



ULAŖTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŖME BAKANLIĞI

**ULAŖIM MODLARINDAN KAYNAKLANAN
SERA GAZI EMİSYONLARI VE İKLİM
DEĐİŖİKLİĐİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
KARŖILAŖTIRILMASI**

Merve UZUNÇAKMAK

UlaŖtırma ve HaberleŖme Uzmanlığı Tezi

2014

Ankara



ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

**ULAŞIM MODLARINDAN KAYNAKLANAN
SERA GAZI EMİSYONLARI VE İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Merve UZUNÇAKMAK

Ulaştırma ve Haberleőtme Uzmanlığı Tezi

2014

Ankara

KABUL VE ONAY SAYFASI

Merve UZUNÇAKMAK tarafından hazırlanan Ulaşım Modlarından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları ve İklim Değişikliği Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması adlı bu tezin Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Daire Başkanı İskender AKAR

Tez Danışmanı

Bu çalışma, tez savunma komisyonumuz tarafından Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı tezi olarak kabul edilmiştir.

	Adı Soyadı	İmzası
Başkan	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____

Bu tez, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER.....	xiii
GİRİŞ.....	1
1. SERA GAZI, KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMLARI.....	4
1.1 Sera Gazları ve Özellikleri.....	4
1.2 Sera Etkisi.....	21
1.3 Küresel Isınma ve Küresel Isınma Potansiyeli.....	25
1.4 İklim, İklim Değişikliği ve Sonuçları.....	31
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HUKUKİ ÇERÇEVESİ.....	41
2.1 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Öncesi.....	41
2.1.1 Ozon tabakasının korunmasına dair Viyana Sözleşmesi.....	43
2.1.2 Ozon tabakasını incelten maddelere dair Montreal Protokolü.....	44
2.1.3 Montreal Protokolü ve Türkiye.....	44
2.2 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS).....	46
2.2.1 Sözleşme kapsamındaki yükümlülükler.....	48
2.2.2 BMİDÇS' nin kurumları ve temel işlevleri.....	53
2.2.3 BMİDÇS ve Türkiye.....	55
2.3 Kyoto Protokolü.....	56
2.3.1 Kyoto Protokolü'nün organları.....	62
2.3.2 Kyoto Protokolü ve Türkiye.....	63
2.4 Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları.....	64
2.4.1 Zorunlu karbon piyasası.....	67
2.4.2 Gönüllü karbon piyasası.....	70
2.4.3 Esneklik mekanizmaları ve Türkiye.....	72
2.5 BMİDÇS ve Kyoto Protokolü Arasındaki Temel Farklılıklar.....	73
2.6 Türkiye'nin İklim Değişikliği Çalışmaları.....	75
2.6.1 İklim değişikliği ve hava yönetimi koordinasyon kurulu (İDHYKK) ...	75
2.6.2 İklim değişikliği ulusal strateji belgesi (İDES).....	76
2.6.3 İklim değişikliği ulusal eylem planı (İDEP).....	77
2.6.4 İklim değişikliği ulusal bildirimleri.....	80
3. IPCC VE SERA GAZI EMİSYONU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	82

3.1	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).....	82
3.2	IPCC 1996 ve 2006 Metodolojileri.....	83
3.2.1	IPCC Tier yaklaşımları.....	85
3.2.2	Karbondioksit (CO ₂) emisyonu hesaplama yöntemi.....	88
3.2.3	CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC emisyonu hesaplama yöntemi.....	92
3.2.4	Kükürt dioksit (SO ₂) emisyonu hesaplama yöntemi.....	95
3.3	Tier 1 Yaklaşımı ile Emisyon Hesaplamaları.....	97
3.3.1	CO ₂ emisyonunun hesaplanması.....	97
3.3.2	CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC emisyonlarının hesaplanması.....	102
3.3.3	Kükürt dioksit (SO ₂) emisyonunun hesaplanması.....	111
4.	SERA GAZI EMİSYONLARININ SEKTÖR VE ULAŞIM MODLARINA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI.....	116
4.1	2008-2012 Yılları Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanterine Göre Ulaştırma Sektörünün Payı.....	116
4.2	2008-2012 Yılları Arası Ulaşım Modlarından Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu Değerlerinin Karşılaştırılması.....	129
4.3	1990 ve 2012 Yıllarına Ait Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması.....	145
	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	151
	KAYNAKLAR.....	161
	ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ.....	169
	ÖZGEÇMİŞ.....	170

ÖZET

ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI	
Tezin Adı	Ulaşım Modlarından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları ve İklim Değişikliği Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması
Türü	Uzmanlık Tezi
Yazar	Merve UZUNÇAKMAK
Teslim Tarihi	2014
Anahtar Kelimeler	Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Sera Gazı Emisyonu, BMİDÇS, Kyoto Protokolü.
Tez danışmanı	İskender AKAR
Sayfa Adedi	171
<p>Dünyamızı tehdit eden en büyük çevre sorunlarından birisi olarak adlandırılan küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramları; fosil yakıt kullanımı, sanayileşme, enerji üretimi, ormansızlaşma ve diğer insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu faaliyetlerin yanı sıra ekonomik büyüme ve nüfus artışı gibi etmenlerde söz konusu sorunlara ait süreçlerin hızlanmasına yol açmıştır. Dünyamız birçok defa küresel iklim değişikliği ile karşılaşmıştır. Ancak son dönemde yaşanan iklim değişikliği, 150 yılı aşkın bir süredir devam eden insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak diğerlerinden farklılık göstermektedir. Bu durumun nedeni ise, ısı tutma kapasiteleriyle sera etkisi yaratarak küresel ısınmaya yol açan sera gazlarıdır. Başta CO₂ olmak üzere atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazı emisyonları, 19.yy'dan itibaren Sanayi devrimi ile birlikte önemli ölçüde artmıştır.</p> <p>Ülkemizde de sera gazı emisyonları hızla artmaktadır. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyon değeri 3,42 ton/kişi iken 2012 yılında bu değer 5,85 ton/kişi'ye yükselmiştir. Ayrıca; 1990 yılında 188,4 milyon ton olan Türkiye' nin sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden değeri 2012 yılı için 439,9 milyon tona ulaşmıştır.</p> <p>Bu tez çalışmasında, öncelikle küresel ısınma ve bu ısınmanın bir sonucu olan iklim</p>	

değişikliği sorunları detaylandırılarak, söz konusu sorunlara ait hukuki çerçeveden bahsedilmiştir. Daha sonra; bu hukuki çerçeve kapsamında, sera gazı emisyon envanterinde kullanılan IPCC metodolojileri tanımlanmıştır. Bu metodolojilerden Tier 1 yaklaşımı kullanılarak 2008-2012 yılları arası ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri hesaplanmış ve söz konusu sektörün iklim değişikliğine katkıları incelenmiştir.

Hesaplamalar sonucunda bütün sera gazı emisyonlarında artış olduğu ve özellikle yakıt tüketimlerinin artması sonucunda CO₂ emisyonlarının hızla arttığı gözlemlenmiştir. Bu kapsamda; ulaştırma sektörü yaklaşık %14'lük payıyla sera gazı emisyonu açısından önemli bir kaynaktır. Bu sektörünün 1990 yılına ait CO₂ salınımı 25,95 milyon ton iken, 2012 yılında bu değer 61,24 milyon ton olarak açıklanmıştır.

Son 20 yıldır, daha bilinçli ve etkin bir tutum sergilenmekte ve küresel ısınmayı engellemek için çeşitli politikalar uygulamaya konmaktadır. Küresel ölçekte bir sorun olan iklim değişikliği ile mücadele küresel ölçekte bir çözümü gerektirmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) iklim değişikliği ile mücadele için oluşturulmuş uluslararası bir sözleşmedir. BMİDÇS'ye dayanarak hazırlanan Kyoto Protokolü (KP) ise sera gazı emisyonu azaltımı ve sınırlandırılmasına yönelik sayısal hedefler içermektedir.

Eğer iklim değişikliğini önlemek için, daha kalıcı çözümler bulunup daha kritik kararlar alınmazsa; gelecekte yaşanabilir bir çevre bulmak mümkün olmayacaktır.

ABSTRACT

MINISTRY OF TRANSPORT, MARITIME AFFAIRS AND COMMUNICATIONS	
Thesis	The Emission of Greenhouse Gases Arising From Modes of Transportation and the Comparison of its Impact on Climate Change
Type	Dissertation
Author	Merve UZUNÇAKMAK
Submission Date	2014
Key Words	Global Warming, Climate Change, GHG Emission, UNFCCC, Kyoto Protocol.
Advisor	İskender AKAR
Total Page	171
<p>Global warming and climate change which are considered to be the biggest environmental threats to our world have occurred because of the usage of fossil fuels, industrialization, energy production, deforestation and other human activities. Besides these activities, factors such as economic growth and increase in the population have also accelerated the process related to these problems. The Earth has experienced climate change many times. However, the latest climate change, resulting from the human activities that have been continuing over the last 150 years, differs from the others. The reason for this situation is the greenhouse gases which cause global warming due to their heat retention capacity by creating GHG effect. Since the 19th century with Industrial Revolution, the concentration of anthropogenic GHGs which were released to the atmosphere, especially CO₂, have increased substantially.</p> <p>In our country, the emissions of the GHGs have been increasing rapidly, too. While CO₂ emissions were 3,42 ton per capita in 1990, this value has increased to 5,85 ton per capita in 2012. In addition to this, Turkey's GHGs emissions as CO₂ equivalent in 1990 was 188,4 million tones, however in 2012, this value has reached to 439,9 million tones.</p>	

In this study, at first, problems as global warming and climate change arisen from this warming are detailed and legal framework of these problems is mentioned. In the scope of this framework, IPCC methodologies used for GHG Inventories are defined. Within these methodologies, Tier 1 approach was used in order to calculate GHG emissions originated from transportation sector between 2008-2012 and its contribution to climate change is analyzed.

As a result of the calculations, it is observed that there is an increase in the amount of all the emissions in greenhouse gases and especially the amount of CO₂ emissions has increased rapidly due to the increase in total fuel consumption. Within this scope, the transportation sector is an major factor in terms of GHG emissions with ratio of 14%. While these sector's emission value was 25,95 million ton in 1990, this value was declared as 61,24 million tons in 2012.

For the past 20 years, there has been an increased awareness towards the issue and various efficient policies have been put into practice to prevent the global warming. The combat with the global problem of climate change needs global action. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) is an international agreement prepared for mitigation of climate change. Later; the Kyoto Protocol (KP), which was put into force based on UNFCCC, includes quantitative targets for GHG emission reduction and limitation.

If not mankind find more persistent solutions and take more crucial decision in order to prevent to climate change, it will not be possible to find a clean environment to live in the future.

TEŞEKKÜR

Genel Müdürlüğümüzde göreve başladığım günden itibaren kendimi geliştirmeme imkân sağlayan, çalışmalarım konusunda beni teşvik eden ve gösterdiği anlayışla desteklerini asla esirgemeyen Demiryolu Düzenleme Genel Müdürü Sayın Erol ÇITAK'a, çalışmam boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Daire Başkanı Sayın İskender AKAR'a, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ'ye, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan başta değerli arkadaşım Merve YAVUZ' a ve tüm mesai arkadaşlarıma, son olarak; sonsuz sevgileri ve sabırlarıyla her zaman yanımda olan ve aldığım her kararda arkamda durarak desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Sera gazlarına ait küresel ısınma potansiyeli değerleri.....	30
Tablo 2.1. BMİDÇS Ek-I ve Ek-II ülkeleri.....	51
Tablo 2.2. BMİDÇS taraflarının yükümlülükleri.....	52
Tablo 2.3. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü kapsamında ülke sınıflandırmaları.....	58
Tablo 2.4. Kyoto Protokolü Ek-B ülkeleri ve sayısallaştırılmış azaltım yükümlülükleri	59
Tablo 2.5. AB-15 ülkeleri arasında yükümlülük paylaşımı	59
Tablo 2.6. Kyoto Protokolü Ek-A listesi.....	60
Tablo 2.7. Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları.....	66
Tablo 2.8. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü karşılaştırması	74
Tablo 2.9. İDEP'in ulaştırma başlığı altındaki amaç ve hedefleri	79
Tablo 3.1. Yakıt tiplerine göre net kalorifik değerler (dönüşüm faktörleri)	90
Tablo 3.2. Yakıt tiplerine göre karbon emisyon faktörleri ve CO ₂ emisyon faktörleri	90
Tablo 3.3. Yakıt tiplerine göre karbonun oksitlenme oranı	92
Tablo 3.4. Sektör ve yakıt tiplerine göre emisyon faktörleri (kg/TJ).....	92
Tablo 3.5. Yakıt tiplerine göre kükürt içeriği (%)	97
Tablo 3.6. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre yakıt tüketim verileri (kt)	98
Tablo 3.7. Ulaştırma sektörü 2012 yılı CO ₂ emisyonu hesaplamaları.....	101
Tablo 3.8. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CO ₂ emisyonları(Gg)	102
Tablo 3.9. Ulaştırma sektörü 2012 yılı CH ₄ emisyonu hesaplamaları.....	105
Tablo 3.10. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CH ₄ emisyonları (Gg)	106
Tablo 3.11. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CH ₄ emisyonları.	107
Tablo 3.12. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan N ₂ O emisyonları (Gg)	107
Tablo 3.13. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan N ₂ O emisyonları	108
Tablo 3.14.2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan toplam CO ₂ emisyonu (Gg CO ₂ eşdeğeri).....	109

Tablo 3.15. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan NO _x emisyonları (Gg)	109
Tablo 3.16. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CO emisyonları (Gg)	110
Tablo 3.17.2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan NMVOC emisyonları (Gg)	110
Tablo 3.18. Yakıt tiplerine göre SO ₂ emisyon faktörü.....	113
Tablo 3.19. Ulaştırma sektörü 2012 yılı SO ₂ emisyonu hesaplamaları.....	114
Tablo 3.20. 2008-2012 ulaşım modlarından kaynaklanan SO ₂ emisyonları (Gg) ...	115
Tablo 3.21. 2008-2012 ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazı emisyonları (Gg)	115
Tablo 4.1. 2008-2012 yılları CO ₂ emisyonunun sektörel dağılımı (mt CO ₂ eşd.) ...	117
Tablo 4.2. 2008-2012 yılları CO ₂ emisyonunun sektörel dağılım yüzdeleri (%)	119
Tablo 4.3. 2008-2012 yılları sera gazı emisyonu değerleri (mt CO ₂ eşd.).....	121
Tablo 4.4. 2008-2012 yılları sera gazı emisyonu yüzdeleri (%)	123
Tablo 4.5. 2008-2012 yılları CO ₂ emisyonu değerleri (mt CO ₂ eşd.).....	125
Tablo 4.6. 2008-2012 yılları CH ₄ emisyonu değerleri (mt CO ₂ eşd.).....	127
Tablo 4.7. 2008-2012 yılları N ₂ O emisyonu değerleri (mt CO ₂ eşd.).....	128
Tablo 4.8. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO ₂ emisyonu	129
Tablo 4.9. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO ₂ emisyonu yüzdeleri (%).....	130
Tablo 4.10. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH ₄ emisyonu (Gg CO ₂ eşd.)	131
Tablo 4.11. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH ₄ emisyonu yüzdeleri (%)	132
Tablo 4.12. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N ₂ O emisyonu (Gg CO ₂ eşd.)	133
Tablo 4.13. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N ₂ O emisyonu yüzdeleri (%)	134
Tablo 4.14. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NO _x emisyonu (Gg).....	135
Tablo 4.15. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NO _x emisyonu yüzdeleri (%)	136

Tablo 4.16. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu (Gg).....	137
Tablo 4.17. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu yüzdeleri (%)	138
Tablo 4.18. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu (Gg).....	139
Tablo 4.19. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu yüzdeleri (%).....	140
Tablo 4.20. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO ₂ emisyonu (Gg).....	141
Tablo 4.21. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO ₂ emisyonu yüzdeleri (%)	142
Tablo 4.22. 1990 yılı sera gazı emisyon değerleri (Gg CO ₂ eşdeğeri)	145
Tablo 4.23. 2012 yılı sera gazı emisyon değerleri (Gg CO ₂ eşdeğeri)	145
Tablo 4.24. 1990 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerleri (Gg).....	146
Tablo 4.25. 2012 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerleri (Gg).....	146
Tablo 4.26. 1990 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerlerinin yüzdeleri (%) .	147
Tablo 4.27. 2012 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerlerinin yüzdeleri (%) .	147

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Radyasyonun atmosfer tarafından absorbe edildiği dalga boyu aralığı.....	6
Şekil 1.2. Sera gazlarının absorblama yüzdeleri	7
Şekil 1.3. Sera gazı konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi	9
Şekil 1.4. 1000-2013 yılları arası atmosferik karbondioksit konsantrasyonu.....	11
Şekil 1.5. 1000-2013 yılları arası Kutup denizi buz alanı ve atmosferik karbondioksit konsantrasyonu.....	13
Şekil 1.6. İnsan faaliyetleri kaynaklı metan emisyonu dağılımı	14
Şekil 1.7. Sera etkisinin şematik gösterimi	22
Şekil 1.8. Güneşten gelen ışınların dağılımı	23
Şekil 1.9. 1880-2013 yılları arası ortalama sıcaklık eğilimi	27
Şekil 1.10. Küresel ısınmaya etki eden insan faaliyetlerinin dağılımı.....	28
Şekil 1.11. 1900-2000 yılları arası kıtalar ve okyanuslardaki sıcaklık değişimi	39
Şekil 1.12. İklim değişikliğinin küresel etkileri	40
Şekil 4.1. 2008-2012 yılları sera gazı emisyonu trendi (mt CO ₂ eşd.).....	117
Şekil 4.2. 2008-2012 yılları CO ₂ emisyonunun sektörel dağılımı (mt CO ₂ eşd.)....	118
Şekil 4.3. 2012 yılı CO ₂ emisyonu sektörel dağılımı (%).....	119
Şekil 4.4. 2008-2012 yılları enerji sektörü CO ₂ emisyonu değerleri (mt CO ₂ eşd.)	120
Şekil 4.5. 2008-2012 yılları arası enerji sektörü CO ₂ emisyonu trendi (%)	120
Şekil 4.6. 2008-2012 yılları CO ₂ , CH ₄ ve N ₂ O gazlarına ait emisyon trendleri.....	122
Şekil 4.7. 2008-2012 yılları HFC, PFC, SF ₆ gazlarına ait emisyon trenleri.....	122
Şekil 4.8. 2008-2012 yılları sera gazlarına ait emisyon değerleri dağılımı (%).....	123
Şekil 4.9. 2008-2012 yılları CO ₂ gazına ait emisyon yüzdeleri.....	124
Şekil 4.10. 2008-2012 yılları CO ₂ gazına ait emisyon trendleri (mt CO ₂ eşd.).....	125
Şekil 4.11. 2008-2012 yılları ulaşırmadan kaynaklı CO ₂ emisyon yüzdeleri.....	126
Şekil 4.12. 2008-2012 yılları CH ₄ gazına ait emisyon trendleri (mt CO ₂ eşd.).....	127
Şekil 4.13. 2008-2012 yılları N ₂ O gazına ait emisyon trendleri (mt CO ₂ eşd.).....	128
Şekil 4.14. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO ₂ emisyonunun dağılımı (Gg CO ₂ eşd.).....	130
Şekil 4.15. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO ₂ emisyonu trendleri (%).....	131

Şekil 4.16. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH ₄ emisyonu dağılımı (Gg)	132
Şekil 4.17. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH ₄ emisyonu trendleri (%)	133
Şekil 4.18. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N ₂ O emisyonu dağılımı.....	134
Şekil 4.19. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N ₂ O emisyonu trendleri (%)	135
Şekil 4.20. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NO _x emisyonu dağılımı (Gg)	136
Şekil 4.21. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NO _x emisyonu trendleri (%)	137
Şekil 4.22. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu dağılımı (Gg)	138
Şekil 4.23. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu trendleri (%)..	139
Şekil 4.24. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu dağılımı (Gg).....	140
Şekil 4.25. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu trendleri (%).....	141
Şekil 4.26. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO ₂ emisyonu dağılımı (Gg)	142
Şekil 4.27. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO ₂ emisyonu trendleri (%)	143
Şekil 4.28. 2008-2012 yılları toplam CO ₂ emisyonununun yakıt tiplerine göre dağılımı (mt CO ₂ eşd.).....	144
Şekil 4.29. 2008-2012 yılları yakıt tiplerine göre toplam CO ₂ emisyonu trendleri (%)	144
Şekil 4.30. 1990 yılı CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC, SO ₂ emisyonlarının ulaşım modlarına göre dağılımı	149
Şekil 4.31. 2012 yılı CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, NMVOC, SO ₂ emisyonlarının ulaşım modlarına göre dağılımı	150

KISALTMALAR

AAU	: Assigned Amount Units -Tahsis Edilmiş Emisyon Birimi
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CCOL	: Coordinating Committee on the Ozone Layer : Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi
CER	: Certified Emission Reduction-Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltımı
CDM	: Clean Development Mechanism-Temiz Kalkınma Mekanizması
CEF	: Carbon Emission Factor - Karbon Emisyon Faktörü
COP	: Conference of the Parties - Taraflar Konferansı
CORINAIR	: Co-ordinated Information on the Environment in the EU AIR
ÇOB	: Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DEK	: Dünya Enerji Konseyi
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EF	: Emission Factor – Emisyon Faktörü
EPA	: Environmental Protection Agency- Çevre Koruma Ajansı
EPI	: Earth Policy Institute- Dünya Politikaları Enstitüsü
ERU	: Emission Reduction Units - Emisyon Azaltım Birimi
ET	: Emission Trading - Emisyon Ticareti
GEF	: Global Environmental Facility - Küresel Çevre Fonu
GHG	: Greenhouse Gas- Sera gazı
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWP	: Global Warming Potential
IR	: Infrared Rays - Kızılötesi Işımlar
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
İDES	: İklim Değişikliği Ulusal Strateji Belgesi
İDEP	: İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı

İDHYKK	: İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu
JI	: Joint Implementation - Ortak Yürütme
KIP	: Küresel Isınma Potansiyeli
KP	: Kyoto Protokolü
LPG	: Liquefied Petroleum Gas - Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MÜSİAD	: Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği
NASA	: National Aeronautics and Space Administration : Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NIR	: National Inventory Reports - Ulusal Sera Gazı Emisyonu Envanteri
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OTİM	: Ozon Tabakasını İncelten Maddeler
PEGSÜ	: Piyasa Ekonomisine Geçiş Sürecindeki Ülkeler
SSOR	: Salım Senaryoları Özel Raporu
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayici ve İşadamları Derneği
UNCED	: United Nations Conference on Environment and Development : Birleşmiş Milletler Kalkınma ve Uluslararası Çevre Konferansı
UNDP	: United Nations Development Programme : Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
UNEP	: United Nations Environment Programme : Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
VER	: Voluntary Emission Reduction - Gönüllü Emisyon Azaltımı
WMO	: World Meteorological Organization - Dünya Meteoroloji Örgütü

SEMBOLLER

μm	: Mikrometre
CCl_4	: Karbon Tetraklorürün Moleküler Formülü
CF_4	: Tetraflor Metanın Moleküler Formülü
CFCs	: Kloroflorokarbonlar
CH_4	: Metanın Moleküler Formülü
CO	: Karbon Monoksitin Moleküler Formülü
CO_2	: Karbondioksitin Moleküler Formülü
Gg	: Gigagram
HBFC	: Hidrobromoflorokarbonlar
HCFC	: Hidrokloroflorokarbon
HFC	: Hidroflorokarbon
K	: Kelvin
kt	: Kiloton
mt	: Milyon Ton
NMVOOC	: Non-Methane Volatile Organic Compound : Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşik
NO_x	: Azot Oksitin Moleküler Formülü
N_2O	: Diazot Monoksitin Moleküler Formülü
O_3	: Ozonun Moleküler Formülü
OH	: Hidroksil Radikali
PFC	: Perflorokarbon
ppm	: Parts Per Million - Milyonda Partikül Sayısı
ppmv	: Parts Per Million in Volume - Hacimce Milyonda Bir Partikül Sayısı
ppb	: Parts Per Billion - Milyarda Partikül Sayısı
ppt	: Parts Per Trillion - Trilyonda Partikül Sayısı
SF_6	: Kükürt Hekzafloridin Moleküler Formülü
SO_2	: Kükürt Dioksitin Moleküler Formülü
Tg	: Teragram
TJ	: Tera Joule

GİRİŞ

Günümüzün en büyük çevre sorunlarından birisi haline gelen küresel ısınma ve buna bağlı olarak yaşanan iklim değişikliği konuları, her geçen gün daha çok dikkatleri üzerine çekmektedir. Dünyamızın tarihsel süreç içerisinde sürekli ısınma ve soğuma evreleri geçirmiş olmasından dolayı başta sıcaklık artışlarının doğal nedenlere dayandığı ileri sürülmüştür. Ancak 19. yüzyılın ortalarından itibaren iklimde meydana gelen doğal değişikliklerin yanı sıra, söz konusu değişikliklerin insan faaliyetleri kaynaklı olduğu gündeme gelmiştir. Günümüze gelindiğinde ise, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ağırlıklı olarak küresel atmosferin yüzdesini bozan insan faaliyetlerinden kaynaklı olduğu düşüncesi giderek kuvvetlenmeye başlamıştır.

Sanayi Devrimiyle birlikte fosil yakıt kullanımı başta olmak üzere sanayileşme, kentleşme, yanlış arazi kullanımı, hızlı nüfus artışı, ormansızlaşma ve enerji tüketimi gibi çeşitli insan faaliyetleri sonucunda atmosferde bulunan ve ısı tutma özellikleri fazla olan sera gazlarının konsantrasyonunda ciddi artışlar gözlenmiştir. Bu artışlar küresel ısınmaya neden olmuş ve beraberinde de iklim değişikliğini getirmiştir.

İklim değişikliğine neden olan başlıca altı sera gazı bulunmaktadır. Bunların içinde en büyük paya sahip olan CO₂ gazıdır. Diğer sera gazları ise büyüklük sırasına göre Metan (CH₄), diazotmonooksit (N₂O), hidroflorokarbon (HFC), perflorokarbon (PFC) ve kükürthekezaflohid (SF₆) olarak sıralanmaktadır.

1880 yılından başlanarak günümüze kadar tutulan sıcaklık kayıtlarında dünyanın ortalama yüzey sıcaklığının yaklaşık 0,8°C değiştiği belirtilmektedir. Birleşmiş Milletler IPCC tarafından yayımlanan 2001 yılındaki İklim Değişikliği Raporunda insan faktörünün etkisi % 60 olarak açıklanmışken, bu oran 2007 yılındaki raporda %90'a yükselmiştir. Bu raporlar, son yüzyılda ciddi bir artış gösteren küresel ısınmanın ve dolayısıyla iklim değişikliğinin en önemli nedenin antropojenik kaynaklar olduğunu açıkça gözler önüne sermektedir.

Küresel bir felaketin önlenmesinin yine küresel adımlarla mümkün olabileceği görüşü, iklim değişikliği ile mücadelede uluslararası ölçekte bilimsel çalışmaların yapılması, diplomatik ve siyasi anlaşmaların oluşturulması ve bunların küresel bir işbirliği ile hayata geçirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle atmosferdeki sera gazı birikimini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek düzeyde durdurmayı amaçlayan ve bu amaca yönelik olarak bazı hedefler belirleyerek bu hedeflere ulaşmak için izlenecek stratejileri gösteren çeşitli yaklaşımlar, küresel işbirliği çerçevesinde geliştirilmiştir. 1992 Rio Zirvesi'yle başlayan ve 1992 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve 1997 Kyoto Protokolü ile devam eden süreçte, sorunun çözümüne yönelik önemli adımlar atılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; fosil yakıtların tüketimi sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyon envanterinin oluşturulmasıdır. Çalışma, söz konusu tüketimin küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine ciddi oranda etki etmesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında; Türkiye ulaştırma sektöründen kaynaklı emisyon değerleri hesaplanarak, sektöre ait emisyon oranları belirlenecektir. Söz konusu çalışma; 2008-2012 yılları yakıt tüketim verileri ile sınırlı olacak olup, çalışmanın yöntemi olarak IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından önerilen Tier 1 metodu kullanılacaktır.

Yapılan çalışmada, ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları içinde en büyük paya sahip olan CO₂ üzerinde özellikle durulacak, bunun dışında CH₄, N₂O, NO_x, CO, SO₂, NMVOC gazlarına ait emisyonlar da hesaplanacaktır.

Birinci bölümde, öncelikli olarak Kyoto Protokolünde tanımlanmış olan altı sera gazı ve bu gazlar haricinde dolaylı yoldan sera etkisine neden olan bazı gazlar ve özellikleri tanımlanacaktır. Daha sonra söz konusu gazların yarattıkları sera etkisi detaylandırılarak, bu etkinin neden olduğu küresel ısınma ve küresel ısınma potansiyeli kavramlarına değinilecektir. Son olarak; küresel ısınma sonucunda ortaya çıkan iklim değişikliği konusu, bu değişikliğin nedenleri ve sonuçları anlatılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde; birinci bölümde açıklamaları yapılan kavramların hukuki ve küresel çerçevedeki yerleri anlatılacaktır. Öncelikle küresel iklim sisteminin korunması hususunda, başka bir ifadeyle, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele hususlarında atılan küresel adımlara yer verilecektir. Küresel iklim söz konusu olduğunda; ülkeler arasındaki coğrafi uzaklık anlamını yitirmekte olduğundan, küresel ısınma sorununun ulusal sınırları aşması nedeniyle çözümünde de küresel işbirliğinin oluşturulması gerekmiştir. Bu çerçevede; söz konusu sorun ile ilgili BM çatısı altında çalışmalar başlatılmış olup, günümüzde de yoğun bir şekilde çalışmalar yürütülmektedir. Bu tez çalışmasında, insan faaliyetleri kaynaklı küresel ısınmanın azaltılması konusundaki en temel uluslararası çerçeve olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinden, Kyoto Protokolünden ve söz konusu Protokole ait Esneklik Mekanizmalarından detaylı olarak bahsedilerek, Türkiye' nin bu çerçevedeki konumu anlatılacaktır. İkinci bölümün sonlarına doğru ise; Türkiye' nin İklim Değişikliği kapsamında yürüttüğü çalışmalara yer verilecektir.

Üçüncü bölümde; IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)'den ve IPCC' nin ulusal sera gazı emisyon envanteri hesaplama metodolojilerinden bahsedilecektir. Bu çalışma kapsamında; söz konusu metodolojilerden Tier 1 yaklaşımı kullanılarak, 2008-2012 yılları arasındaki 5 yıllık dönem için ülkemizin ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazlarına ait emisyon değerleri hesaplanacaktır.

Dördüncü bölümde ise; ilk olarak her yıl ülkemiz tarafından bildiri yapılan Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporlarına ait 2008-2012 yılları arasındaki veriler karşılaştırılarak, bu veriler doğrultusunda ulaştırmanın sera gazı emisyonlarındaki payı hesaplanacaktır. Daha sonra; bu tez çalışması kapsamında üçüncü bölümde yapılan hesaplamalara ait emisyon değerleri karşılaştırılarak, emisyon değeri hesaplanan tüm gazların ulaşım modlarına ve yakıt tiplerine göre dağılımına yer verilecektir. Dördüncü bölümün sonlarında ise; Kyoto Protokolü 1. yükümlülük döneminin sera gazı emisyonu azaltımı kapsamında baz yıl olan 1990 yılı ve verileri yayımlanan en son yıl olan 2012 yılı değerleri karşılaştırılacaktır.

1. SERA GAZI, KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMLARI

1.1 Sera Gazları ve Özellikleri

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde, "Sera gazları, hem doğal, hem de insan kaynaklı olup; atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" şeklinde tanımlamıştır. Atmosferimiz içinde % 0,1'lik paya sahip olan bu gazlar, dünyamız için bitki seralarındaki camlara benzer bir işlev görmektedir (Arıkan, 2006). Bu nedenle, "eser gazlar" olarak da tanımlanan ve atmosferin sera etkisinin oluşmasına neden olan gazlara sera gazları denilmektedir.

Sera gazlarının atmosferdeki % 0,1'lik varlığı, atmosferin ortalama sıcaklığını -18°C yerine 15°C 'e çıkararak, dünyayı daha yaşanılabilir bir yer haline getirmiştir. Ancak bu gazların atmosfer içindeki değeri sabit değildir. Örneğin; 3 milyar yıl önce güneşin ışıma gücünün %75 daha az olmasına rağmen, özellikle karbondioksit ve su buharı gibi sera gazlarının artış göstermesi, dünyayı bir ateş topuna dönüştürmüş ve hatta bazı kaynaklara göre dünyada ortalama sıcaklıklar 70°C 'yi bulmuştur (Uzmen, 2007).

Sera gazı yoğunluğundaki artışın nedeni bilim adamları tarafından havadaki CO_2 oranının artmasına bağlanmaktadır. CO_2 oranının artışındaki temel faktör, fosil yakıtların yakılması ve diğer insan faaliyetleridir. Sanayi devriminden önce bitkilerin solunumu ve organik maddelerin yapısal değişiklikleri sonucu oluşan CO_2 miktarı, insan faaliyetleri sonucunda üretilen CO_2 miktarından 10 kat daha fazladır. Bu CO_2 üretimi, bitkilerin fotosentezi ve okyanusların CO_2 depolama yetenekleri sayesinde yüzyıllardır dengede kalmayı başarmıştır, ancak; sanayi devriminden itibaren bu denge değişmeye başlamıştır. Son birkaç yüzyılda değişen ise insan faaliyetleri sonucunda oluşan CO_2 miktarının ciddi derecede artmasıdır (Pekin, 2006).

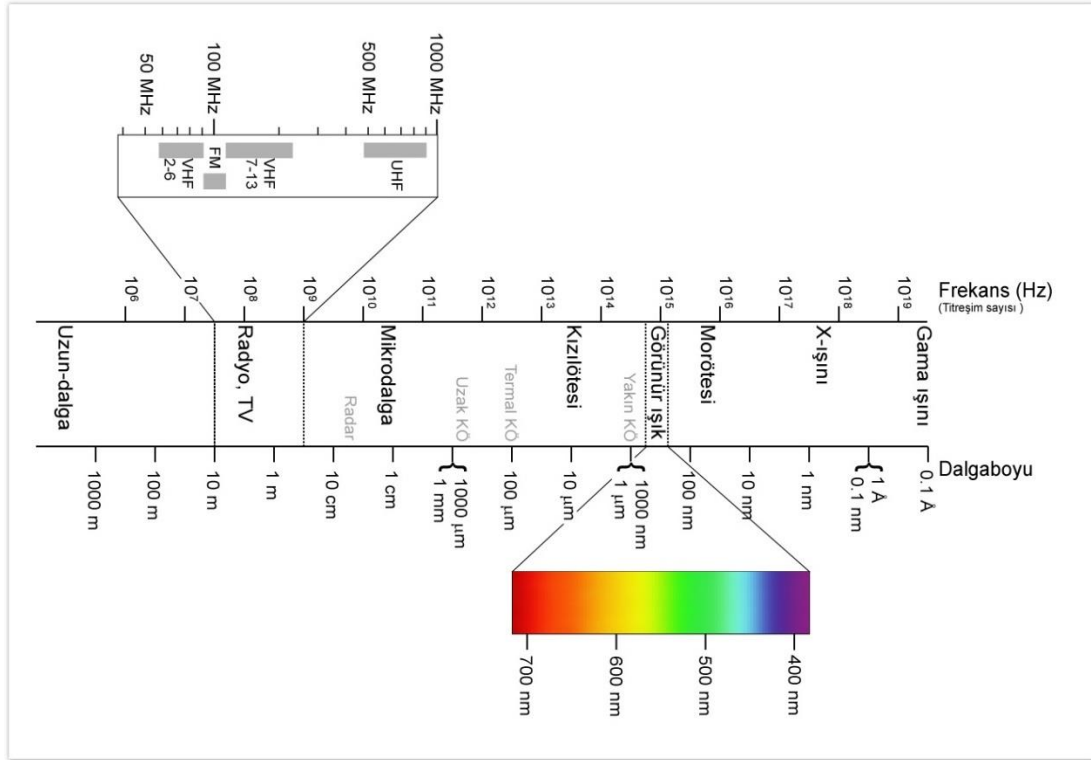
Bazı sera gazları doğal olarak oluşurlar; ancak insan faaliyetlerinden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Diğer sera gazları ise tamamen antropojenik faaliyetler

sonucu meydana gelir. Doğal olarak oluşan sera gazlarından bazıları; su buharı (H_2O), karbon dioksit (CO_2), ozon (O_3), metan (CH_4), diazot monoksittir (N_2O). Tamamen insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan sera gazları ise; halokarbonlar olarak da adlandırılan kloroflorokarbonlar (CFCs), hidrokloroflorokarbonlar (HCFCs), hidroflorokarbonlar (HFCs) ve tamamen florid bileşiği olan kükürt hekzaflorid (SF_6) gibi gazlardır (IPCC, 1996a; NRC, 2001; EPA, 2002).

Bu gazlar dışında hava kirletici gazlar olarak da bilinen ve doğrudan küresel ısınmaya sebep olmayan ancak troposferik ve stratosferik ozon tabakasına dolaylı olarak etki eden gazlarda sera gazları olarak bilinmektedir. Bu gazlar; karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO_2), metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve troposferik (yer seviyesi) ozon gazıdır (O_3). Troposfer ozonu; uçucu organik bileşikler (VOCs) ve azot oksitler (NO_x) tarafından ultraviyole ışınlarının (güneş ışığı) bulunduğu ortamda oluşturulur (IPCC, 1996a; EPA, 2002; 2009).

En önemli sera gazları yerkürenin yansıttığı radyasyonu önemli oranda absorbe edenlerdir. Radyasyonun atmosfer tarafından absorpsiyonu dalga boyunun fonksiyonu olarak Şekil 1.1' de gösterilmektedir (Jacob, 1999). Foton enerjilerinin elektron geçişleri için çok düşük ve titreşimsel geçişler için ise çok yüksek olmasından dolayı atmosfer, görülebilir dalga boylarında genellikle transparandır. Kıızıl ötesi (IR) dalga boylarında, sera gazlarından dolayı absorpsiyon yaklaşık %100 olmaktadır (Rende, 2013).

Şekil 1.1. Radyasyonun atmosfer tarafından absorbe edildiği dalga boyu aralığı

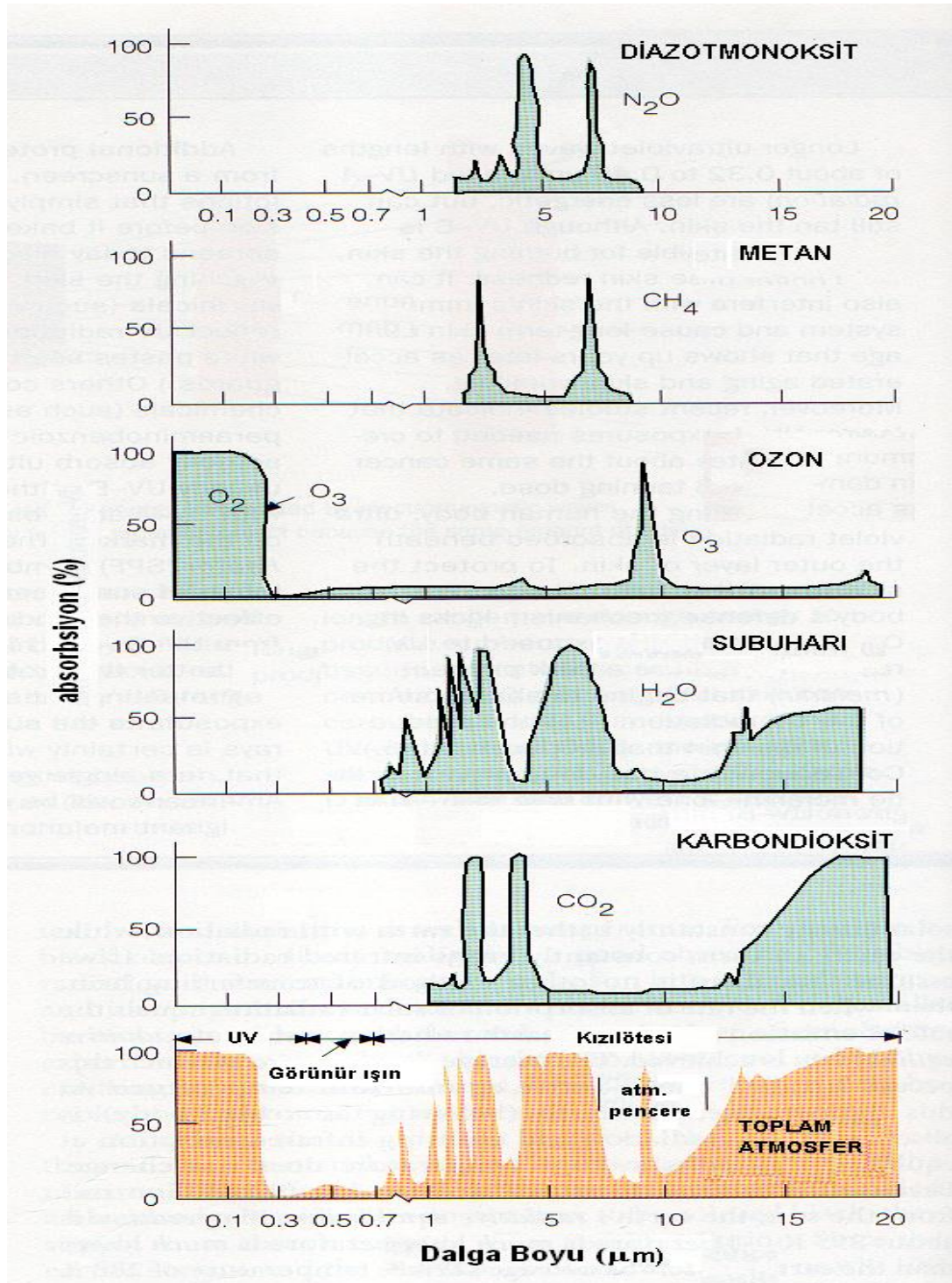


Kaynak: <http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=111870015>, 10.01.2014

En etkili sera gazı; yeryüzünden gelen ışınları 8-14 μm dalga boyu aralığındaki atmosferik pencerede absorbe edenlerdir (Rende, 2013).

Şekil 1.2' de sera gazlarının atmosferik penceredeki absorblama yüzdeleri verilmektedir. Söz konusu şekilde görüldüğü üzere; CO_2 gazının absorblama yüzdesi %100'e yakındır. Diğer sera gazlarının yaklaşık olarak ortalama % 50 ve üzerinde değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 1.2. Sera gazlarının absorblama yüzdeleri



Kaynak: Koçak, 2014

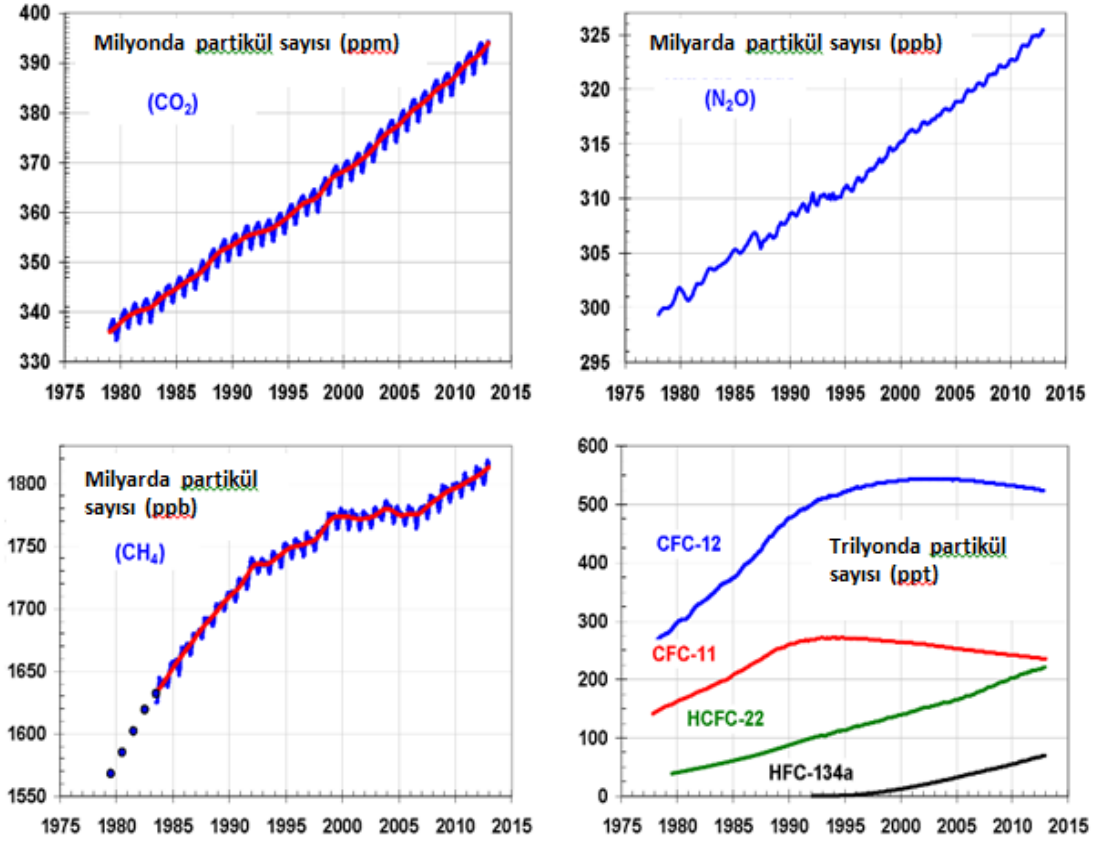
Bulutlar güneş ışığını yansıtmanın yanı sıra, aynı zamanda temel sera gazı organlarından biridir. Su buharı ve bulut parçaları atmosferdeki baskın absorbe edicilerdir. CO₂, CH₄, N₂O ve H₂O gazları birçok biyolojik işlemde üretilir veya kullanılır. Su buharının temel kaynağı ise okyanuslarda meydana gelen buharlaşmadır ve atmosferdeki miktarının çokluğundan ve yoğun IR absorpsiyon özelliğinden dolayı sera gazları içerisinde açık ara öndedir Ozon (O₃), atmosferde güneş ışığı aracılığıyla gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda üretilir. CFC gazları sentetik gazlardır ve atmosfere insanlar tarafından salınır. Bunlara ek olarak, SF₆ ve CF₄ gibi perflorokarbon gazları (PFCs) neredeyse asal sera gazı denebilecek kadar güçlüdürler ve atmosferdeki ömürleri 1000 yıldan daha uzundur (NRC, 2001; Pekin, 2006).

Montreal Protokolü'ne göre CFC, HCFC ve halokarbonlar ozon tabakasını tüketen bileşikler listesindedirler. BMİDÇS tarafları ise ulusal emisyon envanterlerinde CFCs, HCFCs ve halokarbonları belirtmek zorunda değildirler. Diğer flor içeren halojenli bileşikler hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve kükürt hekzaflorür gazları (SF₆) her ne kadar stratosferik ozon tabakasını tüketmese de potansiyel sera gazlarıdır. BMİDÇS'ye taraf olanlar, bu gazları ulusal emisyon envanterlerinde göstermek zorundadırlar (Rende, 2013).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında sera gazları tanımlanmamış olsa da; Montreal Protokolü ile kontrol altına alınamayan bütün sera gazlarını içermektedir. Buna karşılık Kyoto Protokolünde ise sera gazları tanımlanmaktadır. Söz konusu gazlar; karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs), sülfürheksaflorid (SF₆) olmak üzere 6 adettir.

Şekil 1.3' te, sera gazı konsantrasyonlarının 1975 yılından günümüze kadar olan değişim grafikleri sunulmaktadır.

Şekil 1.3. Sera gazı konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi



Kaynak: NOAA, 2014

➤ Karbondioksit (CO₂)

Saydam ve kokusuz bir gaz olan karbondioksit başlıca sera gazlarından olup, sera etkisine katkısı en fazla olan gazdır. Atmosferin % 0,035'ini oluşturan bu gazın sera etkisi fazla olduğundan küresel ısınmadaki payı da oldukça yüksektir; başka bir deyişle dünyanın ısınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Karbondioksitin sera etkisini açıklayacak olursak, ısı kaynağı olan güneş ışınlarını içeri alır ancak içerideki ısıyı geri vermez. CO₂ dünyayı çevreleyerek, yerkürenin geri verdiği ısıyı tutup uzaya kaçmasını engellemekte ve böylece dünyanın ortalama sıcaklığının -18 °C yerine +15°C civarında olmasını sağlamaktadır (Muslu, 2000; Başkaya, 2011).

Ancak karbondioksit oranının fazla olması yer kürenin fazla ısınması anlamına gelmektedir. Örneğin, Venüs ve Dünya'nın CO₂ oranlarına bakıldığında karbondioksitin atmosfer ısısı üzerinde etkisi net bir şekilde görülmektedir. % 96'lık bir CO₂ oranına sahip Venüs'ün atmosfer ısısı + 420°C iken % 0,035'lik CO₂ oranına sahip Dünyamızın ise atmosfer ısısı +15°C civarındadır (Yönten, 2007)

Karbon doğada bir döngü halindedir ve bu döngü; atmosfer, okyanuslar, kara ve deniz canlıları, mineral rezervleri arasında gerçekleşmektedir. En büyük iki döngüden biri atmosfer ve bitki örtüsü arasında, diğeri ise atmosfer ve okyanus yüzeyi arasındadır. Atmosferde karbon çoğunlukla oksitlenmiş formu olan CO₂ şeklinde bulunur (EPA, 2002).

Normal koşullar altında ekosistem karbon dengesini kendine ait bir düzenek ile sağlamaktadır. Ancak enerji için fosil yakıt kullanımı, çimento gibi bazı sanayi dallarının yapmış olduğu üretim, ulaştırma, arazi kullanımındaki değişiklik, çeltik ekimi, gübreleme ve hayvancılık gibi faaliyetler sonucunda atmosferdeki diğer sera gazları gibi karbon dengesi de değişime uğramıştır (DPT, 2000).

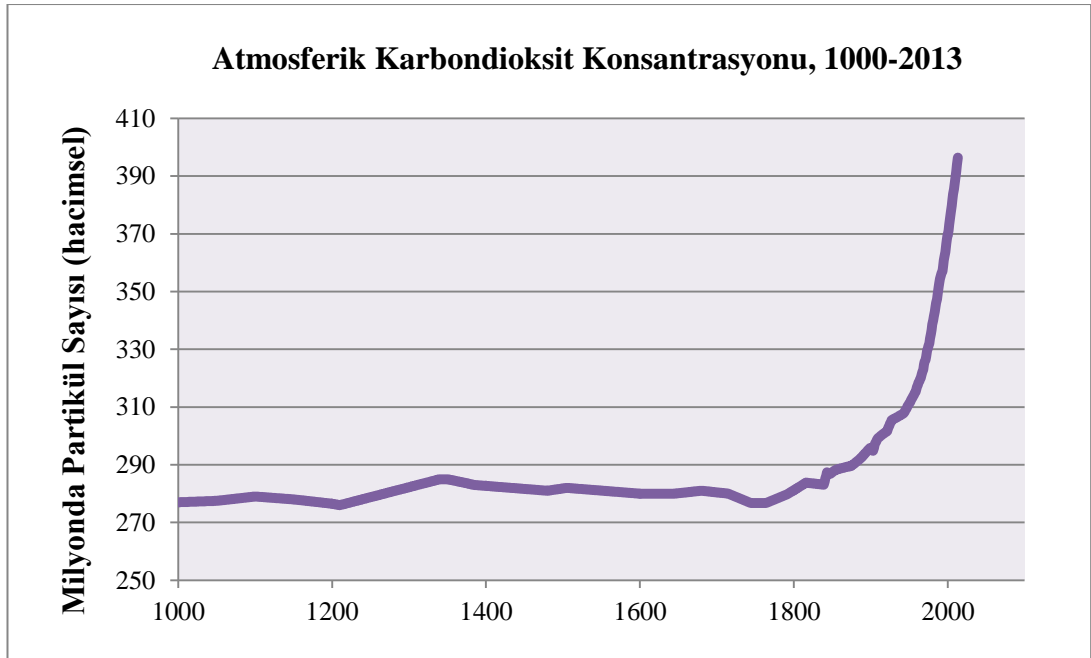
Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu, dünyanın ekonomik büyüme için karbon temelli fosil yakıtlara bağımlı hale geldiği Sanayi Devrimi'nden sonra hızla artmaktadır. Karbondioksit; Sanayi devrimiyle birlikte başlayan bu kuvvetli artışı nedeniyle, küresel iklim değişikliği hususunda çok önemli bir role sahip olmuştur (IPCC, 2007a; EPI, 2013).

