ebi, 2021). Örneğin benzin tabancası üzerinde bulunabilecek düşük emisyon seviyesini gösteren seçenekler AB içerisindeki bazı ölkelerde uygulanmaya başlamıştır (şekil 4.1) (Url-13).



şekil 7.2 : İklım etkisi derecelendirme sistemi – İsveç örneği (Url-13).

- c) Ülkemizde akaryakıt istasyonları için uygulanan TS 12820 Akaryakıt istasyonları-Emniyet gerekleri standardı ve diğer teknik düzenlemelerde tanımlanan emniyet mesafeleri akaryakıt ve LPG ürünlerinin parlama, yangın, patlama vb. teknik emniyet olaylarının etkisini sınırlandırmak için belirlenmiş kurallardır. Benzin buharı emisyonlarının çevresel etkilerini ve toplum sağlığı üzerindeki riskleri göz önüne alınmamaktadır. BGK sistemlerinin teşvik edilmesi için sistemi uygulayan akaryakıt istasyonlarında emniyet mesafelerini düşüren, uygulamayan istasyonlarda ise emniyet mesafelerini arttıran düzenlemeler yapılmalıdır.

Bu çalışmanın nihai sonucu olarak İstanbul'daki örnekleme alınan akaryakıt istasyonlarındaki UOB emisyonlarının modellenmesi, ölkemiz genelinde iklim değişikliğine karşın gerçekleştirilen zarar azaltma çalışmalarına önemli bir girdi sunmaktadır. Elde edilen çıkarımlar ve öneriler ile birlikte şehirlerimizde benzin kaynaklı UOB emisyonlarının azaltılması; daha iyi bir hava kalitesi ve korunmuş toplum sağlığı gibi uzun vadeli faydaların elde edilerek sürdürülebilir ekonomik büyüme ve çevreye duyarlı akaryakıt istasyonlarının başta İstanbul ve diğer bütün şehirlerin enerji altyapısının ayrılmaz ve stratejik bir bileşeni olacağına kuşku bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Ameyaw, B., Yao, L., Oppong, A., & Agyeman, J. K. (2019). Investigating, forecasting and proposing emission mitigation pathways for CO₂ emissions from fossil fuel combustion only: A case study of selected countries. *Energy Policy*, 130, 7-21. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.056>.
- AP-42 (1995). *U.S. Environmental Protection Agency Compilation of Air Emissions Factors Vol. I - Introduction* U.S. Environmental Protection Agency. Retrieved from <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/c00s00.pdf>
- AP-42 Section 5.2 (2008). *U.S. Environmental Protection Agency Petroleum Industry Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids*. Retrieved from <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/final/c05s02.pdf>
- Bauer, N., Bosetti, V., Hamdi-Cherif, M., Kitous, A., McCollum, D., Méjean, A., Rao, S., Turton, H., Paroussos, L., Ashina, S., Calvin, K., Wada, K., & van Vuuren, D. (2015). CO₂ emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies. *Technological Forecasting and Social Change*, 90(PA), 243-256. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.009>.
- Benzin ve Naftanın Depolanması ve Dağıtılmasından Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşik Emisyonlarının Kontrolü Yönetmeliği (2018). T.C. Resmi Gazete, 30616, 05.12.2018.
- Brooks, J. R., & Ebi, K. L. (2021). Climate Change Warning Labels on Gas Pumps: The Role of Public Opinion Formation in Climate Change Mitigation Policies. *Global Challenges*, 5-10 <https://doi.org/10.1002/gch2.202000086>.
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C. H., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C. D., . . . Ha, M. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland*. <https://doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647>.
- Davis, R. V. (2009). Bioattenuation of petroleum hydrocarbon vapors in the subsurface: Update on recent studies and proposed. . . ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/280937940_Bioattenuation_of_Petroleum_Hydrocarbon_Vapors_in_the_Subsurface_Update_on_Recent_Studies_and_Proposed_Screening_Criteria_for_the_Vapor_Intrusion_Pathway

- Directive 94/63/EC.** (n.d.). European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-94-63-ec>
- Dharmawan, I. W. S.** (2021). Mitigation and adaptation of climate change disaster. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012005>.
- Dong, C., Williams, A. P., Abatzoglou, J. T., Lin, K., Okin, G. S., Gillespie, T. W., Long, D., Lin, Y. H., Hall, A., & MacDonald, G. M.** (2022). The season for large fires in Southern California is projected to lengthen in a changing climate. *Communications Earth and Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00344-6>.
- Engin, B.** (2012). Kyoto protokolü uygulama mekanizmaları:kusurlu mu yoksa umut verici kavramlar mı?. *Sosyal Bilimler Dergisi* (2), 30-40.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu.** (2023). *Petrol Piyasası Yıllık Sektör Raporları* Ankara : Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
- European Environment Agency** (2012). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023-1.B.2.a.v Distribution of oil products, 2009*. Copenhagen: European Environment Agency
- Fernández-Torres, M. J., Dednam, W., & Caballero, J. A.** (2022). Economic and environmental assessment of directly converting CO₂ into a gasoline fuel. *Energy Conversion and Management*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.115115>.
- Hegerl, G. C., Brönnimann, S., Cowan, T., Friedman, A. R., Hawkins, E., Iles, C., Müller, W. A., Schurer, A., & Undorf, S.** (2019). Causes of climate change over the historical record. *Environmental Research Letters*, 14(12), 123006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4557>.
- Hilpert, M., Rule, A. M., Adria-Mora, B., & Tiberi, T.** (2019). Vent pipe emissions from storage tanks at gas stations: Implications for setback distances. *Science of the Total Environment*, 650, 2239–2250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.303>.
- Hochhauser, A. M., & Campion, R. J.** (1976). An Experimental Study of Vehicle Refueling Emissions. *SAE Transactions*, 85, 1222–1234. <http://www.jstor.org/stable/44631897>.
- Huang, J., Zhang, B., Huang, W., Zhu, Z., Feng, T., Wang, Q., Huang, Z., Zhu, J., Zhang, X., & Zhang, L.** (2019). Research on the general technical standards of the gasoline vapor recovery unit set. *E3S Web of Conferences*, 118, 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911802017>.
- İklim Değişikliği Başkanlığı.** (2023). Emisyon ticaret sistemine yönelik güncel çalışmalar [PowerPoint sunumu]. Retrieved from, <https://tim.org.tr/download/cab8101040ff42b5bc2b6259a75993fd/1.2.Emisyon%20Ticaret%20Sistemine%20Y%C3%B6nelik%20G%C3%BCncel%20C3%87al%C4%B1%C5%9Fmalar.pdf>.

- Islam, S., Chu, C., Smart, J. C. R., & Liew, L. H.** (2019). Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: a systematic literature review. *Climate and Development*, 12(3), 255–267. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1613217>.
- Judy, L., Baker, B., & Baker, J. L.** (2012). Climate change, disaster risk, and the urban poor. In *The World Bank eBooks*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8845-7>.
- Karmaker, A. K., Rahman, M. M., Ma, H., & Ahmed, M. R.** (2020). Exploration and corrective measures of greenhouse gas emission from fossil fuel power stations for Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118645. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118645>.
- Kelman, I.** (2017). Linking disaster risk reduction, climate change, and the sustainable development goals. *Disaster Prevention and Management*, 26(3), 254–258. <https://doi.org/10.1108/dpm-02-2017-0043>.
- Khalili-Garakani, A., Nezhadfar, M., & Iravaninia, M.** (2022). Enviro-economic investigation of various flare gas recovery and utilization technologies in upstream and downstream of oil and gas industries. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131218. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131218>.
- Kühne, K.** (2021). Big numbers for bold activists: A quick method for estimating potential emissions of fossil fuel projects. *Energy Research & Social Science*, 79, 102172. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102172>.
- Liu, D., Zhong, X., Li, Y., Zhen, X., Lu, S., & Xue, Y.** (2020). Prediction of Uncontrolled Refueling Emissions from Gasoline Vehicles Based on Mathematical Models. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 585(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/585/1/012033>.
- O'Brien, G., O'Keefe, P., Rose, J., & Wisner, B.** (2006). Climate change and disaster management. *Disasters*, 30(1), 64–80. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00307.x>.
- Minister of Health.** (2023). *Benzene releases from gasoline stations - Implications for human health: Risks to human health - Canada*. Ottawa : Minister of Health,
- Newman, P., Beatley, T., & Boyer, H.** (2009). *Resilient cities: Responding to Peak Oil and Climate Change*. Island Press.
- O'Brien, K., Sygna, L., Leichenko, R., Adger, W. N., Barnett, J., Mitchell, T., Schipper, L., Tanner, T., Vogel, C., & Mortreux, C.** (2008). *Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Human Security (GECHS report 2008:3.)*. A Commissioned Report for the Norwegian Ministry of Foreign Affairs. Oslo : GECHS.
- Okçu, G. D.** (2019). Microalgae biodiesel production: a solution to increasing energy demands in Turkey. *Biofuels*, 13(1), 77–93. <https://doi.org/10.1080/17597269.2019.1637070>.
- Petrol Ofisi.** (2021). *Akaryakıt altyapı teknik şartnamesi*

- Ridley, M. A.** (1998). Lowering the cost of emission reduction: Joint implementation in the Framework Convention on Climate Change. In *Environment & policy*. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5256-3>
- Sekiyama, T.** (2022). Climate security and its implications for East Asia. *Climate*, 10(7), 104. <https://doi.org/10.3390/cli10070104>.
- Shearston, J. A., & Hilpert, M.** (2020). Gasoline vapor emissions during vehicle refueling events in a vehicle fleet saturated with onboard refueling vapor recovery systems: need for an exposure assessment. *Frontiers in Public Health*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00018>.
- Shen, L., Jacob, D. J., Gautam, R., Omara, M., Scarpelli, T. R., Lorente, A., Zavala-Araiza, D., Lu, X., Chen, Z., & Lin, J.** (2023). National quantifications of methane emissions from fuel exploitation using high resolution inversions of satellite observations. *Nature Communications*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40671-6>.
- Skjærseth, J. B., & Skodvin, T.** (2003). Climate change and the oil industry: Common problem, different strategies. Manchester University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt155jhsj>
- Simola, H.**, (2021) : CBAM! - Assessing potential costs of the EU carbon border adjustment mechanism for emerging economies, BOFIT Policy Brief, No. 10/2021, Bank of Finland, Bank of Finland Institute for Emerging Economies (BOFIT), Helsinki, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:fi:bof-202110252070>
- Sims, R., Rogner, H., & Gregory, K. J.** (2003). Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation. *Energy Policy*, 31(13), 1315–1326. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(02\)00192-1](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(02)00192-1)
- Smith, M.** (1972). An investigation of passenger car refueling losses. SAE Technical Paper Series. <https://doi.org/10.4271/720931>
- Statistics Canada.** (2012). *Gasoline evaporative losses from retail gasoline outlets across Canada, 2009*. Ottawa: Statistics Canada. Environment Accounts and Statistics Division.
- The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.** (2023). *Disasters in numbers 2022*. Brussel : Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
- Uitto, J. I.** (1998). The geography of disaster vulnerability in megacities. *Applied Geography*, 18(1), 7–16. [https://doi.org/10.1016/s0143-6228\(97\)00041-6](https://doi.org/10.1016/s0143-6228(97)00041-6)
- Wongwises, S., Chanchlona, S., & Rattanaprayura, I.** (1997). Displacement Losses from the Refueling Operation of Passenger Cars. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/237213971>.
- Yadav, D., Goyal, R., & Yadav, V.** (2022). Automotive evaporative emissions and refueling losses from Indian two wheelers. *Materials Today: Proceedings*, 63, 680–684. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.748>.

Yamin, F. (2005). *Climate change and carbon markets: A Handbook of Emission Reduction Mechanisms*. Routledge.

Zheng, H., Kong, S., Xing, X., Mao, Y., Hu, T., Ding, Y., Li, G., Liu, D., Li, S., & Qi, S. (2018). Monitoring of volatile organic compounds (VOCs) from an oil and gas station in northwest China for 1 year. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(7), 4567–4595. <https://doi.org/10.5194/acp-18-4567-2018>.

Url-1<<https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34> >, erişim tarihi 24.12.2023.

Url-2<<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672&dil=1> >, erişim tarihi 06.12.2023.

Url-3<<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/greenhouse-gas-emission-trend-projections> >, erişim tarihi 25.12.2023.

Url-4< <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=55840> >, erişim tarihi 17.12.2023.

Url-5<<https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/ab-sinir-da-karbon-duzenleme-mekanizmasi/ab-skdm-bilgi-notu> >, erişim tarihi 07.11.2023.

Url-6< <https://www.unesco.org/en/disaster-risk-reduction> >, erişim tarihi 04.11.2023.

Url-7<<https://corporate.exxonmobil.com/news/viewpoints/commitment-paris-agreement> >, erişim tarihi 04.11.2023.

Url-8<<https://portal.ct.gov/DEEP/Air/Mobile-Sources/Gasoline-Dispensing-Facilities> >, erişim tarihi 01.12.2023.

Url-9<<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=11031>>, erişim tarihi 16.12.2023.

Url-10<<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=%C4%B0STANBUL/FLORYA>>, erişim tarihi 05.11.2023.

Url-11<<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-168/resmi-istatistikleri> >, erişim tarihi 25.12.2023.

Url-12<<https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics> >, erişim tarihi 23.12.2023.

Url-13<<https://gronamobilister.se/in-english/we-want-to-know/the-winding-road-to-eco-labels-on-swedish-fuel-dispensers> >, erişim tarihi 24.12.2023.



EKLER

EK A: Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³)

EK B: Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³)

EK C: Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³)



EK A: Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³)**Çizelge A.1 : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).**

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -1	Silivri	54.75	56.51	50.18	57.58	64.51	61.37	72.81	78.78	68.43	68.62	67.04	73.13	773.72
İst -2	Arnavutköyü	56.73	58.81	53.41	61.67	71.27	67.83	73.71	74.45	73.00	76.26	70.76	80.75	818.66
İst -3	Sultangazi	56.31	47.15	42.28	52.42	55.63	52.32	55.16	57.84	54.39	56.89	55.45	80.99	666.83
İst -4	Eyüp	0.00	0.00	0.00	0.70	55.55	70.49	70.10	80.86	82.71	84.25	87.41	99.22	631.29
İst -5	Fatih	21.30	22.55	23.07	23.79	24.48	22.23	24.91	23.65	24.21	16.57	21.67	21.98	270.41
İst -6	Bayrampaşa	73.13	80.04	78.53	88.77	93.32	90.06	87.40	97.88	93.13	95.84	92.43	97.82	1068.35
İst -7	Bayrampaşa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
İst -8	G.paşa	72.23	72.89	68.58	76.42	82.38	76.41	76.25	76.82	80.77	82.14	76.41	84.46	925.76
İst -9	Beyoğlu	76.26	76.24	80.13	90.47	97.01	92.86	91.39	99.25	100.42	102.24	96.11	98.15	1100.54
İst -10	Silivri	10.01	9.73	9.79	12.48	16.09	14.39	18.35	17.53	16.25	14.75	16.26	13.19	168.82
İst -11	Ümraniye	55.52	66.84	58.02	76.56	86.91	82.89	95.76	98.41	91.96	94.15	87.04	91.58	985.66
İst -12	Maltepe	303.27	321.24	304.91	373.98	376.86	350.67	350.28	382.33	396.15	421.36	407.71	439.48	4428.24
İst -13	G.paşa	46.05	51.36	40.15	48.70	51.95	48.73	51.06	56.74	63.73	69.28	60.36	59.31	647.42
İst -14	Başakşehir	88.81	92.84	89.81	95.12	102.58	98.35	100.21	112.74	108.96	116.77	112.56	119.80	1238.55
İst -15	Çatalca	22.70	26.64	23.64	29.58	39.17	33.17	36.93	38.85	36.75	35.32	31.04	33.83	387.62