Ekonomisi karbon üzerine kurulu dünyamızın yıllık fosil yakıt karbondioksit salınımları her gün biraz daha artmaktadır. Karbondioksitin küresel atmosferik konsantrasyonun sanayi öncesi dönemdeki değeri yaklaşık 280 ppm iken, 1900 yılına kadar seviyeler sağlıklı bir biçimde 260-290 ppm seviyesinde kalmıştır. Ancak bu seviye 2005 yılında 379 ppm'e, 2007 yılında ise 383 ppm'e fırlamıştır. 2005 ve 2007 yıllarındaki bu değerlerin, buzul kesitlerine göre 180-300 ppm arasında olan son 650,000 yıllık doğal aralığının oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Son 400 bin

yılın en yüksek seviyesinden biri olan günümüzdeki değeri ise 396 ppm'dir (IPCC, 2007a; ÇSB, 2012a; EPI, 2013).

Şekil 1.4' te görüldüğü üzere, gezegenin atmosferi artık Sanayi devrimi öncesi doğal değerlerinden yaklaşık %40 oranında daha yüksek bir karbondioksit seviyesi içermektedir (ÇSB, 2012a).

Şekil 1.4. 1000-2013 yılları arası atmosferik karbondioksit konsantrasyonu



Kaynak: EPI, 2014

Söz konusu konsantrasyondaki ilk 50 ppm'lik artış 200 yıllık zaman diliminde 1970 yılına kadar gerçekleşmiş, sonraki 50 ppm'lik artış ise 30 yıllık bir zaman diliminde gerçekleşmiştir. 1995-2005 yılları arasındaki 10 yıllık periyotta ise CO₂ konsantrasyonu 19 ppm'lik bir artış göstermiştir (IPCC, 2007a). Bu artışların son 20 yıllık ortalamasının ise 1,5 ppmv/yıl olduğu belirtilmektedir (NRC, 2001). Bu artışlara neden olan emisyonun %77'si fosil yakıt kökenli olup, %23'ü ise büyük ormanlık sahaların yok edilmesinden kaynaklanmaktadır (Başkaya, 2011; EPI, 2013).

Özellikle son 110 yıl içinde yıllık karbondioksit konsantrasyondaki büyüme, her ne kadar yıldan yıla farklılık gösterse de, daha önceki dönemlerle kıyaslandığında hep artmaktadır. Karbondioksitin ısınmsal gücü 1995 yılından 2005 yılına kadar olan süreçte %20 artarak, kendisinden önce gelen 200 yıl içindeki en büyük yükselişi kaydetmiştir (IPCC, 2007a; ÇSB, 2012a).

➤ **Metan (CH₄)**

Atmosferimizin %0,00018'ini oluşturan metan gazı küresel ısınmaya neden olan en önemli ikinci gazdır. Dünyadaki sera etkisinin oluşmasında en az karbondioksit kadar tehlikeli bir gaz olan metan, doğal olarak birçok yerde ve şekilde oluşmaktadır (Başkaya, 2011). Sera etkisinin yaklaşık %14'ünden sorumlu olan bu gaz çoğunlukla biyolojik maddelerin anaerobik (oksijensiz ortam) koşullarda bozulmasıyla, doğal gaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtların yeraltından çıkarılması, özellikle inek gibi büyükbaş hayvanların geviş getirmeleri gibi faaliyetler sonucunda açığa çıkarak atmosfere salınmaktadır. Bu faaliyetlerin yanı sıra; pirinç tarlaları gibi tarım alanları, çiftlik gübreleri, bataklıklar, çöp yığınları, doğalgaz borularının ek yerleri ve endüstriyel süreçlerin yan ürünleri de metan gazının temel kaynakları olarak gösterilmektedir (NRC, 2001; Muslu, 2000; IPCC, 2007a; Firor, 1992).

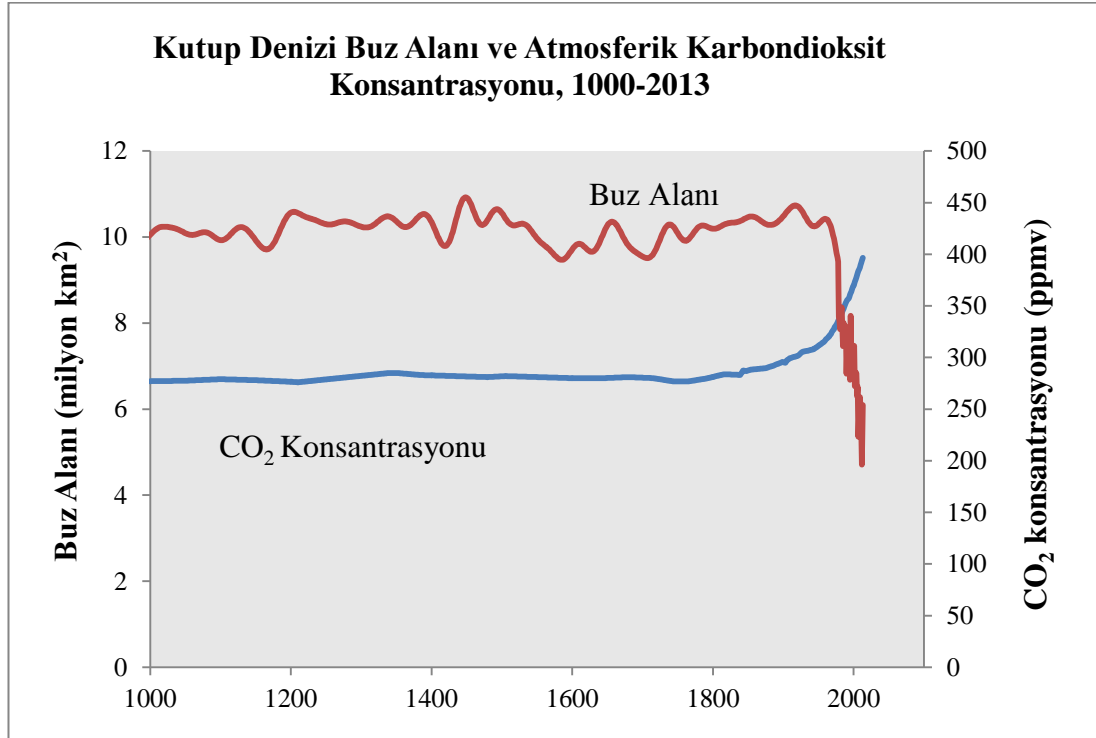
Metan gazının atmosferdeki konsantrasyonu karbondioksit ile kıyaslandığında oldukça düşük ve atmosferde kalış süresi onda biri kadar olmasına rağmen, küresel ısınmaya sebep olan oldukça etkili bir sera gazıdır. Çünkü metanın kızıl ötesi ışınları soğurma gücü karbondioksitten çok daha fazladır (Başkaya, 2011).

Doğalgazın temel elemanı olan metan sanayileşme öncesinde, atmosferdeki metan gazı yaklaşık 715 ppb iken, 1990'ların başında bu değer 1735 ppb'e ve 2005 yılında da 1774 ppb'e ulaşmıştır. Buzullarda yapılan ölçümlere göre, 2005 yılında atmosferdeki metan gazının ulaştığı bu değer, bundan önceki 65,000 yıl içindeki en yüksek değeridir (IPCC, 2007a).

Kuzey ve güney kutuplarındaki buzul katmanlarından alınan sondaj örneklerinin içerisinde yer alan hava kabarcıkları geçmiş yıllardaki atmosferik CO₂ ve CH₄ konsantrasyonları hakkında yeterli bilgi vermektedir. Bu örneklerin analizi sonucu, havadaki metan konsantrasyonunun 300 yıl öncesine kadar fazla değişmediği, son 100 yılda ise iki katına yakın arttığı (0,9 ppm'den 1,72 ppm'e) ortaya konmuştur (Başkaya, 2011). Ayrıca bu zamana kadar buzullarda depolanan ve karbondioksitten çok daha kuvvetli sera etkisine sahip olan metan gazının atmosferdeki değeri buzulların erimesiyle birlikte artacaktır (Akbulut, 2009).

Şekil 1.5'te görüldüğü üzere; CO₂ konsantrasyonunun artması demek buzulların erimesi demektir. Daha açık bir ifadeyle; CO₂ konsantrasyonundaki artış dünyanın ısınmasına neden olmakta ve bu ısınma da buzulların erimesine yol açmaktadır. Biraz öncede değinildiği üzere, buzulların erimesiyle birlikte ise metan gazı konsantrasyonunda artış yaşanmaktadır.

Şekil 1.5. 1000-2013 yılları arası Kutup denizi buz alanı ve atmosferik karbondioksit konsantrasyonu

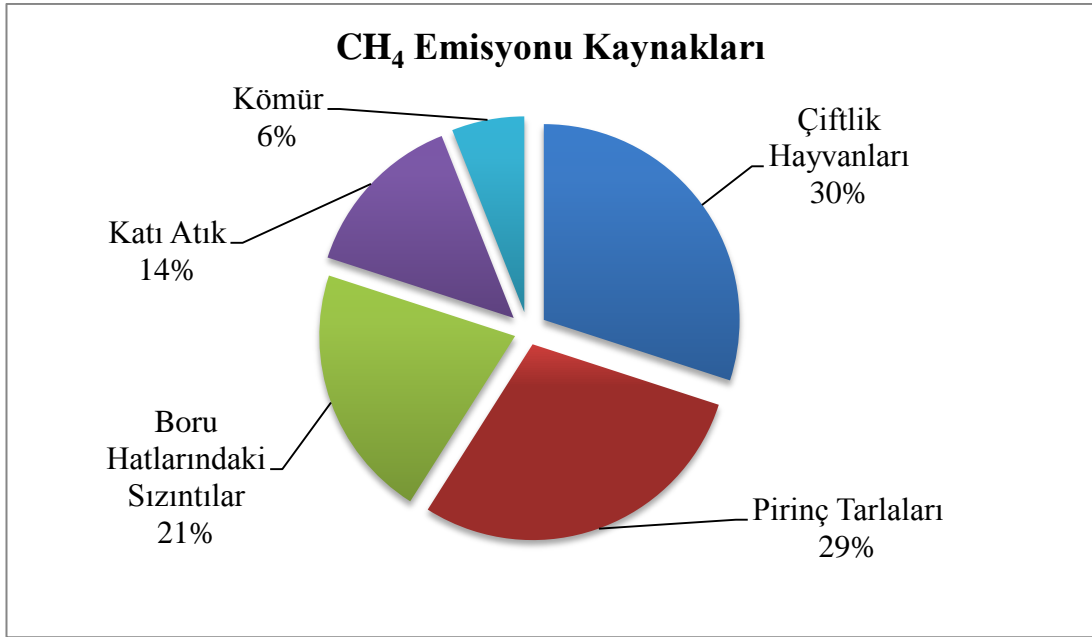


Kaynak: EPI, 2014

Atmosferdeki metan kompozisyonu sanayi devrimi öncesinden bu zamana %150 artış göstermiştir. IPCC, atmosfere katılan CH₄ miktarının yaklaşık %50'sinin antropojenik yani insan aktiviteleri sonucunda oluştuğunu söylemektedir (IPCC, 2007a).

Şekil 1.6' da, insan faaliyetlerinin neden olduğu metan kaynakları yer almaktadır. Buna göre, insan faaliyetlerinin sebep olduğu metan gazı salınımlarının % 30'u çiftlik hayvanlarından, % 29'u pirinç tarlalarından, % 21'i boru hatlarındaki sızıntılardan, % 14'ü katı atıklardan ve % 6'sı kömürden kaynaklanmaktadır (Cunningham vd., 1992, s.9).

Şekil 1.6. İnsan faaliyetleri kaynaklı metan emisyonu dağılımı



Kaynak: Cunningham, 1992

Pirinç ekimi, hayvancılık, kömür madenciliği, depolama işlemleri ve doğal gaz elde etme gibi antropojenik faaliyetlerin son 50 yılda artış göstermesi ve bu aktivitelerden kaynaklanan metan gazı emisyonun da artmasıyla, atmosferdeki metan konsantrasyonu da artış göstermektedir. Söz konusu bu konsantrasyon küresel olarak sadece son 20 yılda ölçülmüştür (Muslu, 2000; NRC, 2001).

Ayrıca ham petrol, doğalgaz, kömür vb. üretiminde ve taşınmasında, fosil yakıt yakma sistemlerinde tam olmayan yanma durumlarında CH₄ emisyonları gerçekleşmektedir. Meydana gelmiş olan dünya çapındaki ısınma anaerobik çürümeyi de hızlandırmış, CO₂ kadar CH₄ oluşumunu da artırmıştır (NRC, 2001).

Araştırmalar atmosferdeki CH₄ artışının karbondioksit göre, daha hızlı olduğunu göstermektedir. CO₂ yılda yaklaşık % 0,5 artarken, metan ise ortalama % 0,9 artmaktadır. Her iki gazın artışı da ne yazık ki büyük ölçüde antropojen kökenlidir. Fosil yakıt kullanımı ve tropik ormanların yok edilmesi CO₂ artışının ana nedenleri olurken, CH₄ konsantrasyonu artışında ise çeltik tarımı, sığır besiciliği, tropik ormanlar ve savanlardaki biokütlelerin yakılması, şehir çöplüklerindeki anaerobik çürüme ile kömür, petrol ve doğalgaz üretimi-dağıtımındaki gaz kaçakları esas sorumlular olarak dikkati çekmektedir (Başkaya, 2011).

➤ **Diazot Monoksit (N₂O)**

Azot ve oksijenin 250°C sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girmesinden meydana gelen azot oksitler içinde en önemlisi olan diazot monoksit sera gazlarının bir diğeridir. Atmosferde oldukça az bulunan bir gaz olan diazot monoksitin sera etkisinin yaklaşık % 8 civarında olduğu düşünülmektedir (EPA, 2002; Muslu, 2000).

Diazot monoksit; tarım arazilerinde sentetik ve doğal gübre kullanımı ile topraktaki nitrit ve nitratların bozulması gibi antropojenik faaliyetler sonucunda oluşur. Bu faaliyetlerin yanı sıra; ulaşırmada kullanılan fosil yakıtların yakılması, nitrik asit üretimi, atık su arıtımı, atık ve biokütlelerin yakılması gibi faaliyetlerde N₂O konsantrasyonu artırmaktadır (Uzmen, 2007; EPA, 2002; Muslu, 2000).

Karbondioksitin atmosferde kalış süresi 100 yıl iken N₂O'nin kalış süresi 150 yılı bulmaktadır. Bu iki gazın sera etkisini kıyaslayacak olursak ise; N₂O karbondioksitin yaklaşık 300 katı sera etkisine sahiptir (Uzmen, 2007). Yaklaşık % 90'ının toprakta oluştuğu kabul edilen diazot monoksitin sanayileşme öncesindeki değeri yaklaşık 270 ppb iken, 2005 yılında atmosferdeki değeri 319 ppb'ye ulaşmıştır. Atmosferdeki

konsantrasyonu 1750'den beri %16 artmış olan N_2O 'nin 1980 yılından itibaren büyüme hızı sabittir (IPCC, 2007a).

➤ **Halokarbonlar, Kloroflorokarbonlar CFCs, Perflorokarbonlar PFCs, Hidroflorokarbonlar HFCs, ve Kükürt Heksaflorid (SF_6)**

İlk defa 1930'larda üretilmeye başlanan bu gazların küresel ısınmaya etkisi oldukça fazladır. Kimyasal kararlılıkları yüksek olduğu için yaklaşık 100 yıla yakın bir süre atmosferde parçalanmadan kalabilen Kloroflorokarbon bileşikleri ısıyı tutma konusunda karbondioksitten 20,000 kat daha etkilidirler (Başkaya, 2011; Brisk, 2000, s.31).

Kloroflorokarbonlar doğada bulunan kimyasallar olmayıp, tamamen insan üretiminden kaynaklıdır ve sanayileşme ile artış göstermiştir. Söz konusu bileşikler; buzdolaplarında, soğutucularda, yangın söndürücülerde, araba klimalarında, köpük ürünlerinde, yalıtım malzemelerinde, plastik üretiminde, püskürtücü olarak sprelerde, bilgisayar ve elektronik aletleri temizlemede kullanılan çözücülerde olmak üzere birçok değişik alanda kullanmak için üretilir. 1974'te CFCs ozon tabakasının yoğunluğunu azaltıcı etki yaptığı iddia edilmiş ve daha sonra bilim adamları bu gazların ozonu yok ederek önemli iklim ve hava değişikliklerine neden olduklarını kanıtlamışlardır (EPA, 2002).

Klor atomları; ozon moleküllerini parçalayabilmekte ve bir klor atomu bir takım seri kimyasal reaksiyona girerek stratosferden çıkmadan önce 100,000 kadar ozon molekülünü yok edebilmektedir. Kutuplarda yaşanan uzun ve karanlık kış ayları klorun özellikle bu bölgede birikmesine neden olmaktadır ve mevsim değişikliği ile birlikte CFCs güneş ışığıyla tepkimeye girmektedir. Bu tepkime sonucunda ise, ozon molekülünü parçalayan klor atomları açığa çıkmaktadır. 1985'te Antarktika'da Kanada'nın yüzölçümüne eş büyüklükte ozon tabakasında incelleme keşfedilmiştir (Kadıoğlu, 2001; Akbulut, 2009).

Işımaya doğrudan ve dolaylı olarak etki eden insan yapımı kimyasallar olan klor (kloroflorokarbonlar-CFC, hidrokloroflorokarbonlar-HCFC, metil kloroform, karbon tetraklorid) ve brom içerikli (halonlar, metil bromid, hidrobromoflorokarbonlar-HBFC) halokarbonlara, stratosferde bulunan ve güneşin zararlı ışınlarından korunmak adına faydalı olan ozon tabakasının azalmasına neden olduğu için Birleşmiş Milletler tarafından yasal düzenlemeler getirilmiştir. İlk düzenleme 22 Mart 1985'te imzaya açılan "Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi" dir. Daha sonra ise 1987 yılında "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Protokol" adı altında imzalanan ve 1989 yılında yürürlüğe giren Montreal Protokolü'dür. Bu kapsamda ozon tabakasını korumak için yapılan protokole göre; söz konusu bileşikler "Ozon Tabakasına İncelten Maddeler" arasına alınmıştır. Kloroflorokarbonlar ise kullanımdan kaldırılmıştır ve atmosferdeki yoğunlukları o tarihten itibaren azalmıştır (EPA, 2002).

Güçlü sera gazlarından olan Hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürthekezaflohid (SF₆) ozonu azaltıcı maddeler olmadıkları için Montreal Protokolü kapsamına alınmamıştır. Hidroflorokarbonlar (HFC) ozonu incelten maddeler yerine kullanılmakta olup, şu anda ışımaya olan zorlayıcı etkileri küçüktür. Ancak, toplamda sera gazı özelliği gösteren maddelere katkısı bulunmaktadır. PFC ve SF₆, alüminyum ergitme, yarı iletken imalatı, elektrik güç aktarımı ve dağıtımı, magnezyum dökümü gibi sanayi işlemlerinde açığa çıkmakta olup ışımayı zorlayıcı etkileri düşüktür. Bunların yanı sıra; hızlı bir büyüme oranına ve çok uzun atmosfer ömürlerine sahip olmaları ve kızılötesi ışınları tutabilme özellikleri nedeniyle de iklime etki edebilmeleri açısından büyük bir potansiyele sahiptir (EPA, 2002).

➤ **Su Buharı (H₂O)**

Su buharı; atmosferdeki en baskın ve çok bulunan sera gazıdır. Bu gaz; uzun ömürlü ve atmosferde iyi karışmış bir yapıda olmadığı gibi, atmosferdeki konsantrasyonu da konuma göre % 0-2 aralığında değişmektedir. Yeryüzünden yansıyan uzun dalga boylu kızılötesi ışınları en fazla tutma özelliğine sahip olan gazdır. BMİDÇS' ye

göre sera gazı olarak gösterilmemiştir; ancak karbondioksitten daha fazla sera etkisine sahiptir (Pekin, 2006).

Troposferdeki yoğunluğunda; insan kaynakları değil iklim sistemi etkili olan bu gazın, küresel ısınma sonucu konsantrasyonunun artmasıyla iklim değişimlerine yol açacağı düşünülmektedir. Sıcaklıkların artması, geri besleme aracılığıyla atmosferde su buharı yoğunluğunun artmasına yol açacak ve böylelikle havanın daha sıcak olması, buharlaşma oranını artırarak atmosfere daha fazla su buharı salınmasına neden olacaktır. Isınan hava daha fazla su buharını emer ve sonuç olarak çok daha fazla ısınmaya sebep olur (Atabey, 2013).

Ayrıca; atmosferdeki ısınma su tutma kapasitesini artırır ve bunun sonucunda su buharı konsantrasyonunun artışı bulut oluşumunu etkiler. Bulutlar ise hem güneşten gelen hem de karadan yansıyan ışınları hem absorbe eder hem de yansıtır. Uçakların, jet motorlarından saldıkları ve gökyüzüne bakıldığında çizgi şeklinde bir bulut gibi görünen karışımın içeriğinde de su buharı bulunur. Uçakların arkalarında bıraktıkları sudan ve diğer atıklarından oluşan bu iz şeklindeki yapı da, ışımaya etkileri bakımından bulutlara benzemektedir (EPA, 2002; ÇSB, 2012a).

➤ **Ozon (O₃)**

Ozon (O₃); yüksek enerjili ultraviyole ışınlarının bombardımanına maruz kalan oksijen moleküllerinin, parçalanıp açığa çıkan serbest oksijen atomlarının bir kısmının O₂ ile birleşmesi sonucu oluşmaktadır (NRC, 2001; Muslu, 2000; IPCC, 1995).

Atmosferin sera etkisinin %7' sinden sorumlu olan bu gazı; troposferik ve stratosferik ozon olarak incelemek gerekmektedir. Stratosferik ozon atmosferin yaklaşık 20-40 kilometre aralığındaki stratosfer tabakasında yoğun bir şekilde bulunarak güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının dünyaya ulaşmasını engellerken, troposferde düşük konsantrasyonlarda bulunan sera etkisine sahip ozon ise yeryüzünden yansıyan uzun dalga boylu ışınların uzaya çıkışını engellemektedir.

Bu zamana kadar bu iki etki birbirini dengelemiştir. Ancak ozon çabuk bozulan moleküler yapıya sahiptir ve stratosferde bulunan ozon miktarı atmosfere salınan klor ve brom içeren halokarbonlar sebebiyle azalmıştır, yani günümüz deyimiyle ozon tabakası incelmıştır (IPCC, 1995).

Ozon tabakasının incelmesi iki farklı sonuca yol açmaktadır. Stratosferdeki ozon azalması ile güneşten gelen zararlı ışınların daha fazlası yeryüzüne ulaşacaktır. Bunun sonucunda yutulan ışınım oranı azalacak, sera etkisi zayıflayacak ve atmosfer soğuyacaktır. Troposferdeki ozon miktarındaki artış, fotosentez yapan canlıların zarar görmesine ve fotosentez sürecinin yavaşlamasına, dolayısıyla atmosferde daha fazla CO₂ birikmesine sebep olur. Bu da sera etkisine ve dolayısıyla küresel ısınmaya sebep olur. Başka bir deyişle; söz konusu gaz, ozon tabakasının incelmesinden dolayı küresel ısınmaya dolaylı yoldan etki etmektedir (Akbulut, 2009).

Troposferdeki ozon miktarının artışı atmosferdeki sera gazı etkisi yönünden 1750 yıllarından sonra en büyük etkiye sahip olan üçüncü (CO₂ ve CH₄'ten sonra) bileşen olabileceği tahminlerine yol açmıştır. Troposferdeki ozon, güneş ışığı varlığında NO_x ile karışan uçucu organik bileşiklerin karmaşık reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır (Jacob, 1999). Aynı zamanda bir sera gazı olan ve sanayi devriminden bu yana konsantrasyonu artan troposferdeki ozonun miktarı; 20. yüzyılda, karbon ve azot içeren kirletici moleküllerin (fosil yakıt kullanan araçların egzozlarında, güç tesislerinin egzozlarında ve biokütlelerin yakılması sırasında oluşan gazlarda salınan azot oksitleri, karbon monoksit ve etilen gibi bileşiklerin) güneş ışığı etkisi ile tepkimeye girmesi sonucu oluşan ozonun da katılmasıyla daha da artmıştır (Atabey, 2013).

Ozonla ilgili diğer bir husus olan ozon kaybı ise; ultraviyole ışınlarındaki şiddetin artışı doğrultusunda tehdit altındaki fitoplankton olarak bilinen mikroskopik okyanus canlılarının yaşamlarının kaybıyla, küresel iklimi dolaylı yoldan etkileyebilir. Bu yaratıklar insanlar tarafından atmosfere salınan karbondioksitin (CO₂) yaklaşık yüzde 80'i için depo görevi görmektedirler. Bunların yok olması atmosferik

karbondioksit konsantrasyonunun artması, dolayısıyla sera etkisinin ve küresel ısınmanın da artması anlamına gelmektedir (Çetinsoy, 2010).

Bunun yanı sıra, güneş ışığında fotokimyasal tepkimeye giren egzoz gazları, kirli havadan oluşan duman bulutlarında ozon ve nitrojen dioksit oluşturmaktadır. Böylece atmosferin yeryüzüne yakın alt kısımlarında da bir Ozon Kirliliği meydana gelmektedir (EPA, 2002; NRC, 2001; Muslu, 2000).

➤ **Karbon monoksit (CO)**

Karbon monoksit; karbon içeren yakıtların eksik yanması sonucunda oluşan bir gazdır ve atmosferdeki bir dizi reaksiyon sonucunda CO₂ şeklini alır. CO konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konuma göre değişkenlik gösterirken, oluşumuna neden olduğu CO₂'nin atmosferdeki kalış süresi oldukça uzundur. Bu nedenle karbon monoksit dolaylı olarak sera etkisine neden olmaktadır (EPA, 2002).

➤ **Azot Oksitler (NO_x)**

Atmosferdeki azot oksit oranı, 200 yıl öncesine kıyasla % 15 oranında daha fazladır. Bunun başlıca nedenleri arasında; tarımda azotlu gübrelerin gelişi güzel kullanılması, bitki örtüsünün yakılması ve sanayi sektörünün artan salınımları yer almaktadır. Bunlara ek olarak; NO_x emisyonları, yıldırım düşmesinden, topraktaki mikrobik aktivitelerden, biokütlelerin doğal veya insan nedeniyle yanmasından, yakıt yakılmasından ve stratosferde N₂O'nun indirgenmesinden kaynaklanabilmektedir. Azot oksitlerin (NO ve NO₂ gibi) iklim değişikliği üzerindeki etkileri, doğrudan değil dolaylı olmaktadır. Bu dolaylı etki; sera gazı özelliği taşıyan troposfer ozonunun oluşmasındaki rollerinin sonucunda gerçekleşmektedir. Bunların aksine, uçaklardan kaynaklanan NO_x emisyonları başka bir sera gazı olan metanın konsantrasyonunu azaltmaktadır. NO_x konsantrasyonları atmosferde kısa ömürlüdür ve konumsal olarak farklılık göstermektedir (EPA, 2002).

➤ **Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşikler (NMVOC)**

NMVOC gazları, propan, bütan ve etan gibi bileşikleri içermektedir. Bu bileşikler, azot oksitler (NO_x) ile birlikte troposfer ozonunun ve diğer fotokimyasal oksitleyicilerin oluşmasında rol alırlar. NMVOC emisyonları temel olarak ulaştırmadan, taşıma hatlarından, endüstriyel proseslerden, biokütlelerin yakılmasından ve organik solvent tüketimlerinden kaynaklanmaktadır. Atmosferdeki NMVOC konsantrasyonu sürekli ve konumsal olarak değişkenlik gösterir ve bu gazların ömrü kısadır (EPA, 2002).

1.2 Sera Etkisi

Seralar genelde Güneş radyasyonunun, fotosentez faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde ve ısıtmada temel veya yardımcı kaynak olarak kontrollü biçimde kullanıldığı yerlerdir (Özyuvacı, 1999, s.312). Bilindiği gibi içinde bitki yetiştirilen, camdan veya naylondan yapılmış seralar güneş ışınlarının içeriye geçmesine olanak verir, ancak sera içinde ısı enerjisi haline dönüşmüş ışın enerjisinin dışarıya çıkmasına engel olur (Çepel, 1992, s.44). Sera etkisi ifadesi tanım olarak, seralarda görülen cam veya plastik örtü altındaki ısınmayı çağrıştırmayı amaçlamaktadır. Dünya atmosferi de cam veya naylondan yapılmış seralara benzer özellik göstermektedir. Ancak cam veya naylon seralarda görülen ısınma mekanizması, atmosferde görülen ve çok karmaşık bir olay olan sera etkisinin sadece küçük bir kısmını oluşturmaktadır (Müezzinoğlu, 2003).

Sera etkisi dediğimiz süreçte; sera gazları, Güneşten gelen ve enerjisi yüksek kısa dalga boylu ışınların geçişine izin verirken, yeryüzünden uzaya yansıyan uzun dalga boylu ışınların geçişine izin vermez (Uzmen, 2007). Güneş'ten gelen ışınların bir bölümü ozon tabakası ve atmosferdeki gazlar tarafından soğurulur. Bir kısmı litosferden, bir kısmı ise bulutlardan geriye yansır. Yeryüzüne ulaşan ışınlar geriye dönerken atmosferdeki su buharı ve diğer gazlar tarafından tutularak Dünya'yı ısıtmakta olduğundan yüzey ve troposfer, olması gerekenden daha sıcak olur. Bu olay, Güneş ışınlarıyla ısınan ama içindeki ısıyı dışarıya bırakmayan seraları andırır;

bu nedenle de doğal sera etkisi olarak adlandırılır. Şekil 1.7' de yeryüzüne gelen ve yeryüzünden geri yansıyan ışınlar şematik olarak gösterilmektedir (Çetinsoy, 2010).

Şekil 1.7. Sera etkisinin şematik gösterimi



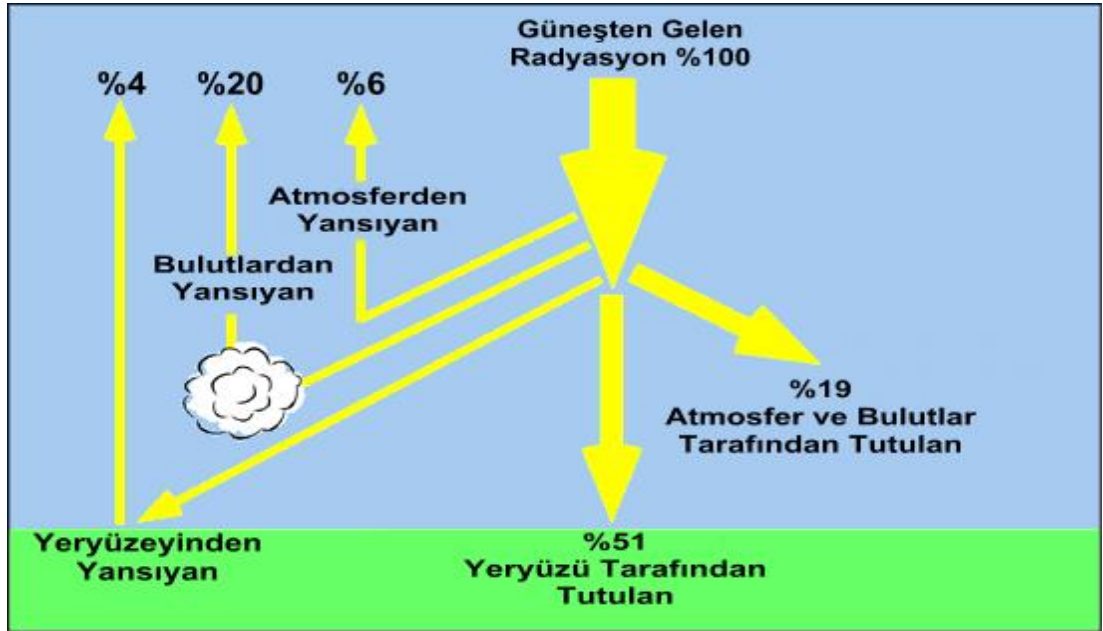
Kaynak: <http://www.nkfu.com/atmosferin-sera-etkisi/>, Erişim: 11.05.2014

Başka bir deyişle sera etkisi kısaca, Dünya'ya ulaşan kızılötesi ışınların sera gazları tarafından soğurulması olarak tanımlanmaktadır. Eğer sera gazları olmasaydı Dünya'nın ortalama sıcaklığı yaklaşık olarak -18°C olacaktı yani şimdiki düzeyin yaklaşık 33°C daha altında olacağı için dünya yaşanmaz bir yer olacaktı (IPCC, 1992). Sera gazlarının etkisiyle Dünya'nın ortalama sıcaklığı 15°C civarındadır ve bu bakımdan sera gazları Dünya için gereklidir (Reay vd., 2007).

Dünya; üzerine düşen Güneş ışınlarından çok, kendinden yansıyan Güneş ışınlarıyla ısınmaktadır. Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınların bir kısmı ozon tabakası, su buharı ve bulutlar tarafından tutulmaktadır. Güneş ışınlarının yüzde 20'si atmosferdeki bulutlar, yüzde 6'sı parçacıklar tarafından yansıtılmakta ve yeryüzüne ulaşmadan

uzaya dönmekte, yüzde 19'u bulutlar tarafından emilmekte ve kalan yüzde 55'i de atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşmaktadır. Geçen ışınların yüzde 4'ü yer yüzeyi tarafından atmosfere yansıtılmaktadır. Böylece güneşten gelen ışınların sadece yüzde 51'i yeryüzünde kullanılabilir (Şekil 1.8). Yeryüzüne ulaşabilen ve Dünya tarafından yayılmaya başlayan ışınların büyük kısmı, sera gazları olarak adlandırığımız, karbondioksit ve metan başta olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulmakta ve böylece dünyamız ısınmaktadır (Pidwirny, 2006).

Şekil 1.8. Güneşten gelen ışınların dağılımı



Kaynak: MGM, 2014

Atmosferimiz birçok gazın karışımından meydana gelmiştir ve içerdiği bu gazların miktarları da farklılık göstermektedir. Nitrojen, oksijen, helyum, hidrojen gibi gazların atmosferdeki miktarları sabittir. Atmosferimizin % 78'ini azot ve % 21'ini de tüm canlıların yaşayabilmesi için gerekli olan en önemli gaz olan oksijen oluşturmaktadır. Asal gazlardan olan ve diğer gazlarla herhangi bir tepkimeye girmeyen argon gazı da atmosferin yaklaşık % 0,9'unu oluşturmaktadır. Azot, oksijen ve argon gazlarının miktarı atmosferdeki gazların yaklaşık % 99,9'una tekabül etmektedir. Geri kalan % 0,01'lik kısmı ise, karbondioksit, su buharı,

kloroflorokarbonlar (CFCs), metan ve ozon vb. gibi atmosferdeki miktarı değişen gazlardan oluşmaktadır. Atmosferde bu kadar az bir paya sahip olan bu gazlar, yeryüzündeki canlılar için hayati öneme sahiptir. Ancak bu gazların atmosferdeki yoğunluklarının artması tüm canlılar ve ekolojik denge için bir tehdit oluşturabilir (Akbulut, 2009).

Atmosferde bulunan gazlar doğrudan veya dolaylı olarak sera etkisine neden olabilirler. Doğrudan etki bir gazın radyasyonu kendisinin absorbladığı durumdur. Ancak gaz kendisi değil de kendisinin oluşumuna sebep olduğu kimyasallar ile diğer sera gazlarının yarılanma ömürlerinin değişimine yol açarak veya dünyanın radyasyon dengesini bozarak (bulut oluşturmak gibi) dolaylı yönden sera etkisine neden olabilmektedir (Rende, 2013).

Milyonlarca yıldan beri güneşten gelen enerji, dünyadan uzaya atılan enerji ile dengelenmiş durumdadır. Bir başka deyişle; dünyaya giren enerji ile aynı miktarda enerji dışarı çıkmaktadır (Müezzinoğlu, 2003). Aslında doğal sera etkisi dünyada yaşam olabilmesi için gerekli olan sıcaklığı sağlayan doğal bir süreçtir. Günümüzdeki tehlike ise, Sanayi devrimi ile birlikte, özellikle ikinci Dünya Savaşı'ndan sonra, antropojenik faaliyetlerin sera gazlarının miktarını her geçen yıl arttırarak yüksek oranlara ulaştırması ve dolayısıyla da sera etkisini kuvvetlendirmesidir (Yönten, 2007).

Son yıllarda; sanayi devrimi sonrası hızlı nüfus artışı, ekonomik büyüme, fosil yakıtların yanması, ormansızlaşma ve diğer insan faaliyetleri sonucu, ısı tutma özellikleri fazla olan karbondioksit, metan, ozon ve kloroflorokarbon gibi sera gazlarının konsantrasyonlarında anormal artışlar meydana gelmiştir. Bu anormal artışlar uzaya geri dönen ışınların emilimini olağanüstü düzeyde arttırarak sıcaklık artışına neden olmaktadır. Başka bir deyişle, sera gazı birikimlerinde meydana gelen artışlar yeryüzünün uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak yeryüzünün daha fazla ısınmasına yol açmaktadır. Bu da küresel ısınmaya neden olmaktadır. Atmosfer ortalama sıcaklığında meydana gelebilecek birkaç derecelik ısı artışı bile bilim dünyasını tedirgin etmektedir (Yamanoğlu, 2006).

Dünya nüfusunun yaklaşık 35-40 yıl sonra iki katına çıkacağı hesaplanmaktadır. 10 milyarın üstündeki nüfusun enerji, pirinç ve hayvansal ürünlere olan ihtiyaçlarının da günümüze göre en az iki kat artacağını söylemek kehanet olmayacaktır. Bu veriler CO₂, CH₄, N₂O ve halokarbonların konsantrasyonları ile sera etkisinin de 35-40 yıl sonra en iyimser tahminle nüfusa yakın oranda artacağını düşündürmektedir (Başkaya, 2011).

Atmosferde bulunan miktarı karbondioksit oranla çok daha az olan metan gazının, küresel ısınma ile gelecek 50 yıl içinde Sibiryaya ve Kanada'daki tundraların bir metre derinliğe kadar çözüneceği ve buralardaki metan gazının açığa çıkarak atmosferdeki sera etkisinin artacağı bildirilmektedir (EPA, 2002).

1.3 Küresel Isınma ve Küresel Isınma Potansiyeli

Yerkürenin ana ısınma kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneşten yerküreye radyasyonla transfer olmakta ve yerkürenin yüzeyinde ısıya dönüştürülmektedir. Yeryüzündeki radyasyonunu dengeleyebilmek için, yerküre bu radyasyonu uzaya geri göndermektedir. Yerküre tarafından yansıtılan radyasyonun uzaya kaçmasına sera gazları engel olarak, yerküreye bu radyasyonu tekrar geri gönderirler. Sonuç olarak bu durum, yer yüzeyinin ısınmasına sebep olur ve "küresel ısınma" denilen durum gerçekleşmiş olur. Aslında, sera gazları tarafından doğal olarak gerçekleştirilen bu durum yer kürenin yüzey sıcaklığını donma noktasının üzerinde tutabilmek açısından önemlidir (Jacob, 1999).

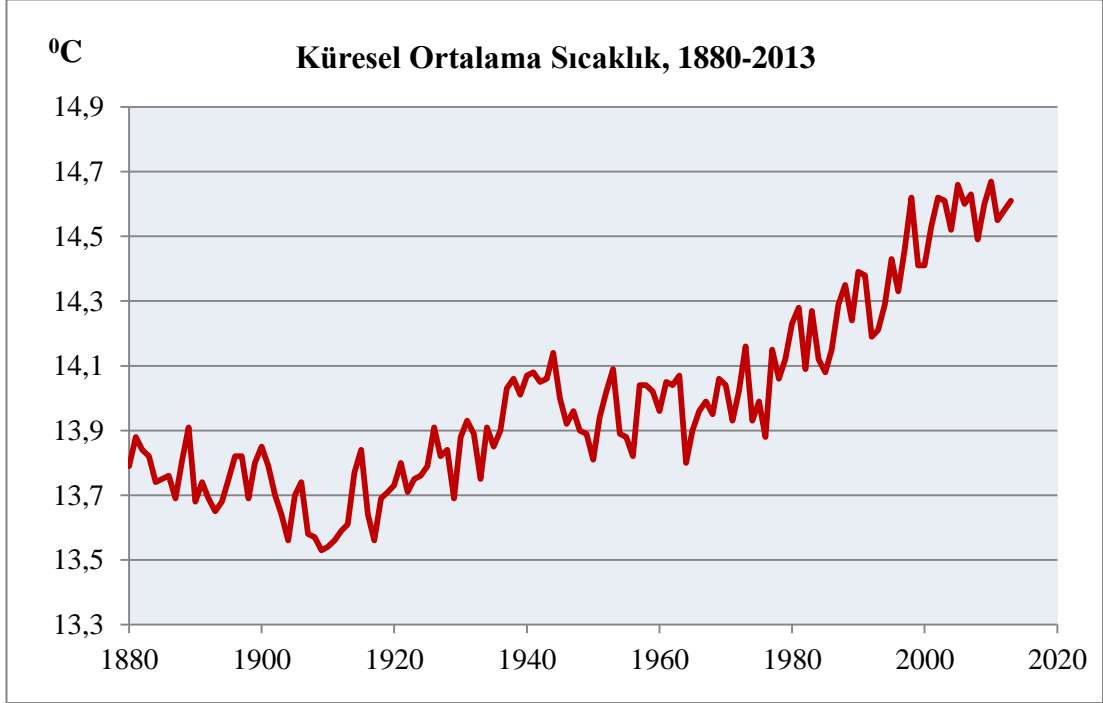
Dünyamız tarihsel süreç içerisinde sürekli ısınan ve soğuyan bir özellik göstermiştir. Örneğin, 700 ile 1400 yılları arası bir küresel ısınma dönemdir ve bu dönemle ilgili bulgular, o dönemin bugünkünden 1,5°C daha sıcak olduğunu göstermektedir. 19. yüzyılın ortalarına kadar ise bir soğuma dönemi yaşanmıştır. Son 150 yıldır ise yeniden bir ısınma dönemine girilmiştir, ancak bu dönem 1940-1975 tarihleri arasında bir soğuma dönemiyle kesintiye uğramıştır. 1975 yılından itibaren ise ısınmanın tekrar devam ettiği anlaşılmaktadır (Erkan, 2002, s.213).

Küresel ısınma, kısaca atmosfer, okyanuslar ve kara kütleleri yüzeyindeki sıcaklık artışı olarak tanımlanır. Çoğu zaman küresel ısınma ile iklim değişikliği kavramları aynı anlamda kullanılmaktadır; ancak, iki kavram arasında fark vardır. Küresel ısınma, dünyanın ortalama sıcaklık değerlerindeki iklim değişikliğine yol açabilecek bir artışı ifade ederken, iklim değişikliği belirli bir bölgedeki mevsimlik sıcaklık, yağış ve nem değerlerindeki değişimleri ifade etmektedir. Başka bir deyişle, küresel ısınma günlük, aylık ve yıllık maksimum sıcaklıklardaki artıştan ziyade minimum sıcaklıklardaki artışı ifade etmektedir (Yamanoğlu, 2006).

Küresel ısınma, sera gazı emisyonlarındaki artışlara bağlı olarak atmosferin dünya yüzeyine yakın kısımlarında ortalama dünya sıcaklığının doğal yollar ile veya insan kaynaklı faaliyetler ile artması olarak tanımlanmaktadır (Aksay vd., 2005). Küresel ısınmanın en önemli sebebi atmosferde sera etkisi yapan gazların emisyonlarındaki hızlı artıştır (ÇSB, 2012b).

Doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine neden olan bu gazların miktarındaki artışlar, atmosferin alt tabakalarındaki ve yeryüzündeki sıcaklığı artırmaktadır ve bu da 'küresel ısınma' olarak adlandırılmaktadır. Ölçümler gösteriyor ki, yer yüzeyinin ısı 1860 yılından bu yana 0,5 ila 0,7°C arasında artış göstermiştir (Abrahamson, 1989). 1990 yılından 2100 yılına kadar küresel anlamda yer yüzeyinin ortalama ısı değerinin 1,4 -5,8°C artış göstereceği tahmin edilmektedir (Karakaya ve Özçağ, 2003). Sıcaklıklar her yıl bir önceki yıla göre daha da artarak her yıl, bir önceki yılın rekorunu kırma eğilimi göstermektedir (Reay vd., 2007). Şekil 1.9' da küresel ortalama sıcaklıkların 1880 yılından günümüze kadar olan artış azalış eğilimi gösterilmektedir.

Şekil 1.9. 1880-2013 yılları arası ortalama sıcaklık eğilimi



Kaynak: EPI, 2014

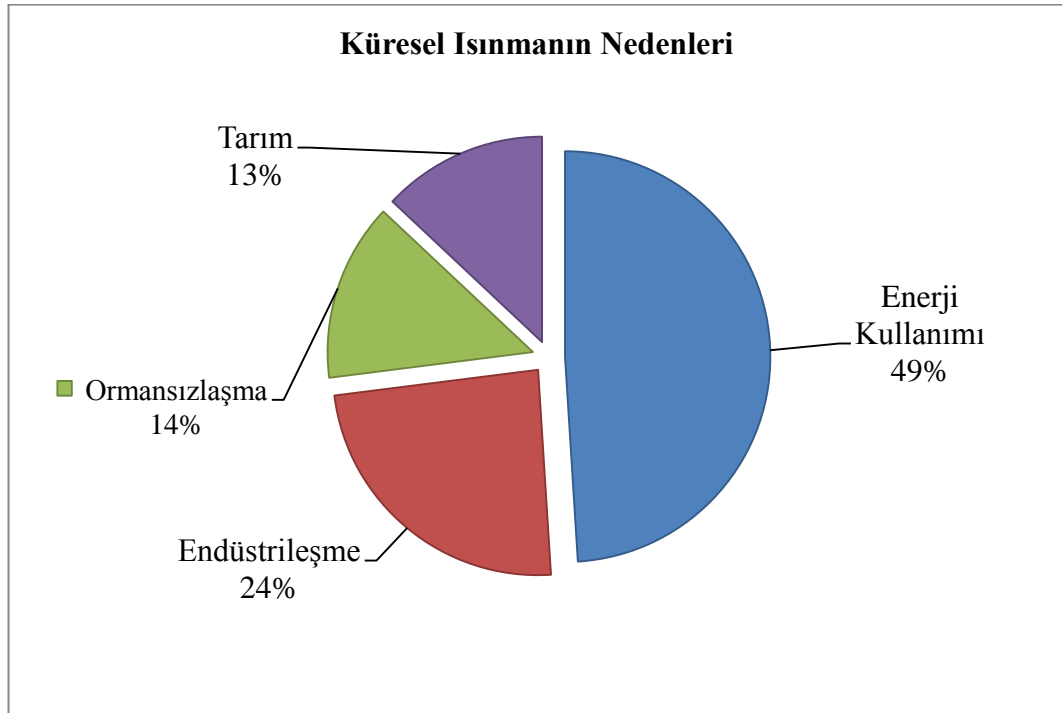
NASA verilerine göre, 2013 yılı küresel ortalama sıcaklık değerinin $14,6^{\circ}\text{C}$ olarak yani 20. yy sıcaklık ortalamasının yaklaşık 1°C üzerinde olduğu gözlenmektedir. 2013 yılının, 1880 yılından itibaren ölçülen en yüksek ortalama sıcaklık değerine sahip 10 yıldan birisi olmasının yanı sıra, bu en yüksek 10 değerinin 9'u 2000 yılı sonrasında kaydedilmiştir. Buradaki önemli husus ise; yıllık ortalamalardan ziyade uzun dönem projeksiyonlarına bakıldığında dünya sıcaklığının artış eğiliminde olduğu görülmektedir (EPI, 2013).

1970' ten bu yana her 10 yılda bir yaklaşık $0,18^{\circ}\text{C}$ 'lik artış gözlenmektedir. Sanayi devriminden bu yana artış göstermekte olan atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu 2013 yılında en üst seviyesine yani 396 ppm'e ulaşmıştır. En son 3 milyon yıl önce yani gezegende buz seviyesinin oldukça düşük olduğu ve deniz seviyesinin ise aksine yüksek olduğu bir dönemde karbondioksit konsantrasyonunun bu derece yüksek seviyelerde olduğu tahmin edilmektedir (EPI, 2013).

Yaşanan tarihsel süreç içerisinde, küresel ısınma olgusunun olmadığı konusundaki görüşlerin giderek azalmaktadır. Çoğu bilim adamı da küresel ısınmanın artmaya devam edeceği konusunda hemfikirdirler. IPCC'nin (2001) Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda, son zamanlarda yaşanan iklim değişikliği ile ilgili son elli yıl içinde gözlenen ısınmanın büyük ölçüde insan etkinliklerine bağlanabileceğini gösteren yeni ve daha güçlü kanıtlar elde edildiği belirtilmiştir. Söz konusu bu raporda insan faktörünün küresel ısınmaya etkisi % 60 olarak açıklanmışken, bu oran 2007 yılındaki Dördüncü Değerlendirme Raporunda % 90'a kadar yükselmiştir (IPCC, 2001; 2007).

Şekil 1.10'da görüldüğü üzere; insanların faaliyetlerinin küresel ısınmaya katkısının %49'u enerji kullanımından, %24'ü sanayileşmeden, %14'ü ormansızlaşmadan, %13'ü tarımdan kaynaklanmakta olduğu belirtilmektedir (IPCC, 2007b).

Şekil 1.10. Küresel ısınmaya etki eden insan faaliyetlerinin dağılımı



Kaynak: ÇOB, 2007

Yeryüzü sıcaklığında ölçülen bu birkaç derecelik sıcaklık değişimleri önemsiz olarak görülebilir. Ancak bu çok küçük olarak algılanan sıcaklık değişimleri, yeryüzü üzerinde geri dönüşü olmayan çok büyük değişikliklerin yaşanacağı anlamına gelmektedir (Yönten, 2007).

Ülkemiz küresel ısınmadan en fazla etkilenecek ülkeler arasında gelmektedir. Dünya genelinde ortalama sıcaklıkların artmasıyla birlikte çöl kuşağı kutuplara doğru hareket edecek ve bu nedenle Türkiye'nin birçok bölgesinde çölleşme görülecektir. Bununla birlikte topraktaki nem oranı düşecek bu da ekilebilen arazinin azalmasına neden olacaktır. Yapılan projeksiyonlara göre 2030 yılında Türkiye'nin büyük bir kısmının oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girmesi beklenmektedir. Değişen iklim şartlarıyla birlikte 1990'da yılda kişi başına düşen su miktarının 3070 m³ olduğu Türkiye'de bu miktarın 2050'de 700 ila 1910 m³ olması tahmin edilmektedir (Aksay vd., 2005).

Küresel ısınmanın büyüklüğünü anlayabilmek için, bazı önemli sera gazlarının ısınım sal özelliklerine, birikimlerindeki artışa, atmosferik yaşam sürelerine bakılmalıdır. IPCC sera gazlarını sebep oldukları sera etkisine yani atmosferde tutulmaya sebep oldukları toplam ısıya göre olan etkilerini karşılaştırabilmek için "Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)" kavramını geliştirmiştir. GWP değerleri, çeşitli sera gazlarının sera etkisini gösterme gücünün küresel ortalamalar şeklinde ifadesidir (Rende, 2013).

Farklı sera gazlarının atmosferde farklı yarı ömürleri ve farklı radyoaktiviteleri olduğu için her bir gazın küresel ısınma potansiyeli (KIP) farklıdır. Gazların birim kütleleri başına atmosferde absorbe edebildikleri ısı miktarı arttıkça KIP değerleri de artmaktadır. Atmosferdeki farklı gazların KIP değerlerinin belirlenmesinde referans olarak CO₂ alınmaktadır. Bu nedenle KIP rölatif bir ölçüdür. Gazların küresel ısınma potansiyelleri belli bir zaman süresindeki etkileri üzerinden belirtilir. Bu zamanın uzunluğu 20, 100 veya 500 yıl olabilir. Bazı gazların sera gazı etkisi zamanla azalırken, bazı gazların etkisi ise zamanla artmaktadır (IPCC, 2007b).

Sera gazlarının KIP değerleri için literatürde verilmiş farklı değerler bulunmaktadır. IPCC (2007b) sera gazlarının KIP değerleri ile ilgili kapsamlı bir liste hazırlamıştır. Tablo 1.1’ de, IPCC’nin vermiş olduğu KIP değerlerinin 100 yıllık zaman dilimindeki değerleri verilmektedir.

Tablo 1.1. Sera gazlarına ait küresel ısınma potansiyeli değerleri

Sera Gazları		Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıllık)
CO ₂	Karbondioksit	1
CH ₄	Metan	21
N ₂ O	Diazotmonoksit	300
HFCs	Hidroflorokarbonlar	1100-1900
PFCs	Perflorokarbonlar	560-11700
SF ₆	Sülfürheksaflorid	23900
CFC	Kloroflorokarbonlar	6500-8700

Kaynak: IPCC, 2001

CO, NO_x, NMVOC, SO₂ ve aerosollere ait GWP değerleri Tablo 1’ de yer almamaktadır. Bunun sebebi atmosferde kısa süreli kalan gazlar için geçerli veya kabul gören bir etki belirleme yönteminin henüz geliştirilmiş olmamasıdır. IPCC, bu gazlar için dolaylı etkilerden bahsetmektedir. Ancak bazı araştırmacılar tarafından yayınlanmış değerlendirmeler ve belirlenmiş GWP değerleri literatürde bulunmaktadır (EPA, 2002).