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -16	B.çekmece	21.65	25.22	22.45	30.87	34.44	36.64	46.29	45.38	38.34	35.46	30.60	32.61	399.95
İst -17	Ataşehir	139.68	138.67	140.78	158.39	157.68	154.73	157.83	164.57	172.99	180.64	172.66	290.78	2029.39
İst -18	Sultangazi	85.95	87.13	82.50	94.46	101.92	91.77	97.15	104.84	102.11	108.10	107.76	118.88	1182.56
İst -19	K.çekmece	66.29	65.70	45.38	63.40	64.86	59.25	62.39	74.35	77.52	84.15	77.32	82.81	823.43
İst -20	Bağcılar	45.56	50.43	49.37	51.28	54.89	49.95	47.38	55.23	51.97	59.26	56.32	58.18	629.81
İst -21	Maltepe	107.77	114.93	113.58	129.39	127.37	127.02	120.88	132.41	140.17	154.25	137.64	156.46	1561.88
İst -22	Pendik	142.31	145.99	140.93	159.34	165.89	160.18	158.35	167.01	158.63	175.43	163.86	184.95	1922.86
İst -23	Silivri	20.18	22.43	20.78	26.71	29.47	31.93	42.89	45.63	40.07	38.31	37.55	39.71	395.66
İst -24	Şişli	198.21	210.18	205.09	243.32	247.98	252.55	239.90	262.55	263.41	278.51	265.05	276.10	2942.85
İst -25	G.paşa	31.50	59.13	55.14	61.19	61.34	57.49	62.31	61.15	58.39	63.43	61.47	74.66	707.21
İst -26	B.çekmece	105.64	118.97	125.49	138.39	143.28	161.50	145.26	165.64	166.42	169.66	158.30	166.30	1764.84
İst -27	Şişli	235.63	254.39	257.03	295.56	290.98	299.96	279.49	316.08	328.71	347.44	337.29	343.82	3586.39
İst -28	Maltepe	98.30	110.76	106.70	110.00	121.62	122.80	111.73	120.31	122.66	127.01	116.01	131.02	1398.91
İst -29	Sultanbeyli	76.80	80.92	75.99	83.58	85.23	81.13	85.16	83.93	81.23	88.19	83.22	96.23	1001.61
İst -30	Zeytinburnu	51.21	59.28	56.87	61.78	57.79	58.58	53.05	57.77	63.00	71.08	66.45	69.92	726.77

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -31	K.çekmece	206.78	211.92	229.31	258.50	245.85	251.93	239.52	277.58	273.15	279.24	249.42	260.20	2983.40
İst -32	Eyüp	346.67	367.70	371.21	418.41	428.97	427.36	375.01	426.53	447.95	480.72	457.83	495.96	5044.32
İst -33	G.paşa	38.06	44.98	44.50	48.07	54.82	50.63	49.89	48.90	53.97	57.67	55.81	63.73	611.03
İst -34	Esenler	183.19	191.58	206.67	229.61	220.64	232.98	209.84	239.79	238.81	244.75	244.20	266.82	2708.88
İst -35	Ümraniye	57.46	60.99	61.84	65.99	66.79	66.39	60.93	66.30	72.84	76.54	74.57	87.11	817.77
İst -36	Ümraniye	75.12	83.58	80.26	100.41	95.46	100.78	98.64	105.92	106.81	113.39	119.49	152.22	1232.07
İst -37	Üsküdar	142.31	156.30	145.37	165.15	174.52	162.79	148.74	164.61	194.51	206.27	195.60	214.25	2070.41
İst -38	Zeytinburnu	84.52	88.56	80.17	90.50	89.06	91.02	90.93	100.46	104.06	105.31	101.46	105.03	1131.06
İst -39	Pendik	48.45	44.49	44.40	52.54	59.28	54.70	55.66	60.54	55.76	58.53	59.26	62.87	656.49
İst -40	Silivri	2.90	2.36	2.25	3.05	4.08	3.79	4.21	3.57	3.73	3.80	3.23	2.80	39.77
İst -41	Beylikdüzü	64.41	76.05	68.14	78.12	82.10	76.78	74.79	80.19	79.19	87.93	79.47	88.71	935.88
İst -42	G.paşa	45.68	52.78	50.81	56.88	60.90	59.75	58.40	61.82	63.58	64.85	61.26	63.07	699.79
İst -43	Şile	26.20	27.24	22.60	32.47	58.14	50.64	96.23	81.83	54.01	45.45	40.33	35.29	570.43
İst -44	Silivri	27.74	28.98	26.38	34.98	43.23	43.63	67.65	74.76	56.63	49.11	43.94	50.06	547.10
İst -45	Ümraniye	62.31	68.23	64.09	73.10	65.72	24.66	60.67	73.82	77.98	86.61	82.15	91.02	830.35

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -46	B.çekmece	28.88	29.05	27.92	32.00	38.16	38.68	50.85	53.12	42.80	38.46	36.11	37.21	453.24
İst -47	B.çekmece	104.73	109.89	106.44	120.64	125.58	121.12	113.29	127.71	127.06	140.41	128.83	122.05	1447.76
İst -48	Silivri	14.12	14.70	14.77	15.99	17.47	18.36	19.16	21.93	21.48	21.23	20.76	23.14	223.09
İst -49	Silivri	29.04	28.85	25.92	35.53	46.97	49.22	74.08	77.34	55.68	49.51	41.02	43.82	556.99
İst -50	B.çekmece	29.62	7.27	0.00	0.00	0.00	0.00	16.51	32.48	40.57	46.86	43.07	47.34	263.72
İst -51	Bağcılar	46.76	49.09	44.79	48.40	49.55	46.30	53.52	52.38	52.40	53.27	49.82	57.80	604.08
İst -52	Kağıthane	49.70	57.71	54.72	66.02	70.35	67.22	60.00	67.91	33.63	0.00	0.00	0.00	527.27
İst -53	Sarıyer	96.63	101.11	98.81	111.80	124.13	116.18	104.17	111.87	110.82	112.51	102.22	118.37	1308.62
İst -54	Üsküdar	62.36	67.01	66.13	73.16	80.60	75.88	67.39	78.20	77.56	82.04	79.43	84.89	894.63
İst -55	Çatalca	8.27	8.68	3.22	0.00	0.00	3.01	18.82	21.33	19.69	17.47	16.59	17.23	134.31
İst -56	Çatalca	37.13	40.23	35.94	45.75	58.73	54.69	69.64	70.64	62.95	58.13	54.94	61.39	650.17
İst -57	B.çekmece	95.73	105.26	101.56	125.67	129.03	124.16	125.90	132.00	126.98	131.04	122.24	136.02	1455.59
İst -58	Tuzla	41.38	45.74	50.07	55.82	61.09	61.86	58.03	58.53	70.76	70.63	70.62	76.12	720.66
İst -59	Sarıyer	141.40	131.97	135.54	163.68	164.51	177.44	145.96	152.37	159.46	174.77	169.28	182.97	1899.33
İst -60	K.çekmece	126.56	135.54	131.60	147.93	149.42	141.52	142.77	153.39	149.67	161.20	149.08	167.47	1756.14

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -61	B.evler	117.91	133.20	122.48	141.00	147.86	152.45	138.11	147.60	157.80	159.50	146.75	160.47	1725.14
İst -62	B.çekmece	9.62	9.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	7.02	10.12	9.60	12.34	57.86
İst -63	Kadıköy	322.99	335.99	320.55	391.90	401.12	403.49	349.93	408.49	417.23	449.14	423.93	473.79	4698.56
İst -64	Ümraniye	104.56	112.07	110.47	123.40	119.56	112.23	93.28	104.51	126.29	140.80	139.65	169.74	1456.56
İst -65	Başakşehir	269.92	273.19	276.03	303.48	309.78	300.70	276.73	301.30	326.26	346.85	322.99	356.89	3664.13
İst -66	Arnavutköy	50.95	58.52	59.43	65.82	64.55	70.03	63.83	71.95	72.94	75.52	74.66	83.04	811.23
İst -67	Zeytinburnu	180.72	189.41	185.29	211.40	208.29	206.43	189.71	215.05	222.46	242.39	214.06	246.50	2511.69
İst -68	B.evler	182.07	193.52	179.97	199.65	202.66	186.97	198.65	208.87	208.97	215.70	202.89	233.39	2413.32
İst -69	Bakırköy	167.52	178.41	180.38	208.80	204.27	201.46	192.62	208.05	210.67	224.73	216.78	239.42	2433.10
İst -70	Ataşehir	158.40	179.09	163.35	200.04	197.07	194.47	164.18	193.41	230.19	249.25	236.78	263.23	2429.46
İst -71	Maltepe	38.74	47.96	44.15	50.42	46.07	44.55	41.99	43.75	44.65	47.50	44.24	51.66	545.68
İst -72	Silivri	115.18	108.56	105.52	152.87	182.17	167.15	245.12	291.16	215.69	198.25	167.32	173.81	2122.80
İst -73	G.paşa	44.55	46.83	43.40	50.85	55.79	51.18	52.76	55.84	60.83	62.67	57.28	64.16	646.14
İst -74	Silivri	67.26	63.10	64.56	82.12	112.61	101.55	173.50	147.45	116.04	116.53	102.07	105.54	1252.32
İst -75	Üsküdar	120.79	130.10	130.45	150.73	149.50	141.86	132.80	144.38	159.78	169.14	159.33	168.86	1757.72

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -76	Pendik	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
İst -77	Esenyurt	135.79	143.20	145.62	170.90	177.32	171.65	177.11	192.18	197.31	213.04	203.91	212.02	2140.04
İst -78	Sancaktepe	49.95	53.11	51.65	56.39	50.93	54.64	52.72	61.23	64.67	62.97	64.80	73.76	696.82
İst -79	Beyoğlu	120.20	132.54	129.02	143.94	144.74	143.83	138.48	153.81	161.37	165.68	151.39	156.73	1741.74
İst -80	Sarıyer	75.85	80.64	75.63	89.17	92.81	96.26	89.29	98.35	99.60	107.31	100.61	104.89	1110.41
İst -81	Sultanbeyli	107.99	109.21	111.72	127.34	130.11	123.20	119.80	123.85	130.39	136.16	137.47	145.03	1502.27
İst -82	Avcılar	111.37	119.57	119.15	140.52	138.81	130.94	119.13	131.51	134.34	144.18	132.60	143.72	1565.85
İst -83	Ataşehir	404.39	423.45	362.31	419.92	402.95	404.63	335.38	385.37	436.48	468.20	441.18	498.13	4982.38
İst -84	Maltepe	157.32	178.28	176.73	197.21	199.41	197.41	158.94	181.18	200.73	228.10	207.20	239.91	2322.43
İst -85	Ümraniye	208.43	220.02	206.14	234.07	237.52	223.70	213.10	225.86	251.93	265.38	262.12	301.04	2849.31
İst -86	Kağıthane	109.82	118.78	124.20	139.52	139.46	135.45	122.36	136.02	146.86	157.68	151.22	165.20	1646.57
İst -87	Pendik	79.28	80.29	78.30	83.48	80.19	77.18	75.27	78.90	80.65	85.02	78.35	94.36	971.27
İst -88	Sancaktepe	76.44	79.49	78.87	86.37	89.04	84.94	82.85	94.34	94.46	99.29	99.71	108.60	1074.40
İst -89	Maltepe	47.35	33.00	24.80	29.81	44.53	40.23	40.28	42.55	40.84	51.03	47.86	48.79	491.06
İst -90	Başakşehir	142.07	146.54	156.08	193.41	200.46	185.49	188.21	210.93	219.00	233.33	222.19	239.72	2337.43

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -91	Ümraniye	152.17	165.55	168.62	192.45	194.20	189.26	172.28	188.27	197.52	216.44	204.06	229.70	2270.51
İst -92	Kartal	166.37	161.38	157.19	182.00	188.75	184.16	170.77	185.02	193.58	201.76	188.61	205.69	2185.28
İst -93	Bağcılar	103.72	105.33	99.72	115.05	120.81	111.15	119.48	117.88	118.31	117.56	114.55	119.81	1363.37
İst -94	Çekmeköy	56.02	65.57	68.30	84.34	110.34	107.71	135.17	144.41	145.75	147.52	146.86	143.41	1355.41
İst -95	Silivri	18.46	18.17	17.54	22.36	24.19	23.65	26.21	26.83	22.62	24.00	21.74	23.22	269.00
İst -96	B.evler	127.62	139.87	136.89	148.80	145.25	144.67	136.23	149.77	155.65	162.48	153.43	168.08	1768.75
İst -97	Tuzla	25.93	26.72	25.30	28.23	30.95	27.39	22.78	27.08	26.79	26.94	28.53	27.25	323.89
İst -98	Tuzla	66.71	75.96	72.62	82.40	81.52	78.58	72.34	79.26	90.29	97.38	86.83	99.08	982.96
İst -99	Bağcılar	63.26	67.39	65.51	69.80	70.08	65.55	69.01	69.45	70.13	74.56	69.20	77.21	831.15
İst -100	Sultanbeyli	74.40	82.94	81.16	90.46	87.59	83.71	89.01	95.02	93.18	105.99	96.83	103.51	1083.79
İst -101	Üsküdar	124.69	129.33	128.60	151.01	154.08	147.00	140.93	155.28	201.63	220.52	206.36	225.55	1984.99
İst -102	G.paşa	173.13	177.02	174.99	203.91	212.22	198.53	209.88	219.13	215.07	225.93	214.19	227.49	2451.49
İst -103	Bayrampaşa	26.87	28.48	25.46	28.24	27.56	26.61	27.73	27.12	28.61	30.05	27.61	31.54	335.88
İst -104	K.çekmece	110.80	115.85	114.59	127.07	127.88	123.56	119.05	128.65	127.10	138.04	128.72	145.65	1506.96
İst -105	Pendik	81.39	86.64	89.63	95.48	91.01	95.47	97.12	104.77	101.67	107.66	103.31	113.83	1167.98

Çizelge A.1 (devam) : Örneklem – 2022 yılı aylık bazda benzin ürünü satış miktarları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Satış
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -106	Üsküdar	118.38	135.64	133.91	156.10	155.24	152.36	130.17	146.92	162.57	178.35	166.21	184.01	1819.86
İst -107	Bayrampaşa	70.38	74.18	67.02	82.32	85.76	84.31	83.23	86.82	89.44	95.59	88.76	98.26	1006.06
İst -108	Şile	6.32	6.98	5.75	9.18	15.26	13.69	3.98	10.03	13.46	7.56	6.05	5.24	103.50
İst -109	Bakırköy	81.54	97.80	102.87	95.86	108.62	110.29	97.73	112.08	115.24	129.34	119.69	132.22	1303.28
İst -110	Çatalca	21.18	22.86	21.01	28.07	35.93	31.04	35.31	37.45	34.18	29.99	27.28	28.47	352.77
İst -111	Pendik	85.93	87.79	84.28	92.38	93.83	85.87	90.19	93.18	94.86	102.54	93.27	110.42	1114.52
İst -112	B.çekmece	123.54	136.56	131.61	153.08	158.12	149.59	156.27	168.68	161.67	173.57	164.90	184.17	1861.77
İst -113	Esenyurt	127.86	144.52	141.73	164.73	171.88	166.72	171.38	190.81	172.89	184.13	170.27	189.93	1996.86
İst -114	B.çekmece	58.08	71.15	67.02	73.54	78.56	79.32	79.69	81.68	77.25	80.55	78.18	85.86	910.88
İst -115	Üsküdar	161.54	174.26	164.09	184.99	197.27	187.61	168.59	183.31	197.69	210.32	196.19	223.45	2249.30
İst -116	Başakşehir	91.87	101.61	111.78	126.73	140.04	137.59	134.62	156.37	167.25	183.50	173.71	189.60	1714.65
İst -117	Silivri	26.02	33.25	25.17	33.55	34.63	31.30	36.25	35.74	39.12	42.68	39.67	48.63	426.00
İst -118	Tuzla	15.12	18.89	21.76	23.95	24.39	27.61	19.56	22.32	25.28	31.40	31.19	34.93	296.41
İst -119	Kartal	159.19	166.87	160.34	170.32	163.87	151.78	143.61	154.04	159.04	176.13	166.08	188.96	1960.22
İst -120	Eyüp	49.56	57.99	53.13	65.94	57.44	54.80	52.80	59.17	60.73	60.08	60.24	62.21	694.08
İst -121	Tuzla	74.65	75.80	76.55	94.24	92.09	88.88	87.46	89.34	90.46	95.53	90.92	107.56	1063.49
İst -122	Ümraniye	93.14	105.66	99.41	104.21	112.36	102.03	104.56	109.37	113.30	116.37	114.47	129.86	1304.73
İst -123	Çatalca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.13	39.34	63.46
İst -124	K.çekmece	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.92	76.19	90.24	85.85	64.68	323.87
Toplam		11201.16	11899.86	11535.76	13271.40	13748.92	13366.52	13155.10	14351.01	14664.98	15443.22	14612.58	16114.64	163365.15

EK B: Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³)**Çizelge B.1 : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).**