Sera gazı emisyonu denildiği zaman genellikle CO₂ gazı gündeme gelmektedir. Ancak, diğer sera gazları miktar olarak CO₂’ye göre daha az olmasına rağmen küresel ısınma potansiyelleri CO₂’den daha fazladır. Herhangi bir gazın CO₂ eşdeğeri cinsinden ısınmaya potansiyel etkisi, gigagram (Gg) değeri ile teragram (Tg) karbondioksit eşdeğeri arasındaki ilişki IPCC birimleri cinsinden Eşitlik 1.1 ile ifade edilir (Rende, 2013).

$$Tg \text{ CO}_2 \text{ Eşdeğeri} = (Gg \text{ gaz}) * (GWP) * (Tg / 1000Gg) \quad (1.1)$$

Tg CO₂ eşd. :Karbon dioksit eşdeğerinin teragram cinsinden değeri

Gg gaz :Gigagram cinsinden yakıtın miktarı

GWP :Küresel Isınma Potansiyeli şeklinde ifade edilmiştir.

Buradaki hesapta, referans seçilen bir gaza göre birim gazın belli bir süre içinde doğrudan ve dolaylı olarak sera gazı etkisi gösterme özelliği belirlenmektedir. Referans olarak seçilen gaz karbondioksittir. Gazın kendisi eğer sera gazı ise doğrudan etki oluşturur. Orijinal gazın, sera gazı üretecek şekilde kimyasal dönüşüme girmesi veya diğer gazların atmosferik ömürlerini etkileyecek şekilde tepkime vermesi durumunda dolaylı sera gazı etkisi gösterdiği kabul edilmektedir (Rende, 2013).

GWP değerleri, emisyonların etkilerinin kıyaslanması ve farklı gazların azaltılması gibi konularda fikir sahibi olunmasında yardımcı olmaktadır. IPCC' ye göre, küresel ısınma potansiyelleri kabaca $\pm\%$ 35 gibi bir belirsizliğe sahiptir. Özellikle atmosfer ömürleri belirlenmemiş olan gazlarda bu belirsizlik değerleri diğerlerine göre daha büyüktür. Atmosfer ömürleri göreceli olarak uzun olan sera gazları (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ gibi) atmosferde daha eşit şekilde dağılmışlardır ve sonuç olarak da küresel ortalama konsantrasyonları belirlenebilmektedir. Su buharı, CO, troposfer ozonu, diğer çevre kirleticiler (NO_x ve NMVOC), troposferdeki aerosoller gibi kısa ömürlü gazlar, konumsal olarak değişiklik göstermektedir ve bu nedenle küresel sera gazı etkilerini belirlemek güçtür. GWP değerleri genel olarak bu tip kısa ömürlü ve konumsal olarak homojen olmayan dağılım gösteren gazlar için uygulanmamaktadır (EPA, 2002).

1.4 İklim, İklim Değişikliği ve Sonuçları

İklim, “yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca gözlenen hava koşullarının ortalama durumudur. Ancak; yalnızca ortalamaya yakın koşulları değil, uç değerleri ve tüm istatistiksel değişimleri de içerir.” şeklinde tanımlanırken, hava

durumu ise kısa bir zaman periyodundaki atmosfer koşulları olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 1997).

Dünyamızın güneşe olan uzaklığı ve izlemiş olduğu yörüngesi, ekseninin eğikliği ve gündönümü devinimi, güneş ışınlarının dünyaya gelişinde değişiklik yaratarak farklı iklimlerin ve mevsimlerin oluşmasını sağlar. Bu faaliyetler sonucunda meydana gelen iklim sistemi; atmosfer, okyanuslar, kara ve deniz biyosferi, krayosfer (deniz buzu, sezonluk kar örtüsü, dağ buzulları, kıtasal boyuttaki buz levhaları) ve kara yüzeyi gibi temel elemanları içermektedir. Bu elemanlar birbirleriyle etkileşim içinde bulunarak yerkürenin yüzey iklimini belirlemektedir ve bu etkileşimler de enerji değişimi ile gerçekleşmektedirler. İklim sistemi önce güneş enerjisi girişi ile güçlenir ve sonra bu enerjinin belli bir kısmını uzaya geri göndererek kendisini dengeler (Tektaş, 2008).

İklimi etkileyen hava olayları genellikle sıcaklık, yağış, rüzgar gibi değişkenlerdir. Bunların yanı sıra; yanardağ faaliyetleri, dağların yükselmesi, kıtaların kayması, okyanusta meydana gelen ısı alışverişi, atmosfer yansıtması, yüzey yansıtması ve atmosfer kimyası gibi okyanus, atmosfer ve kara faktörleri de iklimi etkilemektedir (Akbulut, 2009).

İklim değişikliği, “nedeni ne olursa olsun, iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler” biçiminde tanımlanmıştır ve sadece hava sıcaklığındaki değişimi değil aynı zamanda iklim anormalliklerini de kapsamaktadır (Türkeş, 1997). Dünyamız tarihi boyunca birçok kez iklim değişikliği ile karşılaşmıştır. Ancak son yaşanan iklim değişikliği, yerküremizin yaklaşık 4,6 milyar yıllık tarihinde daha önce karşılaşmadığı bir süreci yansıtmaktadır (Topçu, 2008).

Bu son iklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 1. maddesinde, “karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin birleşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” olarak

tanımlanmaktadır. Yine aynı maddede iklim değişikliğinin zararlı etkileri, iklim değişikliğine bağlı olarak doğal halindeki ekosistemlerin kendilerini yenileme yeteneğinde, fiziksel çevrede, sosyo-ekonomik işleyişlerinde veya insan sağlığı ve refahı üzerinde ortaya çıkan olumsuz ve zararlı gelişmeler olarak açıklanmıştır (Arıkan, 2006). BMİDÇS' de yer alan bu tanım, aslında insan faaliyetleri sonucunda yaşanan yapay iklim değişikliğini, yani küresel iklim değişikliğini tanımlamaktadır (Akbulut, 2013).

Dünyamız var olduğundan bu yana iklim sürekli olarak değişikliğe uğramıştır. Örneğin 65 milyon yıl önce dünyada buzullar yokken, dünyanın soğuma eğilimine girmesi sonucu 55 milyon yıl önce buzullar oluşmaya başlamıştır. 18 bin yıl öncesinde dünyanın büyük bir kısmı buzullarla kaplı ve okyanuslar şimdiki seviyesinden 85 metre daha alçaktır (Kadioğlu, 2001). Genel olarak buzul devirlerinin ardından sıcaklıklar artış göstermiştir. Hatta bazı bilim adamlarına göre, 3 milyar yıl önce dünyada ortalama hava sıcaklıkları 70°C'yi bulmuştur. Aslında bilim adamlarına göre, bulunduğumuz dönem içinde dünyanın soğuması gerekmektedir. Ancak ardı ardına kırılan sıcaklık rekorları ve kuraklık küresel ısınmaya ilişkin endişeleri destekler niteliktedir (Akbulut, 2009).

Gündemdeki yerini önümüzdeki yıllarda da koruyacak olan küresel iklim değişikliği, dünyanın daha önce yaşamış olduğu iklim değişikliği süreçlerinden oldukça farklıdır. Şimdiye kadar yaşanan hiçbir iklim değişikliği insan faaliyetlerinin bir sonucu olmamıştır. Bu dönemde karşılaştığımız iklim değişikliği ise antropojenik faaliyetler sonucunda yani insan kaynaklı nedenlerden ötürü meydana gelmiştir (Akbulut, 2009).

Geçmiş dönemlerdeki iklim koşulları incelendiğinde, iklim değişikliğinin doğal nedenlere bağlı olarak meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenler; güneş enerjisindeki değişimler, volkanik faaliyetler, dünya ekseninin eğiminde ve yörüngesinde meydana gelen değişimlerdir. Örneğin, 200 milyon yıl önce kıtaların oluşmaya başlaması, kıtaların farklı okyanus akıntıları ve hava akımları ile çevrenmesine ve iklimlerinin farklılaşmasına sebep olmuştur. Volkanik patlamalar

sonucu çok miktarda toz atmosfere yükselerek, toz birikmesine neden olur. Biriken bu tozlar, güneş ışınlarının atmosferden geçişini engelleyen bir tabaka oluşturarak dünyanın sıcaklığını etkilemektedir (Uzmen, 2007).

Küresel iklim değişikliği genellikle küresel ısınma ile gündeme gelmektedir. Ancak küresel ısınma, küresel iklim değişikliğinin birçok olumsuz etmeninden yalnızca bir tanesidir ve konuyu hava sıcaklıklarında yaşanan bir artışa indirgemek, süreci tek boyutlu algılamak anlamına gelmektedir. “Küresel ısınma, atmosferde artan sera gazlarının potansiyel etkilerinden sadece birini ifade eden bir terimdir. Diğer bir deyişle, şu anki yapay iklim değişiminin en belirgin göstergelerinden biri ısınmadır.” (Kadıoğlu, 2001).

1850’li yıllarda başlayan sanayileşme ile fosil yakıtların yakılmasındaki artış, arazi kullanımını değişiklikleri, ormanların tahribi, çarpık sanayileşme, artan şehirleşme, artan tarımsal üretim ve hayvancılık gibi insan faaliyetleri sonucunda, sera gazları atmosferde birikerek atmosferin kimyasal ve optiksel özelliklerini etkilemekte, uzun vadede ise sera etkisi yüzünden küresel ölçekte iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Örneğin insan faaliyetlerinin iklim değişikliğine etkilerinden daha detaylı bahsedecek olursak; fosil yakıtların, yani petrol ve kömürün yakılması atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunu artırarak atmosferin doğrudan ısınmasına neden olmaktadır (Rende, 2013). Fabrikalardan, otomobillerden, soba ve ocaklardan toz, sülfat ve sıvı parçacıkları halinde taneli maddelerin enjekte edilmesi ise atmosferin ışık geçirgenliğini, yani şeffaflığını azaltmaktadır. Tankerlerden ve denizaltı petrol kıyılarından sızan petrolün deniz üstünde bir tabaka teşkil etmesi dolayısıyla denizler ile atmosfer arasındaki ısı alışveriş hızı değişmekte olup ayrıca; sulama, şehirleşme, orman tahribi ve zirai faaliyet yoluyla da yeryüzünün albedo değeri değişmektedir (Atabey, 2013).

Sanayi devriminin başlarından itibaren atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu yaklaşık %40 oranında artarken; CH₄ oranı iki katından fazla artmış ve N₂O oranı ise % 15 kadar yükselmiştir. Bu gazların artışı, atmosferin ısı tutma yeteneğini de arttırmıştır. Sera gazı yoğunluğundaki bu artış, iklim değişimini de hızlandırmış gibi

görülmektedir (Pekin, 2006). Bilim adamları yaptıkları çalışmalar sonucunda, dünyanın yüzey sıcaklığının geçtiğimiz yüzyılda 1°C civarında bir artış gösterdiğini saptamışlardır. Son 20 yıllık süreçte ise bu ısınmanın hızında artış görülmüştür. Son 50 yılda meydana gelen ısınmanın büyük kısmının insan faaliyetleri sonucunda oluştuğuna dair yeni ve güçlü kanıtlar bulunmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda, atmosferdeki kimyasal yapı, sera gazları üretecek şekilde değişime uğramakta; özellikle karbondioksit, metan ve azotoksit üretimine yol açmaktadır. Dünya ikliminin bu gazlara nasıl tepki verdiği konusunda belirsizlikler bulunmasına rağmen, bu gazların ısı tutma özellikleri bilinmektedir (EPI, 2013; EPA,2013).

Küresel iklimde bu süreçte birçok değişiklikler gözlenmiştir. Bunlardan bazıları; orta ve yüksek enlemlerdeki yağışlarda artış görülmesi, küresel ortalama deniz seviyesi yılda yaklaşık 1,0-2,0 mm yükselmesi, kuzey yarım kürede atmosferik su buharı miktarı artması, alt stratosferde ozon kayıpları yaşanırken troposferde ise ozon artışının meydana gelmesidir. Kar örtüsü ve buz hacminde de azalma yaşanmış, kutup denizi buz hacminde 1950'den bu güne kadar yaklaşık % 55'lik azalma gözlenmiştir (Akbulut, 2009).

Ayrıca; bilim adamları küresel yüzey sıcaklıklarının önümüzdeki 50 yıllık dönemde 0,6-2,5°C, 100 yıllık dönemde ise 1,4-5,8°C artacağını ve bunların bölgesel olarak büyük dalgalanmalar göstereceğini belirtmektedirler. Gelecekteki emisyon miktarını tahmin etmek için; demografik, ekonomik, teknolojik, siyasi ve kurumsal gelişmeler gibi birçok parametreyi dikkate almak gerekmektedir. Bu kapsamda değişik projeksiyonlar geliştirilmektedir. Örneğin; 2100 yılında, emisyon kontrol kanunları olmaması durumunda, CO₂ emisyonları bugünkü değerinin en iyi koşullarda % 30, en kötü koşullarda ise % 150 katı daha fazla olacağı öngörülmektedir (EPA, 2013)

Küresel iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ilişkin senaryoların çalışılması, iklim değişikliğinin yaratacağı olumsuz etkiler ile mücadele edilmesi ve Birleşmiş Milletler şemsiyesi altındaki uluslararası sözleşmelere teknik altyapı oluşturulması amacıyla Dünya Meteoroloji Teşkilatı ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği

Paneli (Intergovernmental Climate Change Panel, IPCC) oluşturulmuştur. Bu Panel, tüm Birleşmiş Milletler ve Dünya Meteoroloji Teşkilatı üyelerine açık olmakla birlikte karar vericilere ve iklim değişikliği konusuyla ilgilenenlere yönelik teknik literatürü tarafsız, açık, dengeli ve saydam biçimde kapsamlı olarak değerlendirerek bilimsel çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca iklim değişikliğinin gözlenen ve öngörülen etkilerinin anlaşılması ve bu sorunla mücadele edilmesi amacıyla yürütülen bilimsel çalışmalar siyasi karar alıcılar için ortaya konulmaktadır (Arı, 2010).

IPCC, iklim değişikliği sorunun gelecekte ne düzeyde olacağını öngörebilmek adına çeşitli emisyon senaryoları geliştirmiştir. Her biri farklı belirleyici etkenlere göre oluşturulan bu senaryoların amacı, gelecekte karşılaşılabilecek olası sosyal, ekonomik ve siyasi gelişmelere şekil verebilecek politikaların bugünden oluşturulmasını sağlamaktır. IPCC' nin Salım Senaryoları Özel Raporu (SSOR) projeksiyonlarına göre, fosil yakıtların 2030 ve sonrasında küresel enerji kompozisyonunda dominant pozisyonunu sürdürmesi halinde, 2000 ve 2030 yılları arasında sera gazlarının % 25 ila % 90 arasında artması beklenmektedir. Ancak sera gazı emisyonları 2000 yılında değerlerinde sabit kalsalar dahi, önümüzdeki 20 yıl içinde sıcaklık artışlarının her on yıl 0,2°C artacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2007c). En iyi beklentilerle kurulan modellerde bile 2100 yılına ulaşana kadar küresel sıcaklıkta en az 1°C'lık artış öngörülmektedir (Akbulut, 2009).

Sıcaklık artışına ek olarak, iklim kuşakları ötelenecek, bölgesel ve küresel yağış rejimleri değişecek, daha şiddetli hava olayları yaşanacaktır. Hava koşullarında aşırı değişikliklerle daha sık karşılaşılabilecektir. Bazı bölgelerde kuraklığın artmasına karşılık, dünyanın bir başka bölgesinde yaz aylarında aşırı yağış, kasırga ve seller önemli sıkıntılara sebep olacaktır. Buzullar eriyerek kutuplara doğru çekilecek ve buzullarda karla kaplı alanlardaki çözülme artarak deniz buzlarının genişliği azalacaktır. Hatta bazı SSOR projeksiyonlarında, 21.yy'ın sonlarına doğru yaz aylarında Antarktika'daki deniz buzlarının neredeyse tamamının yok olacağı düşünülmektedir (IPCC, 2007c). Buzulların erimesi ile deniz suyu seviyesi de yükselecektir. IPCC' nin (2001) Üçüncü Değerlendirme Raporu sonrası senaryolarına göre, 2000 yılına kıyasla, 2050 yılındaki karbondioksit salım miktarı %

80-50 azalsa bile, 2000-2015 döneminde zirve yapan sıcaklıklar 2050 yılında ortalama 2,0-2,4°C aralığında artacak ve deniz suyu seviyesinin de 0,4-1,4 m yükselecektir (Akbulut, 2009).

Küresel ısınmaya, buzulların erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine, iklim kuşaklarının kaymasına ek olarak, şiddetli fırtına, kuvvetli yağış ve seller, uzun süreli kuraklık ve çölleşme gibi doğal afetlerin sıklığında ve şiddetinde artışlar da beklenmektedir (Türkeş vd., 2000). Şiddetli hava koşullarının yaşanması, birçok ülke ekonomisinin, özellikle tarıma ve doğal kaynaklara dayalı ekonomilerin zarara uğramasına sebep olacaktır. Kuzeydeki donmuş toprakların ısınmasına bağlı olarak tarıma elverişli toprak alanlarının genişlemesi beklenmektedir. Ancak deniz seviyesindeki yükselme ile genelde en verimli toprakların bulunduğu kıyı kesimlerinin sular altında kalması, ekilebilir tarım alanlarının miktarının azalması da büyük bir olasılıktır (Akbulut, 2009).

Bazı tropikal bölgelerde yağışların ve akarsu rejimlerinin artması, daha kurak bölgelerde ise, yağışların ve akarsu rejimlerinin azalması ihtimali yüksek görülmektedir. Ayrıca, sıcaklık artışlarının etkisiyle buharlaşma da kuvvetlenecektir. Özellikle Güney Afrika, ABD'nin batısı, Kuzeydoğu Brezilya ve Akdeniz gibi bölgelerde iklim değişikliğine bağlı olarak azalan su kaynakları sıkıntı yaratacaktır (Akbulut, 2009).

IPCC son raporunda 2099 yılına kadar küresel iklim sistemlerinde olabilecek değişiklikler alternatif senaryolar ile ele almıştır. Bu kapsamdaki bulgular aşağıda özetlenmektedir (ÇOB, 2008a).

- Küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında gelecek yirmi yıl içinde 0,4°C oranında bir artış olacağı öngörülmektedir.
- 2100 yılına kadar sıcaklıkların 1,4 ila 5-8 derece yükselmesi beklenmektedir.

- 2090-2099 dönemi ortalama yüzey sıcaklığı, 1980-1999 dönemi ortalaması en iyimser senaryoya göre 1,8°C, en kötümser senaryoya göre 4,0°C artabilecektir.
- 21. yüzyılda küresel ortalama deniz seviyesinde 18–59 cm arasında artış olacağı tahmin edilmektedir.
- 21. yüzyılda öngörülen ısınmanın, daha çok yüksek kuzey enlemlerinde olmak üzere en fazla kara alanlarında, en az Güney Okyanus ile Kuzey Atlantik Okyanusu'nun bazı bölümlerinde olacağı tahmin edilmektedir.
- Tüm senaryolarda Kuzey Kutbu ve Antarktika'daki deniz buzullarının azalacağı ve karla kaplı alanların daralacağı tahmin edilmektedir (Arı, 2010).

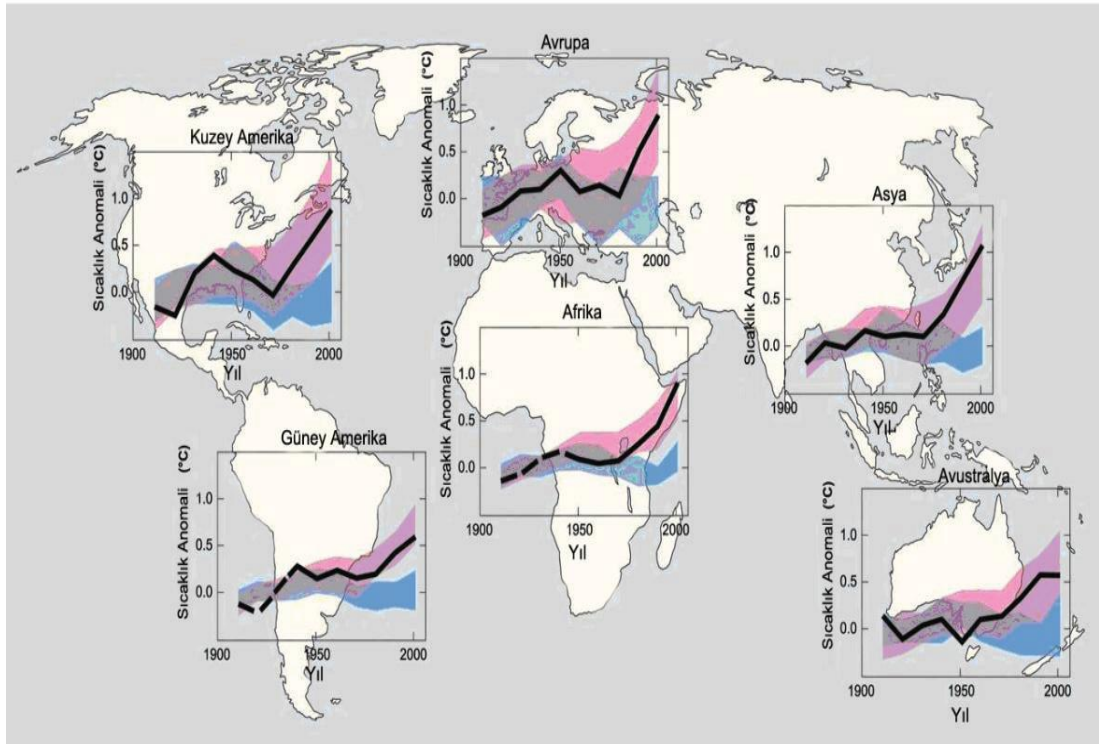
Bu rapor ilk kez küresel ısınmadan % 90 oranında insanların sorumlu olduğunu açıkça ifade etmesi açısından da önem taşımaktadır. Raporla küresel ısınma nedeniyle tayfun ve sel felaketleriyle aşırı sıcak hava dalgalarının artacağı, bu durumun çölleşme ve kuraklığın daha geniş alanlara yayılmasına yol açacağına da dikkat çekilmektedir (<http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/iklim-degisikligi-nedir-.html>, 10.01.2014). Yapılan hava sıcaklığı ölçümlerinde dünyanın son 100 yılda yaklaşık 1 santigrat ısındığı saptanmıştır. 1860' tan günümüze kadar tutulan kayıtlar, ortalama küresel sıcaklığın 0,6 ila 0,8 derece kadar artışını göstermektedir (Çetinsoy, 2010).

Kışın sıcaklıklar artmakta, ilkbahar erken gelmekte, sonbahar gecikmekte, hayvanların göç dönemleri değişmektedir. Yani iklimler değişmekte ve bu değişikliklere dayanamayan bitki ve hayvan türleri de ya azalmakta ya da tamamen yok olmaktadır (Çetinsoy, 2010).

Küresel ısınma ayrıca insan sağlığını da doğrudan etkilemektedir. Bilim adamları, iklim değişikliklerinin kalp, solunum yolu, bulaşıcı, alerjik ve bazı diğer hastalıkları tetikleyebileceği görüşündeler. İklim, tarım faaliyetlerini de etkileyen en önemli faktördür. İklim, insanların yaşayışını, kültürünü, giyimlerini, fizyolojik özelliklerini,

karakterlerini, yeryüzüne dağılışını ve ekonomik faaliyetlerini etkilemektedir. İklim şartları insanları etkilediği gibi hayvan türlerini, yaşama alanlarını, sayılarının artması ve türlerinin tükenmesi de etkiler. Kısacası iklim olayları, doğal çevreyi ve insanları doğrudan ya da dolaylı etkilemekte hatta kontrol etmektedir (<http://www.teknolojiweb.net/iklim-elemanlari-nelerdir-sicakligi-etkileyen-faktorler-nelerdir>, 13.10.2013). Ulusal ve uluslararası araştırma kurumlarının tahminlerine göre Türkiye, iklim değişikliğine en duyarlı bölgelerden birinde yer almaktadır (Dellal, 2008, s.103).

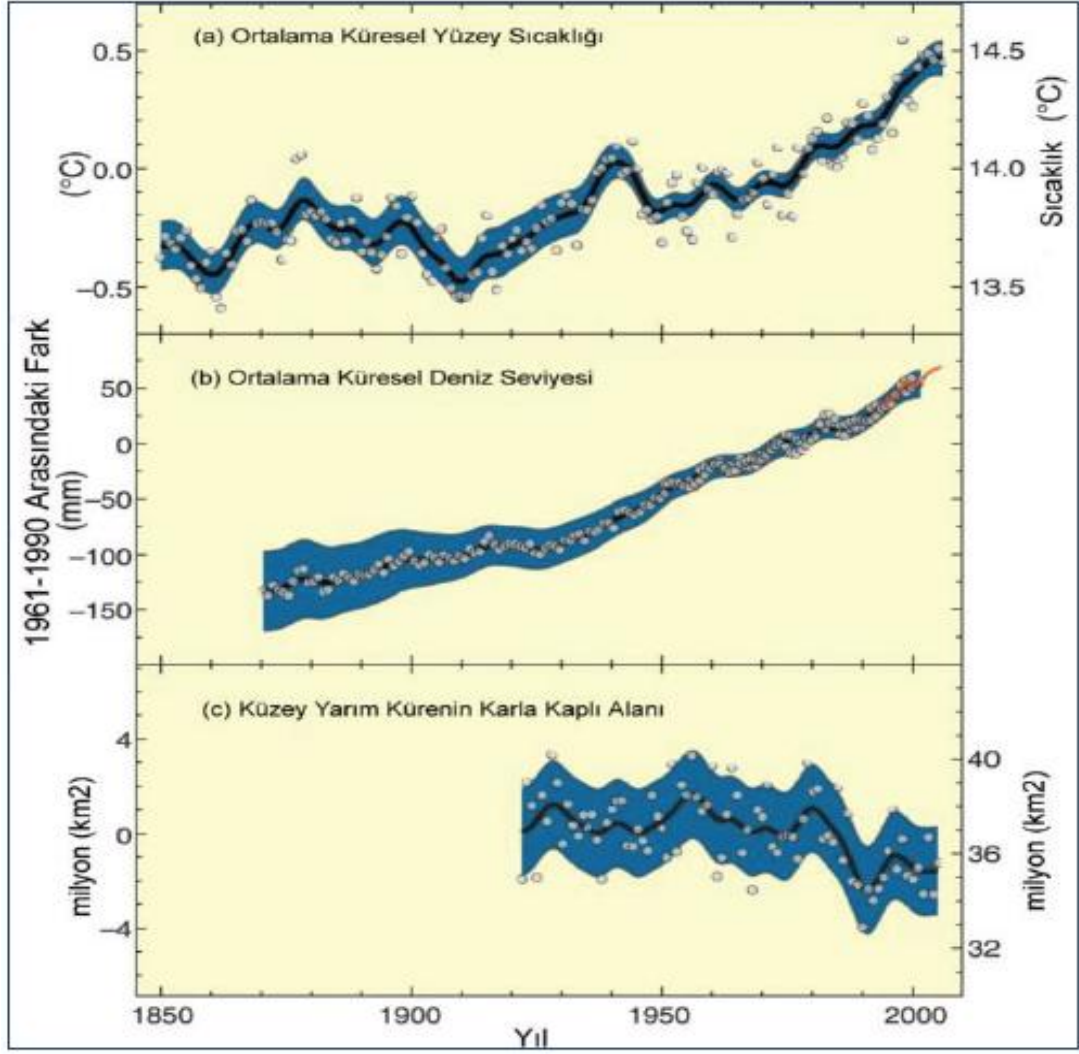
Şekil 1.11. 1900-2000 yılları arası kıtalar ve okyanuslardaki sıcaklık değişimi



Kaynak: IPCC, 2007c

Şekil 1.12' de görülen buzullardaki erimeler, deniz seviyesindeki yükselme ve yüzey sıcaklığındaki artışlara ilave olarak özellikle 1950'li yıllardan bu yana aşırı kuraklık, tropik siklonların sıklığında artışlar, aşırı ve düzensiz yağış rejimleri gibi hava olayları da yaşanmaktadır (IPCC, 2007c).

Şekil 1.12. İklim değişikliğinin küresel etkileri



Kaynak: IPCC, 2007c

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HUKUKİ ÇERÇEVESİ

2.1 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Öncesi

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) Küresel İklim Araştırma ve İzleme Projesi çerçevesinde elde edilen bilimsel kanıtlar, 1970'li yılların ilk yarısında insan faaliyetlerinin küresel iklim düzeyine zarar verdiği ilk açık işaretlerini vermiş ve WMO' nun öncülüğünde 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir (Kabacıoğlu, 2012).

Küresel iklim sisteminin korunması çabalarına ilişkin ilk ciddi adımın atıldığı bu konferansta, konunun önemi ilk defa dünya ülkelerinin dikkatine sunulmuştur. Bu konferansta, fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılmasının ve ormansızlaşmanın devam etmesi halinde atmosferdeki CO₂ birikiminin büyük ölçüde artabileceği ve bu artışın sonucunda da iklimde önemli ve uzun süreli değişikliklerin olabileceği belirtilmiştir. Konu ile ilgili çalışmalar arttıkça bilim adamlarının da katıldığı, dünyada çok az görülen bilimsel bir uzlaşma ortamı oluşmuştur. Böylece; 1827'lerden beri bilim adamları tarafından yürütülen iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar, 1980'lerden sonra kamuoyunun ve hükümetlerin çevre sorunlarına duyarlılığının artmasıyla beraber, uluslararası bir düzeye taşınmıştır. İklimle ilgili bilgi ve bilinç seviyesi arttıkça küresel iklimin korunması hususundaki çabalar da hız kazanmıştır (Yamanoğlu, 2006).

1985 yılında Avusturya'da yapılan "Karbondiyoksit ve Diğer Sera Gazlarının İklim Değişimleri Üzerindeki Rolü ve Etkilerinin Değerlendirilmesi" konulu Villach Toplantısı, CO₂ ve diğer sera gazlarının iklim değişiklikleri üzerindeki rolü ve etkilerinin değerlendirildiği bir uluslararası toplantı olmuştur. Toplantıda, iklim değişikliğinin ne şekilde gerçekleşeceği ile ilgili tartışmalar, bilimsel temellerden çok ülkelerin siyasal düzeyde anlaşmaya varma çabalarıyla geçmiştir. Villach toplantısı, konunun kamuoyuna yansıtılmasında etkili olmuş ancak; Birinci Dünya İklim Konferansı'nda tartışılan konuların dışında bir yenilik getirememiştir (Babuş, 2005).

1988 yılında Kanada Hükümeti tarafından Toronto’da düzenlenen “Değişen Atmosfer” konulu konferans bilim dünyasının ve politikacıların geniş katılımıyla gerçekleşmiş ve iklim değişikliğine karşı alınabilecek önlemlerin tartışıldığı bir toplantı olmuştur. Toronto Konferansı, uluslararası bir platformda iklim değişikliği ile mücadelede siyasi seçeneklerin geliştirilmeye başlanması açısından önem taşımaktadır. Bu konferansta, uluslararası çerçevede bir iklim değişikliği sözleşmesinin hazırlanması önerilmiştir (Türkeş, 2001). Yasal bağlayıcılığı olmayan ve bir öneriden öteye gitmeyen Toronto Hedefi, ABD ve Japonya dışında diğer birçok ülke tarafından desteklenmiştir (Babuş, 2005).

Toronto Konferansı’nın ardından, 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve BM Çevre Programı (UNEP) yönetici organları tarafından insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik açıdan araştırılması, değerlendirilmesi ve adaptasyon seçeneklerinin geliştirilmesi amacıyla Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) adında yeni bir organ oluşturulmuştur (Yamanoğlu, 2006).

1989 yılında Hollanda’nın Noodwijk kentinde düzenlenen “Atmosferik ve İklimsel Değişiklik” konulu toplantıda, karbondioksit emisyonlarının %20 oranında azaltılması ülkelerin çoğu tarafından desteklenmesine rağmen, azaltmaya ilişkin herhangi bir kriter belirlenememiştir. Bu nedenle, emisyonları azaltmaya yönelik özel bir hedef ya da takvim belirleme çalışmaları sonuçsuz kalmıştır (Türkeş, 2001).

Daha sonra; WMO ve UNEP öncülüğünde, 1990 yılında İkinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir. Cenevre’de gerçekleştirilen bu konferansta, konuya ilişkin küresel ölçekte bir anlaşmaya gidilmesi çağrısında bulunulmuştur (UNFCCC, 2004). Söz konusu Konferansta alınan kararlar, bir iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi görüşmelerine ivedilikle başlanması açısından oldukça önemlidir. Başka bir ifadeyle; BMİDÇS’ nin temellerinin atılması açısından büyük önem arz etmektedir (ÇŞB, 2007).

Söz konusu gelişmelere paralel olarak; 1970’li yılların başında, stratosferdeki ozon parçalanmasına antropojenik bazı kimyasalların neden olduğu tespit edilmiştir ve bu durum üzerine Birleşmiş Milletler öncülüğünde harekete geçilmiştir. Bu kapsamda; ozon tabakasını korumak adına öncelikle, “Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi” daha sonra ise “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Protokol” adı altında Montreal Protokolü yürürlüğe girmiştir (EPA, 2002).

Bu protokole göre; “Ozon Tabakasını İncelten Maddeler (OTİM)” belirlenerek kullanımdan kaldırılmıştır veya kullanımına kota getirilmiştir. Böylelikle söz konusu gazların atmosferdeki yoğunlukları o tarihten itibaren azalma göstermeye başlamıştır (EPA, 2002).

2.1.1 Ozon tabakasının korunmasına dair Viyana Sözleşmesi

Ozon tabakasının incelmesi hususu ilk kez 1976 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) kapsamında tartışılmıştır. UNEP ve WMO tarafından ozon tabakasının incelmesini periyodik olarak değerlendirmek için Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi (CCOL) kurulmuştur (Kabacıoğlu, 2012).

Ozon tabakasını incelten maddelerin (OTİM) azaltılmasına ilişkin olarak ilk hükümetler arası temaslar 1981 yılında başlamış ve bu girişim 22 Mart 1985’de Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi’nin kabulü ile neticelenmiştir. Viyana Sözleşmesi; Ozon tabakası üzerinde oluşan tahribatın önlenmesi için uluslararası düzeyde gereken önlemlerin belirlenebilmesi ve bu önlemlerin uygulanması için gerekli olan çerçevenin oluşturulması amacıyla imzalanmış olup, sözleşme taraflarını genel önlemler almakla görevlendirmektedir. Yasal bağlayıcılığı olan kontrolleri veya hedefleri içermeyen bir çerçeve sözleşmedir (Kabacıoğlu, 2012).

2.1.2 Ozon tabakasını incelten maddelere dair Montreal Protokolü

1985 yılında Antarktika üzerindeki ozon deliğinin tespit edilmesi ile hükümetler, birçok CFC ile bazı halonların üretimini ve tüketimini azaltacak katı önlemlere ihtiyaç olduğu yargısına varmışlardır. Viyana Sözleşmesini takiben, ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımının ve üretiminin kontrol altına alınmasını sağlayacak bir protokol üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 16 Eylül 1987’de “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü” kabul edilmiş olup; çevre konusunda oluşturulmuş en başarılı çok taraflı anlaşma olarak nitelendirilmektedir (Kabacıoğlu, 2012).

Bu Protokole ait azaltım takvimi kapsamında bilimsel ve teknolojik değerlendirmeleri takiben 1990’da (Londra),1992’de (Kopenhag), 1995’de (Viyana), 1997’de (Montreal), 1999’da (Pekin) ve 2007’de (Montreal) tekrar düzenlemeler yapılmıştır. Ayrıca, bu düzenlemeler sayesinde yeni kontrol maddeleri ve önlemler de anlaşmaya dahil edilmiştir (ÇSB, 2013a; Kabacıoğlu, 2012).

2.1.3 Montreal Protokolü ve Türkiye

Türkiye; Protokole 19 Aralık 1991 tarihinde taraf olmuş ve tüm değişikliklerini kabul etmiştir. Protokole ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmaların izlenmesi Ulusal Odak Noktası görevini yürüten Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın koordinasyonunda gerçekleştirilmektedir (ÇSB, 2013a).

Montreal Protokolü ile Kloroflorokarbon (CFC) gazının kullanımı tüm dünyada yasaklanırken yerine kullanılan Hidrokloroflorokarbon (HCFC) gazlarının ithalatına ise kota konulmuştur. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı da bu doğrultuda ozon tabakasını incelten maddelerin ithalatını büyük ölçüde sınırlandırarak, kurulan “Ozon Tabakasını İncelten Madde Takip Sistemi” sayesinde Türkiye’ye giren ozon tabakasını incelten maddelerin üretim ve tüketimlerini kontrol altında tutmaktadır. Böylece Ozon tabakasını incelten maddeler her geçen yıl azaltılarak; ülke, iklim ve çevre konusunda korunmaktadır (ÇSB, 2013a).

Ülkemizde ozon tabakasını korumak amaçlı yapılan çalışmalar sonucunda bazı yasal düzenlemeler getirilmiştir. Bu kapsamda; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 12.11.2008 tarihli “Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik” ve Ocak 2013 tarihli “Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin İthalatı ve Kullanımı” hususunda genelge yayımlanmıştır. Ayrıca Ekonomi Bakanlığı ise düzenli olarak “Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin İhracına ve İthaline İlişkin Tebliğler” yayımlamaktadır

Bu yönetmelik, kontrol altına alınan maddelerin ve bu maddeleri içeren ürün ve ekipmanın dış ticaretine, kullanımına, piyasaya sunulmasına, toplanıp yeniden işlenmesine ve bazılarının tüketiminin bir takvim çerçevesinde azaltılarak kullanımdan kaldırılmasına, ıslahına ve bertaraf edilmesine ilişkin usul ve esasları belirlemek amaçlı yürürlüğe girmiştir (ÇSB, 2013a). Bahse konu Yönetmelik kapsamında;

- Kloroflorokarbon (CFC) kullanımı 2006 itibarı ile sıfır tona indirilmiştir. 01/01/2008 tarihinden itibaren zorunlu kullanım alanları da dahil olmak üzere tüm ithalatı yasaklanmıştır. Ayrıca, Tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan ve geniş etkili bir pestisit olan metil bromürün (CH_3Br) kontrolü de Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığınca yapılmaktadır.
- Halonların ithalatı 01/01/2008 tarihinden itibaren yasaklanmış olup, sadece rehabilite edilmiş halonlar kullanılabilir. Ayrıca, 01/01/2012 tarihinden itibaren 31/12/2015 tarihine kadar bu gazların sadece zorunlu kullanımı serbest olacaktır.
- Hidrokloroflorokarbon (HCFC) grubu gazların da kullanımına son verilmesi çalışmaları devam etmekte olup; bu gazların ithalatı 2007 yılı ithalat miktarları baz alınarak 01/01/2009'dan itibaren kotaya tabidir. Ayrıca, bu maddeler bir takvim çerçevesinde azaltılarak 01/01/2015 tarihinde servis amaçlı kullanımları hariç ithalatına son verilecektir. Ocak 2013 tarihinden itibaren köpük sektöründe kullanılan HCFC ithalatı sonlandırılmıştır (ÇSB, 2013a).

- Yürürlük tarihinden itibaren, yönetmeliğin Ek-6 ve Ek-7'sinde belirtilen maddelerden (OTİM) herhangi birini üretmek, bunları kullanarak üretim yapan yeni tesis kurmak ve kapasite arttırmak üzere tesis veya ünite kurmak yasaktır.
- CFC'ler, CCl₄ ve Metil Kloroform maddelerini kullanarak yönetmeliğin Ek-4'ünde belirtilen kullanım alanları için üretim yapılması ayrıca, yönetmeliğin Ek-5'inde yer alan ve bu maddeleri içeren ürünlerin ithalatı yasaktır.
- 01/01/2010 tarihinden itibaren yönetmeliğin Ek-5'inde yer alan HCFC'leri (R22, R141,R142) içeren ürünlerin ithalatı yasaktır (ÇSB, 2013a).

2.2 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)

Günümüzde, uluslararası iklim politikasına yön veren iki uluslararası anlaşma bulunmaktadır. Bunlardan biri BMİDÇS, diğeri ise Kyoto Protokolü'dür. BMİDÇS; iklim değişikliği politikasının uzun dönemli amacını ve bu amaca ulaşmaya yönelik ilke ve prosedürleri belirlemiş, Kyoto Protokolü ise; Sözleşme'nin nihai amacına yönelik somut hedef ve önlemler belirleyerek iklimin korunması yönündeki ilk adımı oluşturmuştur (Karakaya, 2008).

Küresel ısınmanın, gelecekte çok ciddi sonuçlar doğuracağı ve bu ısınmanın büyük ölçüde antropojenik faaliyetler sonucunda gerçekleştiğinin anlaşılması üzerine, hükümetler kritik önlemler alınması konusunda harekete geçme ihtiyacı hissetmişlerdir. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler himayesi altında uluslararası görüşmeler başlatılmış ve 1992 Rio Zirvesi'yle de önemli bir adım atılmıştır (Yanarocak, 2007).

Haziran 1992'de Brezilya'nın Rio De Janeiro kentinde, Birleşmiş Milletler Kalkınma ve Uluslararası Çevre Konferansı (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED) adı altında bir toplantı gerçekleştirilmiştir. UNCED (3-11 Haziran 1992) ve Dünya Zirvesi (12-14 Haziran 1992) olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilen Rio Toplantısı uluslararası alanda en fazla katılımın olduğu bir çevre etkinliği olmuştur (Toprak, 2003, s.65).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) hazırlıkları; 21 Aralık 1990 tarihli BM Genel Kurul Kararı ile oluşturulan İDÇS Hükümetlerarası Görüşme (Müzakere) Komitesi tarafından sürdürülmüştür. Yaklaşık 2 yıl süren hazırlıklar sonucunda Sözleşme, 1992 yılında Rio’da gerçekleştirilen Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi ve Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ile beraber imzaya açılmıştır (ÇOB, 2008b).

Rio Konferansı’nın önemli sonuçlarından birisi olan BMİDÇS, iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak adına büyük bir adım olmuştur. Şubat 1994 tarihine kadar ise 50’den fazla ülke onay ya da kabul belgelerini BM’ye sunması sonucunda 21 Mart 1994 tarihinde de yürürlüğe girmiştir. AB, BMİDÇS’ ye 21 Mart 1994 yılında taraf olurken; söz konusu sözleşmeye Türkiye, 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur (UNFCCC, 1994). Günümüzde 196 ülkenin taraf olduğu Sözleşme evrensel bir katılıma ulaşmış olup, çevreyle ilgili uluslararası anlaşmalar içinde en fazla sayıda ülkenin taraf olduğu anlaşma niteliğini taşımaktadır (Çetinsoy, 2010).

Sözleşme’nin nihai **amacı**; atmosferdeki sera gazı birikimlerini iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde tutmayı başarmaktır. Bu amaç; “böyle bir düzeye, ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretimini tehdit etmeyecek ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman dahilinde ulaşılmalıdır.” hükmü ile niteliklendirilmiştir (ÇOB, 2009a; ÇŞB, 2013b).

BMİDÇS; bir çerçeve sözleşme olarak genel kuralları, esasları ve yükümlülükleri tanımlamaktadır. Sözleşmenin kapsamında, Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü ile denetlenmeyen kaynaklardan gelen insan faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar ve de tüm sera gazları yer almaktadır. İDÇS’de, taraflara sözleşmenin amacına ulaşmak ve hükümlerini yerine getirebilmeleri için yapacakları eylemlerinde yol gösterecek bazı temel ilkeler yer almaktadır (ÇOB, 2008a).

Sözleşmenin temel ilkeleri;

- İklim sisteminin eşitlik temelinde, ortak fakat farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak korunması,
- İklim değişikliğinden etkilenecek olan gelişme yolundaki ülkelerin ihtiyaç ve özel şartlarının dikkate alınması,
- İklim değişikliğinin önlenmesi için alınacak tedbirlerin etkin ve en az maliyetle yapılması,
- Sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi ve alınacak politika ve tedbirlerin ulusal kalkınma programlarına entegre edilmesi,
- Alınan karşı önlemlerin keyfi, haksız, ayırıcı veya uluslararası ticarete gizli bir kısıtlama oluşturmayacak nitelikte olmasıdır (ÇOB, 2008a).

2.2.1 Sözleşme kapsamındaki yükümlülükler

BMİDÇS kapsamında ülkeler; Ek-I, Ek-II ve Ek-I dışı olarak sınıflandırılmış ve tarafların azaltım ve iklim değişikliğinin etkilerine uyuma dair yükümlülükleri belirlenmiştir (ÇOB, 2008a).

BMİDÇS kapsamında tüm taraflar; Sözleşmenin kendileri için yürürlüğe girmesinden sonra altı ay içinde, bir ilk bildirim sunacaktır. Ulusal Bildirim olarak adlandırılan bu raporlarda ülkeler, antropojenik sera gazı salınım kaynakları ve yutaklarıyla beraber ulusal envanterlerini geliştirmek ve sera gazı salınımlarının azaltılmasına dair ne gibi önlemler alındığını, ne gibi politikalar uygulandığını ayrıca bu alınan önlem ve politikaların salınımların azaltılması noktasında ne gibi etkilere yol açtığını bildirmek ile yükümlüdürler. Ayrıca BMİDÇS, tarafların iklim değişikliği azaltım ve uyumu kolaylaştırma önlemleri içeren ulusal programlar hazırlamaları, uygulamaları ve uygulama ile ilgili bilgileri taraflar konferansına bildirmeleri gerekliliğini belirtmektedir (Yönten, 2007).

Sözleşmeye göre tüm taraflar için ortak sorumluluklar; ulusal sera gazı emisyon envanterlerinin düzenli olarak hazırlanması, iklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, teknoloji transferi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir şekilde yönetimi, uyum, azaltım, bilim, araştırma ve eğitim alanlarında işbirliği ve uygulamaya yönelik bilgilerin iletimi şeklindedir. “Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi, sanayi devriminden sonra gelişmiş ülkelerin sera gazlarını atmosfere diğer ülkelerden daha çok salmalarından ötürü daha fazla sorumluluk almaları gerektiği düşüncesine dayanmaktadır. Bu bağlamda, Sözleşme, farklı yükümlülükler göre ülkeleri Ek-I, Ek-II ve Ek-I dışı ülkeler olmak üzere üç ana gruba ayırmaktadır (Arı, 2010).

- **Ek-I Ülkeleri:**

Bu grupta, 1992 yılı itibarı ile Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyesi olan ülkeler, AB, piyasa ekonomisine geçiş sürecindeki (PEGSÜ) ülkeler ile Türkiye, Monako ve Lihtenştayn yer almaktadır ve halen toplam 40 ülke ve Avrupa Birliği vardır (UNFCCC, 1994).

Bu gruptaki ülkelerin, tarihsel sorumlulukları ve sosyo-ekonomik yapıları dikkate alındığında, insan kaynaklı salımların uzun vadeli eğilimlerini değiştirmede öncü rol oynamaları beklenmektedir. Bu nedenle söz konusu ülkeler; hem sera gazı salımlarına dair daha ayrıntılı ve daha sık envanterler hazırlamaktadır. Ayrıca; bu ülkelerin izledikleri politika ve önlemler, daha sık hazırladıkları Ulusal Bildirimler sayesinde daha etkin bir şekilde gözden geçirilmektedir (UNFCCC, 1994).

BMİDÇS’ de Ek-I ülkeleri olarak adlandırılan bu ülkeler; sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak, sera gazı yutaklarını korumak ve geliştirmek, ayrıca, iklim değişikliğini önlemek için aldıkları önlemleri ve izledikleri politikaları BMİDÇS Sekretaryasına bildirmek ve mevcut sera gazı emisyonlarını ve emisyonlarla ilgili verileri iletmekle yükümlüdürler. BMİDÇS, tarafların 2000 yılına kadar sera gazı salımlarını 1990 yılı düzeylerine getirmeleri için yasal olarak bağlayıcı olmayan bir hedef koymuştur (UNFCCC, 1994).

- **Ek-II Ülkeleri:**

Bu grupta, BMİDÇS imzaya açıldığı 1992 yılı itibarıyla 23 OECD üyesi ülke (Türkiye hariç) ve AB yer almaktadır. Bu ülkeler; Ek-I' de üstlendikleri yükümlülüklerle ilaveten çevreye uyumlu teknolojilerin, özellikle gelişme yolundaki taraf ülkelere aktarılması veya bu teknolojilere erişimin teşvik edilmesi, kolaylaştırılması ve finanse edilmesi hususlarında sorumlu kılınmışlardır. Bir başka deyişle; söz konusu sorumluluklarını yerine getirirken ortaya çıkan masrafların karşılanması için yeni ve ek malî kaynakları sağlamakla yükümlüdürler (UNFCCC, 1994).

- **Ek-I Dışı Ülkeler:**

Ek-I ve Ek-II listesi dışında yer alan diğer tüm taraf ülkeler Ek-I dışı olarak tanımlanmaktadır. Bu gruptaki ülkeler, esas olarak gelişmekte olan ülkelere oluşmakta olup; sera gazı emisyonlarını azaltmak, araştırma ve teknoloji konularında işbirliği yapmak ve sera gazı yutaklarını korumaya teşvik etmek gibi zorunlu bir yükümlülük almamaktadırlar. Ancak; BMİDÇS' nin tüm taraflar için geçerli olan yükümlülükleri kapsamında emisyon artışının önlenmesine dönük genel yükümlülükleri söz konusudur. Ek-I dışı ülkeler; raporlama yükümlülükleri çerçevesinde, iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında yürüttükleri eylemleri bildirmekle yükümlüdürler. Ancak bu ülkelerin bildirim yükümlülükleri Ek-I ülkelerine kıyasla daha esnektir (ÇOB, 2009a).

Bu grup, Afrika ve Pasifik'in en az gelişmiş ülkelerinden petrol zengini Ortadoğu ülkelerine kadar yayılan geniş bir çeşitlilik içermektedir (Arıkan ve Özsoy, 2008). Bu grupta halen Meksika ve Güney Kore gibi OECD ülkeleri ile Güney Kıbrıs Rum Yönetimi ve Malta gibi AB üyesi ülkelerin yanı sıra Çin, Hindistan, Brezilya, Güney Afrika ve Singapur gibi hızla gelişmekte olan ve yüksek emisyonları olan ülkeler dahil toplam 150 ülke bulunmaktadır. (Arı, 2010).

BMİDÇS Ek-I ve Ek-II' sinde yer alan ülkeler Tablo 2.1' de yer almaktadır.

Tablo 2.1. BMİDÇS Ek-I ve Ek-II ülkeleri

EK-I Ülkeleri		Ek-II Ülkeleri
Almanya	İsviçre	Almanya
ABD	İtalya	ABD
Avrupa Birliği	İzlanda	Avrupa Birliği
Avustralya	Japonya	Avustralya
Avusturya	Lihtenştayn	Avusturya
Belçika	Lüksemburg	Belçika
İngiltere	Kanada	İngiltere
Danimarka	Monako	Danimarka
Finlandiya	Norveç	Finlandiya
Fransa	Portekiz	Fransa
Hollanda	Türkiye	Hollanda
İrlanda	Yunanistan	İrlanda
İspanya	Yeni Zelanda	İspanya
İsveç		İsveç
Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecindeki Ülkeler (PEGSÜ)		İsviçre
		İtalya
Beyaz Rusya	Macaristan	İzlanda
Bulgaristan	Polonya	Japonya
Çek Cumhuriyeti	Romanya	Lüksemburg
Estonya	Rusya	Kanada
Hırvatistan	Slovakya	Norveç
Letonya	Slovenya	Portekiz
Litvanya	Ukrayna	Yunanistan
		Yeni Zelanda

Kaynak: UNFCCC, 1994

İklim değişikliği konusuyla ilgili OECD ülkelerine, AB ülkelerine ve PEGSÜ' ye bir takım sorumluluklar düşmektedir. Ancak buradaki sorumluluklar çok net olmamakla beraber belli sınırları olan sorumluluklar değildir ve sayısal verilerle de ifade edilmemiştir. Bu kapsamda Sözleşme; ileriye dönük olarak ülkeleri ciddi bir sorumluluk altına sokmamakta ve ülkelerin sıkı tedbirler alması hususunda yeterli olamamaktadır (Bahadır, 2011).

Ancak yine de BMİDÇS; uluslararası platformda konunun yer almasını ve ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk çerçevesinde görüşülmesini sağlıyor olması, çok ciddi yükümlülükler getirmese de bir takım yükümlülükler getiriyor olması, en azından sera gazı emisyonlarında azaltım yapılması gerekliliğini ifade ediliyor olması açısından önemli bir adım olarak görülmektedir. Burada; “farklılaştırılmış sorumluluk” ifadesiyle, bu durumdan büyük ölçüde sorumlu olan gelişmiş ülkelere daha fazla sorumluluk yüklenmesi hususu önemli bir nokta olarak değerlendirilebilir (Bahadır, 2011). BMİDÇS eklerinde yer alan ülkelerin yükümlülükleri Tablo 2.2’ de yer almaktadır.

Tablo 2.2. BMİDÇS taraflarının yükümlülükleri

ÜLKELER	YÜKÜMLÜLÜKLER
Tüm Taraflar (Madde 4.1)	İklim değişikliği ile mücadele ve etkilere uyum konusunda programlar geliştirmek
	Teknoloji transferi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı, araştırma ve eğitim alanlarında işbirliği yapmak
Ek-II Ülkeleri (Madde 4.3, 4.5)	Gelişmekte olan ülkelere mücadele ve uyum konularında mali ve teknik destek sağlamak
Ek-I Ülkeleri (Madde 4.2)	Sera gazı envanterlerini her yıl ve daha ayrıntılı düzenlenmesi verileriyle düzenli olarak sunmak
	Ulusal bildirim raporlarını daha sık ve ayrıntılı olarak sunmak
	İklim değişikliği ile mücadelede izlenecek politika ve önlemler için öncü rol oynamak
	Sera gazı salınımlarını, gönüllülük temelinde, bireysel ya da ortak olarak 2000 yılı itibarı ile 1990 yılı düzeyine çekmek
Ek-I Dışı Ülkeler (Madde 4.6, 4.10)	Ulusal bildirimlerini taraf olmalarını izleyen ilk 3 yıl içinde, daha sonra uygun olduklarında sunmak
	Sağlanan desteklerle paralel olarak mücadele ve uyum konusunda çaba göstermek

2.2.2 BMİDÇS' nin kurumları ve temel işlevleri

- **Taraflar konferansı (COP)**

BMİDÇS tarafından alınan karar gereği, yukarıda belirtilen amaç ve ilkelerin uygulanıp gerçekleştirilmesi, geliştirilmesi ve gözetilmesi amacıyla, her yıl tüm tarafların katılacağı “Taraflar Konferansı–Conference of The Parties (COP)” düzenlenmesi kararlaştırılmıştır (Karakaya ve Özçağ, 2003).

Taraflar Konferansı, sözleşme kapsamındaki en üst karar organıdır. Sözleşme'nin yürürlüğe girdiği tarihten bu yana, devletler COP' da bir araya gelmektedirler. Bu organ, her yıl toplanarak Sözleşme'nin uygulanmasını değerlendirmekte ve Sözleşme kurallarını daha ileriye taşıyacak kararlar almaktadır. Bilimsel ve Teknolojik Danışma Yardımcı Organı ve Yürütme Yardımcı Organı olmak üzere iki yardımcı organı bulunmaktadır. Bu iki organ, COP hazırlıklarını yürütmek amacıyla yılda en az iki kez toplanmaktadır (Yönten, 2007).

- **Bilimsel ve teknolojik danışma yardımcı organı**

Bilim, teknoloji ve yöntemle ilgili konularda COP için danışmanlık yaparak görüş bildirmektedir. Bir diğer görevi de ülke bildirimleri ve emisyon envanteri standartlarının geliştirilmesine yönelik yönlendirmeleri yapmaktır (Yönten, 2007).

- **Yürütme yardımcı organı**

Yürütme Yardımcı Organı, Sözleşme'nin uygulanmasına ilişkin değerlendirme ve inceleme çalışmalarına destek vermektedir. Bu amaçla ülkeler tarafından bildirilen verileri analiz ettiği gibi finansal ve idari işlerle de ilgilenmektedir (UNFCCC, 2004).

- **Sekretarya**

Sekretarya; uluslararası kamu görevlilerinden oluşmakta olup, başta COP, yardımcı organlar ve bunların büroları olmak üzere iklim değişikliği sürecinde görev yapan

bütün kurumları desteklemek amacıyla sözleşme organlarının toplantılarına ilişkin düzenlemeleri yapmaktadır. Tarafların yükümlülüklerini yerine getirmesine yardımcı olarak veri ve bilgi toplayıp dağıtmaktadır. Ayrıca; ilgili diğer uluslararası kuruluşlarla görüşmelerde bulunmaktadır (Yönten, 2007).

- **Küresel çevre fonu**

Küresel Çevre Fonu (Global Environmental Facility, GEF), özerk bir kurumdur. 1991 yılında Dünya Bankası, UNEP ve BM Kalkınma Programı (United Nations Development Programme, UNDP) tarafından, çevreyle ilgili olarak küresel yararlar sağlayacak projeler için geliştirmekte olan ülkelere finansman sağlanması amacıyla kurulmuştur. Sözleşme'nin resmen bir parçası değildir ancak sözleşmeye çeşitli hizmetler sağlamaktadır. Sözleşmenin mali mekanizmasını işletmektedir. Geliştirmekte olan ülkelere gerek iklim değişikliği gerekse biyolojik çeşitlilik, ozon tabakasının korunması gibi çevreyle ilgili olarak küresel yararlar sağlayacak projeler için hibe ya da kredi şeklinde kaynak sağlamaktadır (Yönten, 2007).

- **Hükümetler arası iklim değişikliği paneli**

IPCC de GEF gibi sözleşmenin resmi bir parçası değil, özerk bir kurumdur. İklim değişikliği konusunda önemli bir bilgi kaynağıdır. İklim değişikliği biliminin durumu ile ilgili beş yıl ara ile kapsamlı ilerleme raporları yayımlamaktadır. En son değerlendirme raporu 2007 yılında yayımlanmıştır. Bunun yanı sıra IPCC, COP ya da Bilimsel ve Teknolojik Danışma Yardımcı Organı tarafından yöneltilecek talepler üzerine belirli konularda Özel Raporlar ve Teknik Değerlendirmeler de hazırlamaktadır (UNFCCC, 2004). Panelin yöntem alanındaki çalışmaları tarafların sera gazı envanterinin oluşturulması için ortak rehberler hazırlanmasında önemli bir rol oynamıştır (Yönten, 2007).

2.2.3 BMİDÇS ve Türkiye

Türkiye; 1992 yılında OECD üyesi olması sebebiyle hem sera gazlarını azaltmak amacıyla sorumluluk üstlenecek ülkelerin yer aldığı Ek-I listesi, hem de gelişmekte olan ülkelerin sözleşme şartlarını sağlayabilmesi için mali ve teknolojik yardım sağlayacak ülkelerin yer aldığı Ek-II listesinde gelişmiş ülkelerle birlikte yer almıştır. Bunun üzerine Türkiye; ilkesel bazda sıcak baktığı halde, bu koşullar altında yükümlülüklerini yerine getiremeyeceği gerekçesiyle 1992 Rio Konferansı'nda İDÇS' yi imzalamamıştır (Ayhan, 2010).

Türkiye'nin İDÇS karşısındaki tutumu, Rio'dan Kyoto'ya kadarki dönem olan 1992-1997 ve 1997 sonrası dönemleri için önemli farklılıklar arz etmektedir. Üçüncü Taraflar Konferansı olan Kyoto'ya kadar Türkiye'nin genel tutumu, her iki ekten de çıkartılması ve/veya ülkenin özel şartlarını hesaba katarak kolaylıklar sağlanırsa İDÇS' ye taraf olunması yönündedir. Ancak, 1997 yılı sonrasında ise; İDÇS sürecine dahil olmanın somut yollarını araştıran daha ılımlı bir yaklaşım içinde olmuştur. Bu gerekçelerle Türkiye, sözleşmede ifade edilen “ortak fakat farklı sorumluluk” yaklaşımına dayanarak kendisine daha uygun bir konumun sağlanması için eklerden çıkma yönünde çalışmalarını 1995 yılında Berlin'de yapılan ilk Taraflar Konferansından itibaren aralıksız sürdürmüştür. Son olarak; Kasım 2000'deki Lahey Konferansı'nda (COP6) Türkiye, Ek-II'den çıkarılması kaydı ve eski sosyalist ülkelere sağlanan kolaylıklardan faydalandırılması durumunda, Ek-I ülkesi olarak İDÇS'ye taraf olabileceğini belirtmiştir. Lahey Konferansı'nda alınan karara bağlı olarak, 2001 yılında Marakeş' te gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansında, Sözleşmenin Ek-II listesinde çıkarılmıştır (Karakaya ve Özçağ, 2003).

Türkiye, Ek-II listesinden çıkarılmasını takiben; sürdürülebilir kalkınma ilkesi doğrultusunda bir yandan kalkınma hedeflerini gerçekleştirirken, diğer yandan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yürütülen bu küresel ortak eylemde yerini almak için 24 Mayıs 2004 tarihinde BMİDÇS' ye 189. ülke olarak taraf olmuştur (ÇOB, 2008a).

Bu katılım, çevre yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının diğer sektörel kalkınma uygulamalarına entegrasyonunu güçlendirecek bir imkan sağlayacaktır. Ayrıca, hem küresel çevrenin korunması alanındaki uluslar arası çabalara etkin bir şekilde katılmasına imkan tanıyacak hem de Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde halen yürütülmekte olan çalışmalara çok ciddi bir katkı sağlayacaktır (Şahin, 2008).

Sözleşmeye taraf olmanın taahhütlerinden biri olan ulusal bildirim hazırlanması Çevre ve Orman Bakanlığı ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) işbirliğinde Türkiye'nin 1. Ulusal Bildirimini Hazırlama Projesi kapsamında tamamlanmış ve 2007 yılında BMİDÇS Sekreteryası'na sunulmuştur. İklim Değişikliği 1.Ulusal Bildirimi'nde, sera gazı emisyonlarının 1990-2004 yılları arası envanteri yer almaktadır (ÇOB, 2009b).

Son olarak Türkiye'nin Sözleşmeye taraf oluşu ile birlikte her yıl sunmakla yükümlü olduğu Ulusal Sera Gazı Emisyonu Envanteri Raporu (National Inventory of Emission Report, NIR), resmi olarak ilk defa 15 Nisan 2006 tarihi itibari ile UNFCCC sekreteryasına sunulmuştur. Her yıl 15 Nisan itibariyle tüm taraf ülkelerin de sunduğu ulusal envanter, ilk defa kapsamlı ve resmi olarak ilgili kuruluşlarca Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) koordinatörlüğünde tamamlanıp Çevre ve Orman Bakanlığınca UNFCCC' ye iletilmiştir (Yanarocak, 2007).

2.3 Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, insan kaynaklı sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik genel ilkeler ortaya koyan BMİDÇS sonrasındaki iklim değişikliği ile mücadele konusunda en önemli diğer uluslararası çerçevedir. Protokol; BMİDÇS' nin hukuki olarak daha bağlayıcı olmasını sağlayan ve aynı zamanda yaptırım gücüne sahip bir belge niteliği taşımakta olup, iklim değişikliğiyle mücadele çerçevesinde hazırlanan en kapsamlı anlaşmadır. BMİDÇS'nin yürürlüğe girmesini takiben 2,5 yıl devam eden müzakereler sonucunda hazırlanmış olan bu Protokol, sera gazı emisyonlarında daha ciddi azaltımlar yapılmasını hedeflemektedir (Dünya Enerji Konseyi, 2008; ÇŞB, 2013c).

Kyoto Protokolü, Sözleşme'nin nihai amacına ulaşması için atılan ilk somut adımdır; bir başka deyişle, küresel bir çevre politikasının somut adımdır. Protokol, 11 Aralık 1997'de her yıl düzenlenmekte olan ve en üst karar alma organı olan Taraflar Konferansı'nın Kyoto'da gerçekleştirilen üçüncü toplantısında imzaya açılmış ve kabul edilmiştir. Ancak hemen yürürlüğe girememiştir (Yönten, 2007).

Kyoto Protokolünün 25. Maddesine göre Protokolün hayata geçebilmesi, *“Ek-I Taraflarının 1990 yılı toplam karbondioksit salımlarının en az %55'ini oluşturan Ek-I Tarafları dahil olmak üzere, Sözleşme'deki 55 taraftan daha az olmamak üzere onay, kabul, uygun bulma ya da katılım belgelerini Depoziter'e tevdi ettikleri tarihten sonraki doksanıncı günde”* mümkün olabilmektedir (Arıkan, 2006).

Böylece, 23 Mayıs 2002 tarihinde İzlanda'nın Protokolü imzalamasıyla 55 ülke şartı ve 18 Kasım 2004 tarihinde Rusya'nın Protokol'e katılımıyla % 55'lik oran sağlanmış ve Protokol, 156 devlet ve AB tarafından onaylanarak 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Protokolün yürürlüğe girmesinde IPCC 2. Değerlendirme Raporu'nda insan kaynaklı iklim değişikliğinin daha güçlü verilerle ortaya konulması etkili olmuştur. Protokol, küresel ısınma ile insan faaliyetleri arasında ilişki olduğunu kabul etmekte ve buna çözüm aramaktadır (Arıkan ve Özsoy, 2008).

Protokolün ana amacı; *“atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak”* olarak tanımlanmış ve Protokolün uygulamada ne şekilde işleyeceği 1998 yılında Dördüncü Taraflar Konferansı'nda belirlenmiştir. Daha sonra, Kyoto Protokolü'nün ayrıntılı uygulama kuralları 2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen 7. taraflar konferansında kabul edilmiştir (UNFCCC, 2004).

IPCC tahminlerine göre; 1990 ile 2100 yılları arasında, 1,4 ile 5,8 °C arasında sıcaklık artışı gözlenecektir. Ancak, söz konusu Protokolünün başarılı bir şekilde uygulanması durumunda bu artış 0,02-0,28 °C aralığına düşürebilinecektir. Kyoto

Protokolü savunucuları bu protokolün amaca ulaşmak için ilk adım olduğunu belirtmektedirler (Tektanıl, 2007).

Kyoto Protokolü; BMİDÇS’yi destekleyen ve güçlendiren bir belge olup, sözleşmeyle aynı hedef ve temellere sahiptir. Protokol’e taraf olabilmek için İDÇS’ye de taraf olunması gerekmektedir (Ayhan, 2010). Protokolde yer alan Ek-I ülkeleri, Ek-II ülkeleri ve Ek-I dışı ülkeler, “Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” başlığı altında bir önceki kısımda anlatılmıştır. Ayrıca Protokol’ünde Ek-A ve Ek-B olmak üzere iki eki bulunmaktadır. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü eklerindeki ülkeler ile ilgili özet bilgiler Tablo 2.3 ve Tablo 2.4’ te yer almaktadır.

Tablo 2.3. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü kapsamında ülke sınıflandırmaları

Belge	İsim	Tanım	Taraflar	Temel Konu
BMİDÇS	Ek-I	Gelişmiş ülkeler ve Ek-I de yer alan diğer taraflar	Avrupa Birliği, 1990 yılında OECD üyesi olan ve AB dışında kalan ülkeler, Orta ve Doğu Avrupa Ülkeleri (Rusya ve Ukrayna dahil)	Tarihsel yükümlülükleri olan sanayileşmiş ülkeler
	Ek-II	Gelişmiş ülkeler ve Ek-II de yer alan diğer gelişmiş taraflar	Avrupa Birliği, 1990 yılında OECD üyesi olan ve AB dışında kalan ülkeler	Mali yükümlülükleri olan zengin ülkeler
KP	Ek-B	Sayısallaştırılmış emisyon sınırlama ya da azaltım yükümlülüğü (2008-2012 yılları arasındaki salımların 1990 yılına göre %si)	Türkiye ve Belarus dışındaki BMİDÇS Ek-I listesi	Kyoto Protokolünün 1. Döneminde sera gazı emisyonlarını azaltma ya da sınırlama yükümlülüğü olan ülkeler

Kaynak: ÇOB, 2008b

Tablo 2.4. Kyoto Protokolü Ek-B ülkeleri ve sayısallaştırılmış azaltım yükümlülükleri

Ek-B Ülkeleri	Sayısallaştırılmış Azaltım Yükümlülükleri
AB-15, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Estonya, İsviçre, Letonya, Lihtenştayn, Litvanya, Monako, Romanya, Slovakya, Slovenya	-8%
ABD	-7%
Kanada, Macaristan, Japonya, Polonya	-6%
Hırvatistan	-5%
Yeni Zelanda, Rusya, Ukrayna	0%
Norveç	+1%
Avusturya	+8%
İzlanda	+10%

Kaynak: ÇŞB, 2013c

Protokol'ün Ek-B'sinde yer alan Avrupa Birliği ülkelerinin kendi aralarında yaptıkları sera gazı azaltım yükümlülüğü Tablo 2.5' te yer almaktadır.

Tablo 2.5. AB-15 ülkeleri arasında yükümlülük paylaşımı

AB-15 Ülkesi	Yükümlülükler	AB-15 Ülkesi	Yükümlülükler
Lüksemburg	-28 %	Finlandiya	0 %
Almanya	-21 %	Fransa	0 %
Danimarka	-21 %	İsviçre	+4 %
Avusturya	-13 %	İrlanda	+13 %
İngiltere	-12,5 %	İspanya	+15 %
Belçika	-7,5 %	Yunanistan	+25 %
İtalya	-6,5 %	Portekiz	+27 %
Hollanda	-6,0 %		

Kaynak: ÇŞB, 2013c

Kyoto Protokolü'nün Ek-A' sında sera gazları; CO₂, CH₄, N₂O, Perfluorokarbonlar (PFCs), Hidrofluorokarbonlar (HFCs), Kükürt heksaflorür (SF₆) olarak belirtilmiş olup, ayrıca emisyonlarda sınırlandırma yapılması gereken sektörler, alt sektörler ve kaynaklar Tablo 2.6' da verilmektedir.

Tablo 2.6. Kyoto Protokolü Ek-A listesi

Sera Gazları	
Karbondiyoksit CO ₂	Hidroflorokarbonlar HFCs
Metan CH ₄	Perflorokarbonlar PFCs
Nitröz Oksit N ₂ O	Kükürt Heksaflorür SF ₆
Sektörler/Kaynak Kategorileri	
Enerji	Endüstriyel İşlemler
<u>Yakıt Yanması</u> -Enerji Endüstrileri -İmalat Endüstrileri ve İnşaat -Ulaştırma -Diğer Sektörler -Diğer	- Mineral ürünler - Kimyasal ürünler - Metal üretimi - Diğer üretim - Halokarbonlar ve kükürt heksaflorürlerin üretimi - Halokarbonlar ve kükürt heksaflorürlerin tüketimi - Diğer - Çözücü ve diğer ürün kullanımı
<u>Yakıtlardan kaynaklanan kaçak salım</u> -Katı yakıtlar -Petrol ve doğal gaz -Diğer	
Tarım	Atık
- Bağırsak fermantasyonu - Çiftlik gübresi yönetimi - Çeltik yetiştiriciliği - Tarımsal topraklar - Öngörölmüş çayırların yakılması - Tarımsal kalıntıların tarlada yakılması - Diğerleri	- Araziye katı atık bertarafı - Atık su işleme - Atık yakma - Diğer

Kaynak: ÇŞB, 2013c

Protokolün Ek-B listesinde ise; BMİDÇS Ek-I listesinin tamamı Ek-B olarak tanımlanmış ve BMİDÇS Ek-I listesinde belirtilen Taraf ülkelerin 1990 yılı baz alınarak bu yıla oranla sayısallaştırılmış salım sınırlandırma ya da azaltım taahhütleri/yükümlülükleri listelenmektedir. Ortalama salınım azaltımı %5 olarak belirlenmesine rağmen Ek-B ye göre, her ülke için belirlenen hedef farklıdır. Örneğin, AB üyesi ülkelerin salınım azaltma hedefleri %8 iken İzlanda tarafından belirlenen hedef %10 artırmaktır. Bu azaltma hedefleri 2013 yılına kadar belirlenmiştir (Tektanıl, 2008).

Protokole göre; BMİDÇS' nin Ek-I listesindeki ülkeler yani Protokolün Ek-B' sinde listelenen gelişmiş ülkeler, Protokolün Ek-A listesinde belirtilen altı sera gazından CO₂, CH₄ ve N₂O gazlarının toplam emisyonununun 2008-2012 dönemi için 1990 yılındaki seviyesinin, HFC, PFC ve SF₆ gazlarının toplam emisyonunu ise 1995 yılındaki seviyesinin % 5 altına çekmekle yükümlüdürler (birçok AB üyesi ülke için bu 2008 için beklenen sera gazı salınımlarının % 15 aşağısına denk gelmektedir). Ancak, bu süreçte pazar ekonomisine geçiş süresinde olan ülkeler için baz yılı ile ilgili olarak bir esneklik söz konusudur (Tektanlı, 2008).

Protokolün Ek-B listesinde, Sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan Türkiye ve Beyaz Rusya yer almamaktadır. Bu listede yer alan ülkeler, ilk dönem için belirli oranlarda sera gazı emisyonu yapmayı kabul etmişlerdir. Taraflar salım sınırlama veya azaltım yükümlülüklerini yerine getirmede Kyoto Protokolü kapsamında oluşturulan esneklik mekanizmalarından yararlanabilmektedir (Arı, 2010).

Protokol kapsamında BMİDÇS Ek-I ülkeleri; Ek-A'da belirtilen sera gazlarının insan kaynaklı toplam CO₂ eşdeğeri salım miktarlarının, Ek-B'de listelenen sayısallaştırılmış salım sınırlandırmaları ve azaltım yükümlülüklerini yani kendileri için tahsis edilmiş miktarı aşmayacaklarını temin edeceklerdir. Protokol'e göre; BMİDÇS' nin Ek-II listesindeki OECD üyesi gelişmiş ülkeler ise, Ek-I ülkeleri için belirlenen yükümlülükler ilave olarak sera gazı salımı azaltım çalışmalarında gelişmekte olan ülkelere finansal ve teknolojik destek sağlayacaklardır. Ayrıca, Sözleşmenin Ek-I taraflarından her biri 2005 yılına kadar bu Protokol'deki yükümlülüklerini yerine getirmede gösterilebilir bir ilerleme kaydetmiş olacaklardır. Bu tarih aynı zamanda ikinci taahhüt döneminin çalışmalarına başlanacak yıl olarak kabul edilmiştir (Arıkan, 2006).

Tüm bunları özetleyecek olursak, Protokol kapsamındaki ülkelere bakıldığında, ülkeler genel olarak iki gruba ayrılmışlardır. Bunlardan biri, BMİDÇS' de Ek-I ülkeleri olarak adlandırılan, Protokol'de ise Ek-B ülkeleri olarak adlandırılan OECD ve Pazar ekonomisine geçiş ülkeleridir. Bu ülkeler aynı zamanda gelişmiş ülkeler olarakta anılmaktadır ve sera gazı salınımlarını azaltmayı kabul etmişlerdir. Kyoto

Protokolündeki hedeflerine uymayan herhangi bir Ek-I ülkesi bir sonraki dönem azaltma hedeflerinin % 30 daha azaltılması ile cezalandırılacaktır. Diğer grup ise; Ek-I' de yer almayan gelişmekte olan ülkelerdir ve bu konuda sorumlulukları yoktur. Ancak, bu ülkeler her yıl sera gazı envanteri vermelidirler. Küresel ısınmanın azaltılmasında sorumluluğun gelişmiş ülkelerde olduğu görülmektedir (Tektanıl, 2008).

Kyoto Protokolü'ne taraf olan ülkeler; kendileri için belirlenmiş sera gazı emisyon miktarının üzerine çıkmayacağını, iklim değişimini engellemeye yönelik politikalar geliştirilip uygulayacağını, enerji verimini ve tasarrufunu artırıcı önlemler alacağını, çöp ve benzeri atıklarla birlikte ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonları sınırlandıracağını ve/veya azaltacağını, sera gazı yutaklarını koruyacağını, Protokolün hedeflerine ulaşmasını engelleyecek her türlü faaliyetleri ortadan kaldıracığını, sürdürülebilir tarım ve benzeri konulardaki bilimsel araştırmaları destekleyeceğini ve tüm bu etkinlikleri gelişmekte olan ülkelere zarar vermeyecek şekilde yapacağını kabul etmiş sayılırlar (Kadıoğlu, 2001):

2.3.1 Kyoto Protokolü'nün organları

- **Taraflar Toplantısı:** Sadece Protokole taraf olan ülkelerin hükümet temsilcilerinin yer aldığı ve Protokol ile ilgili her türlü kararın tartışılarak kabul edildiği karar organıdır.
- **CDM İcra Kurulu:** Temiz Kalkınma Düzenegi projelerinin işleyişinden sorumludur.
- **6. Madde Danışma Komitesi:** Ortak Yürütme projelerinin işleyişinden sorumludur.
- **Uygunluk Komitesi:** Bünyesindeki iki birim aracılığıyla, Taraf ülkelerin Kyoto Protokolü yükümlülüklerinin yerine getirilmesi hususundaki çalışmalarını izlemekte ve denetlemektedir.

- **Kolaylaştırıcılık Birimi:** Ülkelerin yükümlülüklerinin zamanında ve tam olarak yerine getirilmesinde yardımcı olmaktadır.
- **Yaptırım Birimi:** Yükümlülüklerini yerine getiremeyen ülkelere yönelik uygulanacak yaptırımları belirler. Ek-I ülkesinin salınım hedeflerine uymadığına karar verilmesi durumunda o ülke salınım hedefi farkı ile birlikte salınımı fazladan %30 daha azaltması gerekmektedir (Yönten, 2007).

Yukarıda sayılan organlardan Temiz Kalkınma Düzenegi İcra Kurulu, 2001 yılındaki COP 7' de, diğerleri ise 2005 yılında gerçekleştirilen COP 11' de oluşturulmuştur (Yönten, 2007).

2.3.2 Kyoto Protokolü ve Türkiye

Türkiye, 5386 Sayılı BMİDÇS'ne Yönelik Kyoto Protokolü'ne Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanun'un 5 Şubat 2009'da Türkiye Büyük Millet Meclisi'nce kabulü ve 2009/14979 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile 13 Mayıs 2009 tarih ve 27227 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmasının ardından, 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne taraf olmuştur (ÇŞB, 2013c).

Türkiye'nin İDÇS karşısındaki tutumu ile Kyoto Protokolü karşısındaki tutumu birbirinden farklılık göstermektedir. 1992-1997 arası yılları kapsayan Rio Zirvesi'nden Kyoto Protokolüne kadar olan tutumu sadece Sözleşme'nin eklerinden çıkmak şeklindeyken, Kyoto'da başlayan 1997 sonrası dönem için 2001 yılına kadar yine Sözleşme'nin eklerinden çıkmak ancak aynı zamanda sera gazı salımları için daha yumuşak bir hedef belirlemek şeklinde olmuştur (Türkeş, 2001).

Kyoto Protokolü kabul edildiğinde BMİDÇS tarafı olmayan Türkiye, Ek-I taraflarının sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüklerinin tanımlandığı Protokol'ün Ek-B listesine dâhil edilmemiştir. Dolayısıyla, Kyoto Protokolü'nün 2008-2012 yıllarını kapsayan birinci yükümlülük döneminde herhangi bir sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğü bulunmamaktadır.

2012 sonrası belirlenecek yükümlülükler bu dönemden sonra Türkiye için bağlayıcı olacaktır (ÇŞB, 2013c).

Türkiye Kyoto Protokol'ünü onaylayarak, AB sürecinde çevreyle ilgili yerine getirmesi gereken yükümlülükler açısından önemli bir aşama kaydetmiştir. Ayrıca uluslararası alanda birçok önemli görüşmelere ve çözüm arayışlarına neden olan küresel iklim değişikliği çerçevesinde, işbirliğine dayalı ve çözüm odaklı bir tavır ortaya koymuştur. Aynı zamanda Türkiye; sonraki yükümlülük dönemlerinde Kyoto Protokolü'nün sağladığı esneklik mekanizmalarından yararlanarak ciddi miktarlarda gelir sağlayabilecektir (Ayhan, 2010).

Protokol'ün Türkiye'ye sağlayacağı avantajlar yanında getirebileceği dezavantajlar da bulunmaktadır. Türkiye'nin Protokole taraf olmasıyla birlikte, Protokolün gerektirdiği yükümlülükleri uygulayarak son yıllarda yüksek oranda artan sera gazı emisyonlarını düşürmek için yapacağı çalışmalar yetersiz kaldığı takdirde ağır yaptırımlara maruz kalması muhtemeldir (Ayhan, 2010).

2.4 Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

Ek-I ülkelerinin sera gazı emisyon oranlarını azaltmak için uygulayacakları ulusal politikalar haricinde, bunlara ek olarak, "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları" olarak bilinen mekanizmaları uygulayarak belirlenen hedeflere ulaşabilecek olmaları Kyoto Protokolü'nde belirlenen önemli hususlarından birisidir (Yanarocak, 2007).

Gelişmiş ülkelerin sayısallaştırılmış sera gazı azaltım ve sınırlama hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştırmak ve emisyonlarını azaltıcı uygulamaları kendi ülkeleri dışında başka ülkelerde daha düşük maliyetlerle gerçekleştirmeleri için Protokol'de proje ve piyasa temelli esneklik mekanizmaları tanımlanmıştır (Kabacıoğlu, 2012). Bu sayede bir taraftan gelişmiş ülkeler daha düşük maliyetle hedeflerine ulaşırken, bir taraftan da gelişmekte olan ülkeler üzerlerindeki yükün bir kısmından kurtulmuş olacaklardır (Ayhan, 2010).

Ülkeler ulusal sera gazı emisyonu azaltım önlemlerinin (enerji verimliliği, yenilenebilir enerji vb.) yetersiz olduğu veya ekonomik olarak uygulanabilir olmadığı durumlarda bu mekanizmalara başvurumaktadırlar (Kabacıoğlu, 2012). “Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları” olarak adlandırılan bu mekanizmalar;

- Proje temelli mekanizmalar;
 - ✓ Temiz kalkınma mekanizması (Clean Development Mechanism-CDM)
 - ✓ Ortak yürütme mekanizması (Joint Implementation-JI)
- Piyasa temelli mekanizma;
 - ✓ Emisyon ticareti mekanizması (Emission Trading-ET)

şeklinde tanımlanmaktadır (Ayhan, 2010).

CDM ve JI proje temelli mekanizmalar olup, ET ise piyasa temelli bir mekanizmadır. Projeye dayanan esneklik mekanizmalarına konu olan projenin uygulandığı ve emisyonların azaltıldığı ülkeye “ev sahibi ülke”, bu projelerin gerçekleşmesine teknolojik ve mali destek sağlayan ve emisyonları satın alan ülkeye “yatırımcı ülke” denilmektedir. Hem yatırımcı konumundaki alıcılar hem de ev sahibi konumundaki satıcılar kamu sektöründen veya özel sektörden olabilmektedir (Karakaya, 2008).

CDM projeleri sonucu kazanılan 1 ton CO₂ eşdeğer sera gazı emisyonuna denk olan emisyon kredisine CER; Ortak Yürütme projeleri sonucu kazanılan 1 ton CO₂ eşdeğer sera gazı emisyonuna denk olan emisyon kredisine ERU; ve Kyoto Protokolünün Ek-B listesinde yer alan ülkelere tahsis edilen emisyon salma hakkının 1 ton CO₂ eşdeğer sera gazı emisyonuna ise AAU denilmektedir (Arı, 2010).

Temiz Kalkınma Mekanizması sonucu CER ya da Ortak Yürütme projeleri sonucu ERU kazanan bir yatırımcı ülke, bu kredileri üçüncü kişilere de satarak emisyon ticareti yapabilmektedir (UNFCCC, 2007).

Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarından yararlanabilecek ülke grupları Tablo 2.7’ de yer almaktadır.

Tablo 2.7. Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları

Mekanizma Türü	Kyoto Protokolünün İlgili Maddesi	Katılımcı Ülkeler		Emisyon Birimi
		Yatırımcı Ülke (Karbon Alıcı)	Ev Sahibi Ülke (Karbon Satıcı)	
CDM	12.Madde	Ek-B Ülkeleri	Ek-I Dışı Ülkeler	CER
JI	6.Madde	Ek-I Ülkeleri		ERU
ET	17.Madde	Ek-B Ülkeleri		AAU

Kaynak: ÇOB, 2008b

Tablo 2.7’de de görüldüğü üzere; Kyoto Protokolüne göre Emisyon Ticareti (ET) ve Ortak Uygulama (JI) mekanizmaları Ek-I (Ek-B) ülkeleri arasında, Temiz Kalkınma Mekanizması ise Ek-I ve Ek-I dışı ülkeler arasında yapılabilir.

Temel ilkeleri Kyoto Protokolü ile belirlenen Temiz Kalkınma, Ortak Yürütme ve Emisyon Ticareti Mekanizmalarının işleyişi ve uygulamaya yönelik kararları ile belirsizlikleri ortadan kaldırmaya yönelik kuralları, izleme, raporlama sistemleri ve tüm ayrıntılar 2001 yılındaki BMİDÇS’ nin 7. Taraflar Toplantısında nihai halini alan Marakeş Mutabakatı ile belirlenmiştir (UNFCCC, 2007).

Ayrıca, zorunlu emisyon pazarları dışında sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde kurulmuş ve gönüllülük ilkesi kapsamında yürütülen gönüllü emisyon pazarı da mevcuttur (Rende, 2013). Başka bir deyişle; karbon piyasaları zorunlu (Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları) ve gönüllü olmak üzere iki kategori altında incelenmektedir. Protokolde tanımlanan esneklik mekanizmaları aşağıda anlatılmaktadır:

2.4.1 Zorunlu karbon piyasası

- **Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism-CDM)**

CDM, Ek-I ülkelerinin Kyoto Protokolü kapsamındaki sera gazı azaltım hedeflerine mümkün olan en az maliyetle ulaşmalarını sağlamak ve geliştirmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak için oluşturulmuştur (Ayhan, 2010).

Proje temelli esneklik mekanizmalarından ilki olan Temiz Kalkınma Mekanizması (CDM), Protokolün 12. maddesi ile düzenlenmiştir. Bu mekanizmaya göre; sera gazı azaltım hedefi belirlemiş Ek-I ülkeleri, azaltım hedefi belirlememiş Ek-I dışı ülkelerde uygulayacakları projeler kapsamında teknoloji transferi gerçekleştirerek sera gazı emisyonlarında azaltım sağlamış olacaktır. Bu sayede sertifikalandırılmış emisyon azaltım kredisi (CER) kazanarak, kazanılan miktar kadar emisyon hakkı elde edeceklerdir. Bir başka deyişle; kazanmış olduğu bu miktarı kendi emisyon azaltım hedefinden düşebileceklerdir. Tarafların, CDM' den yararlanabilmeleri için Kyoto Protokolü'nü imzalamış olmaları gerekmektedir. Bu şart Ek-I ülkeleri için de Ek-I dışı ülkeler için de geçerlidir (ÇOB, 2008b).

Ancak bu projelerdeki başlıca sorun, ülkeler arasındaki adil dağılımıdır. Örneğin Afrika kıtası gibi en az gelişmiş ülkelerin yeterince bu projelerden faydalanmadığı görülmektedir. Çünkü Afrika kıtasında bir ülkede böyle bir projenin hazırlanması, faaliyete sokulması ve kredilendirilmesine kadarki süreçler için gerekli altyapı yetersizliği böyle bir projeyi pahalı hale getirmektedir. Halbuki bir CDM projesinin yatırımcı ülke tarafından desteklenmesi için mümkün olduğunca fazla miktarda emisyon azaltıyor olması ve yatırım riski ile işlem maliyetlerinin düşük olması gerekmektedir. Bunun için önerilen çözüm yollarından biri, yatırımcı ülkeye belirli kıta, bölge ve ülkelere minimum ortak proje yapma ya da o ülkelerde yapılan projeleri satın alma yükümlülüğü getirilmesidir (Karakaya, 2008).

- **Ortak yürütme mekanizması (Joint Implementation -JI)**

JI de CDM' de olduğu gibi projeler yoluyla çalışmaktadır. Ancak CDM Ek-I ülkeleriyle Ek-I dışı ülkeler arasında gerçekleştirilirken, JI sadece Ek-I ülkeleri arasında gerçekleştirilmektedir (Ayhan, 2010).

Diğer bir proje temelli bir esneklik mekanizması olan ve Protokolün 6. Maddesi ile düzenlenen Ortak Yürütme Mekanizması herhangi bir Ek-I ülkesi başka bir Ek-I ülkesinde emisyon azaltımına yönelik ortak proje yürütebilir. Bir başka deyişle; Ek-I ülkeleri JI ile kendi aralarında emisyon azaltımı veya yutak alanlarının artırılması ile ilgili projeler gerçekleştirebilirler. Hazırlanan bu projeler yoluyla emisyon azaltımı gerçekleştiren yatırımcı Ek-I tarafı ülke; emisyon azaltım kredisi (ERU) kazanarak, bunu kendi ülke taahhüdünü yerine getirmede kullanmakta ya da piyasalarda satmak için kullanabilir. Ev sahibi ülkede yapılan emisyon azaltım faaliyetleri sonucu kazanılan emisyonlar ev sahibi ülkenin AAU'ndan düşülmektedir (UNFCCC, 2007).

Bir JI projesinin gerçekleştirilebilmesi için; tarafların Kyoto Protokolü'nü imzalamış olmaları, gönüllü olmaları ve sera gazı emisyonlarıyla ilgili çalışmalarını gerçekleştirebilmek için ulusal bir sistem oluşturmaları gerekmektedir. JI projelerinin kapsayacağı sektörler ve sınırları, ülkelerin önceliklerine uygun olarak kendi tercihlerine bırakılmıştır. Ancak bu noktada temel koşul, projelerin ülkelerde öncelikli olarak sürdürülebilir kalkınma politikasını destekler nitelikte olmasıdır. Ayrıca proje mutlaka ülkeye, projenin bulunmadığı döneme kıyasla ilave bir sera gazı azaltımı sağlamalıdır ve projeyi uygulayan ülkenin kendi ülkesinde gerçekleştirdiği iklim değişikliğini önlemeye yönelik çalışmaları da destekler nitelikte olmalıdır. Bu projeler, enerji, tarım, ulaştırma ve endüstri gibi birçok sektörde uygulanabilme özelliğine sahiptirler (Karakaya, 2008).

- **Emisyon Ticareti (Emission Trading -ET)**

Emisyon ticareti genel olarak; çevresel amaçlara ve hedeflere ulaşabilmek için insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında, toplam maliyetin düşürülmesi için kullanılan bir araçtır. Bu ticarete, emisyon kredilerinin veya tahsisatlarının alım satımı gerçekleştirilmektedir. Emisyon kredisi; belirli bir zaman diliminde, tanımlanmış olan sera gazlarının sayısal olarak belirlenmiş miktarlarının salınım hakkı veya proje faaliyetleri (CDM ve JI) sonucu elde edilen emisyon azaltım miktarının karşılığıdır. Emisyon ticaretine konu olan sera gazları Kyoto Protokolünün Ek-A'sında tanımlanmıştır (Arı, 2010).

Kyoto Protokolünün 17. Maddesi ile düzenlenmiş olan bu Emisyon Ticareti, diğer iki esneklik mekanizmasından farklı olarak piyasa temelli bir mekanizmasıdır. Buna göre mekanizma, Kyoto Protokolü'nde sayısal emisyon azaltım yükümlülüğü almış Ek-I ülkelerinin kendileri için Ek-B'de belirlenmiş olan emisyon azaltım miktarlarının bir bölümünün ticaretini yapmasına olanak tanımaktadır. Böylece; taahhüt edilen emisyon miktarından daha fazla azaltım yapan taraf ülke, emisyonundaki bu ilave azaltımı bir başka Ek-I ülkesine satabilir (Kabacıoğlu, 2012).

Diğer bir ifadeyle mekanizma gereğince; Kyoto Protokolü'nde emisyon azaltım hedefi almış olan Ek-I ülkelerinin Kyoto Protokolü 1. döneminde (2008-2012) kirletebileceği maksimum miktarı gösteren toplam "Tahsis Edilmiş Emisyon Miktarı" belirlenmekte ve dolayısıyla hedefin altında ya da üstünde salım yapan bu ülkeler, karşılıklı olarak "Tahsis Edilmiş Emisyon Birimi-AAU" ticareti yapabilmektedir (Ayhan, 2010).

Satılan haklar iki taraf ülke arasında olabildiği gibi bu ülkelere ait iki şirket arasında da gerçekleşebilmektedir. ET'de taraflar, belirlenmiş emisyonların kullanmadıkları birimlerini, CDM'den kazandıkları CER'lerini ve JI'dan kazandıkları ERU'larını satabilirler. Uluslararası emisyon ticaretine Ek-I ülkelerinin katılım koşulları JI ile aynıdır (Karakaya, 2008).

Kyoto Protokolündeki bir Ek-B ülkesi, BMİDÇS Sekretaryasına AAU miktarının yer aldığı raporu sunduktan sonra 16 ay içinde Emisyon Ticaretinden faydalanabilmek için Uygunluk Kriterlerini yerine getirmelidir. Emisyon ticaretinin gerçekleştirilebilmesi için emisyon sertifikalarının transfer edilebilir özellikte olması gerekmektedir (Freestone ve Streck, 2005).

2.4.2 Gönüllü karbon piyasası

Gönüllü Karbon Piyasaları; bireylerin, kurum ve kuruluşların, firmaların, sivil toplum örgütlerinin faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı salımlarının gönüllü olarak azaltımını ve/veya dengelenebilmesini kolaylaştırmak amacıyla oluşturulan, zorunlu emisyon pazarları dışında sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde kurulmuş ve gönüllülük ilkesi çerçevesinde işleyen bir pazardır. Devletin belirlediği politikalar ve hedeflerden bağımsız olarak geliştirilebilir ve katılım için bir sınırlama yoktur (Arıkan ve Özsoy, 2008).

Bu süreç, Kyoto Protokolü kapsamında zorunlu olarak uygulanan Esneklik Mekanizmalarına benzer bir süreçtir. Kamunun bu sürece ulusal yükümlülükler kapsamında dâhil olmaması, gönüllü karbon piyasalarını Kyoto Protokolü kapsamındaki zorunlu süreçlerden ayıran en önemli farklılıkların başında gelmektedir. Gönüllü emisyon ticareti, uluslararası hukuki bir taahhütten bağımsız olarak gönüllülük ilkesi çerçevesinde emisyon azaltım maliyetini düşürmeyi amaçlamaktadır. Bu ticaret, kamu kuruluşlarına, özel şirketlere, sivil toplum kuruluşlarına, uluslararası organizasyonlara (olimpiyatlar, konferanslar, konserler), ve şahıslara açık yapıdadır. Gönüllü emisyon ticaretinde yer alan ilgili taraflar, hükümet politikaları ve hedeflerinden bağımsız olarak sera gazı emisyonlarını gönüllü olarak azaltmayı ve/veya denkleştirmeyi hedeflemektedir (Arı, 2010).

Gönüllü emisyon ticaretinde Kyoto Protokolü kapsamında yer almayan sektörler (örneğin: sivil havacılık), nihai tüketici konumunda bulunanlar (örneğin: elektrik kullanımı) ve de Kyoto Protokolüne taraf olmayan ülkeler yer almaktadır. Bu karbon piyasası sayesinde, ülkeler gelecekteki muhtemel ticaret sistemlerine hazırlık

yapmaktadırlar (Edward, 2008). Söz konusu ticarete, Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarında olduğu gibi emisyon azaltım projelerinin özgün faydası ve sürdürülebilir kalkınmaya katkısı aranmaktadır. Projelerin yüksek enerji verimliliği ve düşük emisyon yoğunluğu gibi kriterler çerçevesinde ekonomiye katkı sağlaması beklenmektedir (Goumas, 2007).

Bu pazarda; “bir yerden salınan sera gazının, başka bir yerden salınacak aynı miktardaki sera gazının önlenmesiyle veya atmosferdeki aynı miktardaki sera gazının hapsedilmesiyle nötrleştirilmesi” olarak tanımlanan karbondioksit denkleştirme mantığıyla işleyen proje temelli mekanizmalar sayesinde üretilen emisyon azaltım kredilerinin ticareti yapılmaktadır (Kabacıoğlu, 2012).

Bu piyasada ticareti yapılan emisyon kredilerine gönüllü emisyon azaltımı (Voluntary Emission Reduction, VER) adı verilmektedir. Gönüllü piyasadaki alınan emisyon kredileri ülkelerin Kyoto Protokolü kapsamındaki taahhütlerini karşılamada kullanılamamaktadır. Bu durum, VER kredilerinin birim fiyatının, Kyoto Protokolü altındaki CER ve ERU kredilerine göre daha düşük olmasına neden olmuştur. Hukuki olarak sera gazı emisyon azaltımında bulunmayan ve emisyonlarını denkleştirmek isteyen taraflar için gönüllü piyasadaki emisyon sertifikalarının ucuz olması önemli bir unsurdur (House of Commons, 2007). Faaliyetleri çerçevesinde oluşturdukları sera gazlarını azaltmak ya da dengelemek isteyen firmalar, emisyon miktarlarını hesaplamakta, emisyon azaltımı sağlayan projelerin ürettiği karbon kredilerini sosyal sorumluluk prensibi çerçevesinde satın almaktadırlar (ÇOB, 2009a).

Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları, iklim değişikliğiyle ilgili projeler geliştirilmesini ve sera gazı azaltım hedeflerine sahip olmayan ülkeleri bu yönde teşvik etmesi açısından son derece yararlı olmuştur. Ancak uygulamada özellikle gelişmiş ülkelerin sera gazı salımını azaltım yoluna gitmeleri yerine bu mekanizmaları kullanarak hak satın almaya başlamaları Protokolün yürütülmesi sürecinde birtakım çelişkilerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Ülkeler, Kyoto Protokolü karşısındaki tutumları açısından da gelişmekte olan ülkeler ve gelişmiş

lkeler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Gelişmekte olan ülkeler ve gelişmiş lkeler Kyoto Protokolü'ne kendi açılardan yaklaşmakta ve Protokolü kendi çıkarları açısından değerlendirmektedirler. Gelişmekte olan ülkeler, küresel iklim değişikliğine yol açan sera gazı emisyonlarının atmosfere salımından gelişmiş ülkeleri sorumlu tutarak bedelin bu ülkeler tarafından ödenmesi gerektiğini savunurlarken; gelişmiş ülkeler ise, gelişmekte olan ülkelerin–zellikle Hindistan ve Çin gibi son yıllarda çok hızlı bir gelişme gösteren ülkelerin–sera gazı salımına en az kendileri kadar katkı yaptıklarını iddia ederek bu ülkelerin de salım azaltımında sorumluluk almasını istemektedirler (Ayhan, 2010).

2.4.3 Esneklik mekanizmaları ve Türkiye

Türkiye'nin; BMİDÇŞ' nin Ek-I listesinde yer almasına rağmen, Kyoto Protokolü'nn 2008-2012 yılları arasındaki 1. yükümlülük dönemi için sera gazı emisyonu azaltma ya da sınırlama hedefi belirlemeyen bir ülke olması, Türkiye'nin diğer Ek-I ülkelerinden farklı olmasının ilk somut göstergelerinden biri olarak değerlendirilebilir. Türkiye; BMİDÇS Ek-I listesinde yer alması nedeniyle CDM projelerine ev sahipliği yapamamakta, emisyon azaltım hedefi belirlenmediği için de esneklik mekanizmalarında yatırımcı olarak yer alma zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu nedenle, 2008-2012 döneminde Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarında yatırımcı (karbon alıcı) ya da ev sahibi (karbon satıcı) lke olarak yer alamamıştır (Kabacıoğlu, 2012).

Toplam emisyonları ve GSYH başına düşen emisyon miktarı Ek-I dışında yer alan birçok ülkeden daha düşük seviyede olması ve sanayileşme sürecini tamamlamaması nedeniyle, BMİDÇS ve Kyoto Protokolü çerçevesinde gelişmekte olan bir ülke muamelesi görmesi gereken Türkiye, esneklik mekanizmalarından diğer gelişmekte olan ülkelerin aksine faydalanamamıştır. Türkiye; iklim değişikliği ile mücadele sürecinde, sözkonusu esneklik mekanizmalarından yararlanamamış olmasından dolayı teknoloji transferini yüksek maliyetlerle gerçekleştirmek zorunda kalmıştır. Böylece gerek emisyon azaltımı gerekse iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum için gerekecek finansman kaynaklarını geliştirememiştir (Arı, 2010).

Türkiye, her ne kadar Kyoto Protokolü'nün emisyon ticaretine konu olan esneklik mekanizmalarından yararlanamamış olsa da; bu mekanizmalardan bağımsız olarak işleyen, çevresel ve sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde kurulmuş Gönüllü Karbon Piyasası'na yönelik projeler 2005 yılından beri geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Gönüllü Karbon Piyasası, Dünya Karbon Piyasası içerisinde çok küçük bir yüzdeyi temsil etmekle birlikte bu piyasayı hali hazırda etkili biçimde kullanmakta olan Türkiye'ye ileriye dönük karbon piyasalarına katılımı açısından da bir fırsat sunmaktadır. Gönüllü emisyon ticareti sistemi, 2012 sonrası iklim rejimine dönük Türkiye'nin teknik alt yapısının güçlenmesine katkı sağlamasının yanı sıra, yatırımcılar için temiz teknolojilere yatırımı daha cazip hale getirdiği söylenebilir (Rende, 2013).

Kyoto Protokolü altında yürüyen bu mekanizmalardan bağımsız olarak yürüyen bu Pazar 2012 yılına kadar uygulanabilecek tek seçenek olmuştur. 2012 sonrası dönemde emisyon ticareti mekanizmalarından Türkiye'nin ne şekilde yararlanacağı, alacağı konuma göre belli olacaktır (ÇOB, 2008b).

Ayrıca; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca gönüllü karbon piyasalarının daha etkin işlemesi ve proje geliştiricilere yol göstermesi amacıyla Sera Gazı Emisyon Azaltımı Sağlayan Projelere İlişkin Sicil İşlemleri Tebliği 7 Ağustos 2010 tarih ve 27665 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Sicile kaydı yapılacak projeler aracılığıyla, Türkiye'de üretilen karbon sertifikalarının güvenilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır (Kabacıoğlu, 2012).

2.5 BMİDÇS ve Kyoto Protokolü Arasındaki Temel Farklılıklar

Her ikisi de atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı hedeflemekteyse de, aralarında bazı temel farklılıklar bulunmaktadır. Sözleşme ve Protokol arasındaki temel farklılıklar Tablo 2.8' de verilmektedir (Arıkan, 2006).

Tablo 2.8. BMİDÇS ve Kyoto Protokolü karşılaştırması

BMİDÇS	KYOTO PROTOKOLÜ
Tüm iklim görüşmelerinin temel metnidir.	1.dönem (2008-2012) için yükümlülükler tanımlıdır. 2005 yılından itibaren 2012 sonrası dönem için (süre, yükümlülük oranları, ülkeler) yeni görüşmeler yapılır.
Sanayileşmiş ülkelerin sera gazı salımları ile ilgili bağlayıcı olmayan bir yükümlülük tanımlamıştır.	Sanayileşmiş ülke taraflarına bağlayıcı sera gazı salım sınırlama ve azaltım yükümlülükleri getirmiştir.
Yürürlüğe girmesi için 50 ülkenin taraf olması yeterlidir.	Yürürlüğe girmesi için 55 ülkenin taraf olması ve bu ülkelerin toplam salımlarının da Ek-I ülkelerinin toplam salımlarının %55' ini aşması gereklidir.
Sera gazları tanımlanmamaktadır.	Protokol kapsamında azaltılması hedeflenen gazlar (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, PFC, HFC, SF ₆) Ek-A listesinde belirtilmiştir.
Sadece ana sektörler (enerji, sanayi, ulaştırma, tarım, atık, ormancılık) belirlenmiştir.	Salımların sınırlandırılması kapsamında ele alınacak alt sektörler Ek-A listesinde tanımlanmıştır. Dolayısıyla bazı alt sektörler kapsam dışına alınmıştır. (Örneğin: Uluslararası sivil havacılıktan kaynaklanan salımlar)
Ek-I ülkelerinin 2000 yılında sera gazı salınımlarını 1990 yılı seviyesine indirmesi hedefi sadece iyi niyet düzeyindedir.	1.dönemde (2008-2012) her bir Ek-I ülkesinin sayısal sera gazı emisyon azaltım hedefi Ek-B listesinde belirtilmiştir.
Listelerin oluşumu için sadece OECD üyeliği ve sanayileşmişlik derecesi esas alınmaktadır.	Müzakereler sonucunda Ek-I listesindeki her ülke, Ek-B listesinde kendisi için farklı bir yükümlülük belirlenmiştir.
Yaptırım gücü zayıftır.	Hedeflerin tutmaması halinde sonraki dönemler için yükümlülükler ağırlaştırılmıştır.
Esneklik kuralları sadece belli ülkeler (PEGSÜ) için geçerlidir.	Tüm taraf ülkeler kurallarına uymak şartıyla esneklik mekanizmalarına (CDM, JIM, ETM) katılabilir.
Taraflar konferansında kabul edilen bir değişiklik, 6 ay içerisinde itiraz edilmezse yürürlüğe girer.	Değişikliğin yürürlüğe girebilmesi için taraf ülkelerin 3/4'ünün onay belgeleri gerekmektedir.
Uyum konusu sınırlı da olsa dile getirilir.	Uyum konusu, CDM gelirleriyle oluşturulacak bir fon dışında ele alınmaz.
Ek-I dışı ülkelerin yükümlülükleri tanımlanır.	Ek-I dışı ülkeler için yeni hiçbir yükümlülük getirmez, onlara CDM projelerine ev sahipliği hakkı tanır.
Karar alma ve uygulama organları vardır.	Yaptırım gücüne sahip uygunluk komitesi vardır.