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşıma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -1	773.7184	0.8785	0.1198	0.9983	0.08	1.2614	2.3396
İst -2	818.6631	0.9296	0.1268	1.0563	0.08	1.3340	2.4749
İst -3	666.8281	0.7572	0.1033	0.8604	0.07	1.0827	2.0119
İst -4	631.2937	0.7168	0.0977	0.8146	0.07	1.0508	1.9305
İst -5	270.4112	0.3070	0.0419	0.3489	0.03	0.4365	0.8133
İst -6	1068.3543	1.2131	0.1654	1.3785	0.11	1.7397	3.2285
İst -7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0000
İst -8	925.7580	1.0512	0.1433	1.1945	0.10	1.5032	2.7933
İst -9	1100.5384	1.2496	0.1704	1.4200	0.11	1.7937	3.3273
İst -10	168.8223	0.1917	0.0261	0.2178	0.02	0.2760	0.5112
İst -11	985.6564	1.1192	0.1526	1.2718	0.10	1.6123	2.9858
İst -12	4428.2382	5.0282	0.6857	5.7139	0.46	7.2240	13.3949
İst -13	647.4223	0.7351	0.1002	0.8354	0.07	1.0581	1.9603
İst -14	1238.5481	1.4064	0.1918	1.5981	0.13	2.0187	3.7447
İst -15	387.6202	0.4401	0.0600	0.5002	0.04	0.6312	1.1714
İst -16	399.9503	0.4541	0.0619	0.5161	0.04	0.6547	1.2121
İst -17	2029.3947	2.3043	0.3142	2.6186	0.21	3.3013	6.1293
İst -18	1182.5618	1.3428	0.1831	1.5259	0.12	1.9259	3.5738
İst -19	823.4256	0.9350	0.1275	1.0625	0.08	1.3439	2.4914
İst -20	629.8087	0.7151	0.0975	0.8127	0.07	1.0252	1.9028

Çizelge B.1 (devam) : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşıma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -21	1561.8771	1.7735	0.2418	2.0153	0.16	2.5487	4.7252
İst -22	1922.8553	2.1834	0.2977	2.4811	0.20	3.1297	5.8093
İst -23	395.6564	0.4493	0.0613	0.5105	0.04	0.6504	1.2018
İst -24	2942.8506	3.3416	0.4557	3.7972	0.30	4.8022	8.9032
İst -25	707.2105	0.8030	0.1095	0.9125	0.07	1.1538	2.1394
İst -26	1764.8421	2.0039	0.2733	2.2772	0.18	2.8841	5.3435
İst -27	3586.3927	4.0723	0.5553	4.6276	0.37	5.8583	10.8561
İst -28	1398.9057	1.5884	0.2166	1.8050	0.14	2.2737	4.2232
İst -29	1001.6063	1.1373	0.1551	1.2924	0.10	1.6280	3.0238
İst -30	726.7675	0.8252	0.1125	0.9378	0.08	1.1850	2.1978
İst -31	2983.4033	3.3876	0.4619	3.8496	0.31	4.8672	9.0247
İst -32	5044.3152	5.7277	0.7811	6.5088	0.52	8.2213	15.2508
İst -33	611.0342	0.6938	0.0946	0.7884	0.06	0.9952	1.8467
İst -34	2708.8775	3.0759	0.4194	3.4953	0.28	4.4163	8.1913
İst -35	817.7661	0.9286	0.1266	1.0552	0.08	1.3316	2.4712
İst -36	1232.0727	1.3990	0.1908	1.5898	0.13	2.0127	3.7297
İst -37	2070.4084	2.3509	0.3206	2.6715	0.21	3.3747	6.2599
İst -38	1131.0619	1.2843	0.1751	1.4594	0.12	1.8432	3.4193
İst -39	656.4914	0.7454	0.1017	0.8471	0.07	1.0690	1.9838
İst -40	39.7710	0.0452	0.0062	0.0513	0.00	0.0648	0.1203

Çizelge B.1 (devam) : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşıma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -41	935.8829	1.0627	0.1449	1.2076	0.10	1.5236	2.8278
İst -42	699.7878	0.7946	0.1084	0.9030	0.07	1.1403	2.1155
İst -43	570.4335	0.6477	0.0883	0.7360	0.06	0.9356	1.7305
İst -44	547.0980	0.6212	0.0847	0.7059	0.06	0.8986	1.6610
İst -45	830.3510	0.9429	0.1286	1.0714	0.09	1.3572	2.5143
İst -46	453.2371	0.5146	0.0702	0.5848	0.05	0.7403	1.3719
İst -47	1447.7566	1.6439	0.2242	1.8681	0.15	2.3605	4.3780
İst -48	223.0947	0.2533	0.0345	0.2879	0.02	0.3646	0.6755
İst -49	556.9911	0.6325	0.0862	0.7187	0.06	0.9145	1.6907
İst -50	263.7183	0.2994	0.0408	0.3403	0.03	0.4425	0.8100
İst -51	604.0813	0.6859	0.0935	0.7795	0.06	0.9821	1.8239
İst -52	527.2681	0.5987	0.0816	0.6803	0.05	0.8327	1.5675
İst -53	1308.6216	1.4859	0.2026	1.6885	0.14	2.1226	3.9462
İst -54	894.6288	1.0158	0.1385	1.1544	0.09	1.4555	2.7022
İst -55	134.3084	0.1525	0.0208	0.1733	0.01	0.2245	0.4116
İst -56	650.1669	0.7383	0.1007	0.8389	0.07	1.0621	1.9682
İst -57	1455.5935	1.6528	0.2254	1.8782	0.15	2.3722	4.4007
İst -58	720.6618	0.8183	0.1116	0.9299	0.07	1.1773	2.1816
İst -59	1899.3295	2.1567	0.2941	2.4507	0.20	3.0928	5.7396
İst -60	1756.1377	1.9941	0.2719	2.2660	0.18	2.8593	5.3066

Çizelge B.1 (devam) : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -61	1725.1393	1.9589	0.2671	2.2260	0.18	2.8082	5.2123
İst -62	57.8621	0.0657	0.0090	0.0747	0.01	0.0943	0.1749
İst -63	4698.5577	5.3351	0.7275	6.0627	0.49	7.6610	14.2087
İst -64	1456.5588	1.6539	0.2255	1.8794	0.15	2.3709	4.4006
İst -65	3664.1283	4.1606	0.5673	4.7279	0.38	5.9654	11.0715
İst -66	811.2334	0.9211	0.1256	1.0468	0.08	1.3240	2.4545
İst -67	2511.6896	2.8520	0.3889	3.2409	0.26	4.0931	7.5933
İst -68	2413.3219	2.7403	0.3737	3.1140	0.25	3.9243	7.2873
İst -69	2433.1016	2.7627	0.3767	3.1395	0.25	3.9661	7.3567
İst -70	2429.4611	2.7586	0.3762	3.1348	0.25	3.9675	7.3531
İst -71	545.6850	0.6196	0.0845	0.7041	0.06	0.8866	1.6470
İst -72	2122.7980	2.4104	0.3287	2.7391	0.22	3.4871	6.4453
İst -73	646.1378	0.7337	0.1000	0.8337	0.07	1.0532	1.9537
İst -74	1252.3179	1.4220	0.1939	1.6159	0.13	2.0562	3.8014
İst -75	1757.7246	1.9959	0.2722	2.2680	0.18	2.8657	5.3151
İst -76	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0000
İst -77	2140.0431	2.4300	0.3314	2.7613	0.22	3.5001	6.4824
İst -78	696.8217	0.7912	0.1079	0.8991	0.07	1.1358	2.1069
İst -79	1741.7393	1.9777	0.2697	2.2474	0.18	2.8394	5.2666
İst -80	1110.4060	1.2608	0.1719	1.4328	0.11	1.8121	3.3595

Çizelge B.1 (devam) : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşıma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -81	1502.2681	1.7058	0.2326	1.9384	0.16	2.4460	4.5395
İst -82	1565.8475	1.7780	0.2425	2.0204	0.16	2.5486	4.7307
İst -83	4982.3832	5.6574	0.7715	6.4289	0.51	8.0961	15.0393
İst -84	2322.4269	2.6371	0.3596	2.9967	0.24	3.7827	7.0191
İst -85	2849.3064	3.2353	0.4412	3.6765	0.29	4.6370	8.6076
İst -86	1646.5712	1.8697	0.2550	2.1246	0.17	2.6849	4.9795
İst -87	971.2697	1.1029	0.1504	1.2533	0.10	1.5765	2.9300
İst -88	1074.3972	1.2200	0.1664	1.3863	0.11	1.7505	3.2477
İst -89	491.0608	0.5576	0.0760	0.6336	0.05	0.7993	1.4836
İst -90	2337.4315	2.6541	0.3619	3.0160	0.24	3.8241	7.0814
İst -91	2270.5139	2.5781	0.3516	2.9297	0.23	3.7013	6.8654
İst -92	2185.2840	2.4814	0.3384	2.8197	0.23	3.5558	6.6011
İst -93	1363.3695	1.5481	0.2111	1.7592	0.14	2.2160	4.1159
İst -94	1355.4125	1.5390	0.2099	1.7489	0.14	2.2336	4.1224
İst -95	269.0041	0.3054	0.0417	0.3471	0.03	0.4389	0.8137
İst -96	1768.7526	2.0084	0.2739	2.2823	0.18	2.8792	5.3440
İst -97	323.8926	0.3678	0.0502	0.4179	0.03	0.5247	0.9760
İst -98	982.9596	1.1161	0.1522	1.2683	0.10	1.6024	2.9722
İst -99	831.1495	0.9438	0.1287	1.0725	0.09	1.3513	2.5096
İst -100	1083.7943	1.2306	0.1678	1.3984	0.11	1.7698	3.2801

Çizelge B.1 (devam) : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -101	1984.9923	2.2539	0.3074	2.5613	0.20	3.2522	6.0183
İst -102	2451.4920	2.7836	0.3796	3.1632	0.25	3.9958	7.4121
İst -103	335.8788	0.3814	0.0520	0.4334	0.03	0.5457	1.0138
İst -104	1506.9577	1.7111	0.2333	1.9445	0.16	2.4526	4.5526
İst -105	1167.9766	1.3262	0.1808	1.5071	0.12	1.9053	3.5329
İst -106	1819.8578	2.0664	0.2818	2.3482	0.19	2.9678	5.5039
İst -107	1006.0626	1.1424	0.1558	1.2981	0.10	1.6403	3.0423
İst -108	103.4971	0.1175	0.0160	0.1335	0.01	0.1655	0.3097
İst -109	1303.2775	1.4799	0.2018	1.6816	0.13	2.1252	3.9414
İst -110	352.7686	0.4006	0.0546	0.4552	0.04	0.5742	1.0658
İst -111	1114.5225	1.2655	0.1726	1.4381	0.12	1.8126	3.3658
İst -112	1861.7694	2.1140	0.2883	2.4023	0.19	3.0367	5.6312
İst -113	1996.8620	2.2674	0.3092	2.5766	0.21	3.2577	6.0404
İst -114	910.8770	1.0343	0.1410	1.1753	0.09	1.4833	2.7526
İst -115	2249.2998	2.5540	0.3483	2.9023	0.23	3.6582	6.7927
İst -116	1714.6535	1.9470	0.2655	2.2125	0.18	2.8122	5.2016
İst -117	425.9983	0.4837	0.0660	0.5497	0.04	0.6961	1.2897
İst -118	296.4053	0.3366	0.0459	0.3825	0.03	0.4855	0.8985
İst -119	1960.2185	2.2258	0.3035	2.5293	0.20	3.1827	5.9143
İst -120	694.0787	0.7881	0.1075	0.8956	0.07	1.1296	2.0968

Çizelge B.1 (devam) : Örneklem – hesaplanan benzin buharı kaynaklı emisyonlar (m³).

İstasyon No #	Toplam Benzin Satış Miktarı (m ³)	A. Depolama Tankı Kayıpları (m ³)			B. Operasyonel Kayıplar (m ³)	C. Taşıt Dolum Kayıpları (m ³)	Toplam Kayıp (m ³) (A+B+C)
		A.1. Çalışma Kaybı	A.2. Buharlaşma / Nefes Alma Kaybı	Toplam Depolama Tankı Kaybı			
İst -121	1063.4923	1.2076	0.1647	1.3722	0.11	1.7321	3.2142
İst -122	1304.7270	1.4815	0.2020	1.6835	0.13	2.1204	3.9386
İst -123	63.4643	0.0721	0.0098	0.0819	0.01	0.1038	0.1923
İst -124	323.8683	0.3677	0.0501	0.4179	0.03	0.5595	1.0109
Toplam	163365.148 6	185.4985	25.2952	210.7937	16.8635	266.3664	494.0236

EK C: Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³)**Çizelge C.1 : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).**

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -1	Silivri	0.079	0.083	0.078	0.103	0.087	0.098	0.126	0.136	0.104	0.137	0.118	0.114	1.2614
İst -2	Arnavutköy	0.082	0.086	0.083	0.111	0.096	0.108	0.127	0.128	0.111	0.152	0.125	0.126	1.3340
İst -3	Sultangazi	0.081	0.069	0.066	0.094	0.075	0.083	0.095	0.100	0.083	0.113	0.098	0.126	1.0827
İst -4	Eyüp	0.000	0.000	0.000	0.001	0.075	0.112	0.121	0.139	0.126	0.168	0.154	0.155	1.0508
İst -5	Fatih	0.031	0.033	0.036	0.043	0.033	0.035	0.043	0.041	0.037	0.033	0.038	0.034	0.4365
İst -6	Bayrampaşa	0.106	0.117	0.122	0.159	0.125	0.144	0.151	0.168	0.142	0.191	0.163	0.153	1.7397
İst -7	Bayrampaşa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
İst -8	Gaziosmanpaşa	0.104	0.107	0.106	0.137	0.111	0.122	0.132	0.132	0.123	0.163	0.135	0.132	1.5032
İst -9	Beyoğlu	0.110	0.111	0.124	0.162	0.130	0.148	0.158	0.171	0.153	0.203	0.169	0.153	1.7937
İst -10	Silivri	0.014	0.014	0.015	0.022	0.022	0.023	0.032	0.030	0.025	0.029	0.029	0.021	0.2760
İst -11	Ümraniye	0.080	0.098	0.090	0.137	0.117	0.132	0.166	0.169	0.140	0.187	0.153	0.143	1.6123
İst -12	Maltepe	0.438	0.469	0.472	0.671	0.506	0.559	0.605	0.658	0.603	0.838	0.718	0.685	7.2240
İst -13	Gaziosmanpaşa	0.066	0.075	0.062	0.087	0.070	0.078	0.088	0.098	0.097	0.138	0.106	0.092	1.0581
İst -14	Başakşehir	0.128	0.136	0.139	0.171	0.138	0.157	0.173	0.194	0.166	0.232	0.198	0.187	2.0187
İst -15	Çatalca	0.033	0.039	0.037	0.053	0.053	0.053	0.064	0.067	0.056	0.070	0.055	0.053	0.6312

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -16	B.çekmece	0.031	0.037	0.035	0.055	0.046	0.058	0.080	0.078	0.058	0.071	0.054	0.051	0.6547
İst -17	Ataşehir	0.202	0.203	0.218	0.284	0.212	0.247	0.273	0.283	0.263	0.359	0.304	0.453	3.3013
İst -18	Sultangazi	0.124	0.127	0.128	0.170	0.137	0.146	0.168	0.180	0.155	0.215	0.190	0.185	1.9259
İst -19	K.çekmece	0.096	0.096	0.070	0.114	0.087	0.094	0.108	0.128	0.118	0.167	0.136	0.129	1.3439
İst -20	Bağcılar	0.066	0.074	0.076	0.092	0.074	0.080	0.082	0.095	0.079	0.118	0.099	0.091	1.0252
İst -21	Maltepe	0.156	0.168	0.176	0.232	0.171	0.203	0.209	0.228	0.213	0.307	0.242	0.244	2.5487
İst -22	Pendik	0.205	0.213	0.218	0.286	0.223	0.255	0.274	0.287	0.241	0.349	0.289	0.288	3.1297
İst -23	Silivri	0.029	0.033	0.032	0.048	0.040	0.051	0.074	0.079	0.061	0.076	0.066	0.062	0.6504
İst -24	Şişli	0.286	0.307	0.318	0.437	0.333	0.403	0.415	0.452	0.401	0.554	0.467	0.431	4.8022
İst -25	Gaziosmanpaşa	0.045	0.086	0.085	0.110	0.082	0.092	0.108	0.105	0.089	0.126	0.108	0.116	1.1538
İst -26	B.çekmece	0.152	0.174	0.194	0.248	0.192	0.257	0.251	0.285	0.253	0.338	0.279	0.259	2.8841
İst -27	Şişli	0.340	0.372	0.398	0.530	0.390	0.478	0.483	0.544	0.500	0.691	0.594	0.536	5.8583
İst -28	Maltepe	0.142	0.162	0.165	0.197	0.163	0.196	0.193	0.207	0.187	0.253	0.204	0.204	2.2737
İst -29	Sultanbeyli	0.111	0.118	0.118	0.150	0.114	0.129	0.147	0.144	0.124	0.175	0.147	0.150	1.6280
İst -30	Zeytinburnu	0.074	0.087	0.088	0.111	0.078	0.093	0.092	0.099	0.096	0.141	0.117	0.109	1.1850