Tablo 2.8’den de anlaşılacağı üzere, Kyoto Protokolü BMİDÇS’ nin devamı niteliğinde bir anlaşma olup; BMİDÇS’ nin uygulanabilmesi için hukuki açıdan zorunluluk getirmesi amacıyla yürürlüğe girmiştir.

2.6 Türkiye’nin İklim Değişikliği Çalışmaları

2.6.1 İklim değişikliği ve hava yönetimi koordinasyon kurulu (İDHYKK)

BMİDÇS ve iç mevzuatımızdan kaynaklanan sorumluluklar çerçevesinde; ulusal hava emisyonları ile sera gazı emisyon envanterinin ülkemize özgü bilgileri içerecek şekilde iyileştirilmesi, sektörel olarak emisyon oluşumuna katkısı bulunan faaliyet alanlarına bağlı detaylı bilgi toplanması, ulusal emisyon faktörlerinin geliştirilmesi, iklim değişikliğinin zararlı etkilerinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması, bu konuda ülkemizin şartları da dikkate alınarak uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi, emisyon azaltımına esas stratejilerin ortaya konulması amacıyla İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu ve Hava Emisyonları Koordinasyon Kurulu kurulmuş ve daha sonra söz konusu kurullar yeniden yapılandırılarak, “İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu” adı altında birleştirilmiştir. Bu Kurul, 2013/11 Sayılı Başbakanlık Genelgesi ile 7 Ekim 2013 tarih ve 28788 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (ÇŞB, 2013d).

Söz konusu Kurul; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı başkanlığında olmak üzere, Avrupa Birliği, Bilim, Sanayi ve Teknoloji, Dışişleri, Ekonomi, Enerji ve Tabii Kaynaklar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık, İçişleri, Kalkınma, Maliye, Milli Eğitim, Orman ve Su İşleri, Sağlık, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlıklarının Müsteşarları, Hazine Müsteşarı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Başkanı, Türk Sanayici ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) ve Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (MÜSİAD) Genel Sekreterlerinden oluşmaktadır (ÇŞB, 2013d).

İDHYKK'ya bağılı olarak teknik çalışma grupları oluşturulmuş olup; bu gruplar tarafından yürütölen projeler;

- Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Bildiriminin Hazırlanması
- Türkiye'nin İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Projesi
- Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planının Geliştirilmesi Projesi
- İklim Değişikliği ile Mücadele İçin Kapasitelerin Artırılması Projesi
- HCFC Sonlandırma Yönetim Planının Hazırlanması Projesi
- Kurumsal Kapasite Geliştirme Projesi
- Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Bertarafı Projesi şeklinde örneklendirilebilir (ÇŞB, 2013d).

2.6.2 İklim değişikliği ulusal strateji belgesi (İDES)

3 Mayıs 2010 tarihinde yayımlanan İklim Değişikliği Ulusal Strateji Belgesi 2010-2020 dönemini kapsamakta olup; ilgili sektörlerde sera gazı emisyonu kontrolü ve iklim değişikliğine uyuma yönelik stratejik ilkeleri ve hedefleri belirlemek amacıyla hazırlanmıştır (Demirbolat, 2011)

Sera gazı emisyon kontrolü kavramı İDES' te; enerji, ulaştırma, sanayi, atık, arazi kullanımı, tarım ve ormancılık başlıkları altında incelenmektedir. Söz konusu başlıklar altında kısa, orta ve uzun vadeli hedefler belirlenmiş olup; ulaştırma sektörüne ait hedefler aşağıdaki gibidir:

Kısa Vade

- Kısa vadeli hedef bulunmamaktadır.

Orta Vade

- Yük ve yolcu taşımacılığında demiryolu, denizyolu ve havayolunun payının ve kapasite kullanım oranının artırılması için planlar geliştirilecektir.
- Kombine taşımacılığın geliştirilmesi ile ilgili potansiyel analiz çalışması yapılacaktır.

- Kısa mesafeli deniz ve göl taşımacılığı desteklenecektir.
- Şehirlerde bisiklet gibi çevre dostu ulaşım araçlarının kullanımının yaygınlaştırılmasına ve yaya ulaşımına imkân veren düzenlemeler özendirilecektir.
- Özellikle büyükşehirlerde metro ve hafif raylı sistemler ile toplu taşıma sistemleri yaygınlaştırılacaktır.
- Kentlerde kullanılan toplu taşıma araçlarında alternatif yakıt ve temiz araç teknolojilerinin kullanılması yaygınlaştırılacaktır.
- Yol ağının geometrik ve fiziki standartlarının daha az yakıt sarfiyatı sağlamak amacıyla yükseltilmesine yönelik Ar-Ge çalışmaları yapılacaktır.
- Akıllı ulaşım sistemi uygulamaları geliştirilecektir.
- Ulaşımında enerji verimliliğini artıracak uygulamalar geliştirilecektir.

Uzun Vade

- Yük ve yolcu taşımacılığında %2 olan demiryolu ve denizyolunun payı arttırılacak ve havayolu taşımacılığı desteklenecektir.
- Alternatif yakıt, CO₂ ve NO_x emisyonlarını en aza indirebilen yeni teknoloji ürünü motorların ve hibrit gibi çevre dostu ulaşım araçlarının kullanımı yaygınlaştırılacaktır (ÇŞB, 2012c).

2.6.3 İklim değişikliği ulusal eylem planı (İDEP)

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda hazırlanan İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (İDEP); 2011 yılı Temmuz ayında yayımlanmış olup, 2011-2023 yıllarını kapsamaktadır. İDES'in uygulamaya geçirilmesinin temini için hazırlanmış olup genel amacı; *“sera gazı emisyonlarını sınırlandırmaya yönelik ulusal koşullara uygun eylemler belirleyerek iklim değişikliği ile mücadele edilmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin yönetilerek dayanıklılığın artırılması ve böylece Türkiye’de iklim değişikliği ile mücadele ve uyumun teşvik edilmesidir.”* (ÇŞB, 2012b).

İlgili tüm bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşları, sivil toplum kuruluşları, özel sektör, akademisyenler ile uluslararası örgütlerin katılımı ile hazırlanan İDEP; iklim değişikliğiyle mücadelede, ülkenin bütün sektörlerini kapsayan kısa, orta ve uzun vadeli hedefleri ortaya koyan bir yol haritası niteliğindedir (ÇŞB, 2012b).

Kyoto Protokolü'nün Ek-A listesinde yer alan sektörler ile BMİDÇS' nin İklim Değişikliği Ulusal Bildirim raporlama formatında yer alan sektörler esas alınarak oluşturulan İDEP' te Enerji, Binalar, Ulaştırma, Sanayi, Atık, Tarım, Arazi Kullanımı ve Ormancılık, Sektörler Arası Ortak Konular ve İklim Değişikliğine Uyum başlıkları altında amaçlar, hedefler, eylem alanları ve eylemler bulunmaktadır (Tablo 2.9).

Tablo 2.9. İDEP'in ulaştırma başlığı altındaki amaç ve hedefleri

AMAÇLAR	HEDEFLER
İntermodal taşımacılık sistemi geliştirilerek yk ve yolcu taşımacılığında ulaşım türlerinin dengeli kullanımının sağlanması	2023 yılı itibariyle demiryollarının yk taşımacılığındaki (2009 yılında %5 olan) payının %15'e, yolcu taşımacılığındaki (2009 yılında %2 olan) payının %10'a çıkarılması
	2023 yılı itibariyle denizyollarının kabotaj yk taşımacılığındaki (2009 yılında ton-km olarak %2,66 olan) payının %10'a, yolcu taşımacılığındaki (2009 yılında yolcu-km olarak %0,37 olan) payının %4'e çıkarılması
	2023 yılı itibariyle karayollarının yk taşımacılığındaki (2009 yılında ton-km olarak %80,63 olan) payının %60'ın altına, yolcu taşımacılığındaki (2009 yılında yolcu-km olarak %89,59 olan) payının %72'ye düşürülmesi
	2023 yılına kadar "Ulaştırma Ana Planı" nın hazırlanması ve uygulamaya konması
Kentsel ulaşımın sürdürülebilir ulaşım ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılması	Kent içi ulaşımda, bireysel araç kullanımından kaynaklı emisyon artış hızının sınırlandırılması
	Kentlerde sürdürülebilir ulaşım planlama yaklaşımlarının uygulanması için 2023 yılı sonuna kadar kentsel ulaşıma ilişkin gerekli mevzuat, kurumsal yapı ve rehber belgelerinin oluşturulması
Ulaşım sektöründe alternatif yakıt ve temiz araç teknolojilerinin kullanımının yaygınlaştırılması	2023 yılına kadar alternatif yakıt ve temiz araç kullanımını arttırmaya yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve kapasitenin geliştirilmesi
	2023 yılına kadar kentsel ulaşımda alternatif yakıt ve temiz araç kullanımını özendirici yerel tedbirlerin alınması
Ulaşım sektöründe enerji tkretiminde verimliliğin arttırılması	2023 yılına kadar ulaşımda kullanılan enerji tkretiminin sınırlandırılması
Ulaşım sektöründe bilgi altyapısının geliştirilmesi	2016 yılı sonuna kadar taşıma ve yolculuk verileri ile sera gazı emisyon verilerini içeren düzenli, güvenilir ve sürdürülebilir bir bilgi altyapısının oluşturulması

Kaynak: şB, 2011

Söz konusu Eylem Planında Ulaştırma Sektörüne ait 5 Ana Amaç bulunmaktadır. Bu amaçların altında 10 hedef, hedeflerin altında 28 eylem alanı ve bu eylem alanlarının altında ise 75 adet eylem bulunmaktadır. Özetle; bu Eylem Planı ile karayolu yerine demir ve deniz yollarına ağırlık verilmesi amaçlanmıştır.

2.6.4 İklim değişikliği ulusal bildirimleri

Ulusal Bildirimler, tüm BMİDÇS taraflarınca periyodik olarak BMİDÇS Sekretaryasına sunulması gereken raporlardır. Türkiye, 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'ne taraf olmuş olup; söz konusu sözleşmenin sorumlulukları gereğince İklim Değişikliği Ulusal Bildirimlerini BMİDÇS Sekretaryasına sunmakla yükümlüdür. Bir ülkenin iklim değişikliği hususunda mevcut ve gelecek durumunu ortaya koyabilmesi açısından, bilimsel yöntemler ve tüm paydaşların etkin katılımı ile hazırlanması gereken Ulusal Bildirimler;

- Ulusal şartlar
- Sera gazı emisyon ve yutak envanteri
- Politika ve önlemler
- Sera gazı projeksiyonları
- İklim değişikliği etkileri, etkilenebilirlik ve uyum
- Finans ve teknoloji
- Araştırma ve sistematik gözlem
- Eğitim, öğretim ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi

başlıkları altında sekiz bölümden oluşmaktadır (Kabacıoğlu, 2012).

İlk Ulusal Bildirim, Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda, Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından finansal olarak desteklenen ve UNDP'nin uygulayıcı kuruluş olduğu bir proje kapsamında hazırlanmış, Ocak 2007'de yayımlanmıştır (Kuntasal, 2011).

Söz konusu Bildirim, Türkiye'deki sera gazlarının 1990-2004 dönemine ait envanterini hazırlamayı, sera gazı emisyonlarındaki artışı hafifletmek için alınabilecek tedbirleri analiz etmeyi, enerji politikası alternatiflerinin iklim değişikliği üzerinde yaratacağı maliyet ve faydaları değerlendirmeyi, sahip olunan bilimsel ve teknik potansiyel ile kurumsal altyapıyı geliştirmek ve sürekli bilgi akışı sağlayabilmek için Türkiye'de bir bilgi ve veri ağı oluşturma kapasitesini geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu Bildirim'de; 1990–2004 yılları arası sera gazı emisyon envanteri, emisyon kaynakları ve bunlara bağlı olarak azaltım potansiyeli, politika ve tedbirler, enerji politikalarına göre sera gazı emisyon projeksiyonları, iklim değişikliğinin Türkiye'ye etkileri, yutak alan kapasitesi, eğitim ve kamuoyunu bilinçlendirme gibi konular yer alarak Türkiye'nin yol haritası oluşturulmaya çalışılmıştır (ÇOB, 2007).

2007 yılında sunulan 1. Ulusal Bildiriminin ardından, Haziran 2013 tarihinde 5. Ulusal Bildirim (2, 3, 4 ve 5. Bildirimler tek bir başlık altında toplanarak) yayımlanmış ve Ekim 2013 tarihinde ise BMİDÇS Sekretaryasına sunulmuştur. İklim Değişikliği 6. Ulusal Bildirimi'nin hazırlanması içinse, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü arasında 27 Aralık 2013' de sözleşme imzalanmıştır (TÜBİTAK, 2014).

İklim Değişikliği 6. Ulusal Bildirimi'nde, önceki bildirimlerde ele alınan konular gözden geçirilerek BMİDÇS Ulusal Bildirim Raporlama Kılavuzu esas alınarak güncellenecek olup, bu konular arasında; ulusal şartlar, sera gazı emisyon envanteri, iklim değişikliğinin etkileri, etkilenebilirlik ve uyum önlemleri, politika ve önlemler, eğitim, öğretim ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi, araştırma ve sistematik gözlem, finans kaynakları ve teknoloji transferi konuları da bulunacaktır (Kabacıoğlu, 2012). 24 ay sürecek olan bu çalışma kapsamında, aynı zamanda sera gazı emisyonlarına ilişkin projeksiyonlar hazırlanarak, azaltım önlemleri ve emisyon ticareti, karbon vergisi gibi mekanizmaları içeren sektörel analizler de yapılacaktır (TÜBİTAK, 2014).

3. IPCC VE SERA GAZI EMİSYONU HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

3.1 Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)

Dünya genelinde bir çevre bilincinin ortaya çıkması ve çevresel bozulmanın canlı yaşamı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaya başladığının anlaşılmasıyla birlikte, özellikle uluslararası alanda önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. 1988 yılında Kanada'nın Toronto kentinde düzenlenen "Değişen Atmosfer Konferansı" sonucunda Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) ortak girişimiyle "Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)" kurulmuştur (Yanarocak, 2007).

Bu panelin amacı, *"insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik açıdan araştırılması, değerlendirilmesi ve adaptasyon seçeneklerinin geliştirilmesi"*dir (IPCC, 1988). Söz konusu panel, üç adet çalışma grubundan (Working Group-WG) oluşmaktadır. Çalışma Grubu I; bilim değerlendirmesi, Çalışma Grubu II; etki değerlendirmesi ve Çalışma Grubu III ise; iklim değişikliği azaltım politika ve stratejileri ile ilgili çalışmaktadır (IPCC, 2014).

IPCC; yaklaşık beş yılda bir düzenli olarak değerlendirme raporu yayınlamakta olup, oluşturulduğu günden bu yana toplam dört adet değerlendirme raporu (IPCC Assessment Reports) yayınlamıştır. Beşinci değerlendirme raporunun ilk basamağı olan Çalışma Grubu I Raporu (WG-I Report) 2013 yılında yayınlanmış olup, diğer çalışma gruplarına ait raporlar ise 2014 yılında yayınlanacaktır. Değerlendirme raporları 1990, 1995, 2001 ve 2007 yıllarında yayımlanmış olup her biri üç adet çalışma grubu raporu ve bir sentez raporundan oluşmaktadır. Raporların içerdiği konular; iklim değişikliğinin bilimsel değerlendirmesi, potansiyel etkileri, adaptasyonu ve azaltılması, tepki stratejileri, ekonomik ve sosyal boyutlarıdır. IPCC'nin yapmış olduğu tüm bu çalışmalar, iklim değişikliği ve uluslararası politika alanındaki müzakerelerde yol gösterici rehberler olarak kullanılmaktadır (Karakaya ve Özçağ, 2003; Saloranta, 2001).

BMİDÇS bütün taraflara; periyodik olarak ulusal envanterlerini geliştirmesi, yenilemesi, yayınlaması ve sera gazı emisyon envanterlerinde kıyaslamalı metodolojiler kullanması için çağrıda bulunmaktadır. Bu kapsamda, IPCC Kılavuzlarıyla söz konusu hedefleri tamamlamak isteyen sözleşmeye taraf ülkelere yardımcı olunması amaçlanmaktadır (IPCC, 1996b; 1996c; 1996d).

IPCC'nin yayınladığı raporlar; Değerlendirme Raporları (Assessment Reports), Özel Raporlar (Special Reports), Yöntem Metodları (Methodology Reports), BM dışı dillere çeviriler (Translations in non-UN languages) olmak üzere başlıca 4 ana gruptan oluşmaktadır. 2013 yılında ise “Wetland supplement” ve “Kyoto Protocol Supplement” başlıkları altında ek raporlar yayınlamıştır (IPCC, 2014).

3.2 IPCC 1996 ve 2006 Metodolojileri

2006 IPCC Kılavuzu (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories), UNFCCC (BMİDÇS) tarafından yapılan teklif üzerine 1996 IPCC Kılavuzunu tekrar revize etmek amacıyla hazırlanmıştır. Kılavuzda geçen sera gazları:

- Karbondioksit (CO₂)
- Metan (CH₄)
- Diazot monoksit (N₂O)
- Hidrofloro karbonlar (HFCs)
- Perfloro karbonlar (PFCs)
- Sülfür hegzaf florid (SF₆)
- Nitrojen triflorid (NF₃)
- Triflorometil sülfürpentaflorid (SF₅CF₃)
- Halojenleştirilmiş esterler
(C₄F₉OC₂H₅, CHF₂OCF₂OC₂F₄OCHF₂, CHF₂OCF₂OCHF₂)
- Montreal Protokolünde yer almayan diğer halokarbonlardır (Rende, 2012).

Bu gazların tümü küresel ısıdırma potansiyeli (GWP) olan gazlardır (IPCC, 2006). Diğer gazlar ise, NO_x, CO, NMVOC ve SO₂'dir. 2006 IPCC Kılavuzunda, bu gazlara ait emisyonların hesaplama metotları bulunmamaktadır. Söz konusu gazlara ait hesaplamalar 1996 Kılavuzu kullanılarak yapılmıştır.

2006 IPCC Kılavuzu 5 bölümden oluşmaktadır. 1996 Revize IPCC Kılavuzu ise 3 bölüm şeklinde kitapçıklardan oluşmaktadır. Birinci kitap ulusal envanter oluşturmak için nasıl veri toplanacağı, bu verilerin nasıl değerlendirileceği ve elde edilen sonuçların nasıl bildirileceğini içeren raporlama bilgilerini içermektedir. İkinci kitap, raporlamada kullanılacak olan tabloları içeren ve hesaplamaların nasıl yapılacağını gösteren bir çalışma kitabıdır. Üçüncü kitap ise kullanılacak metotları anlatan, ülkelerin kendi başlarına elde edemediği verilerin yerine kullanabilecekleri ortalama değerleri içeren referans kitaplarıdır (Pekin, 2006).

Bu çalışmada ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonu hesaplamalarında;

- ✓ IPCC 2006 Kılavuzunda, 2. Bölümde bulunan "Enerji" başlığı altındaki "Mobile Combustion" kısmından faydalanılmıştır.
- ✓ IPCC 1996 Revize Kılavuzunda, "Workbook" isimli 2.Bölümünün "Enerji" başlıklı 1. Modülünden faydalanılmıştır.
- ✓ IPCC 1996 Revize Kılavuzunda, "Reference Manual" isimli 3.Bölümünün "Enerji" başlıklı 1. Kısımından faydalanılmıştır.

Enerji sistemlerinden kaynaklanan emisyon envanterinde CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC ile beraber SO₂ emisyonu gibi doğrudan ve dolaylı sera gazı özelliği içeren emisyonlar hesaplanmaktadır.

Ulaştırma kısmında, sektöre bağlı olmaksızın bütün ulaştırma faaliyetlerinde kullanılan yakıtların yakılmasından kaynaklanan emisyonlar hesaplanmaktadır. Uluslararası ulaşımda kullanılan yakıt miktarı bu ulusal envanterden hariç tutulmaktadır (IPCC, 1996b).

Ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonlar doğrudan yakıtın yanmasıyla ilişkilidir. CO₂ gazı da doğrudan yakıtın yakılmasıyla ilişkili bir gaz olduğu için diğer gazlara göre daha kesin hesaplanabilmektedir. Yanma sonucunda ortaya çıkan CO₂, o yakıtın ne kadar verimli yakıldığına da bir göstergesidir, çünkü CO₂ yanmanın doğal ürünüdür (Pekin, 2006).

CO₂ emisyonu, yakıt tüketim değerleri kullanılarak hesaplanabilmektedir. Her ülkenin yakıt tüketim değerleri özellikle ticari araçlar sektöründe bilinmektedir. Ancak burada uluslararası veriler ile o ülkenin kendi değerlerinin birbirlerine ne kadar denk olacağı önem kazanmaktadır. IPCC Kılavuzu, önceden hesaplanmış olan ortalama emisyon faktörleri değerlerine sahiptir. Ancak ulusal envanter aşamasında, şayet ülke kendi emisyon faktörlerini oluşturabiliyorsa, kendi faktörlerini kullanması tavsiye edilmektedir (Pekin, 2006).

CO₂ gazından farklı olarak, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC gazlarının hesabında daha detaylı bilgiye gerek duyulmaktadır. Yanma koşulları, teknolojisi, emisyon standartları, yakıt karakteristikleri gibi çeşitli faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu aşamada “Tier” kavramları ön plana çıkmaktadır (IPCC, 1996d).

3.2.1 IPCC Tier yaklaşımları

Emisyonları hesaplama metotları “Tier” şeklinde ifade edilen çeşitli seviyede bölümlere ayrılmıştır. Burada seviyeyi belirleyen faaliyet ve teknoloji detaylarıdır. Tier 1 metodu genel olarak daha az veri içeren basit bir yöntem iken, Tier 2 ve Tier 3 metodu ise daha karmaşık olan ve uzmanlık gerektiren bir yöntemdir. Genel olarak Tier 1 ve diğer Tier yöntemleri şeklinde de bir ayırım yapmak mümkündür. Çünkü daha yüksek kademe denilebilen Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri temel olarak aynı mantıkla kullanılmaktadır. Kullanılacak kategoriler daha detaylı hale getirildikçe yeni bir Tier aşamasına geçilmektedir (Pekin, 2006).

- **Tier 1 Yaklaşımı**

Ulaşım modlarından kaynaklanan bütün emisyon değerlerinin hesabı, yakıtın yanması üzerine kuruludur. Bu yöntemde, kullanılan yanma teknolojisi hesaba katılmamaktadır. Basitçe ifade edecek olursak, eğer x kadar yakıt (ham petrol, kömür, doğal gaz) bir ülkede kullanılıyorsa, bununla orantılı olarak y kadar emisyon çıkacaktır mantığıyla hesaplama yapılmaktadır. Özellikle CO₂ emisyonu hesabı için bu yöntem iyi bir şekilde düzenlenebilmiştir. CO₂ dışındaki gazlar için basit bir metot geliştirilmiştir. Gerçekte, bu gazların emisyonları için kullanılan yakıt tipi, yanma teknolojisi, çalışma koşulları, kontrol teknolojisi, araç yaşı ve özellikleri gibi veriler kullanılmalıdır. Ancak çoğu ülkenin bu tip detaylı verilere sahip olmadığı gerçeği düşünüldüğünde bu iyileştirmeler yapılmaksızın, yaklaşık bir sonuç vermesi planlanan bir hesaplama yöntemi izlenmektedir (IPCC, 1996b; 1996c; 1996d).

- **Tier 2 ve Tier 3 Yaklaşımı**

Tier 1 yöntemi ile detaylı metotlar olan Tier 2 ve Tier 3 arasındaki temel fark; Tier 1 yaklaşımında, yakıtın kullanıldığı yanma teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmaya gereksiz elde edilebilen yakıt tüketim veya dağıtım değerlerinin kullanılmasıdır. Tier 2 ve Tier 3 arasındaki farkı belirlemek ise daha zordur, çünkü emisyon hesap işlemlerinin adım adım iyileştirilmesi sonucu bir yaklaşımdan diğerine geçilmiştir. Genel olarak Tier 2 yaklaşımında, uygun emisyon faktörleri kullanılacak şekilde yakıt tüketim gruplarını ayırmak amaçlanmaktadır. Tier 3 aşamasında ise; yakıt tüketim değerlerinden farklı olarak araçların kat ettikleri yol uzunluğu veya ton-km biriminde taşınan yük değeri gibi unsurlar hesaba katılarak, bunlara uygun emisyon faktörleri yardımıyla hesaplama yapılır. Özellikle bu aşamada araçların kullandıkları emisyon teknolojisi de hesaba katılmaktadır (IPCC, 1996d).

Mobil kaynaklardan oluşan emisyonlar; karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolundaki temel ulaştırma faaliyetlerinden faydalanılarak hesaplanabilmektedir. Ancak mobil kaynaklarda oluşan emisyonların büyük bir kısmı karayolu ulaşımı

(%90) ve ikinci olarak da havayolu ulaşımına (%6) ait olduğu için, emisyon modellerinin geliştirildiği sektörler genellikle karayolu ve havayoludur. Mobil kaynaklardan oluşan emisyonların hesabı, çeşitli parametrelerin bilinmesini gerektiren karmaşık bir işlemdir. Ulaştırma sınıfı, tüketilen yakıt, çalışma karakteristikleri, emisyon kontrol seviyesi ve araç yaşları gibi çeşitli unsurların bilinmesi gereklidir. Genel emisyon hesaplama formülü Eşitlik 3.1' deki gibi ifade edilmektedir (Pekin, 2006).

$$\text{Emisyonlar} = \sum (EF_{a w c} \times \text{Aktivite}_{a w c}) \quad (3.1)$$

- Aktivite: Tüketilen enerji miktarı veya verilen mobil kaynağın kat ettiği yol uzunluğu
- EF: Emisyon faktörü
- a: Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi)
- w: Araç tipi (özel otomobil, hafif dizel, ağır dizel gibi)
- c: Emisyon kontrol özellikleri şeklinde verilmiştir (Pekin, 2006).

Araçlar öncelikle ulaşım grubuna göre ayrıldıktan sonra her grup kendi içinde kategorilerine (otomobil, kamyon, otobüs, vb.) ve kullandıkları yakıt sınıfına (dizel, benzin, LPG, vb.) göre düzenlenir. Eğer mevcutsa emisyon kontrol teknolojilerine göre daha alt gruplara ayırmak mümkündür. Aktivite değeri olarak araçların aldıkları yol (menzil) göz önüne alınacaksa, her grup için bu değerler belirlenmelidir. Ayrıca, araçların enerji tüketim ve/veya menzil değerleri de belirlendikten sonra her araç grubunu uygun olan emisyon faktörü ile çarpmak gereklidir. Her grup için ortaya çıkan emisyon değerleri de toplanarak genel toplama ulaşılır (Pekin, 2006).

CO₂, CO, NO_x, N₂O, CH₄ ve NMVOC gazları için karayolu, demiryolu ve denizyolu ulaşım modlarında kullanılan farklı sınıfta araçlar için emisyon faktörleri geliştirilmiştir. Uçaklar için ise daha detaylı bir analize imkan tanıyan yöntem 1996 IPCC Kılavuzunda verilmiştir (IPCC, 1996d).

3.2.2 Karbondioksit (CO₂) emisyonu hesaplama yöntemi

Karbon dioksit insan faaliyetleri sonucu oluşan en büyük oranlı sera gazıdır. Sanayi devriminden bu yana, sera gazı etkisi göstermek suretiyle radyoaktif ışımaya zorlama diğer bir ifade ile ısı hapsedme özelliğinde büyük bir artış göstermiştir. CO₂ emisyonunun açığa çıkmasında en büyük faktör fosil yakıtların yakılması işlemi karbondioksit oksitlenmesidir. Aynı zamanda fosil yakıt yakılması, insan faaliyetleri sonucunda oluşan CO₂ emisyonlarında %70-90 oranında paya sahiptir (IPCC, 1996d). CO₂ emisyonlarının hesaplanmasında aşağıdaki yol izlenmektedir:

1. Her sektörün yakıt tiplerine göre “Yakıt Tüketim Değerleri” belirlenir.
2. Her bir yakıtın “Enerji İçeriği” bulunur.
3. Her bir yakıtın içeriğindeki “Karbon Miktarı/İçeriği (Net Karbon Emisyonu)” bulunur.
4. Her bir yakıt tipi için “Gerçek Karbon Emisyonu” bulunur.
5. Her bir yakıt tipi için “Gerçek CO₂ Emisyonu” bulunur (Pekin, 2006).

Söz konusu hesaplamayı detaylı olarak anlatacak olursak;

1-Yakıt Tüketim Değerlerinin Hesaplanması

IPCC Referans yaklaşımına göre yakıt tüketim değerleri Eşitlik 3.2 ve Eşitlik 3.3 ile bulunmaktadır.

$$\text{Birincil Yakıt Tüketimi} = \text{Pr} + \text{Im} - \text{Ex} - \text{IB} - \text{SC} \quad (3.2)$$

$$\text{İkincil Yakıt Tüketimi} = \text{Im} - \text{Ex} - \text{IB} - \text{SC} \quad (3.3)$$

Pr: Üretilen yakıt miktarı,

Im: İthal edilen yakıt miktarı,

Ex: İhraç edilen yakıt miktarı,

IB: Uluslararası kullanıma satılan yakıt miktarı,

SC: Stoklarda meydana gelen değişim miktarı değerlerini ifade etmektedir.

Birincil yakıtlar, kömür, ham petrol, doğalgaz gibi doğada var oldukları şekliyle kullanılan yakıtlardır. İkincil yakıtlar ise, birincil yakıtlardan üretilen benzin, yağlayıcılar gibi yakıt ürünleridir. Hesaplarda birincil yakıtların üretim değeri kullanılırken, ikincil yakıtların üretim değeri hesaba katılmamaktadır. Çünkü, zaten ikincil yakıtlar da birincil yakıtlardan üretildiği için tekrar tüketim değerine katılmamaktadır. Ama ithal edilen ikincil yakıtlar varsa o değerler hesaba katılmalıdır. Birincil yakıtlarda üretim değeri hesaba katılırken; ikincil yakıtta da üretim hesaba katılmış olsaydı, aynı değer iki kere hesaba katılmış olunurdu (IPCC, 1996b; 1996c; 1996d).

Bu çalışmada ilk adımdaki birincil ve ikincil yakıt tüketim yöntemi kullanılmamıştır. Çünkü bu hesaplamayı yapmak için yeterli veri elde edilememiştir. Bunun yerine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında alınan toplam tüketim değerleri kullanılmıştır. Zaten ulaştırma sektöründe birincil yakıtlar doğrudan kullanılmayıp, işlenmiş şekilde piyasaya sürülen ikincil yakıtlar olarak kullanıldığı için hesaplarda resmi makamlardan alınan bu tüketim değerleri ilk adımda hesaplanacak olandan farklı bir sonuç vermeyecektir.

2- Enerji İçeriğinin Hesaplanması

Bu adımda, yakıt tüketim değerlerini IPCC Kılavuzunda verilen dönüşüm faktörleri (net kalorifik değerler) ile çarparak, yakıt türünün enerji içeriği bulunur. İlk adımda kullanılan yakıt tüketim değerleri enerji biriminde verilmişse (TJ) bu adımda işlem yapmaya gerek yoktur. Ama ilk adımda bulunan yakıt tüketim değerleri kütle cinsinden (kg, ton, vb.) verilmişse; net kalorifik değerlerine göre belirlenmiş olan dönüşüm faktörleri (TJ/kt veya TJ/ton gibi) ile çarpılıp, enerji birimi olan TJ değerine geçiş yapılır. IPCC Kılavuzunda belirtilen ve bu çalışmanın emisyon hesaplamalarında kullanılan yakıtların net kalorifik değerleri Tablo 3.1' de verilmektedir (IPCC, 1996c; 1996d).

Tablo 3.1. Yakıt tiplerine göre net kalorifik değerler (dönüşüm faktörleri)

Yakıt	Net Kalorifik Değerler (TJ/kt)
Motorin (Dizel yakıt)	43,00
Benzin (Otomotiv ve Havacılık)	44,30
LPG	47,30
Jet Kerosen (Jet Yakıtı)	44,10
Fuel Oil (Residual Fuel Oil)	40,40
Denizcilik Yakıtı	40,19

Kaynak: IPCC, 1996

3- Karbon Miktarının (İçeriğinin) Hesaplanması (Net Karbon Emisyonu)

Bu adımda karbon emisyon faktörleri yardımıyla yakıtların karbon içeriği bulunur. IPCC, her ülkenin kendi karbon emisyon faktörlerini hesaplamasını önermektedir. Ancak kendi emisyon faktörünü hesaplamamış ülkeler için IPCC bazı ortalama emisyon faktörü değerleri sunmaktadır. Söz konusu faktörler Tablo 3.2' de verilmektedir.

Tablo 3.2. Yakıt tiplerine göre karbon emisyon faktörleri ve CO₂ emisyon faktörleri

Yakıt	Karbon Emisyon Faktörleri (CEF) (t C/TJ)	CO ₂ Emisyon Faktörleri (kg/TJ)
Motorin (Dizel yakıt)	20,20	74100
Benzin (Otomotiv)	18,90	69300
LPG	17,20	63100
Jet Kerosen (Jet Yakıtı)	19,50	71500
Fuel Oil (Residual Fuel Oil)	21,10	77400
Denizcilik Yakıtı	20,00	73300

Kaynak: IPCC, 1996

Her bir yakıt türü için IPCC kılavuzunda belirlenmiş olan karbon emisyon faktörleri (CEF) seçilir ve bu değer daha önce bulunan enerji tüketim değeri ile çarpılır. Böylece söz konusu yakıtın içeriğindeki toplam karbon miktarı bulunur. Ton karbon (tC) cinsinden bulunan emisyon değerini 1000'e bölerek Gg birimine geçmek mümkün olmaktadır (Pekin, 2006).

Normal şartlarda depo edilen karbon miktarı da hesaplanmaktadır. Ancak, söz konusu değer ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyon hesabında göz ardı edilecektir. Çünkü zaten ulaştırma sektöründe kullanılan yakıtlar son yakıt halindedir ve bunların daha sonra başka bir işlemde geçirilip enerji dışı bir uygulamada kullanılması söz konusu değildir. Bu sektörde yakıt tamamen yakılmak ve enerji üretmek için kullanılmaktadır. Ulaştırma dışındaki uygulamalarda bu adımı da hesaplamak gerekmektedir (Pekin, 2006). Ama bu çalışmada incelenen sektör ulaştırma sektörü olduğu için bu adım atlanmıştır.

4- Gerçek Karbon Emisyonunun Hesaplanması

Oksitlenmeyen karbonun hesabında ise; yine IPCC tarafından önerilen, yakıtların oksitlenme yüzdeleri (yanma verimleri) kullanılmaktadır. Yanma odasına giren karbonun tamamı oksitlenmez. Bu oksitlenmeden salınan miktar, sıvı yakıtlarda çok düşüktür. Bu adım özellikle katı yakıt kullanılan sektörler için önem taşımaktadır. Ulaştırma sektörü hesabında kullanılan yakıt sıvı yakıtlar olduğu için buradaki kayıp çok azdır (Pekin, 2006). Ama yine de hassas bir hesap için bu adım da uygulanmıştır. Tablo 3.3' te de görüldüğü üzere; IPCC tarafından önerilen değerler, petrol ürünlerinin %1'lik bir kayıpla yani 0,99 oranında oksitlendiği, gaz halindeki yakıtların ise 0,995 oranında oksitlendiğini belirtmektedir. Üçüncü adımda hesaplanan toplam karbon miktarı "karbon oksitlenme oranı" ile çarpılarak tamamen yanmaya katılan karbon değerine ulaşılır. Böylece gerçek karbon emisyonu bulunur (Pekin, 2006).

Tablo 3.3. Yakıt tiplerine göre karbonun oksitlenme oranı

Yakıt Tipi	Oksitlenme Yüzdesi	Oran
Petrol ve Petrol Ürünleri	99	0,99
Gaz	99,5	0,995

Kaynak: IPCC, 1996

5- Gerçek CO₂ Emisyonunun Hesaplanması

Son aşamada ise, oksitlenmiş olan karbon değerini (gerçek karbon emisyon değeri) CO₂ değerine dönüştürmek gereklidir. Bunun için CO₂'in molekül ağırlığının karbonun molekül ağırlığına oranı (44/12) ile önceki adımda bulunan karbon emisyon değeri çarpılır. Bu son aşamada bulunan değer yakıtın yanması sonucu ortaya çıkan gerçek CO₂ emisyonu miktarıdır (IPCC, 1996c; 1996d).

3.2.3 CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC emisyonu hesaplama yöntemi

CO₂ dışındaki emisyonların hesabında (SO₂ hariç) yapılan işlem bütün gazlar için aynıdır. Tablo 3.4' te verilen IPCC tarafından önerilmiş emisyon faktörleri ile yakıt tüketim değerleri çarpılarak her gazın emisyon değeri bulunur.

Tablo 3.4. Sektör ve yakıt tiplerine göre emisyon faktörleri (kg/TJ)

Sektör	Yakıt	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
Demiryolu	Motorin	5	0,6	1200	1000	200
Denizyolu	Motorin	5	0,6	1500	1000	200
	Den.Yakıtı	5	0,6	1500	1000	200
	Fuel Oil	5	0,6	1500	1000	200
Havayolu	Jet Yakıtı	0,5	2	300	100	50
Karayolu	Benzin	20	0,6	600	8000	1500
	Motorin	5	0,6	800	1000	200
	LPG	30	0,2	380	1450	640

Kaynak: IPCC, 1996

- **CH₄ emisyonu**

Yakıt yanmasından kaynaklı metan emisyonunun küresel emisyona katkısı azdır ancak, belirsizlik yüksektir. Metan, yakıttaki hidrokarbonların eksik yanmasından açığa çıkmaktadır ve miktarı oldukça düşüktür. CH₄ emisyonu mobil kaynaklarda; yakıtın metan içeriği, motordan yanmadan geçen hidrokarbonların miktarı, motor tipi ve yanma sonrası kontrol teknolojilerine bağlıdır. Emisyon kontrolü olmayan araçlarda metan emisyonu oranı, düşük devirlerde çalışırken ve motor rölantideyken yüksektir. Kötü ayarlanmış bir motor özellikle yüksek CH₄ çıkmasına neden olmaktadır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

- **N₂O emisyonu**

Aynı metan gibi N₂O'nin de yakıt yanmasından kaynaklı emisyonunun küresel emisyona katkısı azdır ancak, belirsizlik yüksektir. N₂O direkt olarak fosil yakıt yanmasından üretilmektedir ve düşük yanma sıcaklıkları (özellikle 1200 K altında) N₂O emisyonunun en çok olduğu sıcaklıktır. Ayrıca, farklı katalitik indirgeme işlemleri N₂O oluşumuna neden olmaktadır. Ulaştırma sektöründen kaynaklı N₂O emisyonu, antropojenik N₂O emisyonlarına nispeten düşük değere sahip olsa da, özellikle karayolu araçlarında emisyon kontrol teknolojilerinin (katalizör) kullanılması N₂O değerinin belirgin bir şekilde artmasına neden olmaktadır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

- **NO_x (NO ve NO₂) emisyonu**

Nitrojen oksitler dolaylı olarak sera gazı etkisi göstermektedir. NO_x, ozon (O₃) oluşmasında role sahip olduğundan ve doğrudan asitleştirme etkisi bulunduğu hesaba katılmalıdır. NO_x gazının insan kaynaklı oluşmasının en belirgin yolu yakıt yanmasıdır. Azot oksit oluşumunda iki mekanizmadan söz edilebilir; yakıttaki azotun kimyasal dönüşümlerle NO şeklini alması (yakıt azot oksidi) ve yanma prosesinde atmosferdeki azotun ısının da etkisiyle NO şeklini alması (termal azot oksit). Fazla

hava ve yüksek sıcaklık NO_x üretimini tetiklemekte olup, bu durum kazan tipine ve kullanılan teknolojiye bağlıdır. Sıvı yakıtları için yakıt azot oksitinin payı % 50'den azdır. Gaz yakıtlarda ise sadece termal azot oksit oluşmaktadır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

Mobil kaynaklarda oluşan NO_x, hava-yakıt karışımı ve yanma sıcaklığının yanında emisyon kontrol teknolojilerine de bağlıdır. Emisyon kontrolü olmayan araçlarda, dizel yakıtlı araçların NO_x emisyonu oranı benzinli araçlara göre daha düşüktür. Aynı şekilde hafif hizmet taşıtlarının NO_x emisyonu da ağır hizmet taşıtlarıninkine göre daha düşüktür. Ağır hizmet taşıtları (iş makineleri vb.) emisyonu kayda değer ölçüde katkıda bulunurlar ve bu emisyonu azaltmak zordur (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

- **CO emisyonu**

Doğrudan sera gazı özelliği olmasa da dolaylı olarak daha önce anlatıldığı gibi sera gazı gibi önemlidir. CO emisyonlarının çoğu motorlu taşıtlarda yakıtın yanması sonucu oluşmaktadır. CO (özellikle stokiyometrik yanmalarda) yanma prosesinde bir ara üründür. Karbonmonoksit oluşma mekanizması; kullanım şekli, teknoloji tipi ve büyüklüğü, bakım ve teknoloji işletiminden doğrudan olarak etkilenir. Ayrıca emisyon oranı da; kötü işletim, düzensiz bakım ve birimin eskilik derecesine göre değişmektedir (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

Mobil kaynaklarda CO emisyonu yanmanın verimine ve yanma sonrası emisyon kontrol teknolojilerine bağlıdır. Hava-yakıt karışımı zengin olduğunda, yani tam yanma için gerekenden az oksijen bulunduğu CO emisyonları en yüksek değere ulaşır. Bu durum kıvılcım ateşlemeli motorlarda; özellikle rölantide, düşük devirde ve motor soğukken çalıştırma koşullarında oluşmaktadır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

- **NMVOC emisyonu**

Metan haricindeki uçucu organik bileşikler (NMVOC) dolaylı olarak sera gazı etkisi göstermektedir. NMVOC bileşikleri, hidrojen atomları kısmen veya tamamen diğer

atomlarla (S, N, O, halojen gibi) yer değiştirmiş bütün hidrokarbon bileşiklerini içermektedir. NMVOC emisyonları (olefin, keton, aldehit gibi) eksik yanmanın ürünleridir. Mobil kaynaklarda NMVOC emisyonları, motordan yanmadan geçen hidrokarbon miktarının fonksiyonudur. Motor tipi, yakıt tipi, katalitik dönüştürücü gibi yanma sonrası emisyon kontrol sistemleri ve sürüş şeklinden etkilenmektedir. Düşük hızlarda ve motor rölantideyken emisyonlar yüksektir. Kötü ayarlanmış bir motor özellikle yüksek hidrokarbon bileşiminin çıkmasına neden olmaktadır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

Tüm bu bilgiler ışığında, deneysel olarak hesaplanmış olan ortalama emisyon faktörleri Tablo 3.4' te verilmiştir. Emisyon hesabında uygulanacak olan işlem Eşitlik 3.4' teki gibi formüle edilmektedir.

$$\text{Emisyonlar} = \sum (\text{EF}_{ab} \times \text{Tüketim}_{ab}) \quad (3.4)$$

- Tüketim: Enerji değeri cinsinden yakıt tüketimi (TJ)
 EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)
 a: Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi)
 b: Ulaşım modu (karayolu, havayolu gibi)

Yukarıda da belirtildiği üzere; emisyon hesabında IPCC tarafından belirlenmiş emisyon faktörleri ile yakıt tüketim değerleri çarpılarak sonuca gidilir. Burada hesapları yakıt tipi ve sektöre göre gruplandırmak mümkündür (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

3.2.4 Kükürt dioksit (SO₂) emisyonu hesaplama yöntemi

Kükürt dioksit bir sera gazı değildir ama atmosferde bulunması iklimi etkileyebilir. SO₂ fotokimyasal olarak üretilmiş olan çeşitli oksitleyicilerle reaksiyona girerek sülfat aerosolleri oluşturabilir. Kükürt içeren fosil yakıtların yakılması ile bu partiküllerin konsantrasyonu artmaktadır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

Sülfür oksit (SO_x) emisyonu, yakıtın sülfür içeriği ile direkt olarak alakalıdır. Sülfür dioksit emisyonunun iklim değışikliği üzerindeki etkisi bölgesel bazda değışmektedir. Örneğin; Güney yarım küredeki kömür kuzey yarım küredeki kömüre göre daha az sülfür içermektedir. Gazlardaki sülfür içeriği genellikle göz ardı edilir (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

SO₂ emisyon faktörleri aşağıda verilen Eşiklik 3.5 yardımıyla bulunur.

$$EF_{SO_2} = 2 \times \left(\frac{s}{100}\right) \times \frac{1}{Q} \times 10^6 \times \left(\frac{100-r}{100}\right) \times \left(\frac{100-n}{100}\right) \quad (3.5)$$

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

EF_{SO₂}: SO₂ gazının emisyon faktörü (kg/TJ)

2: Moleküler ağırlıklar oranı SO₂/SO (kg/kg)

s: Yakıtın kükürt içeriği (%)

r: Külde kalan kükürt miktarı (%)

Q: Net kalorifik değeri (TJ/kt)

10⁶: Birim değıştirme katsayısı

n: Kükürt azaltma teknolojisinin verimi (Azaltma verimi)(%)

Yakıt yanması esnasında sülfürün bir kısmı külde kalır. Külde kalan kükürt miktarı (r) daha çok katı yakıtlarda kayda değeri seviyelerdedir. Ulaştırma sektöründe kullanılan yakıtların sıvı yakıt olması nedeniyle bu değeri çok düşüktür. Bu yüzden, bu miktar göz ardı edilmektedir (IPCC, 1996d). Bu çalışmada külde kalan kükürt miktarı hesaba katılmamaktadır.

IPCC Kılavuzuna göre; kükürt azaltma teknolojisinin verim değeri (n) farklı teknolojilere göre % 45-95 aralığında değışmektedir. Bu çalışma kapsamında bu değeri % 60 alınmıştır. Emisyon faktörleri Tablo 3.5' teki değeriye göre ve Eşitlik 3.5 kullanılarak hesaplanmaktadır. Daha sonra bu gaza ait emisyon değeri; diğer emisyon hesaplarında olduğu gibi, Eşitik 3.4 kullanılarak yani emisyon faktörü ve yakıt tüketimin çarpılması ile bulunur (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

Tablo 3.5. Yakıt tiplerine göre kükürt içeriği (%)

Yakıt Tipi	Ortalama Değeri (%)
Benzin	0,1
Motorin (Dizel Yakıt)	0,3
Fuel Oil	3
Jet Yakıtı	0,05
Denizcilik Yakıtı	1
LPG	Önemsiz

Kaynak: IPCC, 1996

3.3 Tier 1 Yaklaşımı ile Emisyon Hesaplamaları

Türkiye Ulusal Emisyon Envanteri çalışmaları kapsamında, 2004 yılı verilerini içeren ilk bildirimini 2006 yılında gerçekleştirmiştir. Bu bildirimler 2006 yılından günümüze kadar her yılın Nisan ayında yapılmaktadır. Bölüm 4.1' de bu bildirimlere ait veriler sunulmaktadır.

Bu çalışmada Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan elde edilen resmi veriler doğrultusunda 2008-2012 yılları arasındaki 5 yıllık periyod için hesaplamalar yapılmıştır. 2008 yılı öncesi veriler elde edilemediğinden daha geniş bir periyotta çalışma yapılamamıştır. Bu çalışmadaki hesaplamalar; detaylı metotların uygulanması için gerekli verilere ulaşamadığından Tier 1 seviyesinde yapılmıştır. 2008-2012 yılı periyodu için; karayolu ve havayolu için Tier 2 seviyesinde, demiryolu ve denizyolu için Tier 1 seviyesinde yapılmış olan Ulusal Emisyon Envanteri çalışmalarından elde edilen veriler ile bu çalışmada elde edilen veriler 4. bölümde karşılaştırılmaktadır.

3.3.1 CO₂ emisyonunun hesaplanması

Tier 1 metodu ile yapılan emisyon hesaplamalarında Bölüm 3.2' de anlatılmış olan yöntemler izlenecektir. İlk aşamada Türkiye'nin tüm ulaştırma sektörlerindeki yakıt tüketim değerleri belirlenmektedir. Burada yakıt tüketim değerleri Enerji ve Tabii

Kaynaklar Bakanlığı'ndan alınan resmi verilerden elde edilmiştir. Söz konusu veriler Tablo 3.6' da verilmektedir.

Tablo 3.6. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre yakıt tüketim verileri (kt)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	138,49	149,7	145,3	136,2	140,31
Denizyolu	Motorin	471,61	639,0	520,8	504,9	391,67
	Den.Yakıtı	7,414	54,76	-	-	-
	Fuel Oil	33,21	-	2,228	2,81	89,28
Havayolu	Jet Yakıtı	1181,6	1058,5	898,05	1615,8	1641,7
Karayolu	Benzin	1814,5	1805,8	2083,1	2198,7	2336,5
	Motorin	12993,6	8580,8	7852,1	8012,3	8175,8
	LPG	2694,9	2572,3	2489,5	2305,2	2111,6

Kaynak: ETKB, 2014

Bölüm 3.2' de anlatıldığı gibi öncelikle 1. adım olarak yakıt tüketim değerleri bulunur. Ancak, bu hesaplamayı yapmak için yeterli veri elde edilemediğinden, bu çalışmada ilk adımdaki birincil ve ikincil yakıt tüketim değerlerini belirleme yöntemi kullanılmamaktadır. Bunun yerine resmi makamlardan alınan toplam tüketim değerleri kullanılmıştır. Daha öncede değinildiği üzere; ulaştırma sektöründe birincil yakıtlar doğrudan kullanılmayıp, işlenmiş şekilde piyasaya sürülen ikincil yakıtlar şeklinde kullanıldığı için hesaplarda resmi makamlardan alınan bu tüketim değerleri ilk adımda hesaplanacak olandan farklı bir sonuç vermeyecektir.

Resmi veriler doğrultusunda elde edilen yakıt tiplerine göre tüketim değerleri (ton biriminde) her sektör için belirlendikten sonra, uygun olan dönüşüm faktörleri ile yani her bir yakıt tipi için IPCC tarafından belirlenen net kalorifik değerler ile çarpılır. Söz konusu değerler TJ/kt biriminde olup, Tablo 3.1' de verilmektedir. Yakıt ton cinsinden verildiyse dönüşüm faktörünün birimiyle (TJ/kt) eşleşmesi için yakıt kilotona (kt) çevrilir. Eşitlik 3.6' da görüldüğü gibi söz konusu değer 10^{-3} ile çarpılır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

$$\text{Enerji Tüketimi}[TJ] = \text{Yakıt Tüketimi}[t] \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü} [TJ/kt] \quad (3.6)$$

Böylece tüketilen yakıtın enerji içeriğine veya enerji tüketimi TJ cinsinden bulunmuş olur. Başka bir deyişle enerji birimi olan TJ' ye geçilmiş olur.

Bir sonraki adımda Tablo 3.2' de verilmiş olan karbon emisyon faktörleri (CEF) yardımıyla, tüketilen yakıtın karbon içeriği bulunur. Daha sonra; IPCC tarafından belirlenmiş olan her bir yakıt tipi için uygun karbon emisyon faktörleri (t C/TJ) seçilip, Eşitlik 3.6' da bulunan enerji tüketimi değeri ile çarpılıp, “yakıtın karbon içeriği” yani başka bir ifadeyle “net karbon emisyonu” bulunur. Ardından bulunan bu değer 10^{-3} ile çarpılarak IPCC tarafından kullanılan Gg (gigagram) birimine çevrilir (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

$$\text{Karbon İçeriği}[tC] = \text{CEF} [t C/TJ] \times \text{Enerji Tüketimi} [TJ] \quad (3.7)$$

$$\text{Karbon İçeriği}[GgC] = \text{Karbon İçeriği}[t C] \times 10^{-3} \quad (3.8)$$

Dördüncü adımda, oksitlenen karbon yüzdesi (oksitlenme oranı) değerleri yardımıyla, ne kadar karbonun yanma sırasında oksidasyona uğradığı hesaplanır. Tablo 3.3' te de verildiği üzere; sıvı yakıtlar 0,99, gaz yakıtlarda ise 0,995 oranında oksitlenmektedir (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

$$\text{Gerçek Karbon Emisyonu}[GgC] = \text{Karbon İçeriği} [GgC] \times \text{Karbon Oksit.Oranı} \dots (3.9)$$

Böylece “gerçek karbon emisyonu” Gg cinsinden bulunmuş olur.

Beşinci adım olan son adımda ise; gerçek CO₂ emisyonunu bulmak için CO₂ ve karbonun moleküler ağırlıklarının oranından yararlanılmaktadır. CO₂'in moleküler ağırlığı 44, karbonun moleküler ağırlığı 12 olduğu için, Eşitlik 3.9 ile bulunan “gerçek karbon emisyon” değeri 44/12 oranı ile çarpılarak “gerçek CO₂ emisyonu” elde edilir (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

$$\text{Gerçek CO}_2 \text{ Emisyonu}[\text{GgCO}_2] = \text{Gerçek Karbon Emisyonu}[\text{Gg C}] \times \left(\frac{44}{12}\right) \quad (3.10)$$

Böylece “Gerçek CO₂ Emisyonu” IPCC tarafından kullanılan Gg cinsinden bulunmuş olur.

• Örnek CO₂ Emisyonu Hesaplaması

Tablo 3.6’ da verilmiş olan 2008-2012 yılları arasındaki ulaştırma sektörüne ait olan yakıt tüketim değerlerinden, yukarıda belirtilen yöntemler yardımıyla ne kadar emisyon salınacağı bulunmaktadır. Örneğin 2012 yılında karayolunda benzin tüketimi sonucunda açığa çıkan CO₂ emisyonu hesabı şu şekildedir:

- Yakıt Tüketimi $_{\text{Karayolu 2012}} = 1.814.451$ (ton benzin) = **1814,451 kt**
- Dönüşüm Faktörü (Net Kalorifik Değer) $_{\text{Benzin}} = 44,30$ **TJ/kt**
- Enerji Tüketimi = $1814,451 \times 44,30 = 80380,18$ **TJ**
- Karbon Emisyon Faktörü $_{\text{Benzin}} = 18,9$ **t C/TJ**
- Karbon İçeriği = $80380,18 \times 18,9 = 1519185,4$ **t C**
- Net Karbon Emisyonu = $1519185,4 \times 10^{-3} = 1519,19$ **Gg C**
- Karbon Oksitlenme Oranı $_{\text{Benzin}} = 0,99$
- Gerçek Karbon Emisyonu = $1519,19 \times 0,99 = 1503,99$ **Gg C**
- Karbondioksit Emisyonu = $1503,99 \times \left(\frac{44}{12}\right) = 5514,64$ **Gg CO₂**

Yapılan hesaplar doğrultusunda; 2012 yılına ait karayollarında tüketilen 1.814.451 ton benzinin, 5514,64 Gg CO₂ emisyonuna neden olduğu görülmektedir. Bu da 5,5 milyon ton CO₂ emisyonuna eşittir. Ulaştırma sektöründen kaynaklı, yakıt tiplerine göre detaylandırılmış 2012 yılına ait CO₂ emisyon değerleri hesaplanarak Tablo 3.7’ de verilmektedir.

Tablo 3.7. Ulaştırma sektörü 2012 yılı CO₂ emisyonu hesaplamaları

2012 YILI	ADIM 1	ADIM 2		ADIM 3			ADIM 4		ADIM 5
Yakıt/ Sektör	(A) Yakıt Tüketimi (t=ton)	(B) Dönüşüm Faktörü (TJ/kt)	(C) Enerji Tüketimi (TJ)	(D) Karbon Emisyon Faktörü (t C/TJ)	(E) Karbon İçeriği (t C)	(F) Karbon İçeriği (Gg C)	(G) Oksitlenen Karbon Yüzdesi	(H) Gerçek Karbon Emisyonu (Gg C)	(I) Gerçek CO ₂ Emisyonu (Gg CO ₂)
			$C=A \times B \times 10^3$		$E=C \times D$	$F=E \times 10^3$		$H=G \times F$	$I=[H \times 44/12]$
DEMİRYOLU									
Motorin	138.486	43,00	5.954,90	20,20	120.288,94	120,29	0,99	119,09	436,65
Ara Toplam			5.954,90	Ara Toplam				119,09	436,65
DENİZYOLU									
Motorin	471.606	43,00	20.279,06	20,20	409.636,97	409,64	0,99	405,54	1.486,98
D.Yakıtı	7.414	40,19	297,97	20,00	5.959,37	5,96	0,99	5,90	21,63
Fuel Oil	33.214	40,40	1.341,85	21,10	28.312,94	28,31	0,99	28,03	102,78
Ara Toplam			21.918,87	Ara Toplam				439,47	1.611,39
HAVAYOLU									
Jet Yakıtı	1.181.587	44,10	52.107,99	19,50	1.016.105,74	1.016,11	0,99	1.005,94	3.688,46
Ara Toplam			52.107,99	Ara Toplam				1.005,94	3.688,46
KARAYOLU									
Benzin	1.814.451	44,30	80.380,18	18,90	1.519.185,39	1.519,19	0,99	1.503,99	5.514,64
Motorin	12.993.585	43,00	558.724,16	20,20	11.286.227,93	11.286,23	0,99	11.173,37	40.969,01
LPG	2.694.857	47,30	127.466,74	17,20	2.192.427,86	2.192,43	0,995	2.181,47	7.998,71
Ara Toplam			766.571,07	Ara Toplam				14.858,82	54.482,36
Toplam			846.552,83	Toplam Emisyon				16.423,33	60.218,86

Diğer yılların hesabı da bu yöntemle aynı şekilde yapılmakta olup; Tablo 3.6' daki değerler her yıl için Tablo 3.7' deki gibi hesaplanarak sonuç emisyonlarına ulaşılmıştır. Bu hesaplamalarla oluşan değerler Tablo 3.8' de verilmektedir.

Tablo 3.8. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CO₂ emisyonları(Gg)

Sektör	Yakıt	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	436,7	471,9	458,1	429,3	442,4
	Toplam	436,7	471,9	458,1	429,3	442,4
Denizyolu	Motorin	1.487	2.014,8	1.642,1	1.591,9	1.234,9
	D.Yakıtı	21,6	159,8	-	-	-
	Fuel Oil	102,8	-	6,90	8,7	276,3
	Toplam	1.611,4	2.174,5	1.649	1.600,6	1.511,2
Havayolu	Jet Yakıtı	3.688,5	3.304,3	2.803,4	5.044	5.124,7
	Toplam	3.688,5	3.304,3	2.803,4	5.044	5.124,7
Karayolu	Benzin	5.514,6	5.488,4	6.331,3	6.682,6	7.101,4
	Motorin	40.969,0	27.055,3	24.757,7	25.263	25.778,5
	LPG	7.998,7	7.634,9	7.389,2	6.842,3	6.267,4
	Toplam	54.482,4	40.178,6	38.478,2	38.787,9	39.147,4
Ulaştırma Toplam		60.218,9	46.129,3	43.388,6	45.861,7	46.225,6

3.3.2 CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC emisyonlarının hesaplanması

CO₂ dışındaki emisyonların hesaplanmasında, Bölümde 3.2' de anlatılan yöntemler ve Eşitlik 3.4 kullanılmaktadır. Bu eşitlikte temel olarak yapılan işlem; belirtilen gazlardan herhangi birinin emisyonunu hesaplamak için, her bir ulaşım modundaki her bir yakıt çeşidine ait tüketim miktarını, o yakıt çeşidine ait olan emisyon faktörü ile çarparak sonuca ulaşılması şeklindedir.

Burada kullanılacak yakıt tüketim değerleri, Tablo 3.6' da kiloton cinsinden verilmiş olan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına ait yakıt tüketim verileridir. Ancak, emisyon faktörleri kg/TJ (Tablo 3.4) biriminden verildiği için, CO₂ emisyon

hesabında yapıldığı gibi bu yakıt tüketim değerini öncelikle enerji içeriği (enerji tüketimi) şeklinde ifade etmelidir. Bunun için Eşitlik 3.6 ile gösterilen işlem uygulanmakta ve bu işlem sırasında daha önce Tablo 3.1' de verilmiş olan dönüşüm faktörleri (TJ/kt) kullanılmaktadır.

Yakıt tüketimi ile dönüşüm faktörü çarpılarak enerji tüketim değerine ulaşıldıktan sonra; Eşitlik 3.7 kullanılarak, Tablo 3.4' te verilen söz konusu gazlara ait emisyon faktörleri (kg/TJ) ile bir önceki hesaplamadan bulunan enerji tüketim değeri çarpılmaktadır. Böylece o yakıt tüketimine ait emisyon değeri hesaplanmış olur.

• Örnek CH₄ Emisyonu Hesaplaması

Hesaplama yapılan işlemlere bir örnek olarak, 2012 yılı karayolu benzin tüketimi için CH₄ emisyonu hesabı aşağıda gösterilmektedir:

- Yakıt Tüketimi $_{\text{Karayolu 2012}} = 1.814.451$ (ton benzin) = **1814,451 kt**
- Dönüşüm Faktörü (Net Kalorifik Değer) $_{\text{Benzin}} = 44,30$ **TJ/kt**
- Enerji Tüketimi = $1814,451 \times 44,30 = 80380,18$ **TJ**
- CH₄ Emisyon Faktörü $_{\text{Benzin}} = 20$ **kg/TJ**
- CH₄ Emisyonu = $80380,18 \times 20 = 1607603,6$ **kg**
- Gerçek CH₄ Emisyonu = $1607603,6 \times 10^{-6} = 1,61$ **Gg**
- CO₂ eşdeğer katsayısı = 21
- CO₂ eşdeğeri CH₄ Emisyonu = $1,61 \times 21 = 33,76$ **Gg CO₂ eşdeğeri**

Yukarıdaki örnekte 2012 yılında, karayolundaki benzin tüketimi sonucu açığa çıkan CH₄ emisyonu hesaplanmış olup; söz konusu yıla ait tüketilen 1.814.451 ton benzinin 1607603,6 kg metan emisyonuna neden olduğu görülmektedir. Bu değer 1,61 Gg metan emisyonuna eşittir. Eğer söz konusu emisyonu CO₂ eşdeğeri cinsinden belirtecek olursak 33,76 Gg eşdeğer CO₂ emisyonuna denk gelmektedir.

N_2O , NO_x , CO ve NMVOC emisyonlarının hesabı için de yine CH_4 emisyonu hesabında yapılanlarla işlemlerin aynıları uygulanmaktadır. Tek fark Tablo 3.4' ten seçilen emisyon faktörü emisyon miktarı hesaplanmak istenen gaza ait olmalıdır. Örneğin karayolunda benzin tüketimi için verilmiş olan emisyon faktörleri CH_4 için 20 kg/TJ, N_2O için 0.6 kg/TJ, NO_x için 600 kg/TJ, CO için 8000 kg/TJ ve NMVOC için 1500 kg/TJ şeklinde ifade edilmiştir. Bu değerler IPCC tarafından belirlenmiş olan ortalama emisyon faktörleridir.

Yukarıda verilen örnek hesaplama; diğer ulaştırma alt sektörlerine ve her bir yakıt tiplerine göre N_2O , NO_x , CO ve NMVOC gazları için uygulanmıştır. Ulaştırma sektöründen kaynaklı, yakıt tiplerine göre detaylandırılmış 2012 yılına ait CH_4 emisyon değerleri hesaplanarak Tablo 3.9' da verilmektedir.

Tablo 3.9. Ulaştırma sektörü 2012 yılı CH₄ emisyonu hesaplamaları

2012 YILI	ADIM 1	ADIM 2		ADIM 3			ADIM 4		
Yakıt/Sektör	(A) Yakıt Tüketimi (t=ton)	(B) Dönüşüm Faktörü (TJ/kt)	(C) Enerji Tüketimi (TJ)	(D) CH ₄ Emisyon Faktörü (kg/TJ)	(E) CH ₄ Emisyonu (kg)	(F) CH ₄ Emisyonu (Gg)	(G) CO ₂ eşdeğer katsayısı	(H) CH ₄ Emisyonu (Gg CO ₂ eşdeğeri)	
			$C=A \times B \times 10^3$		$E=C \times D$	$F=E \times 10^{-6}$		$H=G \times F$	
DEMİRYOLU									
Motorin	138.486	43,00	5.954,90	5,00	29.774,49	0,03	21,00	0,63	
Ara Toplam			5.954,90	Ara Toplam			0,03	Ara Toplam	0,63
DENİZYOLU									
Motorin	471.606	43,00	20.279,06	5,00	101.395,29	0,10	21,00	2,13	
Den.Yakıtı	7.414	40,19	297,97	5,00	1.489,84	0,001	21,00	0,03	
Fuel Oil	33.214	40,40	1.341,85	5,00	6.709,23	0,01	21,00	0,14	
Ara Toplam			21.918,87	Ara Toplam			0,111	Ara Toplam	2,30
HAVAYOLU									
Jet Yakıtı	1.181.587	44,10	52.107,99	0,50	26.053,99	0,03	21,00	0,55	
Ara Toplam			52.107,99	Ara Toplam			0,03	Ara Toplam	0,55
KARAYOLU									
Benzin	1.814.451	44,30	80.380,18	20,00	1.607.603,59	1,61	21,00	33,76	
Motorin	12.993.585	43,00	558.724,16	5,00	2.793.620,78	2,79	21,00	58,67	
LPG	2.694.857	47,30	127.466,74	30,00	3.824.002,08	3,82	21,00	80,30	
Ara Toplam			766.571,07	Ara Toplam			8,23	Ara Toplam	172,73
Toplam			846.552,83	Toplam			8,391	Toplam Emisyon	176,20

Diğer yılların hesabı da bu yöntemle aynı şekilde yapılmakta olup; Tablo 3.6' daki değerler her yıl için Tablo 3.9' daki gibi hesaplanarak sonuç emisyonlarına ulaşılmıştır. Bu hesaplamalarla oluşan değerler Tablo 3.10' da verilmektedir.

Tablo 3.10. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CH₄ emisyonları (Gg)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Toplam	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Denizyolu	Motorin	0,10	0,14	0,11	0,11	0,08
	Den. Yakıtı	0,001	0,01	0	0	0
	Fuel Oil	0,01	0	0,001	0,001	0,02
	Toplam	0,111	0,15	0,111	0,111	0,1
Havayolu	Jet Yakıtı	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04
	Toplam	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04
Karayolu	Benzin	1,61	1,60	1,85	1,95	2,07
	Motorin	2,79	1,84	1,69	1,72	1,76
	LPG	3,82	3,65	3,53	3,27	3,00
	Toplam	8,23	7,09	7,07	6,94	6,82
Ulaştırma Toplam		8,391	7,30	7,23	7,12	6,99

Tablo 3.10, CH₄ emisyonlarının yıllar içindeki değişimini göstermektedir. Toplam CH₄ emisyonları içinde en büyük payın karayolu ulaşımına ait olduğu görülmektedir. Ayrıca, Tablo 3.11'de ise metan emisyonunun CO₂ eşdeğer cinsinden emisyon değerleri verilmektedir.

Tablo 3.11. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CH₄ emisyonları
(Gg CO₂ eşd.)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	0,63	0,68	0,66	0,61	0,63
	Toplam	0,63	0,68	0,66	0,61	0,63
Denizyolu	Motorin	2,13	2,89	2,35	2,28	1,77
	Den. Yakıtı	0,03	0,23	0	0	0
	Fuel Oil	0,14	0	0,01	0,01	0,38
	Toplam	2,30	3,12	2,36	2,29	2,15
Havayolu	Jet Yakıtı	0,55	0,49	0,42	0,75	0,76
	Toplam	0,55	0,49	0,42	0,75	0,76
Karayolu	Benzin	33,76	33,60	38,76	40,91	43,47
	Motorin	58,67	38,74	35,45	36,18	36,91
	LPG	80,30	76,65	74,18	68,69	62,92
	Toplam	172,73	148,99	148,40	145,78	143,31
Ulaştırma Toplam		176,20	153,27	151,83	149,43	146,85

N₂O emisyonlarının 2008-2012 yılları arasındaki değişimi Tablo 3.12’ de verilmiştir. Her emisyon grubunda olduğu gibi yine en yüksek payın karayolu emisyonlarında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.12. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan N₂O emisyonları
(Gg)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	0,0036	0,0039	0,0038	0,0035	0,0036
	Toplam	0,0036	0,0039	0,0038	0,0035	0,0036
Denizyolu	Motorin	0,0122	0,0165	0,0135	0,0130	0,0101
	Den. Yakıtı	0,0002	0,0013	-	-	-
	Fuel Oil	0,0008	-	0,0001	0,0001	0,0022
	Toplam	0,0132	0,0178	0,0135	0,013	0,0123
Havayolu	Jet Yakıtı	0,1042	0,0934	0,0792	0,1425	0,1448
	Toplam	0,1042	0,0934	0,0792	0,1425	0,1448
Karayolu	Benzin	0,0482	0,0480	0,0554	0,0585	0,0621
	Motorin	0,3352	0,2214	0,2026	0,2067	0,211
	LPG	0,0255	0,0243	0,0236	0,0218	0,02
	Toplam	0,40896	0,29372	0,28150	0,28697	0,29302
Ulaştırma Toplam		0,52990	0,40874	0,37795	0,44609	0,45370

N₂O emisyonları 2008-2012 yılları için Gg CO₂ eşdeğeri cinsinden hesaplanmış olup Tablo 3.13'te verilmektedir.

Tablo 3.13. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan N₂O emisyonları (Gg CO₂ eşd.)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	1,11	1,20	1,16	1,09	1,12
	Toplam	1,11	1,20	1,16	1,09	1,12
Denizyolu	Motorin	3,77	5,11	4,17	4,04	3,13
	Den. Yakıtı	0,06	0,41	0	0	0
	Fuel Oil	0,25	0	0,02	0,02	0,67
	Toplam	4,08	5,52	4,18	4,06	3,80
Havayolu	Jet Yakıtı	32,31	28,94	24,55	44,18	44,89
	Toplam	32,31	28,94	24,55	44,18	44,89
Karayolu	Benzin	14,95	14,88	17,16	18,12	19,25
	Motorin	103,92	68,63	62,80	64,08	65,39
	LPG	7,90	7,54	7,30	6,76	6,19
	Toplam	126,78	91,05	87,27	88,96	90,84
Ulaştırma Toplam		164,27	126,71	117,16	138,29	140,65

Tablo 3.14' te; 5 yıllık döneme ait ulaşım modlarından kaynaklanan toplam (CO₂+ CH₄+ N₂O) CO₂ emisyon değerleri CO₂ eşdeğeri cinsinden verilmektedir. Söz konusu değerlere bakıldığında 2012 yılında ulaşımdan kaynaklanan toplam emisyon değerinin bir önceki yıla göre yaklaşık % 24' lük ciddi bir artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 3.14.2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu
(Gg CO₂ eşdeğeri)

Sektör	Yakıt	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	438,4	473,7	459,9	430,98	444,2
	Toplam	438,4	473,7	459,9	430,98	444,2
Denizyolu	Motorin	1.492,9	2.022,8	1.648,7	1.598,3	1.239,8
	D.Yakıtı	21,7	160,4	-	-	-
	Fuel Oil	103,2	-	6,93	8,72	277,3
	Toplam	1.617,8	2.183,2	1.655,6	1.607	1.517,2
Havayolu	Jet Yakıtı	3.721,3	3.333,7	2.828,3	5.088,9	5.170,3
	Toplam	3.721,3	3.333,7	2.828,3	5.088,9	5.170,3
Karayolu	Benzin	5.563,4	5.536,9	6.387,2	6.741,7	7.164,2
	Motorin	41.131,6	27.162,6	24.856	25.363,2	25.880,8
	LPG	8.086,9	7.719,1	7.470,7	6.917,7	6.336,5
	Toplam	54.781,9	40.418,6	38.713,8	39.022,6	39.381,5
Ulaştırma Toplam		60.559,4	46.409,3	43.657,6	46.149,5	46.513,1

NO_x, CO, NMVOC gazlarına ait emisyon değerleri sırasıyla Tablo 3.15, Tablo 3.16 ve Tablo 3.17' de verilmektedir.

Tablo 3.15. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan NO_x emisyonları
(Gg)

Sektör	Yakıt	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	7,15	7,72	7,50	7,03	7,24
	Toplam	7,15	7,72	7,50	7,03	7,24
Denizyolu	Motorin	30,42	41,22	33,59	32,57	25,26
	Den.Yakıtı	0,45	3,30	0	0	0
	Fuel Oil	2,01	0	0,14	0,17	5,41
	Toplam	32,88	44,52	33,73	32,74	30,67
Havayolu	Jet Yakıtı	15,63	14,00	11,88	21,38	21,72
	Toplam	15,63	14,00	11,88	21,38	21,72
Karayolu	Benzin	48,23	48,00	55,37	58,44	62,11
	Motorin	446,98	295,18	270,11	275,62	281,25
	LPG	48,44	46,23	44,75	41,43	37,95
	Toplam	543,64	389,41	370,23	375,50	381,31
Ulaştırma Toplam		599,30	455,65	423,33	436,64	440,94

Tablo 3.16. 2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan CO emisyonları (Gg)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	5,95	6,44	6,25	5,85	6,03
	Toplam	5,95	6,44	6,25	5,85	6,03
Denizyolu	Motorin	20,28	27,48	22,39	21,71	16,84
	Den. Yakıtı	0,30	2,20	0	0	0
	Fuel Oil	1,34	0	0,09	0,11	3,61
	Toplam	21,92	29,68	22,48	21,82	20,45
Havayolu	Jet Yakıtı	5,21	4,67	3,96	7,13	7,24
	Toplam	5,21	4,67	3,96	7,13	7,24
Karayolu	Benzin	643,04	639,98	738,27	779,23	828,07
	Motorin	558,72	368,97	337,64	344,53	351,56
	LPG	184,83	176,42	170,74	158,10	144,82
	Toplam	1386,59	1185,38	1246,65	1281,87	1324,45
Ulaştırma Toplam		1419,68	1226,16	1279,34	1316,67	1358,17

Tablo 3.17.2008-2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan NMVOC emisyonları (Gg)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	1,19	1,29	1,25	1,17	1,21
	Toplam	1,19	1,29	1,25	1,17	1,21
Denizyolu	Motorin	4,06	5,50	4,48	4,34	3,37
	Den. Yakıtı	0,06	0,44	0	0	0
	Fuel Oil	0,27	0	0,02	0,02	0,72
	Toplam	4,38	5,94	4,50	4,36	4,09
Havayolu	Jet Yakıtı	2,61	2,33	1,98	3,56	3,62
	Toplam	2,61	2,33	1,98	3,56	3,62
Karayolu	Benzin	120,57	120,0	138,42	146,11	155,26
	Motorin	111,74	73,79	67,53	68,91	70,31
	LPG	81,58	77,87	75,36	69,78	63,92
	Toplam	313,89	271,66	281,31	284,80	289,50
Ulaştırma Toplam		322,07	281,22	289,04	293,90	298,41

NO_x, CO ve NMVOC gazlarına ait emisyonlarda karayolunun baskın ulaştırma modu olduğu açıkça görülmektedir. Zaten karayolu ulaşımında kullanılan toplam yakıt miktarları, diğer ulaşım sistemlerinde tüketilene göre çok daha fazla olduğu için, söz konusu gazlara ait açığa çıkan emisyonlarının içinde en büyük paya karayolunun sahip olması beklenen bir sonuçtur.

3.3.3 Kükürt dioksit (SO₂) emisyonunun hesaplanması

Kükürt dioksit emisyonlarının hesaplanmasında, ilk olarak, daha önce Bölümde 3.2.4' te de verilen Eşitlik 3.5 yardımıyla emisyon faktörü hesaplanır, ardından bu emisyon faktörü ile yakıt tüketimi değeri çarpılarak SO₂ emisyonu bulunur.

$$EF_{SO_2} = 2 \times \left(\frac{s}{100}\right) \times \frac{1}{Q} \times 10^6 \times \left(\frac{100-r}{100}\right) \times \left(\frac{100-n}{100}\right) \quad (3.5)$$

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

EF_{SO₂}: SO₂ gazının emisyon faktörü (kg/TJ)

2: Moleküler ağırlıklar oranı SO₂/SO (kg/kg)

s: Yakıtın kükürt içeriği (%)

r: Külde kalan kükürt miktarı (%)

Q: Net kalorifik değer (TJ/kt)

10⁶: Birim değiştirme katsayısı

n: Kükürt azaltma teknolojisinin verimi (Azaltma verimi)(%)

Emisyon faktörü hesabında ilk olarak yukarıdaki eşitlikte “s” ile gösterilmiş olan yakıtın kükürt içeriği değeri Tablo 3.5’ ten seçilir. Tablodan da görüldüğü üzere; söz konusu değer gazlar için göz ardı edilmektedir. Yakıtların net kalorifik değerleri (Q), daha önceki hesaplarda kullanılan dönüşüm faktörü ile aynı değerlerdir. Bölüm 3.2.4’te anlatıldığı gibi, “r” ile gösterilen külde kalan kükürt miktarı değeri, ulaştırma sektöründe kullanılan yakıtların sıvı yakıt olmaları nedeniyle göz ardı edilecektir. Kükürt azaltma teknolojisinin verimi (n) ise ortalama bir değer olarak %60

seçilmiştir. Bu belirlemelere göre emisyon faktörleri şu şekilde hesaplanır (IPCC, 1996d; Pekin, 2006).

- Benzinin Emisyon Faktörü

$$EF_{\text{Benzin}} = 2 \times \left(\frac{0,1}{100}\right) \times \frac{1}{44,3} \times 10^6 \times \left(\frac{100-0}{100}\right) \times \left(\frac{100-60}{100}\right)$$

$$EF_{\text{Benzin}} = 18,06$$

- Motorinin Emisyon Faktörü

$$EF_{\text{Motorin}} = 2 \times \left(\frac{0,3}{100}\right) \times \frac{1}{43,0} \times 10^6 \times \left(\frac{100-0}{100}\right) \times \left(\frac{100-60}{100}\right)$$

$$EF_{\text{Motorin}} = 55,81$$

- Fuel Oilin Emisyon Faktörü

$$EF_{\text{Fuel oil}} = 2 \times \left(\frac{3,0}{100}\right) \times \frac{1}{40,40} \times 10^6 \times \left(\frac{100-0}{100}\right) \times \left(\frac{100-60}{100}\right)$$

$$EF_{\text{Fuel oil}} = 594,06$$

- Jet Yakıtının Emisyon Faktörü

$$EF_{\text{Jet yakıtı}} = 2 \times \left(\frac{0,05}{100}\right) \times \frac{1}{44,1} \times 10^6 \times \left(\frac{100-0}{100}\right) \times \left(\frac{100-60}{100}\right)$$

$$EF_{\text{Jet yakıtı}} = 9,07$$

- Denizcilik Yakıtının Emisyon Faktörü

$$EF_{\text{Denizcilik yakıtı}} = 2 \times \left(\frac{1,0}{100}\right) \times \frac{1}{40,19} \times 10^6 \times \left(\frac{100-0}{100}\right) \times \left(\frac{100-60}{100}\right)$$

$$EF_{\text{Denizcilik yakıtı}} = 199,06$$

- LPG Emisyon Faktörü

Kükürt içeriği göz ardı edildiğinden bu değer hesaplanmamaktadır.

Yukarıdaki hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Tablo 3.18’de verilmektedir.

Tablo 3.18. Yakıt tiplerine göre SO₂ emisyon faktörü

Yakıt Tipi	Emisyon Faktörü
Benzin	18,06
Motorin (Dizel Yakıt)	55,81
Fuel Oil	594,06
Jet Yakıtı	9,07
Denizcilik Yakıtı	199,06
LPG	Önemsiz

Emisyon faktörleri bulunduktan sonra yapılan işlem, diğer emisyonlar için yapılan işlemlerle aynıdır. Yakıt tüketim değeri ile emisyon faktörü çarpılarak yakıtın söz konusu gaz cinsinden emisyon değerleri elde edilir. Tablo 3.19’ de 2012 yılındaki yakıt tüketimlerine göre yukarıda hesaplanan emisyon faktörleri yardımıyla SO₂ emisyonlarının hesabı yapılmıştır.

Tablo 3.19. Ulaştırma sektörü 2012 yılı SO₂ emisyonu hesaplamaları

2012 YILI	ADIM 1	ADIM 2		ADIM 3	
Yakıt/ Sektör	(A) Yakıt Tüketimi (t=ton)	(B) Dönüşü m Faktörü (TJ/kt)	(C) Enerji Tüketimi (TJ)	(D) SO ₂ Emisyon Faktörü (kg/TJ)	(E) SO ₂ Emisyonu (Gg)
			$C=A \times B \times 10^3$		$E=C \times D \times 10^{-6}$
DEMİRYOLU					
Motorin	138.486	43,00	5.954,90	55,81	0,33
Ara Toplam			5.954,90	Ara Toplam	0,33
DENİZYOLU					
Motorin	471.606	43,00	20.279,06	55,81	1,13
D. Yakıtı	7.414	40,19	297,97	199,06	0,06
Fuel Oil	33.214	40,40	1.341,85	594,06	0,80
Ara Toplam			21.918,87	Ara Toplam	1,99
HAVAYOLU					
Jet Yakıtı	1.181.587	44,10	52.107,99	9,07	0,47
Ara Toplam			52.107,99	Ara Toplam	0,47
KARAYOLU					
Benzin	1.814.451	44,30	80.380,18	18,06	1,45
Motorin	12.993.585	43,00	558.724,16	55,81	31,18
LPG	2.694.857	47,30	127.466,74	-	-
Ara Toplam			766.571,07	Ara Toplam	32,64
TOPLAM			846.552,83	TOPLAM	35,43

Yukarıda izlenen yönteme göre 2008-2012 yılları arasında Türkiye’de ulaştırma sektöründen kaynaklanan SO₂ emisyonları Tablo 3.20’ de verilmiştir. Bu değerlere göre en büyük SO₂ emisyonu kaynağı karayolu ulaşımıdır. Karayolundan sonra ise denizyolları büyük bir SO₂ kaynağıdır. Denizyolları için belirleyici olan faktör yakılan fuel oil olmaktadır. Fuel oil yüksek miktarda kükürt içeriği nedeniyle yakıldığında SO₂ emisyonunu yüksek değerlerde vermektedir. Havayolu ve demiryolu ulaşımı ise toplam içinde en düşük paylara sahiptir.

Tablo 3.20. 2008-2012 ulaşım modlarından kaynaklanan SO₂ emisyonları (Gg)

Sektör	Yakıt Tipi	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	Motorin	0,33	0,36	0,35	0,33	0,34
	Toplam	0,33	0,36	0,35	0,33	0,34
Denizyolu	Motorin	1,13	1,53	1,25	1,21	0,94
	Den.Yakıtı	0,06	0,44	0	0	0
	Fuel Oil	0,80	0	0,05	0,07	2,14
	Toplam	1,99	1,97	1,30	1,28	3,08
Havayolu	Jet Yakıtı	0,47	0,42	0,36	0,65	0,66
	Toplam	0,47	0,42	0,36	0,65	0,66
Karayolu	Benzin	1,45	1,44	1,67	1,76	1,87
	Motorin	31,18	20,59	18,84	19,23	19,62
	LPG	-	-	-	-	-
	Toplam	32,64	22,04	20,51	20,99	21,49
Ulaştırma Toplam		35,43	24,79	22,52	23,24	25,57

Tablo 3.21' de; CO₂, CH₄, N₂O, CO, NO_x, CO, NMVOC ve SO₂ gazlarına ait 2008-2012 yılları arası ulaşım modlarından kaynaklanan emisyon değerlerinin bulunması için yapılan hesaplamaların sonuçları verilmektedir.

Tablo 3.21. 2008-2012 ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazı emisyonları (Gg)

Gazlar	2012	2011	2010	2009	2008
CO ₂	60.218,86	46.129,26	43.388,62	45.861,74	46.225,63
CH ₄	8,391	7,30	7,23	7,12	6,99
N ₂ O	0,52990	0,40874	0,37795	0,44609	0,45370
NO _x	599,30	455,65	423,33	436,64	440,94
CO	1419,68	1226,16	1279,34	1316,67	1358,17
NMVOC	322,07	281,22	289,04	293,90	298,41
SO ₂	35,43	24,79	22,52	23,24	25,57

4. SERA GAZI EMİSYONLARININ SEKTÖR VE ULAŞIM MODLARINA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

4.1 2008-2012 Yılları Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanterine Göre Ulaştırma Sektörünün Payı

2004 yılında BMİDÇS Ek-I tarafı olan Türkiye her yıl Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri'ni hazırlayarak BMİDÇS Sekreteryası'na sunmakla yükümlüdür. 1990-2004 yıllarını kapsayan ilk Sera Gazı Emisyon Envanteri ülkemizde 2006 yılında sunulmuştur. 2006 yılından bu yana her yıl Sera Gazı Emisyon Envanteri, Türkiye İstatistik Kurumu koordinasyonunda hazırlanmakta ve BMİDÇS'ye sunulmaktadır. Türkiye son olarak 1990-2012 yıllarına ilişkin Sera Gazı Emisyon Envanteri'ni 2014 yılında sunmuştur.

Bu bölümde; Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri adı verilen National Inventory Reports (NIR) lara ait son 5 yıllık genel veriler karşılaştırılarak yorumlanacaktır. Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri kapsamında yapılacak olan karşılaştırmalarda ulaşırmadan kaynaklı alt sektörlere ait veriler irdelenmeyecektir. Ulaştırmaya ait detaylı karşılaştırma için bu tez çalışması kapsamında bir önceki bölümde elde edilen veriler kullanılacaktır.

Öncelikle 2008-2012 yılları arasındaki Enerji, Endüstriyel İşlemler, Tarım ve Atık sektörlerinden kaynaklanan CO₂ Emisyonlarının dağılımı incelenecek olup; daha sonra çalışmamızdaki temel amaç olan ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını içeren Enerji Sektörünün yıllara göre değişimlerine bakılacaktır.

Bir sonraki aşamada inceleme detaylandırılarak ulaşım modlarının her birinden kaynaklanan tüm sera gazlarının emisyon değerleri grafiksel olarak gösterilerek, 2008- 2012 yılları arasındaki artış/azalış eğilimleri irdelenecektir.

Tablo 4.1’ de 2008-2012 yılları arasında CO₂ eşdeğeri toplam CO₂ emisyonu değerleri verilmektedir. Söz konusu tabloda da görüldüğü üzere Enerji Sektöründen kaynaklı CO₂ emisyonu diğer sektörlerle kıyasla oldukça fazladır.

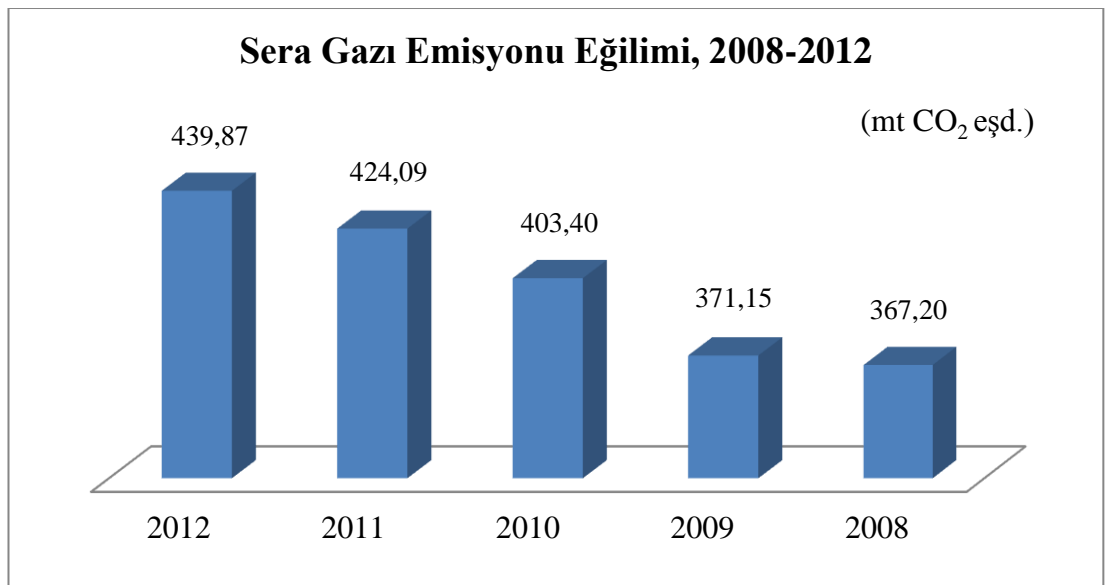
Tablo 4.1. 2008-2012 yılları CO₂ emisyonunun sektörel dağılımı (mt CO₂ eşd.)

Sektörler	2012	2011	2010	2009	2008
Enerji	308,60	301,34	285,14	279,01	278,33
Endüstriyel İşlemler	62,77	58,61	55,67	33,16	29,83
Tarım	32,28	28,83	27,03	26,10	25,47
Atık	36,22	35,31	35,56	32,88	33,57
TOPLAM	439,87	424,09	403,40	371,15	367,20

Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.1’ de, sera gazı emisyonunun son 5 yıllık dönemdeki eğilimi sunulmakta olup; bu şekil, söz konusu emisyon miktarının her yıl belirgin bir oranda arttığını göstermektedir. Sera gazı emisyonu 2011 yılında bir önceki yıla göre %5,13 artarken ve bu oran 2012 yılı için % 3,72 olarak hesaplanmıştır.

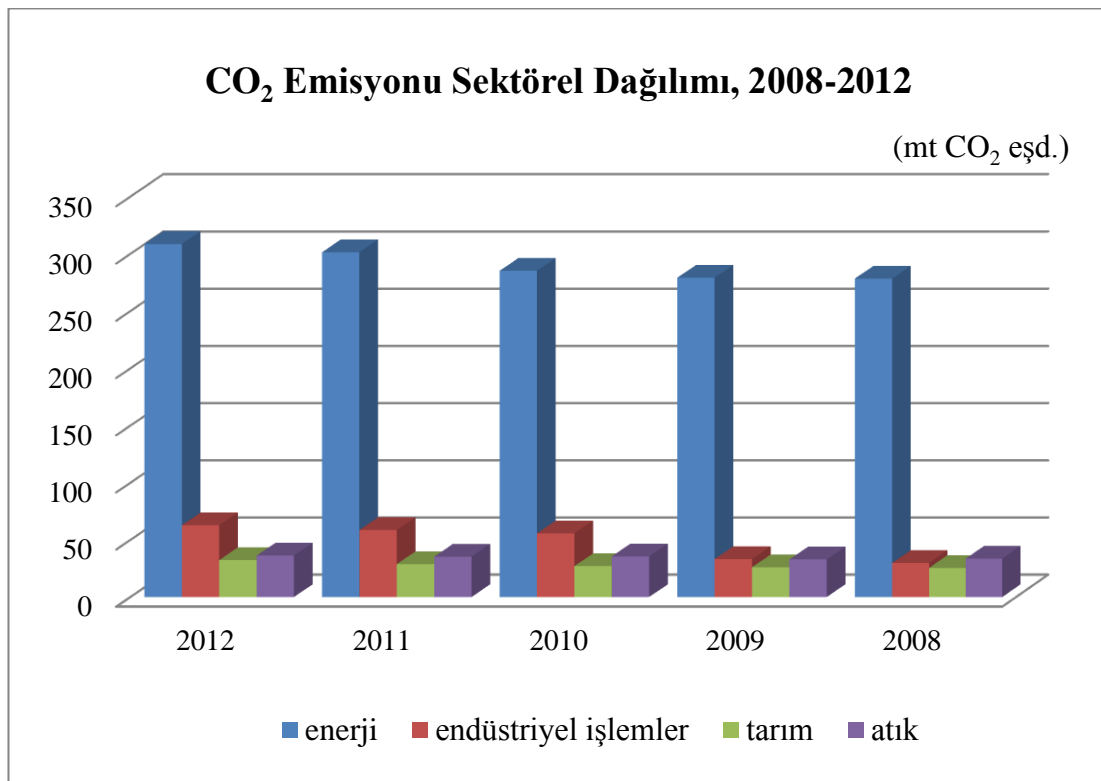
Şekil 4.1. 2008-2012 yılları sera gazı emisyonu trendi (mt CO₂ eşd.)



Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.1 ve Şekil 4.2’ de açıkça görüldüğü üzere; her bir alt sektöre ait CO₂ emisyon değerleri son 5 yıllık dönem aralığında bir önceki yıla göre artış göstermektedir. Enerji Sektörü 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarında bir önceki yıla göre sırasıyla %0,24, %2,2, %5,7, %2,4 ‘lük artışlar göstermiş olup; en fazla artış 5,7’lik oranla 2011 yılında gerçekleşmiştir.

Şekil 4.2. 2008-2012 yılları CO₂ emisyonunun sektörel dağılımı (mt CO₂ eşd.)



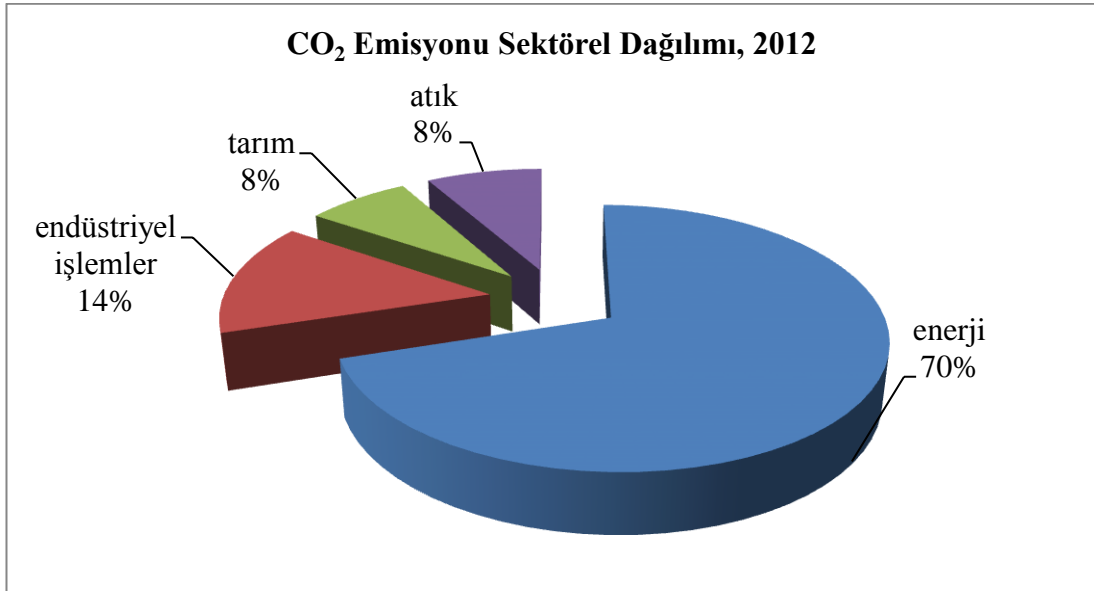
Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.2’ de yine 2008-2012 yılları arasındaki CO₂ emisyonun tüm sektörlere göre dağılımı yüzde olarak ifade edilmektedir. Sadece 2012 yılına ait CO₂ emisyonun sektörel dağılımı ise Şekil 4.3’ te gösterilmekte olup; söz konusu şekilde enerji sektörü % 70 ile en fazla paya sahiptir.

Tablo 4.2. 2008-2012 yılları CO₂ emisyonunun sektörel dağılım yüzdeleri (%)

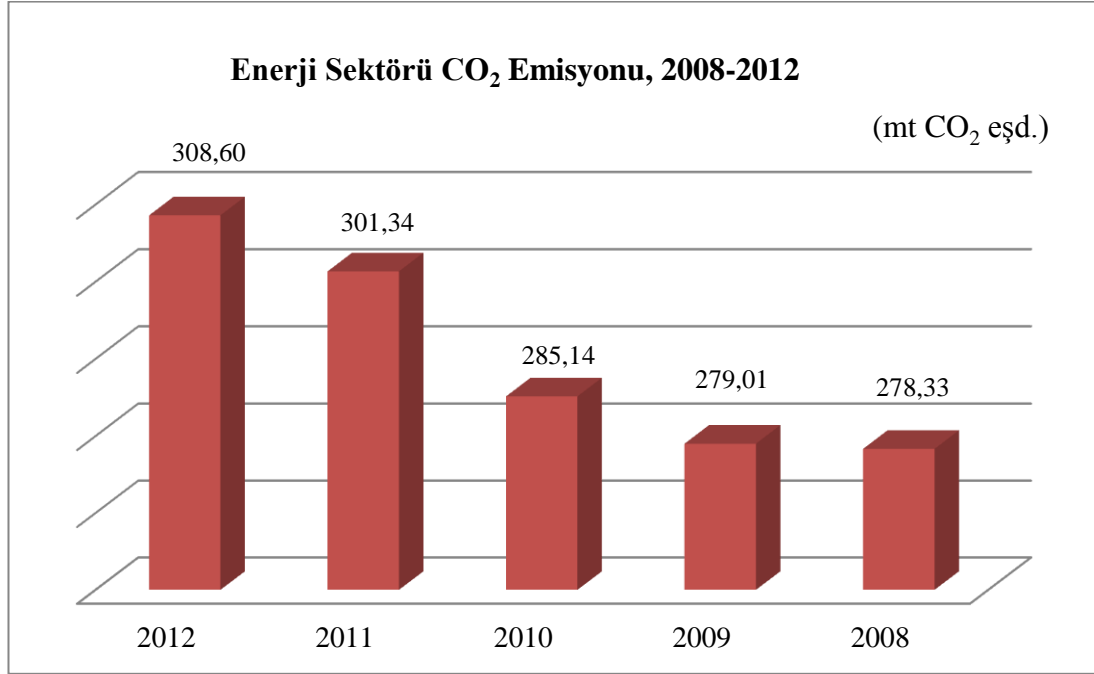
Sektörler	2012	2011	2010	2009	2008
Enerji	70,16	71,06	70,68	75,17	75,80
Endüstriyel İşlemler	14,27	13,82	13,80	8,93	8,12
Tarım	7,34	6,80	6,70	7,03	6,94
Atık	8,23	8,33	8,82	8,86	9,14

Kaynak: TÜİK, 2014

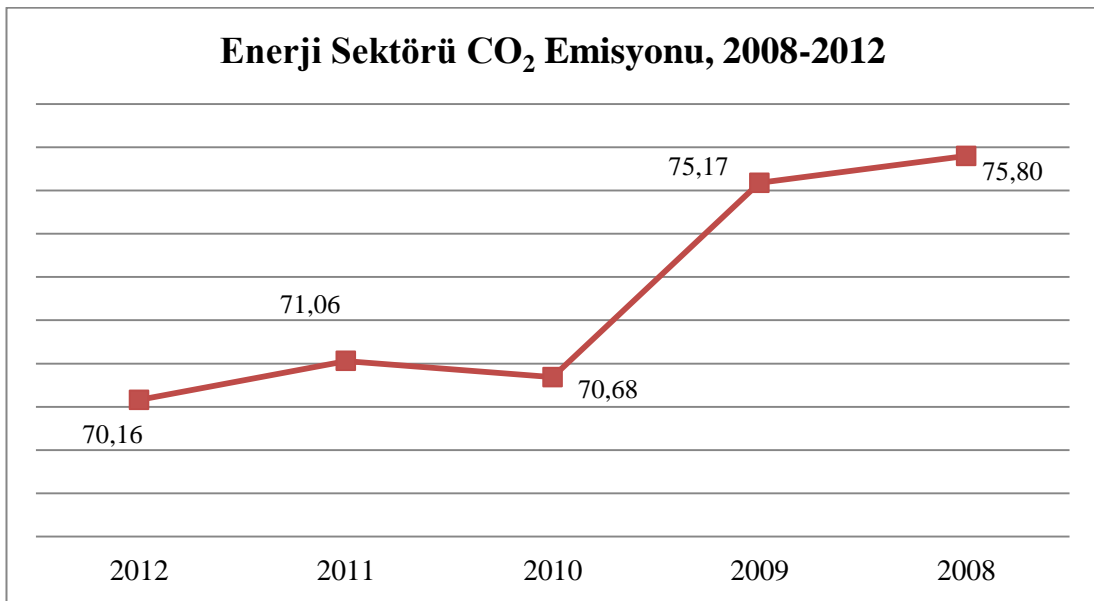
Şekil 4.3. 2012 yılı CO₂ emisyonu sektörel dağılımı (%)

Kaynak: TÜİK, 2014

Son 5 yıllık dönemde; 70 ve üzeri yüzdeyle en fazla paya sahip olan Enerji Sektörünün 2008-2012 yılları arasındaki eğilimi Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’ te gösterilmektedir. Bu iki şekle göre; enerji sektörüne ait CO₂ emisyonu değerlerinde son 5 yılda bir önceki yıla göre artış yaşanmış olmasına rağmen enerji sektörünün sektörler arası CO₂ emisyonu payının her yıl azalmakta olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni ise; Endüstriyel İşlemlerden kaynaklı CO₂ emisyonu değerlerinin, özellikle 2009 yılından sonra, ciddi artış göstermiş olmasıdır.

Şekil 4.4. 2008-2012 yılları enerji sektörü CO₂ emisyonu değerleri (mt CO₂ eşd.)

Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.5. 2008-2012 yılları arası enerji sektörü CO₂ emisyonu trendi (%)

Kaynak: TÜİK, 2014

Enerji Sektörünün sera gazı emisyonu değerlerindeki genel yerini inceledikten sonra Kyoto Protokolü Ek- B listesinde tanımlanmakta olan 6 adet sera gazına (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC ve SF₆) ait emisyon değerleri irdelenecektir. Tablo 4.3' te söz konusu gazlara ait 2008- 2012 yılları arası değerler verilmektedir.

Tablo 4.3. 2008-2012 yılları sera gazı emisyonu değerleri (mt CO₂ eşd.)

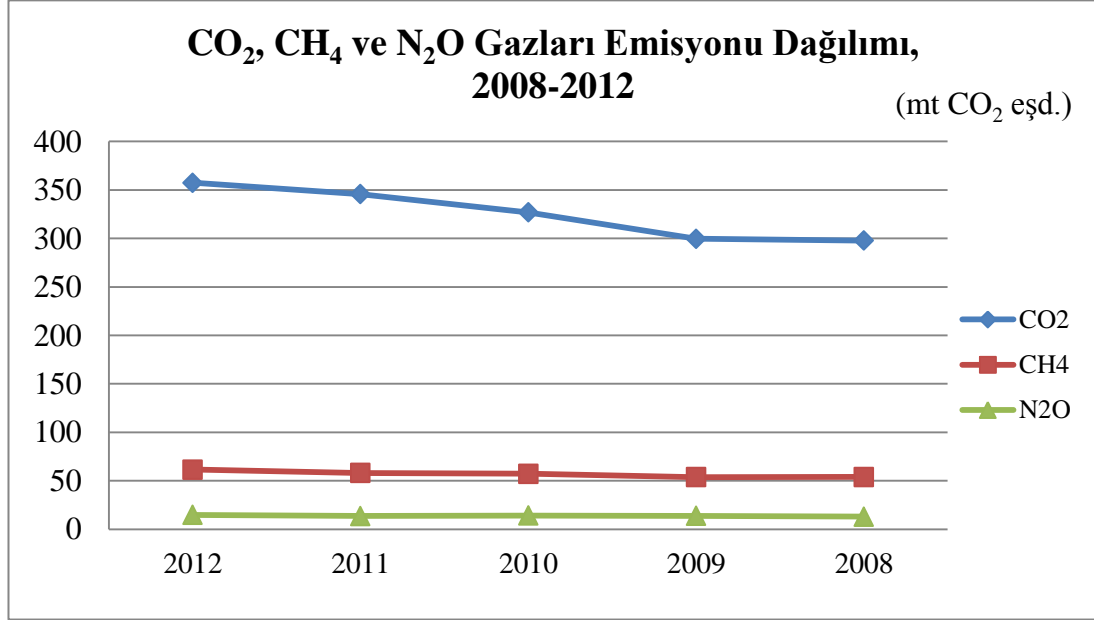
Gazlar	2012	2011	2010	2009	2008
CO₂	357,50	345,73	326,85	299,67	297,85
CH₄	61,62	58,05	57,30	53,75	54,03
N₂O	14,79	13,73	14,15	13,91	13,00
HFC	4,68	5,31	4,01	2,84	2,67
PFC	0,31	0,32	0,31	0,17	0,35
SF₆	0,97	0,95	0,88	0,80	0,84
TOPLAM	439,87	424,09	403,50	371,14	368,73

Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.3' te verilmekte olan değerler Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de görselleştirilmiştir. Söz konusu değerlere göre; sera gazları arasında en büyük paya sahip olan gazın CO₂ olduğu açıkça görülmektedir. HFC, PFC ve SF₆ diğer 3 sera gazına oranla oldukça küçük değerlere sahip olduğundan ayrı bir şekilde gösterilmektedir.