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -31	K.çekmece	0.298	0.310	0.355	0.464	0.330	0.402	0.414	0.478	0.416	0.556	0.439	0.406	4.8672
İst -32	Eyüp	0.500	0.537	0.575	0.751	0.576	0.681	0.648	0.734	0.682	0.956	0.807	0.773	8.2213
İst -33	Gaziosmanpaşa	0.055	0.066	0.069	0.086	0.074	0.081	0.086	0.084	0.082	0.115	0.098	0.099	0.9952
İst -34	Esenler	0.264	0.280	0.320	0.412	0.296	0.371	0.363	0.413	0.364	0.487	0.430	0.416	4.4163
İst -35	Ümraniye	0.083	0.089	0.096	0.118	0.090	0.106	0.105	0.114	0.111	0.152	0.131	0.136	1.3316
İst -36	Ümraniye	0.108	0.122	0.124	0.180	0.128	0.161	0.170	0.182	0.163	0.226	0.211	0.237	2.0127
İst -37	Üsküdar	0.205	0.228	0.225	0.296	0.234	0.260	0.257	0.283	0.296	0.410	0.345	0.334	3.3747
İst -38	Zeytinburnu	0.122	0.129	0.124	0.162	0.119	0.145	0.157	0.173	0.158	0.210	0.179	0.164	1.8432
İst -39	Pendik	0.070	0.065	0.069	0.094	0.080	0.087	0.096	0.104	0.085	0.116	0.104	0.098	1.0690
İst -40	Silivri	0.004	0.003	0.003	0.005	0.005	0.006	0.007	0.006	0.006	0.008	0.006	0.004	0.0648
İst -41	Beylikdüzü	0.093	0.111	0.106	0.140	0.110	0.122	0.129	0.138	0.121	0.175	0.140	0.138	1.5236
İst -42	Gaziosmanpaşa	0.066	0.077	0.079	0.102	0.082	0.095	0.101	0.106	0.097	0.129	0.108	0.098	1.1403
İst -43	Şile	0.038	0.040	0.035	0.058	0.078	0.081	0.166	0.141	0.082	0.090	0.071	0.055	0.9356
İst -44	Silivri	0.040	0.042	0.041	0.063	0.058	0.070	0.117	0.129	0.086	0.098	0.077	0.078	0.8986
İst -45	Ümraniye	0.090	0.100	0.099	0.131	0.088	0.039	0.105	0.127	0.119	0.172	0.145	0.142	1.3572

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -46	B.çekmece	0.042	0.042	0.043	0.057	0.051	0.062	0.088	0.091	0.065	0.077	0.064	0.058	0.7403
İst -47	B.çekmece	0.151	0.161	0.165	0.217	0.168	0.193	0.196	0.220	0.193	0.279	0.227	0.190	2.3605
İst -48	Silivri	0.020	0.021	0.023	0.029	0.023	0.029	0.033	0.038	0.033	0.042	0.037	0.036	0.3646
İst -49	Silivri	0.042	0.042	0.040	0.064	0.063	0.078	0.128	0.133	0.085	0.099	0.072	0.068	0.9145
İst -50	Büyükçekmece	0.043	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.056	0.062	0.093	0.076	0.074	0.4425
İst -51	Bağcılar	0.068	0.072	0.069	0.087	0.066	0.074	0.093	0.090	0.080	0.106	0.088	0.090	0.9821
İst -52	Kağıthane	0.072	0.084	0.085	0.118	0.094	0.107	0.104	0.117	0.051	0.000	0.000	0.000	0.8327
İst -53	Sarıyer	0.139	0.148	0.153	0.201	0.167	0.185	0.180	0.193	0.169	0.224	0.180	0.185	2.1226
İst -54	Üsküdar	0.090	0.098	0.102	0.131	0.108	0.121	0.116	0.135	0.118	0.163	0.140	0.132	1.4555
İst -55	Çatalca	0.012	0.013	0.005	0.000	0.000	0.005	0.033	0.037	0.030	0.035	0.029	0.027	0.2245
İst -56	Çatalca	0.054	0.059	0.056	0.082	0.079	0.087	0.120	0.122	0.096	0.116	0.097	0.096	1.0621
İst -57	B.çekmece	0.138	0.154	0.157	0.226	0.173	0.198	0.218	0.227	0.193	0.261	0.215	0.212	2.3722
İst -58	Tuzla	0.060	0.067	0.078	0.100	0.082	0.099	0.100	0.101	0.108	0.141	0.124	0.119	1.1773
İst -59	Sarıyer	0.204	0.193	0.210	0.294	0.221	0.283	0.252	0.262	0.243	0.348	0.298	0.285	3.0928
İst -60	K.çekmece	0.183	0.198	0.204	0.265	0.200	0.226	0.247	0.264	0.228	0.321	0.263	0.261	2.8593

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -61	Bahçelievler	0.170	0.195	0.190	0.253	0.198	0.243	0.239	0.254	0.240	0.317	0.259	0.250	2.8082
İst -62	B.çekmece	0.014	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.020	0.017	0.019	0.0943
İst -63	Kadıköy	0.466	0.491	0.497	0.703	0.538	0.643	0.605	0.703	0.635	0.894	0.747	0.739	7.6610
İst -64	Ümraniye	0.151	0.164	0.171	0.221	0.160	0.179	0.161	0.180	0.192	0.280	0.246	0.265	2.3709
İst -65	Başakşehir	0.390	0.399	0.428	0.545	0.416	0.479	0.478	0.519	0.497	0.690	0.569	0.557	5.9654
İst -66	Arnavutköy	0.074	0.086	0.092	0.118	0.087	0.112	0.110	0.124	0.111	0.150	0.132	0.129	1.3240
İst -67	Zeytinburnu	0.261	0.277	0.287	0.379	0.279	0.329	0.328	0.370	0.339	0.482	0.377	0.384	4.0931
İst -68	Bahçelievler	0.263	0.283	0.279	0.358	0.272	0.298	0.343	0.360	0.318	0.429	0.357	0.364	3.9243
İst -69	Bakırköy	0.242	0.261	0.279	0.375	0.274	0.321	0.333	0.358	0.321	0.447	0.382	0.373	3.9661
İst -70	Ataşehir	0.229	0.262	0.253	0.359	0.264	0.310	0.284	0.333	0.350	0.496	0.417	0.410	3.9675
İst -71	Maltepe	0.056	0.070	0.068	0.090	0.062	0.071	0.073	0.075	0.068	0.095	0.078	0.081	0.8866
İst -72	Silivri	0.166	0.159	0.163	0.274	0.244	0.267	0.424	0.501	0.328	0.394	0.295	0.271	3.4871
İst -73	Gaziosmanpaşa	0.064	0.068	0.067	0.091	0.075	0.082	0.091	0.096	0.093	0.125	0.101	0.100	1.0532
İst -74	Silivri	0.097	0.092	0.100	0.147	0.151	0.162	0.300	0.254	0.177	0.232	0.180	0.165	2.0562
İst -75	Üsküdar	0.174	0.190	0.202	0.271	0.201	0.226	0.230	0.249	0.243	0.337	0.281	0.263	2.8657