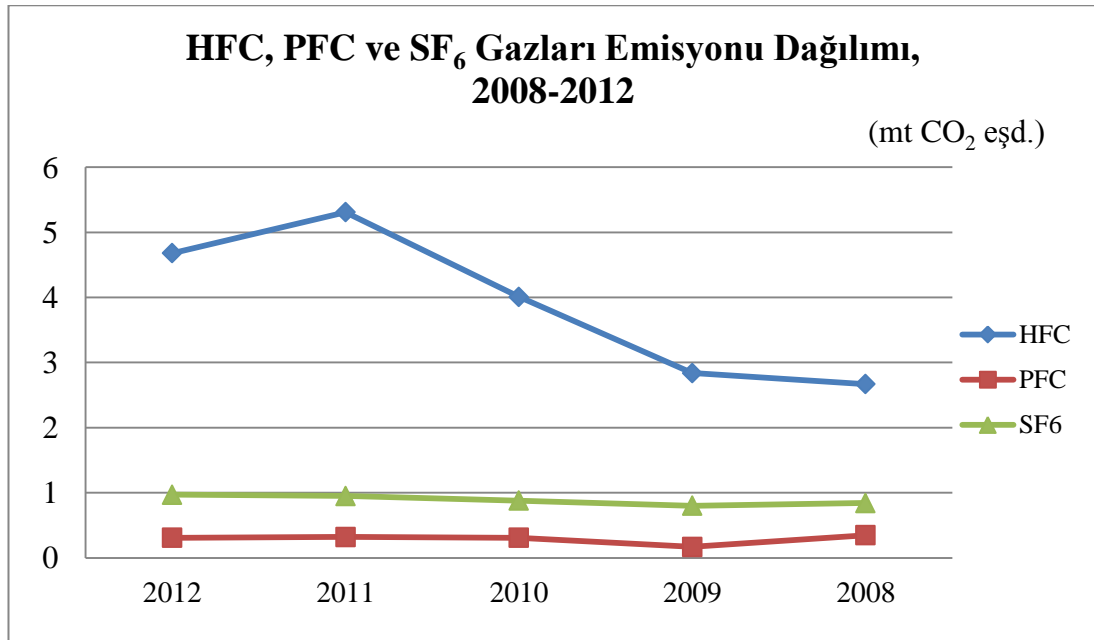
Son 5 yıllık periyotta CO₂ emisyonunda her yıl belirgin bir artış görülmekte olup; 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarında bir önceki yıla göre sırasıyla %0,61, %9,1, %5,5, %3,4 ' lük artışlar görülmüştür. En büyük artış 2010 yılında gerçekleşmiştir. 2009 ve 2010 yılları arasında CO₂ emisyonundaki bu büyük artış, daha öncede değinildiği üzere, Endüstriyel işlemlerden kaynaklı emisyon değerlerinin artmasıdır.

Şekil 4.6. 2008-2012 yılları CO₂, CH₄ ve N₂O gazlarına ait emisyon trendleri
(mt CO₂ eşd.)



Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.7. 2008-2012 yılları HFC, PFC, SF₆ gazlarına ait emisyon trendleri
(mt CO₂ eşd.)



Kaynak: TÜİK, 2014

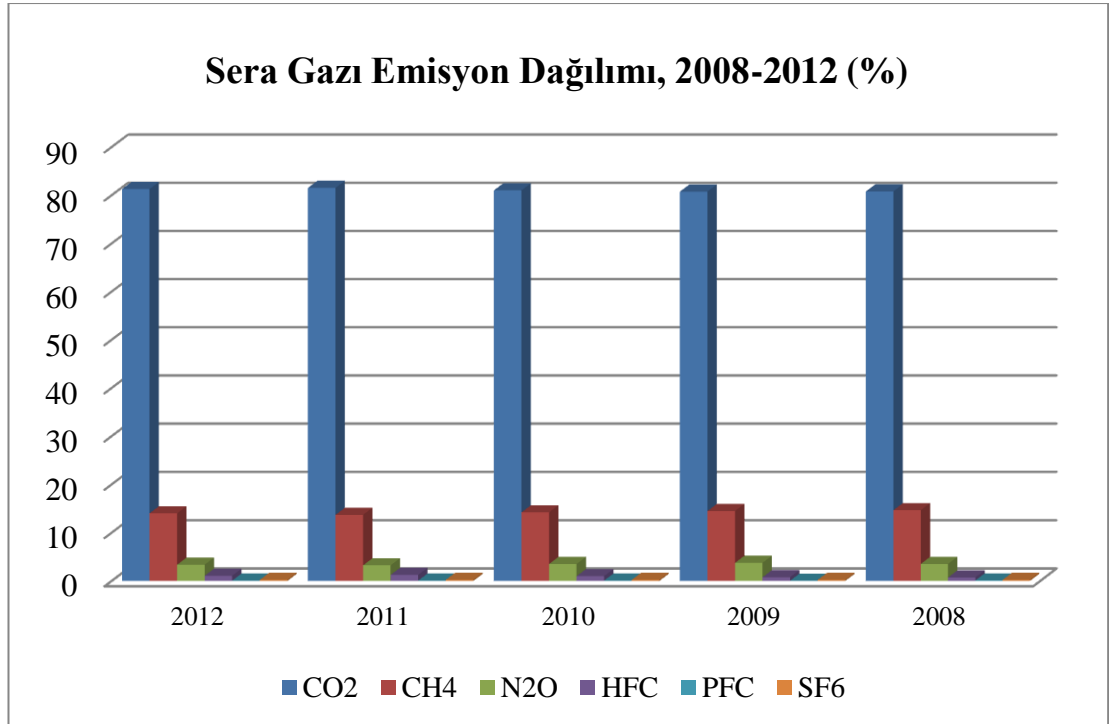
Tablo 4.4 ve Şekil 4.8 sera gazlarına ait emisyonların yüzdesel olarak paylarını vermektedir. Söz konusu tablo ve şekil incelendiğinde, en büyük orana sahip olan sera gazının CO₂ olduğu açıkça görülmektedir.

Tablo 4.4. 2008-2012 yılları sera gazı emisyonu yüzdeleri (%)

Gazlar	2012	2011	2010	2009	2008
CO ₂	81,27	81,52	81,00	80,74	80,78
CH ₄	14,01	13,69	14,20	14,48	14,65
N ₂ O	3,36	3,24	3,51	3,75	3,52
HFC	1,06	1,25	0,99	0,77	0,72
PFC	0,07	0,08	0,08	0,05	0,09
SF ₆	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23

Kaynak: TÜİK, 2014

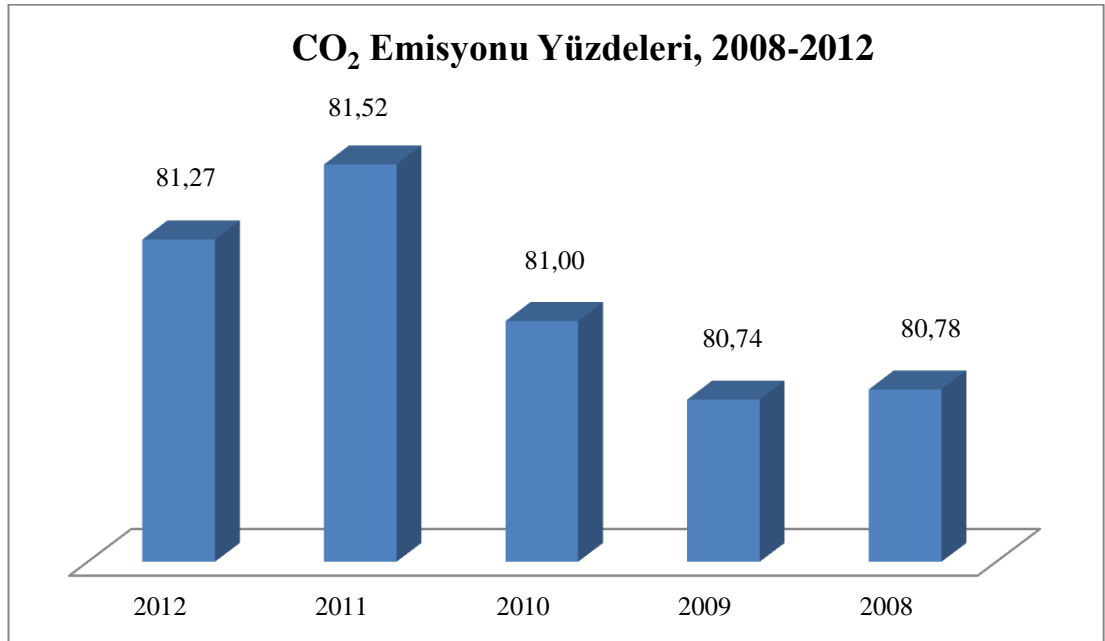
Şekil 4.8. 2008-2012 yılları sera gazlarına ait emisyon değerleri dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK, 2014

Son 5 yıllık dönemde; 80 ve üzeri gibi oldukça fazla bir yüzdeyle en büyük paya sahip olan CO₂ gazının 2008-2012 yılları arasındaki eğilimi Şekil 4.9’ da gösterilmektedir. Söz konusu sera gazına ait oranda, son 5 yılda çok büyük değişiklik görülmemekle birlikte son yılda diğer sera gazları arasındaki payı azalmaktadır.

Şekil 4.9. 2008-2012 yılları CO₂ gazına ait emisyon yüzdeleri



Kaynak: TÜİK, 2014

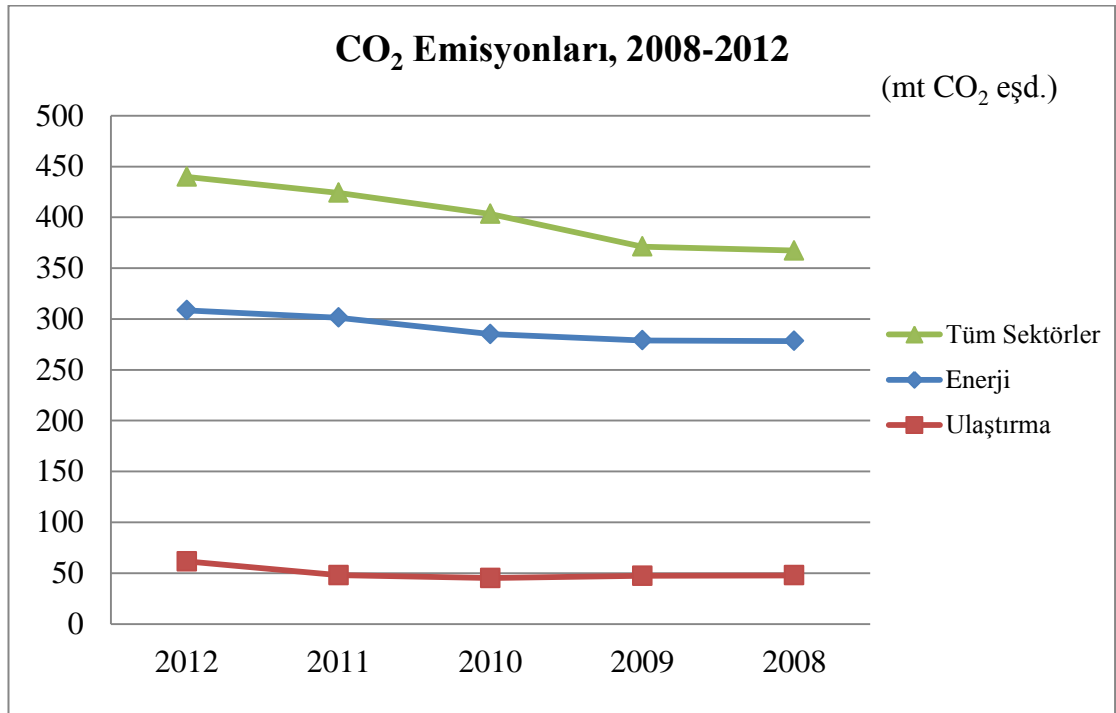
Ulusal Sera Gazı Envanter Raporlarından elde edilen veriler doğrultusunda sera gazlarının 2008-2012 yılları arasındaki dağılımı yukarıda incelenmiştir. Bu raporlar kapsamında son olarak CO₂, CH₄ ve N₂O gazlarına ait emisyon değerleri (CO₂ eşdeğeri cinsinden); Ulaştırma ve Enerji Alt Sektörleri ile birlikte Tüm Sektörler çerçevesinde irdelenecektir.

Tablo 4.5 ve Şekil 4.10’ da; 2008-2012 yılları arasında ulaşım modlarından kaynaklanan CO₂ emisyonunun, “Enerji Sektörü” ve “Tüm Sektörler”den kaynaklanan CO₂ emisyonu ile kıyaslaması görülmektedir.

Tablo 4.5. 2008-2012 yılları CO₂ emisyonu değerleri (mt CO₂ eşd.)

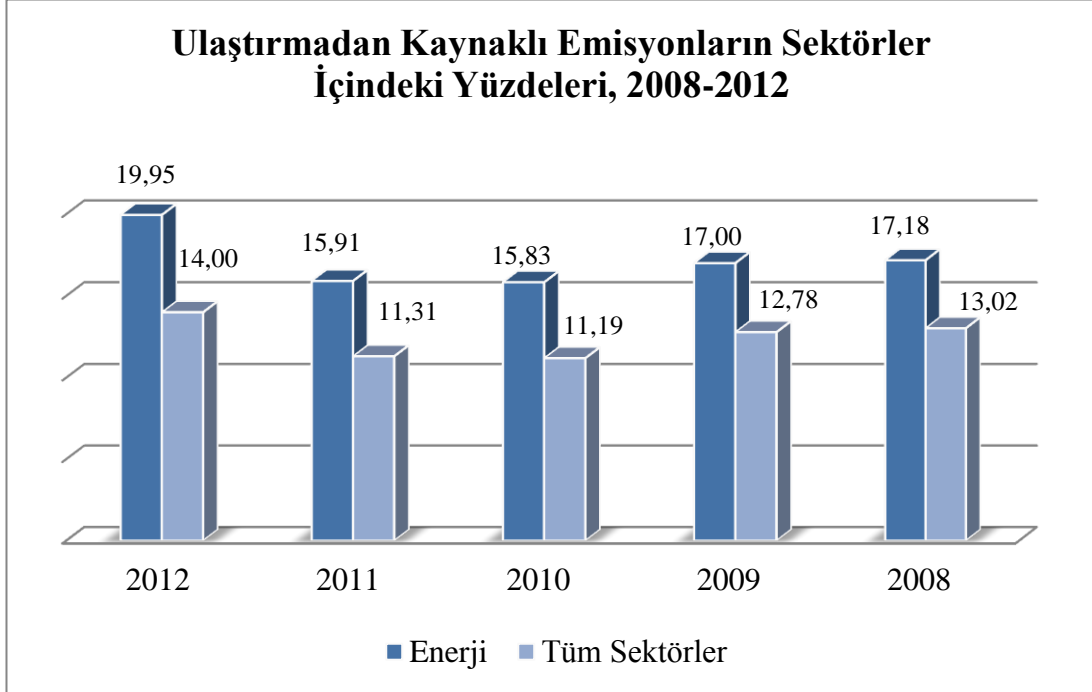
Kategori	2012	2011	2010	2009	2008
Ulaştırma	61,56	47,95	45,14	47,44	47,81
Enerji	308,60	301,34	285,14	279,01	278,33
Tüm Sektörler	439,87	424,09	403,40	371,15	367,20

Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.10. 2008-2012 yılları CO₂ gazına ait emisyon trendleri (mt CO₂ eşd.)

Kaynak: TÜİK, 2014

Ulaştırmanın 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yılları için enerji sektöründeki payı sırasıyla %17,2, %17,0, %15,8, %15,9 ve %20 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu oranlar tüm sektörler içinde sırasıyla %13, %12,8, %11,2, %11,3 ve %14 şeklinde değişmektedir. Söz konusu oranlar Şekil 4.11' de sunulmaktadır.

Şekil 4.11. 2008-2012 yılları ulaşırmadan kaynaklı CO₂ emisyon yüzdeleri

Kaynak: TÜİK, 2014

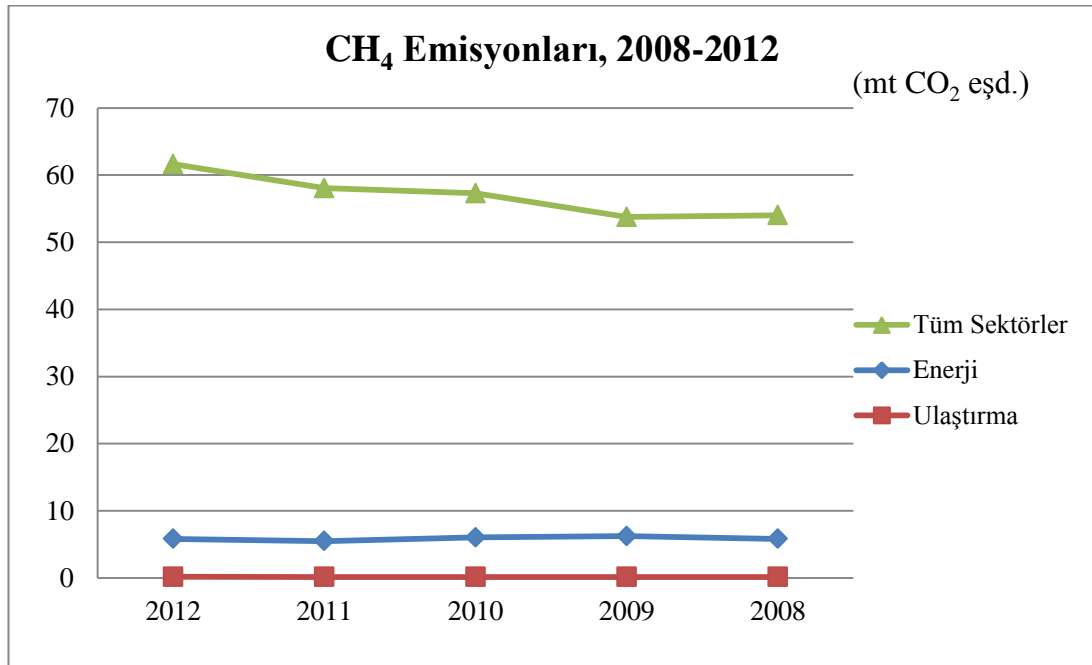
Bu oranlardan da görüldüğü üzere ulaşım modlarından kaynaklı CO₂ emisyon değerleri 2012 yılı için ciddi bir şekilde artış göstererek; başlıca enerji sektöründe olmak üzere tüm sektörler içindeki payını artırmıştır. Toplam CO₂ emisyonu değerinin (tüm sektörlerden kaynaklı) artmasına rağmen ulaşırmadan kaynaklı CO₂ emisyonu değerinin bu toplam içindeki payını artırıyor olması; söz konusu sektörün diğer alt sektörlerle göre daha baskın bir emisyon artışına neden olduğunu açıkça göstermektedir.

Tablo 4.6 ve Şekil 4.12’ de; 2008-2012 yılları arasında ulaşım modlarından kaynaklanan CH₄ emisyonunun “Enerji Sektörü” ve “Tüm Sektörler”den kaynaklanan CH₄ emisyonu ile kıyaslaması görülmektedir. Ulaşırmanın 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yılları için enerji sektöründeki payı sırasıyla %2,2, %2,0, %2,1, %2,6 ve %2,7 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu oranlar tüm sektörler içinde sırasıyla %0,23, %0,23, %0,22, %0,25 ve %0,25 şeklinde değişmektedir.

Tablo 4.6. 2008-2012 yılları CH₄ emisyonu değerleri (mt CO₂ eşd.)

Kategori	2012	2011	2010	2009	2008
Ulaştırma	0,16	0,14	0,13	0,12	0,13
Enerji	5,81	5,48	6,03	6,21	5,82
Tüm Sektörler	61,62	58,05	57,30	53,76	54,03

Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.12. 2008-2012 yılları CH₄ gazına ait emisyon trendleri (mt CO₂ eşd.)

Kaynak: TÜİK, 2014

Yukarıdaki oranlara bakıldığında, özellikle tüm sektörler içindeki CH₄ emisyonu ciddi bir değişiklik göstermemektedir. Bir başka ifadeyle; ulaşırmadan kaynaklı CH₄ emisyonu eğilimi tüm sektörlerden kaynaklı CH₄ emisyonu eğilimi ile paralellik göstermektedir. Ancak; son 4 yıllık dönemde enerji sektöründen kaynaklı CH₄ emisyonu değerinde azalma olmasına karşın ulaşırmadan kaynaklı emisyon değerlerinde artış yaşanmıştır. CO₂ emisyonunda olduğu gibi; CH₄ emisyonunda da ulaşırmadan kaynaklı ciddi ve baskın bir emisyon artışı söz konusudur.

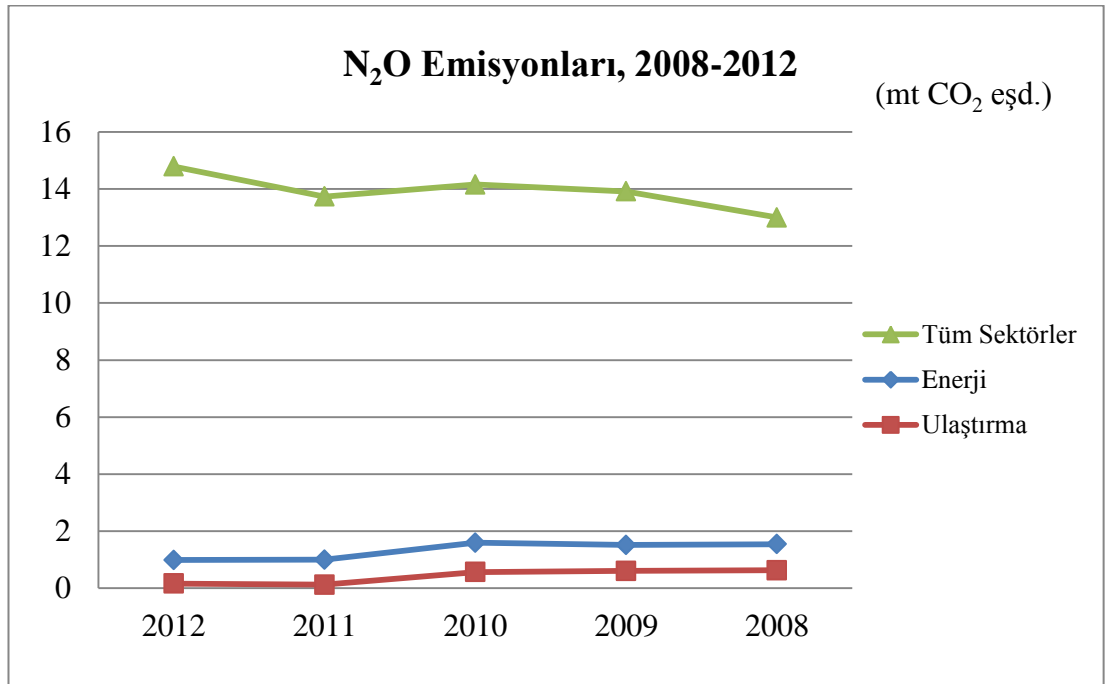
Tablo 4.7 ve Şekil 4.13’ te; 2008-2012 yılları arasında ulaşım modlarından kaynaklanan N₂O emisyonunun “Enerji Sektörü” ve “Tüm Sektörler”den kaynaklanan N₂O emisyonu ile kıyaslaması görülmektedir. Ulaştırmanın 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yılları için Enerji sektöründeki payı sırasıyla %40,9, %40,1, %35,6, %12,8 ve %16,6 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu oranlar tüm sektörler içinde sırasıyla %4,9, %4,4, %4,0, %0,93 ve %1,12 şeklinde değişmektedir.

Tablo 4.7. 2008-2012 yılları N₂O emisyonu değerleri (mt CO₂ eşd.)

Kategori	2012	2011	2010	2009	2008
Ulaştırma	0,17	0,13	0,57	0,61	0,63
Enerji	0,99	1,00	1,59	1,52	1,54
Tüm Sektörler	14,79	13,73	14,15	13,91	13,00

Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.13. 2008-2012 yılları N₂O gazına ait emisyon trendleri (mt CO₂ eşd.)



Kaynak: TÜİK, 2014

Söz konusu oranlara bakıldığında son 5 yıllık dönemde, N₂O emisyonunda dalgalanmalar yaşandığı açıkça görülmektedir. Bu dalgalanmalara rağmen; 2012 yılı haricinde N₂O emisyonunun enerji sektörü ve tüm sektörler içindeki payında tutarlı bir azalım gerçekleşmektedir. Daha önceki iki kıyaslamamın aksine; N₂O emisyonundaki baskın faktörün ulaştırma sektörü olmadığı görülmektedir.

4.2 2008-2012 Yılları Arası Ulaşım Modlarından Kaynaklı Sera Gazı Emisyonu Değerlerinin Karşılaştırılması

Yukarıdaki karşılaştırmalarda daha öncede belirtildiği üzere; Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri verilerinden yararlanılmıştır. Bu bölümde ise; 2008- 2012 yılları arası 5 yıllık dönem için, bu tez çalışması kapsamında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından alınan yakıt tüketim değerleri doğrultusunda yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılacaktır.

Tablo 4.8’ deki veriler doğrultusunda, toplam CO₂ emisyonu değerlerindeki değişimi inceleyerek; 2012 yılında emisyon değerleri karayolları % 35,54, havayolları %11,63 lük artış gösterirken, denizyolu %25,90, demiryolu %7,5 lik azalım göstermektedir.

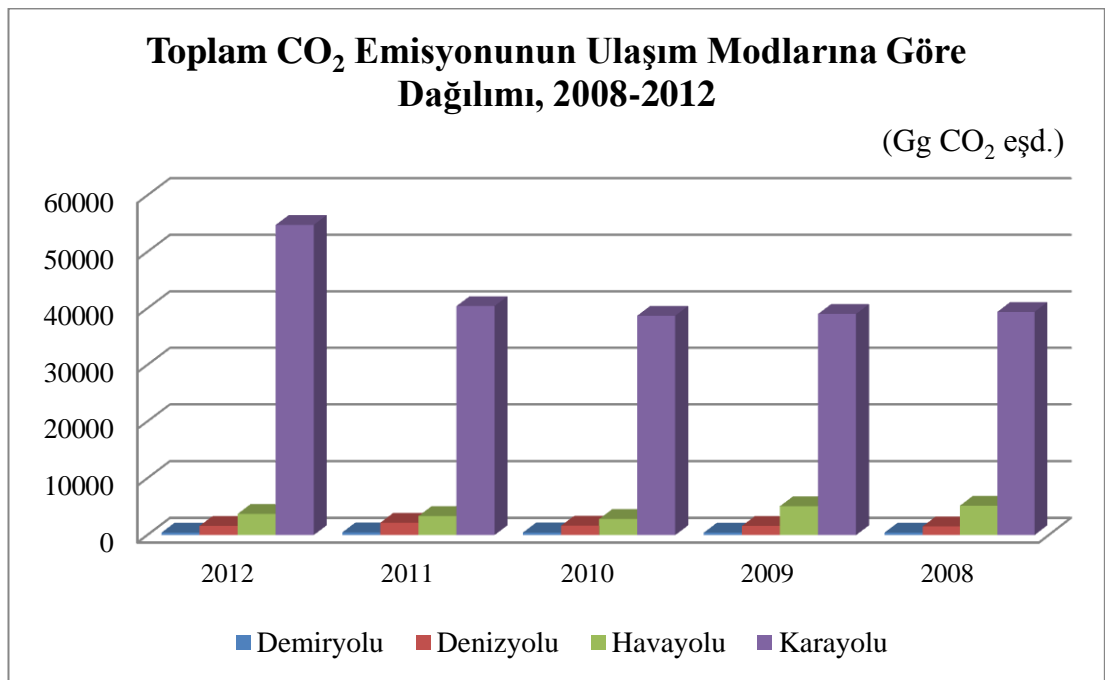
Tablo 4.8. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO₂ emisyonu (Gg CO₂ eşd.)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	438,39	473,74	459,89	430,98	444,15
Denizyolu	1617,77	2183,17	1655,56	1606,97	1517,15
Havayolu	3721,32	3333,71	2828,33	5088,91	5170,31
Karayolu	54781,87	40418,63	38713,83	39022,60	39381,51
TOPLAM	60559,35	46409,25	43657,61	46149,46	46513,12

Tablo 4.8 ve Şekil 4.14’ ten görüldüğü üzere; ulaşım modlarından kaynaklı sera gazı emisyonlarına karayollarının etkisi diğer modlara göre oldukça fazladır. Tablo 4.9’ da de tüm modlarının katkıları yüzdesel olarak ifade edilerek sunulmaktadır. Söz

konusu tablodaki verilerin son 3 yıl için ortalaması alınır; yaklaşık % 90 lık bir oranla karayolları ilk sırada, ardından % 6 ile havayolları ikinci, yaklaşık %3 ile denizyolları üçüncü ve son olarak yaklaşık % 1 gibi oldukça düşük bir oranla da demiryolları gelmektedir.

Şekil 4.14. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO₂ emisyonunun dağılımı (Gg CO₂ eşd.)

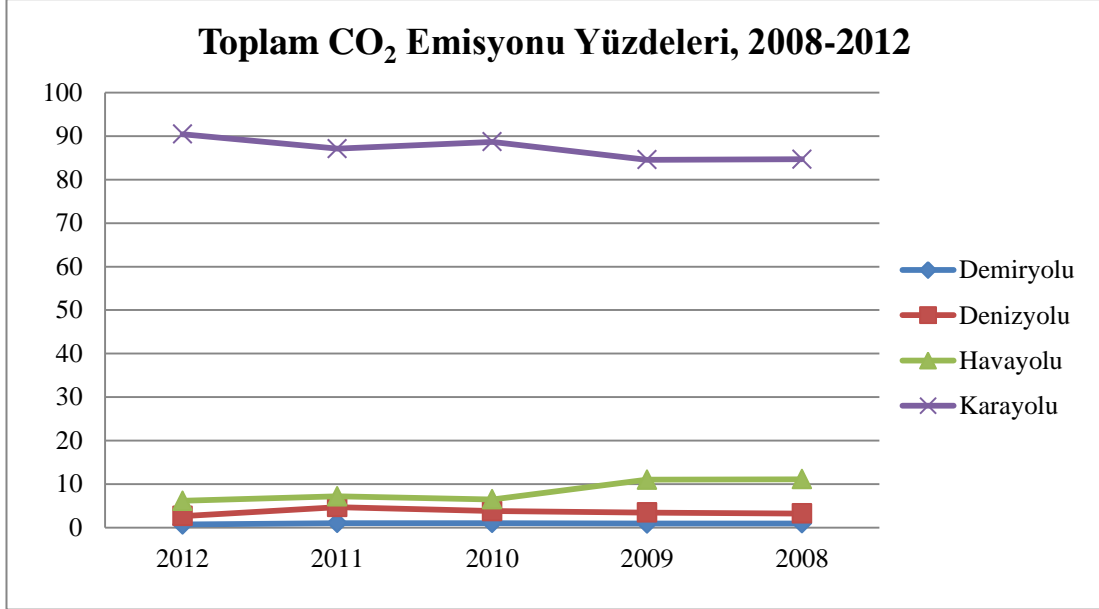


Tablo 4.9. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO₂ emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,72	1,02	1,05	0,93	0,95
Denizyolu	2,67	4,70	3,79	3,48	3,26
Havayolu	6,14	7,18	6,48	11,03	11,12
Karayolu	90,46	87,09	88,68	84,56	84,67

Şekil 4.15'te; Tablo 4.9' da verilen değerler grafik olarak sunulmaktadır.

Şekil 4.15. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre toplam CO₂ emisyonu trendleri (%)

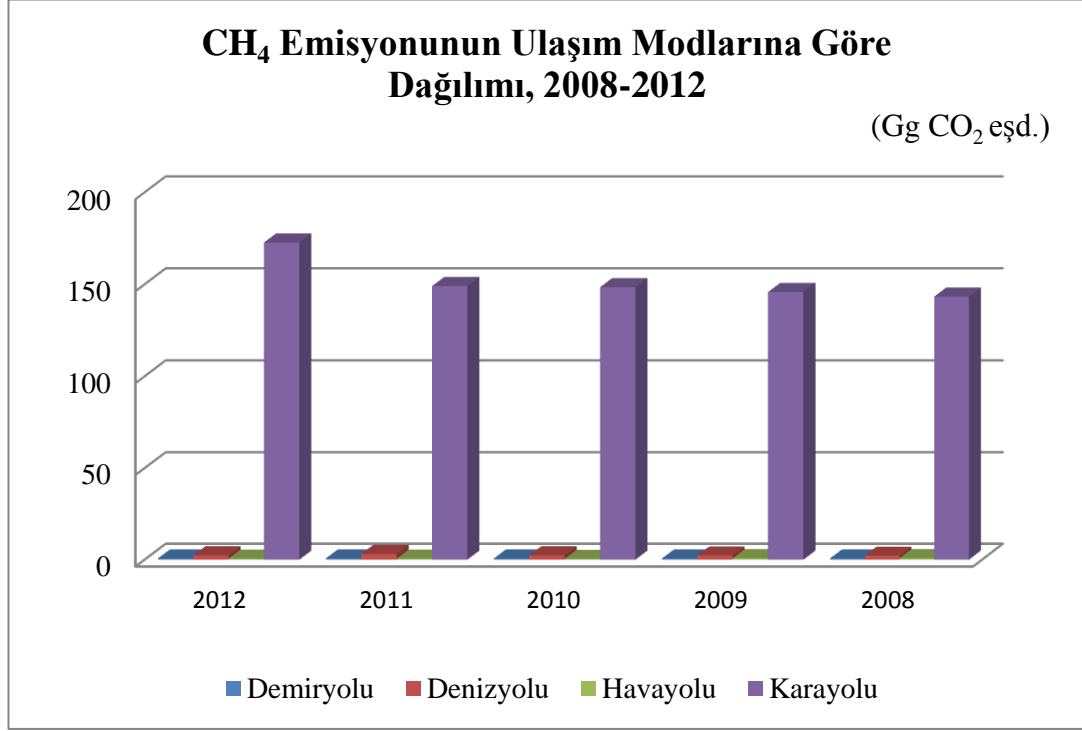


Tablo 4.10' da; Tablo 4.8' de verilen toplam emisyon değerlerinin içerisinde yer alan CH₄ emisyonu değerinin Gg CO₂ eşdeğeri cinsinden tüm sektörlere göre dağılımı verilmektedir. Şekil 4.16 de ise söz konusu tablo görselleştirilerek karayollarından kaynaklı CH₄ emisyonu değerinin diğer sektörlere oranla oldukça yüksek olduğu ifade edilmektedir.

Toplam CO₂ emisyonu değerleriyle doğru orantılı olarak, CH₄ emisyonu değerleri de 2012 yılında; karayolu (%15,93) ve havayolu (%15,25) için artış gösterirken, denizyolu (%26,28) ve demiryolu (%7,35) için azalış göstermektedir.

Tablo 4.10. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH₄ emisyonu (Gg CO₂ eşd.)

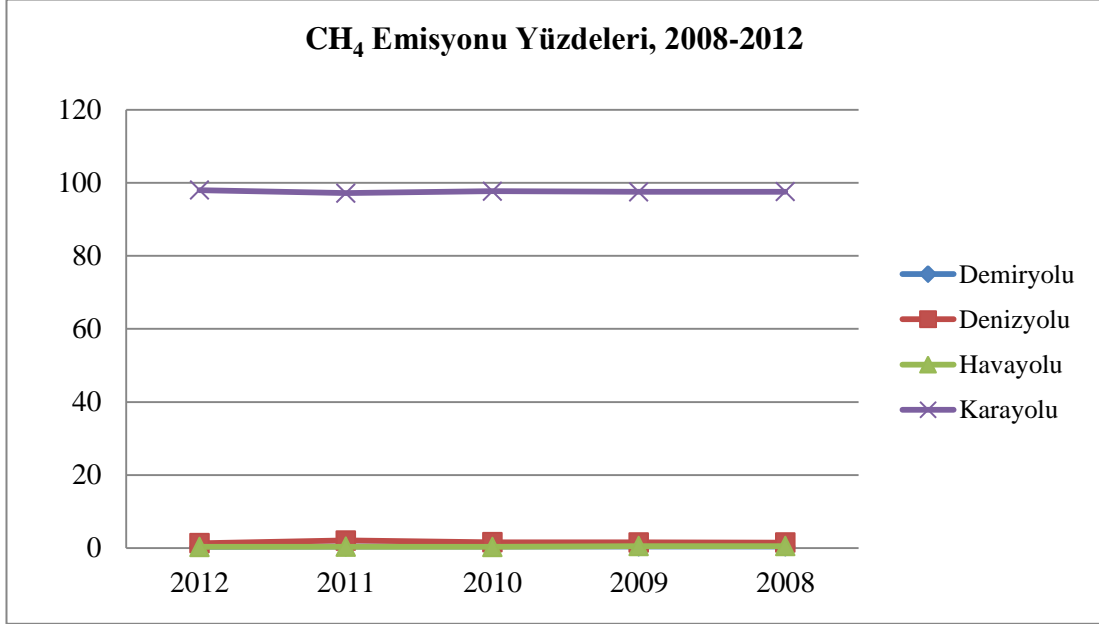
Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,63	0,68	0,66	0,61	0,63
Denizyolu	2,30	3,12	2,36	2,29	2,15
Havayolu	0,55	0,49	0,42	0,75	0,76
Karayolu	172,73	148,99	148,40	145,78	143,31
TOPLAM	176,21	153,28	151,84	149,43	146,85

Şekil 4.16. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH₄ emisyonu dağılımı (Gg)

Tablo 4.11 ise; CH₄ emisyonu değerleri yüzdesel ifadeyle sunmaktadır. Bu yüzdelere bakıldığında; toplam CO₂ emisyonu değerinde de olduğu gibi karayolları %100 e yakın bir oranla CH₄ emisyonuna neden olan en baskın ulaşım modudur. Hatta, CH₄ gazı emisyonu için diğer sektörlerin katkısı yok denecek kadar azdır. Bu durum Şekil 4.17' de açıkça görülmektedir.

Tablo 4.11. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH₄ emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,36	0,44	0,43	0,41	0,43
Denizyolu	1,31	2,04	1,55	1,53	1,46
Havayolu	0,31	0,32	0,28	0,50	0,52
Karayolu	98,03	97,20	97,73	97,56	97,59

Şekil 4.17. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CH₄ emisyonu trendleri (%)

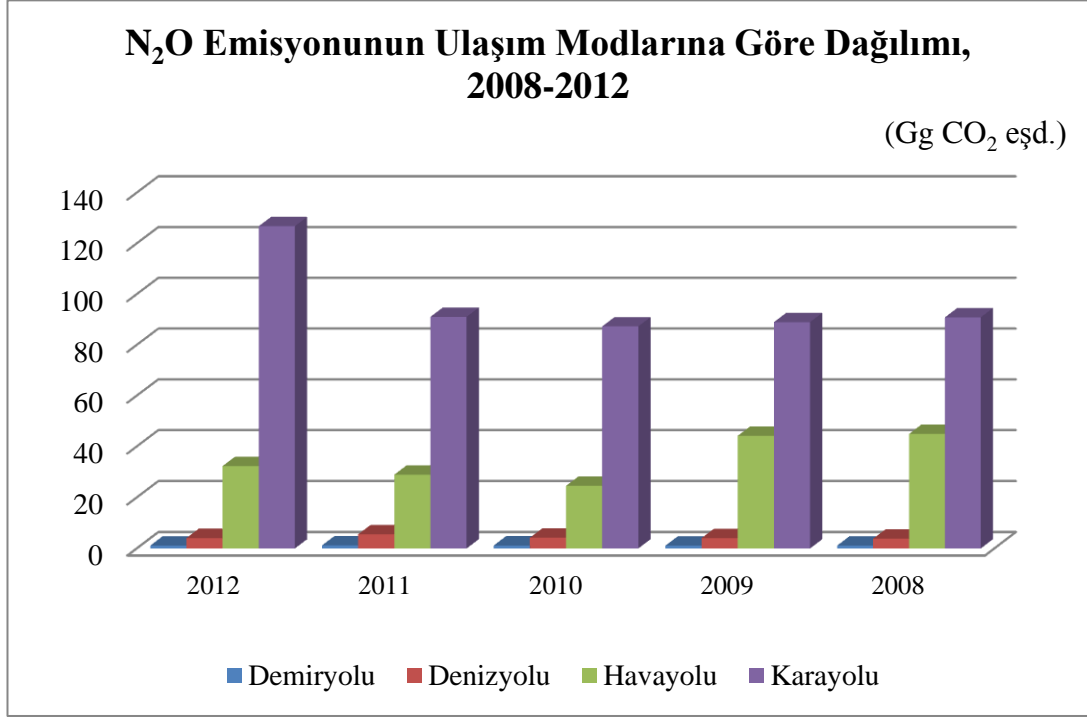
CH₄ gazı gibi toplam CO₂ emisyonu değerinin diğer bir bileşeni olan N₂O gazına ait değerler Tablo 4.12’de verilmektedir.

Tablo 4.12 ve Şekil 4.18’e bakıldığında toplam CO₂ ve CH₄ emisyon değerlerindeki değişim N₂O değerlerinde de görülmektedir. Yani; 2012 yılında karayolu (%39,24) ve havayolu (%11,65) sektörleri emisyon değerlerini arttırmış, denizyolu (%26,1) ve demiryolu (%7,5) ise azaltmıştır.

Tablo 4.12. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N₂O emisyonu (Gg CO₂ eşd.)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	1,11	1,20	1,16	1,09	1,12
Denizyolu	4,08	5,52	4,18	4,06	3,80
Havayolu	32,31	28,94	24,55	44,18	44,89
Karayolu	126,78	91,05	87,27	88,96	90,84
TOPLAM	164,28	126,71	117,16	138,29	140,65

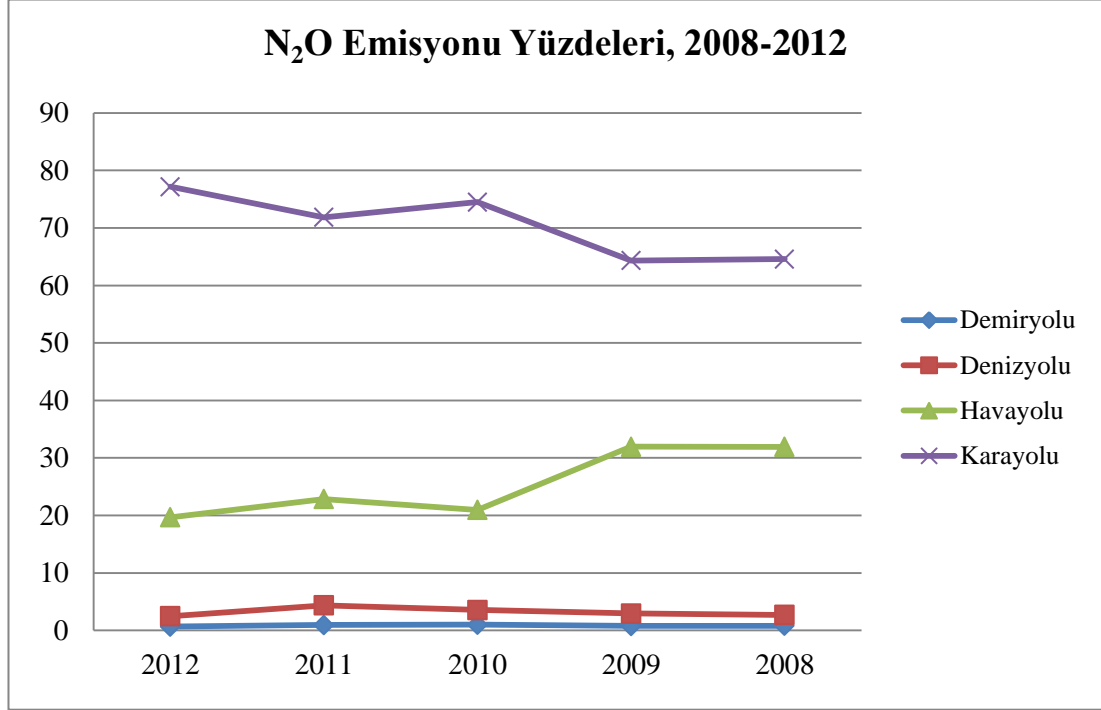
Şekil 4.18. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N₂O emisyonu dağılımı
(Gg CO₂ eşd.)



Tablo 4.13 ve Şekil 4.19’da ise; N₂O emisyonu değerlerinin sektörlere göre dağılım yüzdeleri sunulmaktadır. Bu yüzdelerle göre; N₂O emisyonun başlıca kaynağı karayolu sektörüdür. Ancak; toplam CO₂ emisyonu ve CH₄ emisyonunda olduğu gibi karayolları baskın ulaşım modu değildir. Havayollarının da CH₄ emisyonuna kayda değer bir katkısı bulunmaktadır.

Tablo 4.13. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N₂O emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,68	0,95	0,99	0,79	0,80
Denizyolu	2,48	4,36	3,57	2,94	2,70
Havayolu	19,67	22,84	20,95	31,95	31,92
Karayolu	77,17	71,86	74,49	64,33	64,59

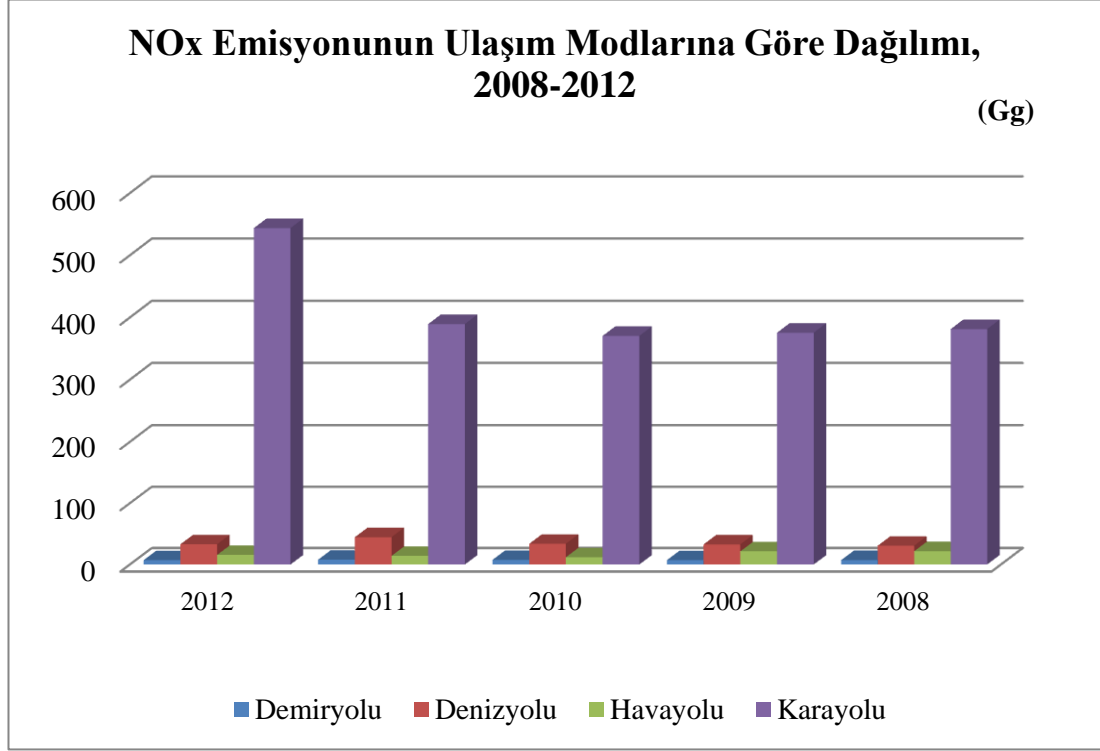
Şekil 4.19. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre N₂O emisyonu trendleri (%)

Tablo 4.14 ve Şekil 4.20' de ulaşım modlarının neden olduğu NO_x gazı emisyonları Gg cinsinden verilmektedir. Söz konusu tabloya göre 2012 yılı NO_x emisyonu değerleri; karayolu açısından % 39,61'lik, havayolu açısından %11,64'lük artış gösterirken, denizyolu ve demiryolu açısından sırasıyla % 26,15 ve % 7,38'lik azalış göstermiştir. Bu gaz için hesaplanan emisyon değerleri için yine en büyük pay karayollarına aittir.

Tablo 4.14. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NO_x emisyonu (Gg)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	7,15	7,72	7,50	7,03	7,24
Denizyolu	32,88	44,52	33,73	32,74	30,67
Havayolu	15,63	14,00	11,88	21,38	21,72
Karayolu	543,64	389,41	370,23	375,50	381,31
TOPLAM	599,30	455,65	423,34	436,65	440,94

Şekil 4.20. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NOx emisyonu dağılımı (Gg)

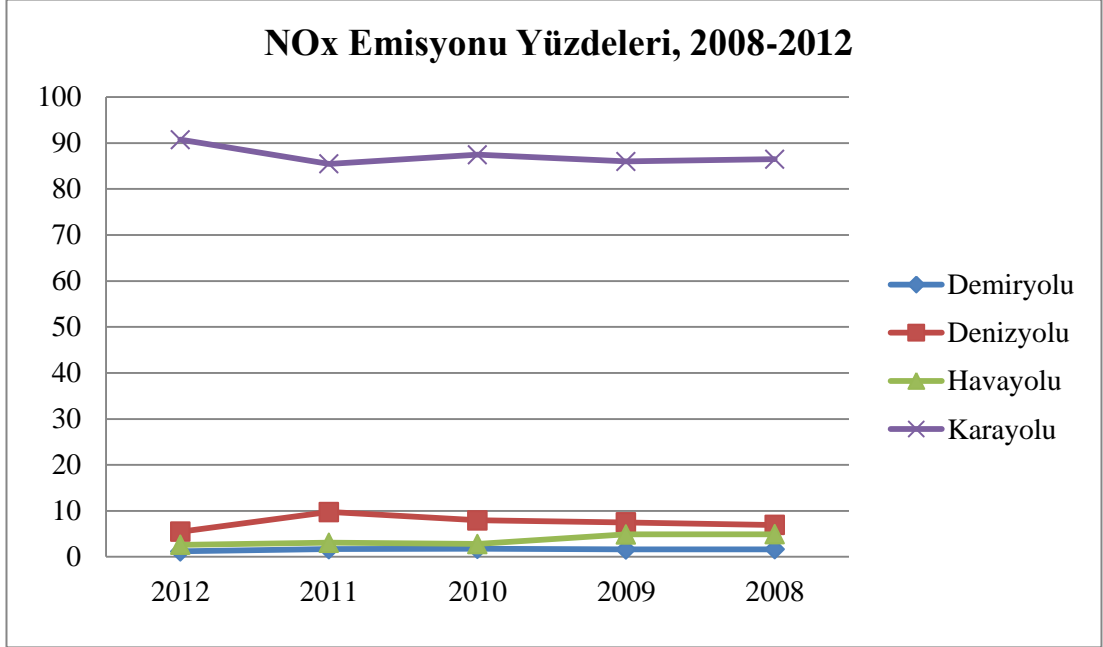


Tablo 4.15 ve Şekil 4.21’ de verilen sektörel yüzdelerine göre; karayolu NOx emisyonunda birinci sıradadır ancak bu sefer ikinci sırayı denizyolu almaktadır. 2012 yılına kadar denizyolunun payı bir önceki yıla göre artış gösterirken; 2012 yılında bu payda ciddi bir azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 4.15. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NOx emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	1,19	1,69	1,77	1,61	1,64
Denizyolu	5,49	9,77	7,97	7,50	6,96
Havayolu	2,61	3,07	2,81	4,90	4,93
Karayolu	90,71	85,46	87,45	86,00	86,48

Şekil 4.21. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NOx emisyonu trendleri (%)



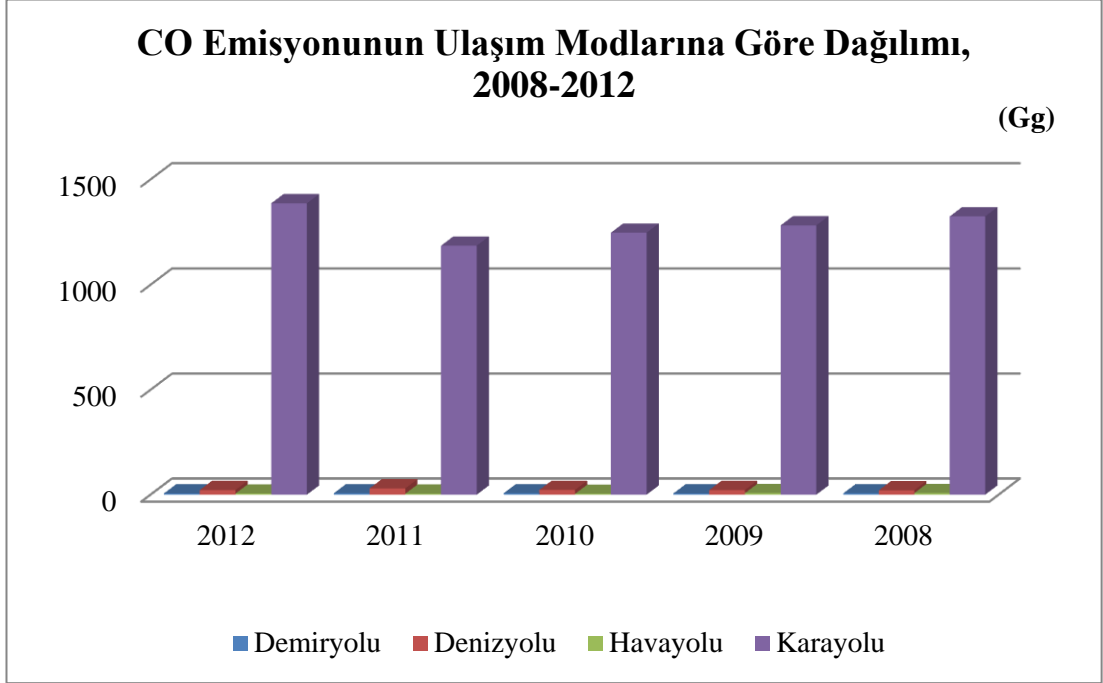
Tablo 4.16 ve Şekil 4.22’ de ulaşım modlarının neden olduğu başka bir gaza ait (CO) emisyon değerleri verilmektedir. Diğer gazlara ait örneklerde olduğu gibi, bu gaza ait emisyon için de baskın ulaşım modu karayoludur.