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -76	Pendik	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
İst -77	Esenyurt	0.196	0.209	0.226	0.307	0.238	0.274	0.306	0.331	0.300	0.424	0.359	0.331	3.5001
İst -78	Sancaktepe	0.072	0.078	0.080	0.101	0.068	0.087	0.091	0.105	0.098	0.125	0.114	0.115	1.1358
İst -79	Beyoğlu	0.174	0.194	0.200	0.258	0.194	0.229	0.239	0.265	0.246	0.330	0.267	0.244	2.8394
İst -80	Sarıyer	0.109	0.118	0.117	0.160	0.125	0.153	0.154	0.169	0.152	0.214	0.177	0.164	1.8121
İst -81	Sultanbeyli	0.156	0.160	0.173	0.229	0.175	0.196	0.207	0.213	0.198	0.271	0.242	0.226	2.4460
İst -82	Avcılar	0.161	0.175	0.185	0.252	0.186	0.209	0.206	0.226	0.205	0.287	0.234	0.224	2.5486
İst -83	Ataşehir	0.584	0.619	0.561	0.754	0.541	0.645	0.580	0.663	0.664	0.932	0.777	0.777	8.0961
İst -84	Maltepe	0.227	0.260	0.274	0.354	0.268	0.315	0.275	0.312	0.306	0.454	0.365	0.374	3.7827
İst -85	Ümraniye	0.301	0.321	0.319	0.420	0.319	0.357	0.368	0.389	0.384	0.528	0.462	0.469	4.6370
İst -86	Kağıthane	0.159	0.174	0.192	0.250	0.187	0.216	0.212	0.234	0.224	0.314	0.266	0.258	2.6849
İst -87	Pendik	0.114	0.117	0.121	0.150	0.108	0.123	0.130	0.136	0.123	0.169	0.138	0.147	1.5765
İst -88	Sancaktepe	0.110	0.116	0.122	0.155	0.119	0.135	0.143	0.162	0.144	0.198	0.176	0.169	1.7505
İst -89	Maltepe	0.068	0.048	0.038	0.053	0.060	0.064	0.070	0.073	0.062	0.102	0.084	0.076	0.7993
İst -90	Başakşehir	0.205	0.214	0.242	0.347	0.269	0.296	0.325	0.363	0.333	0.464	0.391	0.374	3.8241

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -91	Ümraniye	0.220	0.242	0.261	0.345	0.261	0.302	0.298	0.324	0.301	0.431	0.360	0.358	3.7013
İst -92	Kartal	0.240	0.236	0.244	0.327	0.253	0.294	0.295	0.318	0.295	0.401	0.332	0.321	3.5558
İst -93	Bağcılar	0.150	0.154	0.154	0.206	0.162	0.177	0.207	0.203	0.180	0.234	0.202	0.187	2.2160
İst -94	Çekmeköy	0.081	0.096	0.106	0.151	0.148	0.172	0.234	0.249	0.222	0.294	0.259	0.224	2.2336
İst -95	Silivri	0.027	0.027	0.027	0.040	0.032	0.038	0.045	0.046	0.034	0.048	0.038	0.036	0.4389
İst -96	Bahçelievler	0.184	0.204	0.212	0.267	0.195	0.231	0.235	0.258	0.237	0.323	0.270	0.262	2.8792
İst -97	Tuzla	0.037	0.039	0.039	0.051	0.042	0.044	0.039	0.047	0.041	0.054	0.050	0.042	0.5247
İst -98	Tuzla	0.096	0.111	0.112	0.148	0.109	0.125	0.125	0.136	0.137	0.194	0.153	0.154	1.6024
İst -99	Bağcılar	0.091	0.098	0.101	0.125	0.094	0.105	0.119	0.120	0.107	0.148	0.122	0.120	1.3513
İst -100	Sultanbeyli	0.107	0.121	0.126	0.162	0.118	0.133	0.154	0.164	0.142	0.211	0.171	0.161	1.7698
İst -101	Üsküdar	0.180	0.189	0.199	0.271	0.207	0.234	0.244	0.267	0.307	0.439	0.364	0.352	3.2522
İst -102	Gaziosmanpaşa	0.250	0.259	0.271	0.366	0.285	0.317	0.363	0.377	0.327	0.450	0.377	0.355	3.9958
İst -103	Bayrampaşa	0.039	0.042	0.039	0.051	0.037	0.042	0.048	0.047	0.044	0.060	0.049	0.049	0.5457
İst -104	Küçükçekmece	0.160	0.169	0.178	0.228	0.172	0.197	0.206	0.221	0.193	0.275	0.227	0.227	2.4526
İst -105	Pendik	0.117	0.127	0.139	0.171	0.122	0.152	0.168	0.180	0.155	0.214	0.182	0.178	1.9053

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -106	Üsküdar	0.171	0.198	0.207	0.280	0.208	0.243	0.225	0.253	0.247	0.355	0.293	0.287	2.9678
İst -107	Bayrampaşa	0.102	0.108	0.104	0.148	0.115	0.134	0.144	0.149	0.136	0.190	0.156	0.153	1.6403
İst -108	Şile	0.009	0.010	0.009	0.016	0.020	0.022	0.007	0.017	0.020	0.015	0.011	0.008	0.1655
İst -109	Bakırköy	0.118	0.143	0.159	0.172	0.146	0.176	0.169	0.193	0.175	0.257	0.211	0.206	2.1252
İst -110	Çatalca	0.031	0.033	0.033	0.050	0.048	0.049	0.061	0.064	0.052	0.060	0.048	0.044	0.5742
İst -111	Pendik	0.124	0.128	0.131	0.166	0.126	0.137	0.156	0.160	0.144	0.204	0.164	0.172	1.8126
İst -112	Büyükçekmece	0.178	0.200	0.204	0.275	0.212	0.239	0.270	0.290	0.246	0.345	0.291	0.287	3.0367
İst -113	Esenyurt	0.185	0.211	0.220	0.296	0.231	0.266	0.296	0.328	0.263	0.366	0.300	0.296	3.2577
İst -114	Büyükçekmece	0.084	0.104	0.104	0.132	0.105	0.126	0.138	0.141	0.118	0.160	0.138	0.134	1.4833
İst -115	Üsküdar	0.233	0.255	0.254	0.332	0.265	0.299	0.291	0.316	0.301	0.418	0.346	0.348	3.6582
İst -116	Başakşehir	0.133	0.148	0.173	0.227	0.188	0.219	0.233	0.269	0.255	0.365	0.306	0.296	2.8122
İst -117	Silivri	0.038	0.049	0.039	0.060	0.046	0.050	0.063	0.062	0.060	0.085	0.070	0.076	0.6961
İst -118	Tuzla	0.022	0.028	0.034	0.043	0.033	0.044	0.034	0.038	0.038	0.062	0.055	0.054	0.4855
İst -119	Kartal	0.230	0.244	0.248	0.306	0.220	0.242	0.248	0.265	0.242	0.350	0.293	0.295	3.1827
İst -120	Eyüp	0.072	0.085	0.082	0.118	0.077	0.087	0.091	0.102	0.092	0.120	0.106	0.097	1.1296

Çizelge C.1 (devam) : Örneklem – taşıt dolum kayıpları (m³).

İstasyon No #	İlçe	Aylar												Toplam Taşıt Dolum Kaybı
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
İst -121	Tuzla	0.108	0.111	0.119	0.169	0.124	0.142	0.151	0.154	0.138	0.190	0.160	0.168	1.7321
İst -122	Ümraniye	0.134	0.154	0.154	0.187	0.151	0.163	0.181	0.188	0.172	0.232	0.202	0.202	2.1204
İst -123	Çatalca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.061	0.1038
İst -124	Küçükçekmece	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.116	0.180	0.151	0.101	0.5595
Toplam		16.1683	17.3871	17.8706	23.8185	18.4460	21.3120	22.7384	24.7008	22.3242	30.7278	25.7441	25.1285	266.3664



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Gönenç BAYRAM

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2004, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2024, İstanbul Teknik Üniversitesi, Afet ve Acil Durum Yönetimi Ana Bilim Dalı, Afet Yönetimi Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2007-2013 yılları arasında İpragaz A.Ş. şirketinde Teknik Emniyet Sorumlusu görevinde çalıştı.
- 2013-2016 yılları arasında Petgaz A.Ş. şirketinde Sağlık, Emniyet, Çevre ve Güvenlik Müdürü görevinde çalıştı.
- 2016-halen Petrol Ofisi A.Ş. şirketinde Perakende Sağlık, Emniyet, Çevre ve Güvenlik Müdürü görevini yürütmektedir.

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Bayram G., İskender H.** 2023. International World Congress of Urban Studies II: Disasters, Climate Crisis, Migration and Security. *Topkapı University*, November 30-December 2, 2023 İstanbul, Turkey.