Tablo 4.16. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu (Gg)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	5,95	6,44	6,25	5,85	6,03
Denizyolu	21,92	29,68	22,48	21,82	20,45
Havayolu	5,21	4,67	3,96	7,13	7,24
Karayolu	1386,59	1185,38	1246,65	1281,87	1324,45
TOPLAM	1419,67	1226,17	1279,34	1316,67	1358,17

Yukarıdaki tabloya göre 2012 yılı CO emisyon değerleri; karayolu için %16,97’lik, havayolu için %11,56’lık artış, denizyolu ve demiryolu için sırasıyla %26,15 ve %7,61’lik azalma göstermektedir.

Şekil 4.22. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu dağılımı (Gg)

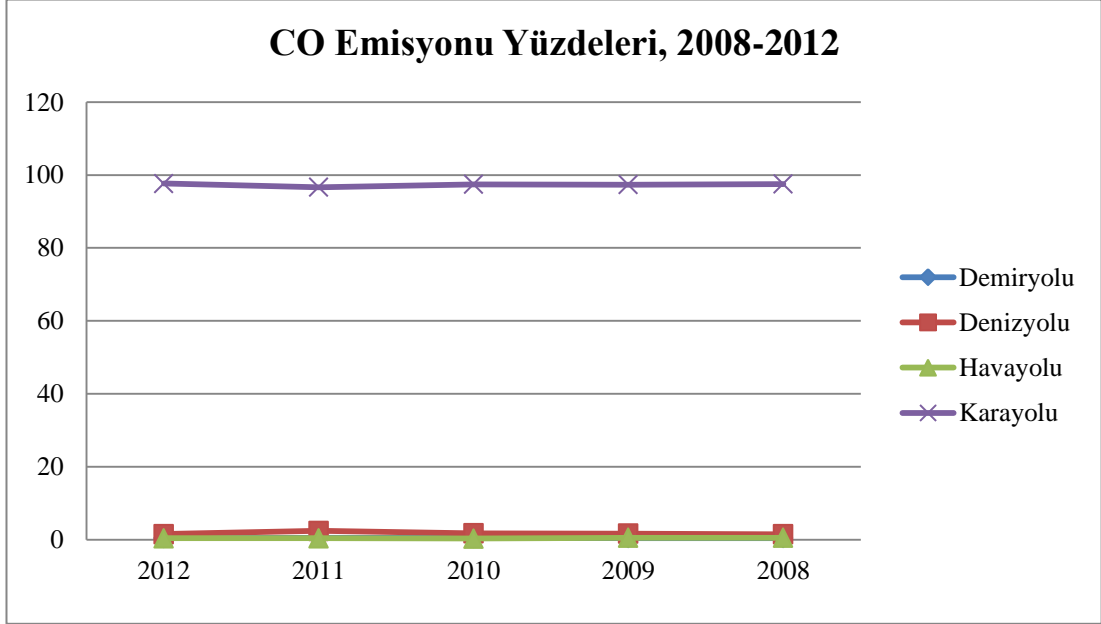


Tablo 4.17 ve Şekil 4.23'e göre; ulaşım modlarından kaynaklanan CO emisyonunun birinci kaynağı karayolları, ikinci denizyoludur. Demiryolu ve havayolu ise birbirlerine çok yakın değerlere sahiplerdir.

Tablo 4.17. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,42	0,53	0,49	0,44	0,44
Denizyolu	1,54	2,42	1,76	1,66	1,51
Havayolu	0,37	0,38	0,31	0,54	0,53
Karayolu	97,67	96,67	97,44	97,36	97,52

Şekil 4.23. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre CO emisyonu trendleri (%)

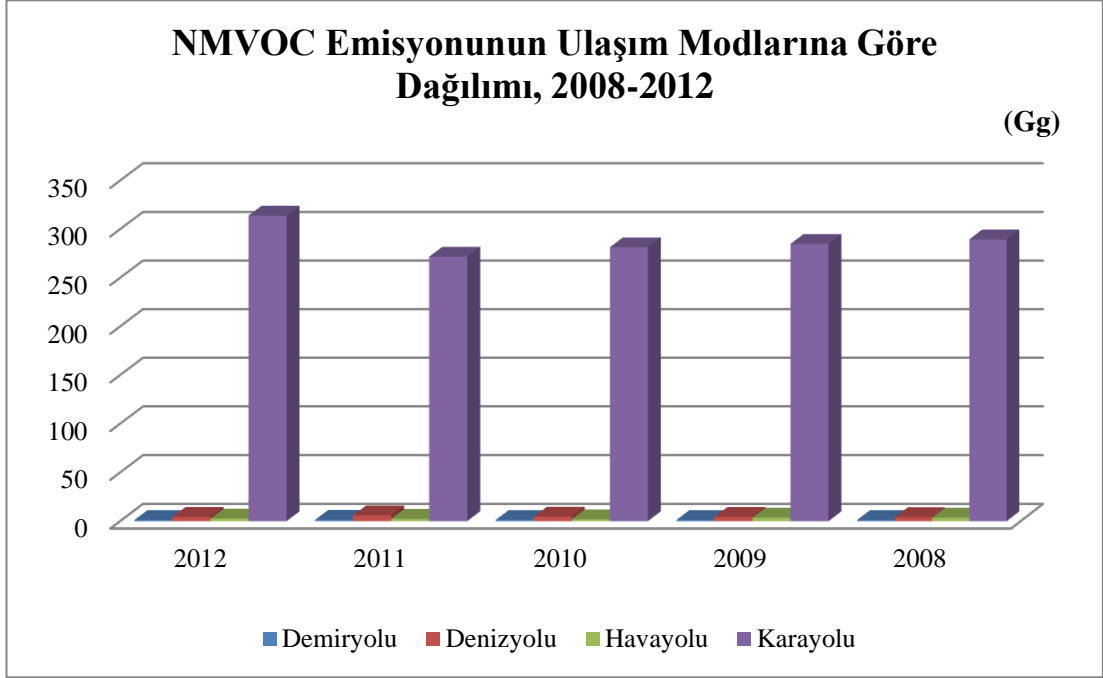


Tablo 4.18 ve Şekil 4.24' te ulaşım modlarının neden olduğu NMVOC gazı emisyonları Gg cinsinden verilmektedir. Söz konusu tabloya göre 2012 yılı NMVOC emisyonu değerleri; karayolu açısından %15,55'lik, havayolu açısından %12,02'lik artış gösterirken, denizyolu ve demiryolu açısından sırasıyla % 26,26 ve % 7,75'lik azalış göstermiştir. Bu gaz için hesaplanan emisyon değerleri için yine en büyük pay karayollarına aittir.

Tablo 4.18. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu (Gg)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	1,19	1,29	1,25	1,17	1,21
Denizyolu	4,38	5,94	4,50	4,36	4,09
Havayolu	2,61	2,33	1,98	3,56	3,62
Karayolu	313,89	271,66	281,31	284,80	289,50
TOPLAM	322,07	281,22	289,04	293,89	298,42

Şekil 4.24. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu dağılımı (Gg)

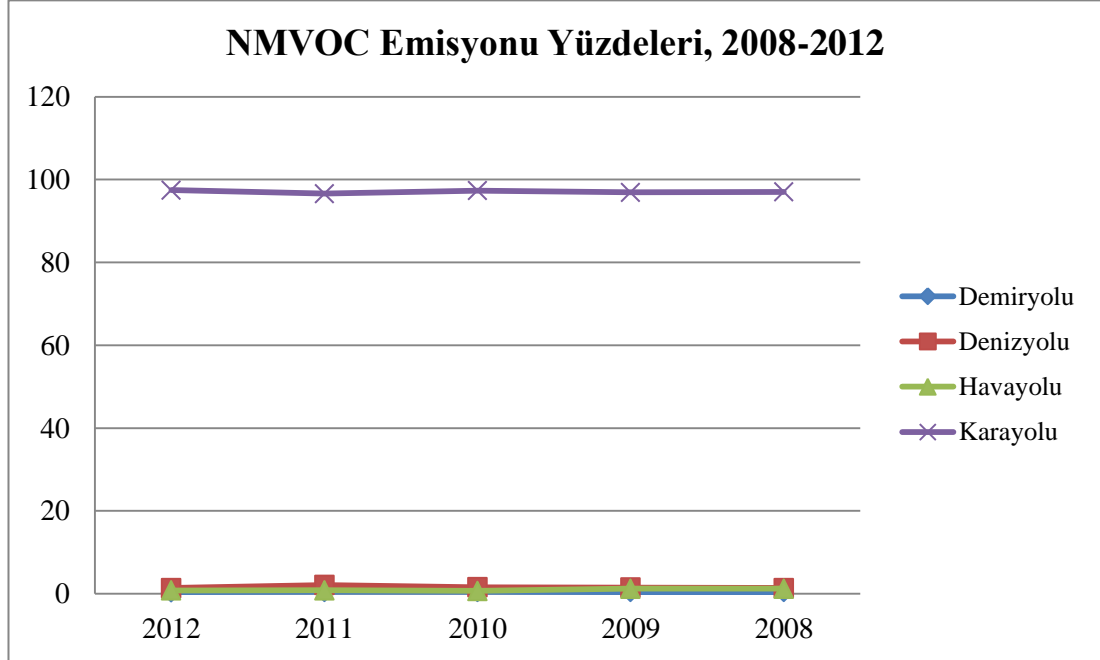


Tablo 4.19 ve Şekil 4.25'e bakıldığında ise; NMVOC gazına ait sektörel yüzdeler verilmektedir. Bu yüzdeler göre; CH₄ gazındaki olduğu gibi yine karayolları %100 e yakın bir oranla NMVOC emisyonuna neden olan en baskın ulaşım modudur. Hatta, yine NMVOC gazı emisyonu için diğer sektörlerin katkısı yok denecek kadar azdır. Bu durum Şekil 4.25'te açıkça görülmektedir.

Tablo 4.19. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,37	0,46	0,43	0,40	0,41
Denizyolu	1,36	2,11	1,56	1,48	1,37
Havayolu	0,81	0,83	0,69	1,21	1,21
Karayolu	97,46	96,60	97,33	96,91	97,01

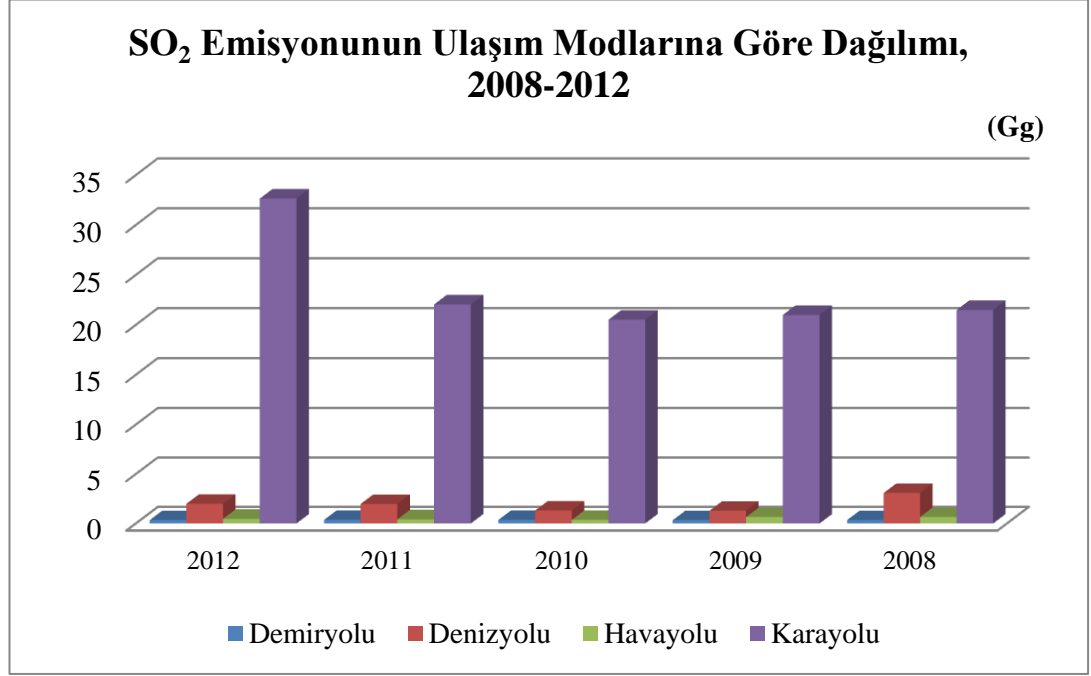
Şekil 4.25. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre NMVOC emisyonu trendleri (%)



Son olarak; ulaşım modlarının emisyonuna neden olduğu bir başka gaz olan SO₂'ye ait emisyon değerleri Tablo 4.20'de sunulmaktadır. Söz konusu gaza ait değerler önceki incelen gazlara oranla oldukça düşüktür. Tablo 4.20 ve Şekil 4.26'ya göre SO₂ nin 2012 yılı emisyon değerlerindeki değişim; karayolu %48,09 artış, havayolu %11,91 artış, denizyolu %1,02 artış ve demiryolu %8,33 azalış şeklindedir.

Tablo 4.20. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO₂ emisyonu (Gg)

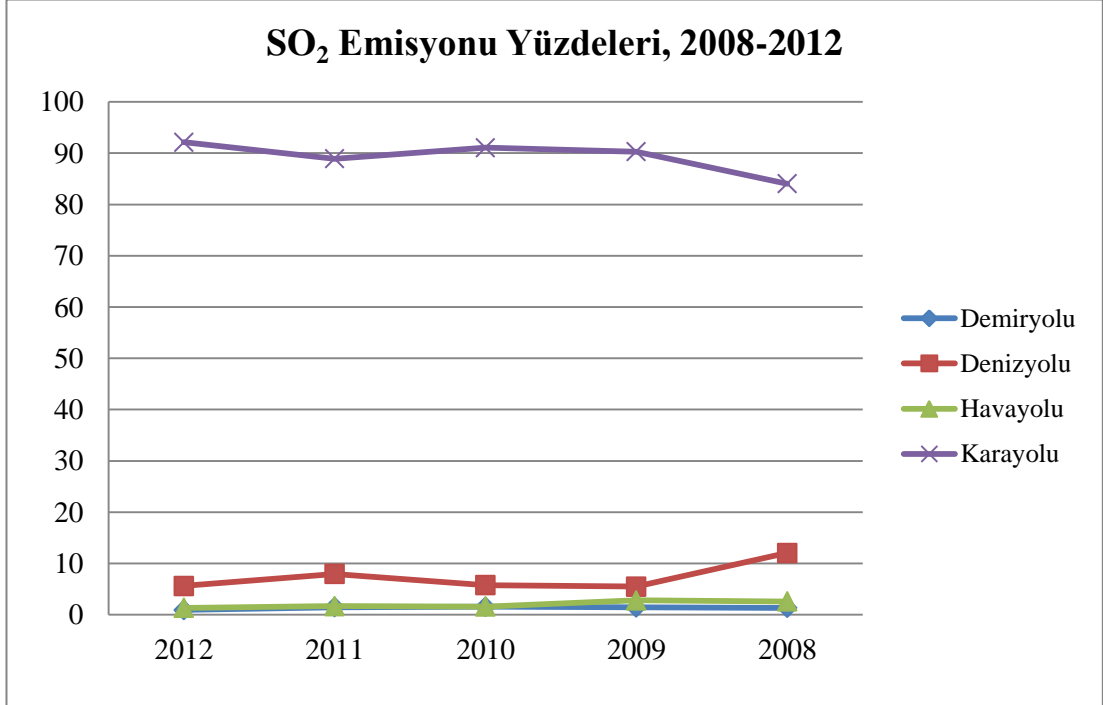
Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,33	0,36	0,35	0,33	0,34
Denizyolu	1,99	1,97	1,30	1,28	3,08
Havayolu	0,47	0,42	0,36	0,65	0,66
Karayolu	32,64	22,04	20,51	20,99	21,49
TOPLAM	35,43	24,79	22,52	23,25	25,57

Şekil 4.26. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO₂ emisyonu dağılımı (Gg)

Tablo 4.21 ve Şekil 4.27' ye bakıldığında SO₂ emisyonu açısından yine karayolları birinci sıradadır. Ardından sırasıyla denizyolu, havayolu ve demiryolu gelmektedir.

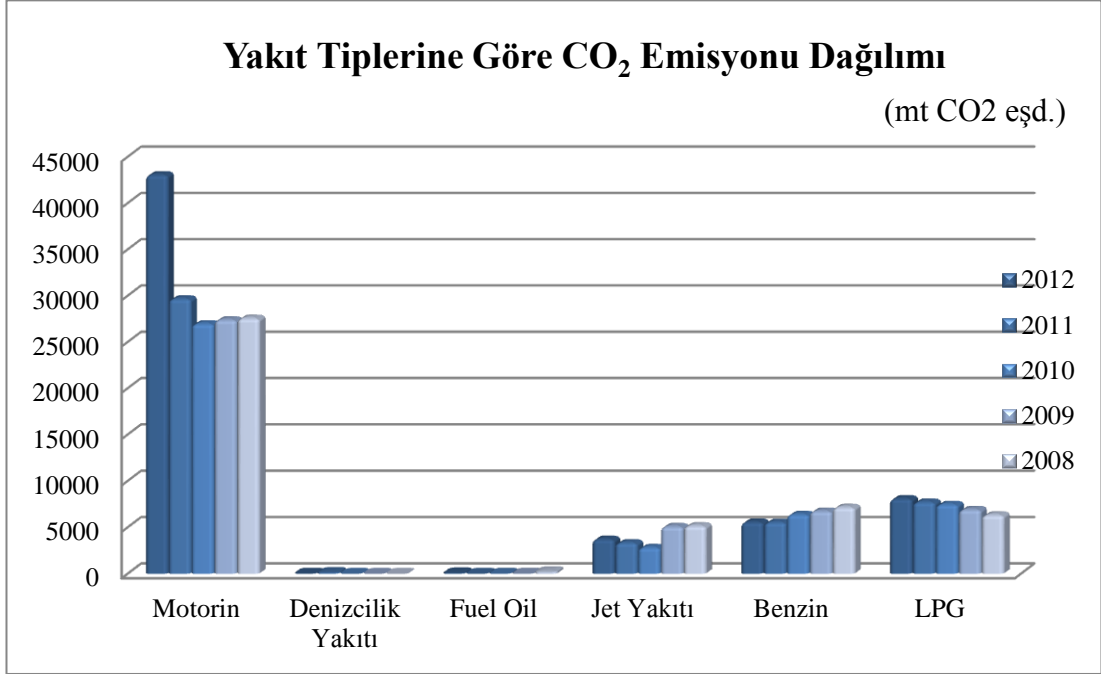
Tablo 4.21. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO₂ emisyonu yüzdeleri (%)

Sektör	2012	2011	2010	2009	2008
Demiryolu	0,93	1,45	1,55	1,42	1,33
Denizyolu	5,62	7,95	5,77	5,51	12,05
Havayolu	1,33	1,69	1,60	2,80	2,58
Karayolu	92,13	88,91	91,07	90,28	84,04

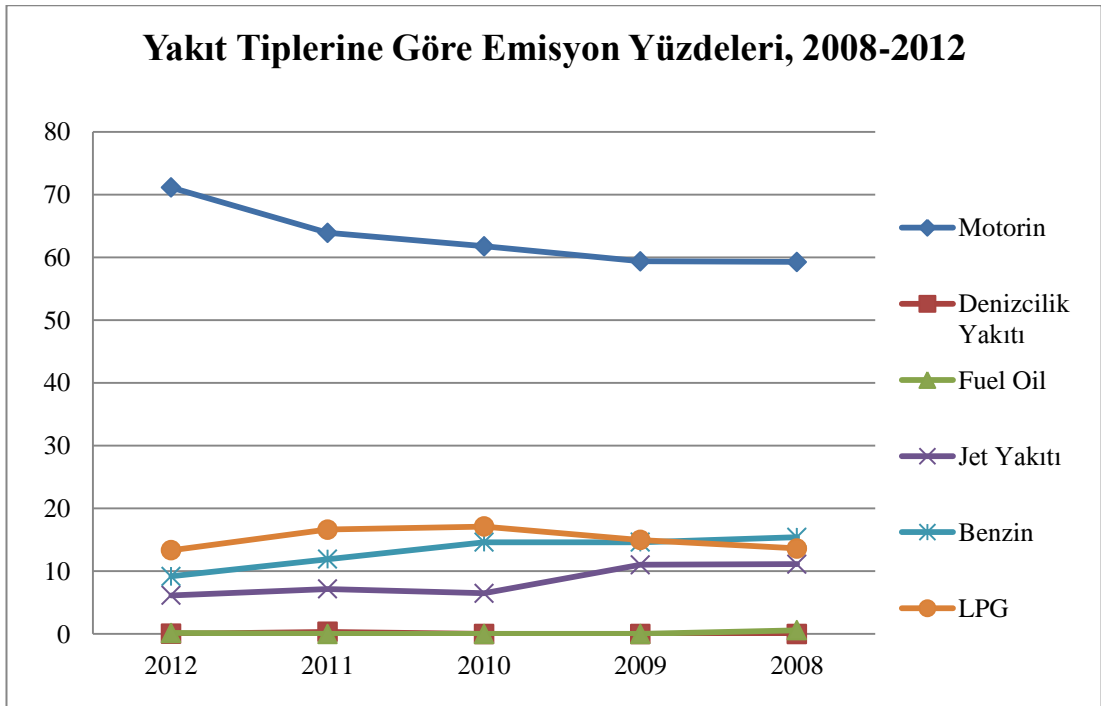
Şekil 4.27. 2008-2012 yılları ulaşım modlarına göre SO₂ emisyonu trendleri (%)

Yukarıda yapılan değerlendirmelere göre açıkça görülüyor ki karayolları en büyük emisyon kaynağıdır. İncelenen 7 gaz için her yıl bir önceki yıla göre ciddi artış göstermiştir. 2012 yılı için incelenen tüm gazlar açısından; havayolu ortalama olarak yaklaşık %12' lik bir artış gösterirken, denizyolu (SO₂ gazı hariç) yaklaşık % 26'lık azalma ve demiryolu ise yaklaşık olarak %8'lik azalma göstermiştir. Şekil 4.28 ve 4.29' da ise yakıt tiplerine göre 5 yıllık dönemdeki emisyon dağılımı mt CO₂ eşdeğeri ve yüzde cinsinden verilmektedir.

Şekil 4.28. 2008-2012 yılları toplam CO₂ emisyonunun yakıt tiplerine göre dağılımı (mt CO₂ eşd.)



Şekil 4.29. 2008-2012 yılları yakıt tiplerine göre toplam CO₂ emisyonu trendleri (%)



4.3 1990 ve 2012 Yıllarına Ait Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması

Kyoto Protokolü taraf ülkelerinin emisyon azaltımı kapsamında baz yıl olan 1990 yılı emisyon değerleri Gg CO₂ eşdeğeri cinsinden Tablo 4.22’ de verilmektedir. Söz konusu tabloya göre; 1990 yılı emisyon değerleri için, ulaştırmanın enerji sektöründeki payı % 19,78 iken tüm sektörler içindeki payı %13,95’tür.

Tablo 4.22. 1990 yılı sera gazı emisyon değerleri (Gg CO₂ eşdeğeri)

Gazlar	Ulaştırma	Enerji	Tüm Sektörler
CO₂	25954,63	126898,70	141560,04
CH₄	70,76	4989,52	34053,55
N₂O	261,20	994,45	12217,19
PFC	-	-	603,43
TOPLAM	26286,59	132882,67	188434,23

Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.23’ te ise; TÜİK tarafından “Ulusal Sera Gazı Emisyonu Envanteri” kapsamında yayınlanan en son veriler olan 2012 yılı emisyon değerleri sunulmaktadır. Söz konusu tabloya göre; 2012 yılı emisyon değerleri için, ulaştırmanın enerji sektöründeki payı %19,95 iken tüm sektörler içindeki payı %14’tür.

Tablo 4.23. 2012 yılı sera gazı emisyon değerleri (Gg CO₂ eşdeğeri)

Gazlar	Ulaştırma	Enerji	Tüm Sektörler
CO₂	61242,13	301798,55	357.498,16
CH₄	155,63	5812,95	61.623,23
N₂O	165,08	992,75	14.787,15
HFC	-	-	4681,30
PFC	-	-	312,75
SF₆	-	-	971,13
TOPLAM	61562,84	308604,26	439873,72

Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.24 ve Tablo 4.25'te; sırasıyla 1990 ve 2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan emisyon değerleri verilmektedir. Tablolardan görüldüğü üzere; her iki yıl için de ulaştırma sektöründeki alt gruplar arasında en büyük emisyon kaynağının karayolu olduğu açıkça görülmektedir.

Tablo 4.24. 1990 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerleri (Gg)

Sektör	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Havayolu	904,59	0,06	0,03	2,92	2,82	0,69	0,28
Karayolu	24.035,93	3,23	0,80	238,41	1.499,83	208,09	17,56
Demiryolu	516,65	0,04	0,01	12,04	4,23	0,89	0,49
Denizyolu	497,47	0,03	0,004	9,93	6,62	1,32	2,91
TOPLAM	25.954,63	3,37	0,84	263,31	1.513,51	211,00	21,24

Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.25. 2012 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerleri (Gg)

Sektör	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Havayolu	3.718,79	0,05	0,13	13,35	10,84	1,15	1,16
Karayolu	55.471,15	7,22	0,39	576,63	1.260,71	234,35	40,78
Demiryolu	442,88	0,03	0,004	7,18	5,98	1,20	0,41
Denizyolu	1.609,30	0,11	0,01	32,50	21,67	4,33	2,40
TOPLAM	61.242,13	7,41	0,53	629,66	1.299,20	241,03	44,76

Kaynak: TÜİK, 2014

Söz konusu tabloları karşılaştırsak; 2012 yılı verilerine göre havayolundan kaynaklı CO₂ emisyonu 1990 yılına göre % 311 artış gösterirken CH₄ emisyonu %16,7 azalmıştır. N₂O, NO_x, CO, NMVOC ve SO₂ emisyonları ise sırasıyla; % 333, % 357, % 284, % 66,7 ve % 314 artış göstermiştir.

Karayolu için; CO₂ %131 artış, CH₄ %124 artış, NO_x %142 artış, NMVOC %13 artış ve SO₂ %132 artış gösterirken, N₂O %51 ve CO %16 azalmıştır.

Demiryolu için; CO₂ %14 azalım, CH₄ %25 azalım, N₂O %60 azalım, NO_x %40 azalım ve SO₂ %3,92 azalım gösterirken, CO %41 artış ve NMVOC %35 artış göstermiştir.

Denizyolu için; CO₂ %224 artış, CH₄ %267 artış, N₂O %150 artış, NO_x %227 artış, CO %227 artış ve NMVOC %228 artış gösterirken, SO₂ %18 azalmıştır.

Tablo 4.26 ve Tablo 4.27' de; sırasıyla 1990 ve 2012 yılları ulaşım modlarından kaynaklanan emisyon değerlerinin modlar arası dağılım yüzdeleri verilmektedir. Tablolardan da görüldüğü üzere, 1990 yılında olduğu gibi 2012 yılı içinde tüm emisyon değerlerinde karayolu en büyük paya sahiptir.

Tablo 4.26. 1990 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerlerinin yüzdeleri (%)

Sektör	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Havayolu	3,49	1,78	3,57	1,11	0,19	0,33	1,32
Karayolu	92,61	95,85	95,24	90,54	99,10	98,62	82,67
Demiryolu	1,99	1,19	1,19	4,57	0,28	0,42	2,31
Denizyolu	1,92	0,89	0,48	3,77	0,44	0,63	13,70

Kaynak: TÜİK, 2014

Tablo 4.27. 2012 yılı ulaşım modlarına göre emisyon değerlerinin yüzdeleri (%)

Sektör	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Havayolu	6,07	0,67	24,53	2,12	0,83	0,48	2,59
Karayolu	90,58	97,44	73,58	91,58	97,04	97,23	91,11
Demiryolu	0,72	0,40	0,75	1,14	0,46	0,50	0,92
Denizyolu	2,63	1,48	1,89	5,16	1,67	1,80	5,36

Kaynak: TÜİK, 2014

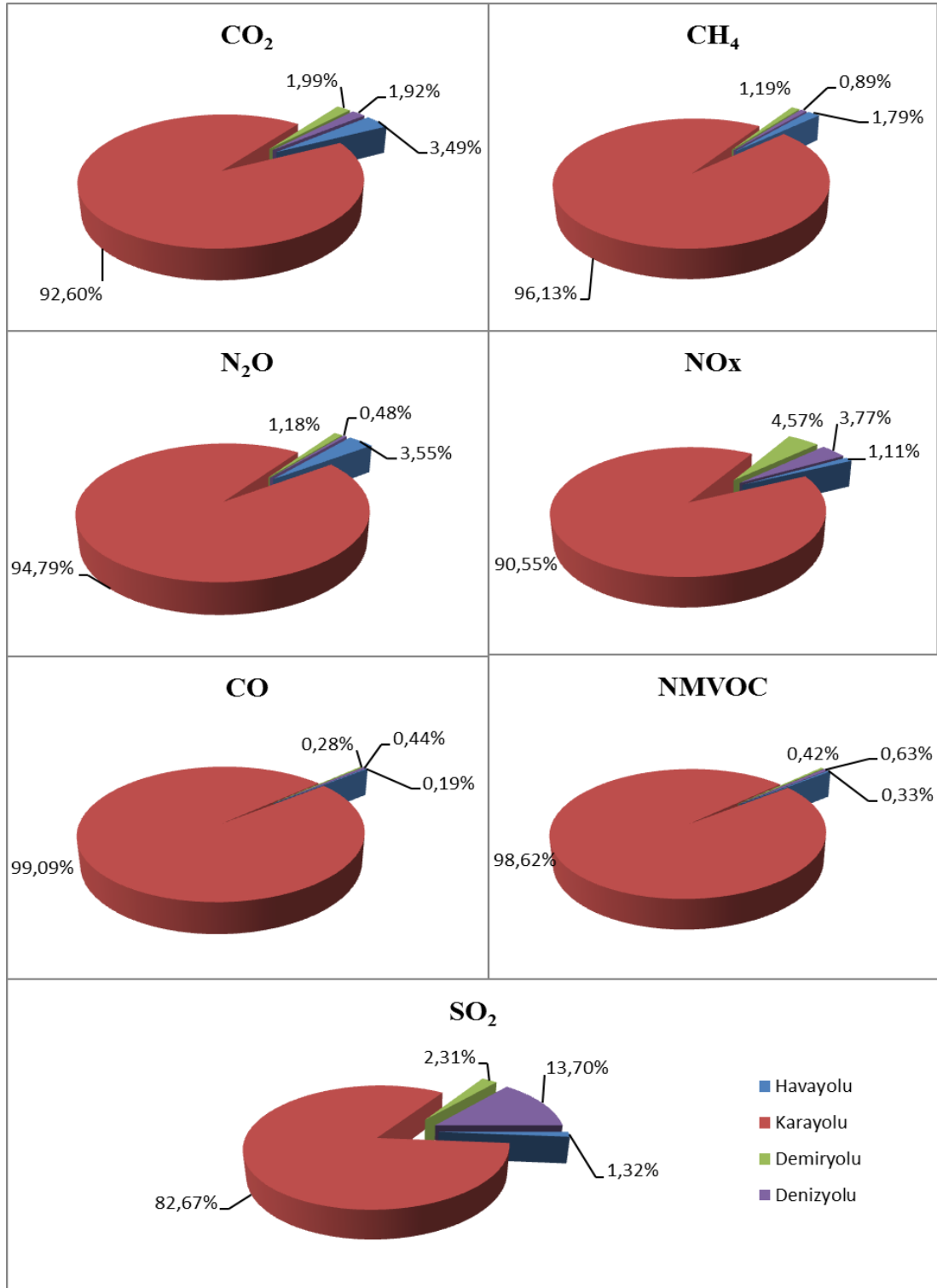
Tablo 4.26 ve Tablo 4.27' yi karşılaştırırsak; karayolu kaynaklı CO₂ emisyonlarının toplam ulaştırma sektörü içindeki payı 1990 yılında % 92,61 iken, 2012 yılına gelindiğinde % 90,58' e, demiryolunda ise % 2'den % 0,72'ye gerilemiştir. Aynı oran havayolunda % 3,49'dan % 6,07'ye, denizyolunda ise 1,92'den 2,63'e yükselmiştir.

Tablolara bakıldığında havayolu ulaşımının neden olduğu emisyonların oransal olarak en büyük değerlere eriştiği gaz N₂O'dur. Söz konusu gaza ait oran 1990 yılında % 3,57 iken 2012 yılına gelindiğinde % 24,53'e ulaşmıştır. Buna karşılık olarak karayolunda ise; 1990 yılında % 95,24 olan bu oran, 2012 yılında % 73,58'e düşmüştür.

Özetle; 1990 yılından 2012 yılına gelindiğinde karayolu CH₄, NO_x ve SO₂ emisyonlarındaki payını arttırırken, havayolu CH₄ gazı haricindeki tüm gazlar için payını arttırmıştır. Demiryolu ise CO ve NMVOC gazları haricindeki diğer gazlar için payını azaltırken; denizyolu SO₂ gazı haricindeki diğer gazlar için payını arttırmıştır.

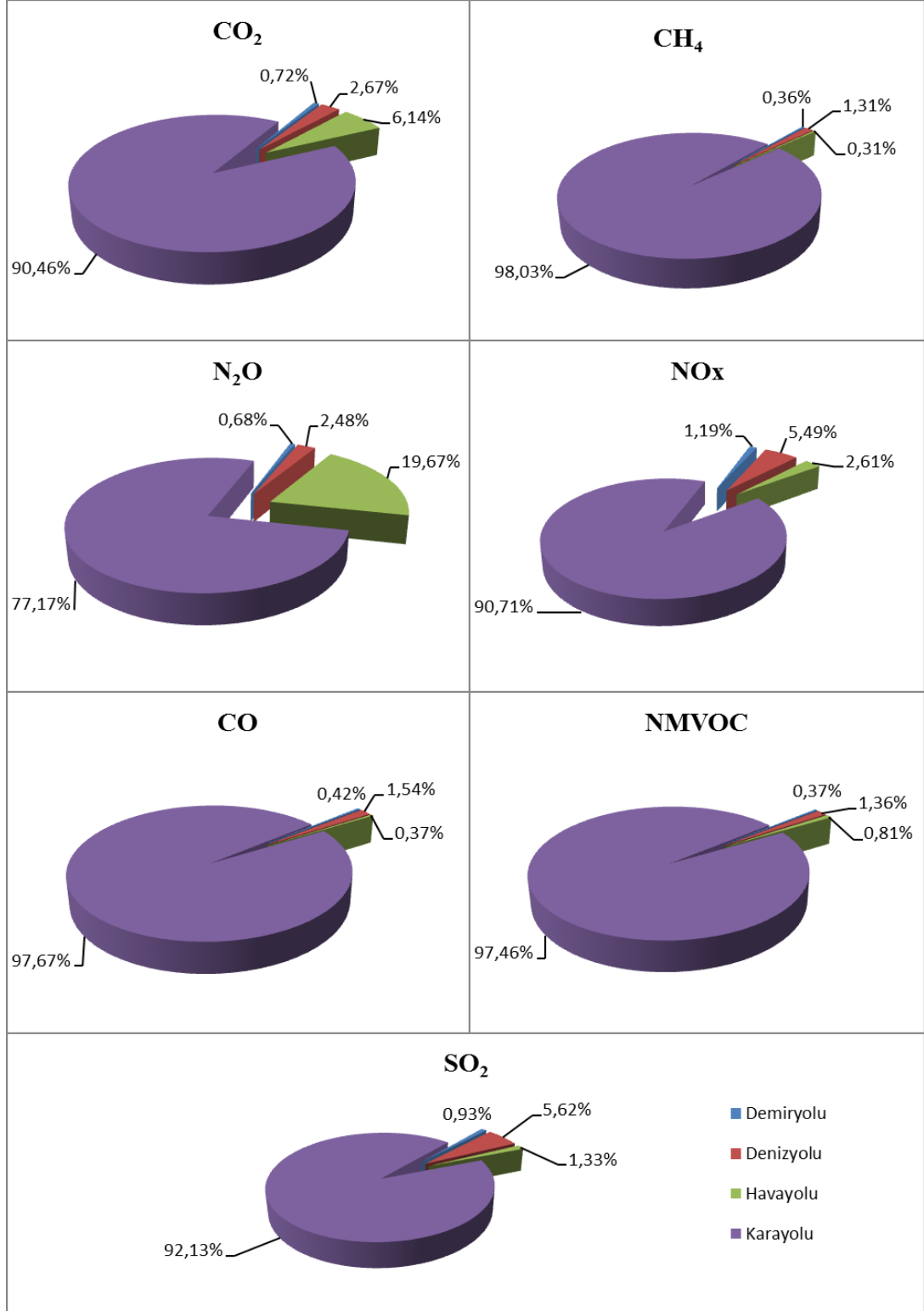
Şekil 4.30 ve 4.31' de sırasıyla 1990 ve 2012 yılları için CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC ve SO₂ emisyonlarının ulaşım modlarına göre yüzdesel olarak dağılımları sunulmaktadır.

Şekil 4.30. 1990 yılı CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC, SO₂ emisyonlarının ulaşım modlarına göre dağılımı



Kaynak: TÜİK, 2014

Şekil 4.31. 2012 yılı CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC, SO₂ emisyonlarının ulaşım modlarına göre dağılımı



Kaynak: TÜİK, 2014

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde adını sıkça duymaya başladığımız çevre sorunlarından birisi, küresel ısınma ve buna bağlı olarak yaşanan iklim değişikliğidir. İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan ve atmosferdeki konsantrasyonları sanayi devriminden günümüze kadar hızla artmış olan sera gazlarının ısı tutma kapasiteleri nedeniyle küresel ısınmaya neden oldukları bilinmektedir. Ancak; tarih boyunca insanların yaşamlarını etkileyebilecek nitelikteki gelişmelere neden olan bu konu uzun zamandır tartışılmaktadır. Önceleri bilim adamları, küresel ısınmayı inkar etmemişler ancak, nedenleri noktasında fikir birliğine varamamışlardır. Bu noktada iki farklı yaklaşım karşımıza çıkmaktadır. Birinci yaklaşıma göre, Dünya'nın ısınması, Dünya'nın özelliklerinden kaynaklanan normal bir durumdur ve bu nedenle küresel ısınmanın bir sorun olarak nitelendirilmesi doğru değildir. İkinci yaklaşıma göre ise; dünyanın ısınması insanların çeşitli faaliyetlerinden kaynaklanmakta olup, Dünya'yı olumsuz bir sürece sokacak kadar tehlikelidir ve acilen önlem alınması gereken bir konudur.

Günümüze gelindiğinde ise, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ağırlıklı olarak küresel atmosferin dengesini bozan insan faaliyetlerinden kaynaklı olduğu görüşü kuvvetlenmeye başlamıştır. Sera etkisi dünyada yaşam olabilmesi için gerekli olan sıcaklığı sağlayan doğal bir süreçtir. Ancak Sanayi Devrimi'nden itibaren atmosferde bulunan ve ısı tutma özellikleri fazla olan karbondioksit, metan, kloroflorokarbon gibi sera gazlarının miktarlarında; fosil yakıt kullanımı başta olmak üzere sanayileşme, kentleşme, hızlı nüfus artışı, ormansızlaştırma ve enerji üretimi gibi çeşitli insan faaliyetleri sonucu çok büyük artışlar gözlenmiştir. Yaşanan tarihsel süreç içerisinde, küresel ısınmanın olmadığı konusundaki görüşler giderek azalırken çoğu bilim adamı küresel ısınmanın giderek artmaya devam edeceği konusunda hemfikirdirler. BM IPCC tarafından yayımlanan 2001 yılındaki iklim Değişikliği Raporu'nda insan faktörünün etkisi %60 olarak açıklanmışken, bu oran 2007 yılındaki raporda %90'a kadar yükselmiştir.

Sıcaklık artışlarına bakıldığında, IPCC'nin konuyla ilgili 2007 yılında yayımladığı Dördüncü Değerlendirme Raporu'na göre, 2100 yılına kadar sıcaklık artışları 1,4 ile 5,8 derece arasında olacaktır. Sıcaklıklar her yıl bir önceki yıla göre daha da artarak her yıl, bir önceki yılın rekorunu kırma eğilimi göstermektedir. Aslında yeryüzü sıcaklığında ölçülen bu birkaç derecelik sıcaklık değişimleri önemsiz olarak görülebilir. Ancak bu çok küçük olarak algılanan sıcaklık değişimleri, yeryüzü üzerinde geri dönüşü olmayan çok büyük değişikliklerin yaşanacağı anlamına gelmektedir.

Küresel sıcaklıktaki artışlara bağlı olarak, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, biyoçeşitliliğin, sulak alanların azalması gibi çevresel etkiler söz konusu olacaktır. Küresel ısınmanın iklim koşullarında meydana getireceği değişikliklerin etkileri sadece çevreyle sınırlı kalmayıp zincirleme birçok değişimi de beraberinde getirecektir.

Küresel ısınma ve tetikleyeceği iklim değişikliğinin çevresel etkilerinin yanı sıra yaşanacak sosyo-ekonomik sorunlar göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Bu çevresel etkilerin yanı sıra, tarım ve orman ürünlerinde azalma, insan sağlığının bozulması, kuraklık, su sorunu, iklimsel değişikliğe bağlı olarak bazı politik sorunların ortaya çıkması gibi çeşitli sosyo-ekonomik sorunlar da yaşanacaktır. Dünyanın her bir bölgesini farklı şekilde etkileyecek olan küresel ısınmanın olumsuz sonuçlar doğuracağı risk grubu ülkelerden biri de Türkiye'dir.

İklim değişikliğiyle mücadele; yerel, bölgesel, ulusal ve küresel ölçekte önlem almayı gerektirmekte ve ekonomik, sosyal ve çevresel disiplinlerin ortak çalışmalarına ihtiyaç duymaktadır.

İklim değişikliği ile mücadele konusu, 1990'lı yılların başından itibaren uluslararası platformların gündeminde yer almış, konuyla ilgili anlaşmalar, bilimsel çalışmalar ve siyasi müzakere platformlarıyla gelecek nesiller için daha yaşanılabilir bir dünya bırakmak hedeflenmiştir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması için, bu

soruna neden olan sera gazı emisyonlarının belirli bir seviyeye düşürülmesi veya toplam emisyonların belirli bir seviyede tutulması gerektiği kararlaştırılmıştır. Bu kapsamda, 1992 yılında hazırlanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin (BMİDÇS) 1994 yılında yürürlüğe girmesiyle, iklim değişikliğiyle mücadeleyle hukuki bir dayanak oluşturularak ortak uluslararası bir hedefe yönelik farklı sorumluluklar ve eylemler ortaya konulmaya başlanmıştır. 2005 yılında yürürlüğe giren ve bir anlamda BMİDÇS'nin yaptırım gücü olan Kyoto Protokolü ise, sanayileşmiş ülkelerin zamana bağlı sayısal sera gazı emisyon azaltım taahhütlerini içermektedir.

BMİDÇS ve Kyoto Protokolünde, küresel hedeflere ulaşmak için ülkelerin üstlenebilecekleri taahhütler “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesine göre belirlenmiştir. Türkiye, BMİDÇS'nin imzaya açıldığı 1992 yılında OECD üyesi olması nedeniyle BMİDÇS'nin her iki ekinde de yer almıştır. Ancak; 2001 yılına kadar Ek-I ülkesi olarak azaltım hedefi alması ve Ek-II ülkesi olarak da gelişmekte olan ülkelere finansal ve teknolojik yardım yapması gereğinden hareketle BMİDÇS'ye taraf olmamış ve eklerden çıkmak üzere girişimlerde bulunmuştur. Türkiye bu dezavantajlı durumunu düzeltmek üzere girişimlerini sürdürmüş, 2001 yılında BMİDÇS'nin Ek-II'sinden çıkararak, Ek-I'de “özel şartlarının taraf ülkelere tanınmasına davet eden” Taraflar Toplantısı kararının alınmasını müteakip 2004 yılında BMİDÇS'ye taraf olmuştur.

Türkiye; Kyoto Protokolü kabul edildiğinde ise; BMİDÇS tarafı olmadığı için, Kyoto Protokolü'nün 2008-2012 yıllarını kapsayan birinci yükümlülük döneminde herhangi bir sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğü bulunmamaktadır. 2012 sonrası dönem için nasıl bir yükümlülük alınacağı netleşmemiştir. Türkiye'ye henüz azaltım yükümlülüğü verilmemiş olması, iklim değişikliğine olan etkilerin izlenmesi, azaltım çalışmalarının planlanarak uygulaması konusunda engel teşkil etmemektedir. Bilakis bu dönem, sera gazı kaynaklarının belirlenmesi ve sera gazı envanterlerinin oluşturulması açısından fırsattır. Bu dönemde envanterlerin oluşturulması ile ilgili altyapı çalışmaları ne kadar tamamlanabilirse, yükümlülük başlangıç dönemine o ölçüde hazır olarak geçiş yapılabilir.

Türkiye'nin iklim değişikliği ile ilgili yapılan çalışmalar ana başlığı altında sera gazı envanterinin oluşturulması çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yürütücülüğünde gerçekleştirilmekte, iklim değişikliğine yönelik eylem ve strateji planları hazırlanmakta, ulusal sera gazı envanteri yayımlanmakta, BMİDÇS Sekreteryası'na bildirimler gerçekleştirilmektedir.

Son yayınlanan "TÜİK 1990-2012 Sera Gazı Envanteri" sonuçlarına göre CO₂ eşdeğeri olarak 2012 yılı toplam sera gazı emisyonu 439,9 milyon tondur. Bu değer; 188,4 milyon ton olan 1990 yılı değerine göre %133,4 artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca; 1990 yılında 3,42 ton/kişi olan kişi başı CO₂ eşdeğer emisyon değeri 2012 yılında 5,85 ton/kişi olarak hesaplanmıştır. Ulaşım modlarından kaynaklı CO₂ eşdeğeri sera gazı emisyonları ise; 1990 yılına göre % 134,2 artış göstermiştir. TÜİK envanterine göre ülkemizde ulaşırmadan kaynaklı CO₂ emisyonlarının toplam CO₂ emisyonları içerisindeki payı 1990 yılında %13,95 iken 2012 yılında %14 olarak hesaplanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında; Türkiye'de ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazı emisyonları belirlenmiştir. IPCC; ulaşım modlarından kaynaklanan CO₂ emisyonları hesaplariken Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımlarını kullanmayı tavsiye etmektedir. Bu çalışmada, yeterli veri bulunmadığından söz konusu emisyon hesaplamalarında en temel yaklaşım olan IPCC Tier 1 yaklaşımı kullanılmıştır. IPCC' nin önerdiği bu yaklaşım tüm ulaştırma sektörü alt gruplarına uygulanmıştır.

Bu çalışma sırasında, ulaştırma faaliyetleri nedeniyle açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO₂ gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO₂ gazlarının analizi üzerinde durulmuştur. CO₂ dışında, NO_x, CO, CH₄, NMVOC, N₂O ve SO₂ gazları da hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda bütün sera gazı emisyonlarında artış olduğu ve özellikle toplam yakıt tüketimlerinin artması sonucunda CO₂ emisyonlarının hızla arttığı gözlemlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda; en fazla sera gazı emisyonununun CO₂ emisyonu olduğu, bu gazı sırasıyla CO, NO_x, NMVOC, CH₄ ve N₂O olduğu gözlenmiştir. CH₄'ın küresel ısınma potansiyelinin aynı miktar CO₂'in 21 katı, N₂O'in küresel ısınma potansiyelinin aynı miktar CO₂'in yaklaşık 300 katı olmasına rağmen CO₂ emisyonu miktarının diğer emisyonlara göre çok yüksek olması sebebiyle, ulaşım modlarından kaynaklı sera gazı emisyonları içinde en etkin gazın CO₂ olduğu görülmüştür.

Söz konusu hesaplamalara göre; ulaştırma sektöründeki alt gruplar içinde en büyük emisyon kaynağının karayolu olduğu açıkça görülmektedir. 1990 yılında 24035,93 Gg olan karayolu ulaşımından kaynaklı sera gazı emisyonları %130,8'lik bir artış göstererek 2012 yılında 55471,15 Gg' a yükselmiştir..

Karayolu kaynaklı CO₂ emisyonlarının toplam ulaştırma sektörü içindeki payı 1990 yılında %92,61 oranındayken, 2012 yılına gelindiğinde %90,58 değerine gerilemiş, havayollarından kaynaklanan emisyonların toplam içindeki payı %3,49 oranından %6,07'ye yükselmiştir. Karayolu emisyonlarının toplam içinde oran olarak azalmasında, havayolu ulaşımı kullanımındaki artışın etken olduğu görülmektedir.

Karayolu ve havayolundan geriye kalan %3,35'lik CO₂ emisyonu payı içinde demiryolu ve denizyolu ulaşımı nedeniyle açığa çıkan emisyonlar bulunmaktadır. Denizyollarının kullanımındaki artış nedeniyle, denizyolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonları %2,63 seviyelerine yükselmiştir.

Buna karşın demiryollarında motorin kullanım oranındaki azalma sonucunda, demiryollarında tüketilen yakıt miktarları ve dolayısıyla emisyon değerleri azalmıştır. 1990 yılında %2 olan demiryollarından kaynaklı CO₂ emisyonları 2012 yılına gelindiğinde bu değer %0,72 ye düşmüştür. Ancak demiryollarının genel kullanımında bir azalma söz konusu olmayıp aksine 2009 yılında Eskişehir ve 2011 yılında Konya hızlı tren hatlarının açılmasıyla birlikte yoğunluk artmıştır. Yolcu taşımacılığında elektrikli lokomotiflerin kullanımının artması ve motorin kullanan dizel motorlu lokomotiflerin kullanımının daha çok yük taşımacılığına verilmesi,

doğrudan yakıt yakılması sonucunda demiryollarından açığa çıkan toplam emisyonların düşmesine neden olmuştur. Demiryollarında ulaşım için kullanılan elektriğin üretiminde açığa çıkan emisyonların nasıl bir karakter izlediği bu çalışmanın kapsamı içinde olmadığından, demiryolları emisyonlarının azaltılmasında bir kayıp veya kazanç olduğu şeklinde yorum yapmak pek sağlıklı görünmemektedir.

CO₂ haricindeki emisyonlar incelendiğinde, CH₄, CO ve NMVOC emisyonları için temel kaynağın karayolu ulaşımı olduğu görülmektedir. Bu üç gazın karayolu kaynaklı emisyonları toplam içinde %98 oranında paylara sahip oldukları görülmektedir.

NO_x emisyonu değerleri ise; demiryolu hariç tüm ulaştırma alt sektörlerindeki, hem miktarını hem de sektörlerdeki payını arttırdığı görülmektedir. NO_x emisyonlarının toplam içindeki oranı 1990 yılından 2012 yılına gelindiğinde karayollarında %90,54'ten %91,58'e, havayollarında %1,11'den %2,12' ye, denizyollarında %3,77'den %5,16'ya yükselirken; demiryollarında bu oran %4,57'den %1,14'e gerilemiştir.

Havayolu ulaşımının neden olduğu emisyonların oransal olarak en büyük değerlere eriştiği gaz N₂O gazıdır. 1990 yılında %3,57 olan N₂O emisyonlarının toplam içindeki oranı 2012 yılına gelindiğinde %24,53 oranına yükselmiştir. Karayolu kaynaklı N₂O emisyonları da bu 22 yıllık süreçte miktar olarak artış göstermesine rağmen, toplam içindeki oranı %95,24'ten %73,58'e gerileyerek ciddi bir azalma göstermiştir.

SO₂ emisyonlarının ise; toplam içinde oransal olarak en büyük payı yine karayolu ulaşımına aittir. SO₂ emisyonuna karayolu ulaşımında temel kaynak motorin tüketimidir. Toplam içinde oransal olarak ikinci sırayı denizyolları almaktadır. Bunda en önemli etken, denizyollarında kullanılan fuel oil yakıtının yüksek kükürt içeriğidir. Bu nedenle denizyolu ulaşımının neden olduğu SO₂ emisyonlarının toplam içindeki payı %5,36 seviyelerindedir.

IPCC Tier 1 yaklaşımı, veri elde edilmesi kolaylığı düşünülerek geliştirilmiştir. Fakat, bu kademedeki çeşitli bilgi eksiklikleri yaşanmıştır. Özellikle toplam yakıt tüketim değerlerindeki belirsizlikler hesapların kesinliği açısından temel engel görevi görmüştür. Ancak; TÜİK tarafından 2014 yılında yayımlanan Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri değerleri ile bu çalışma kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler karşılaştırıldığında farkların çok küçük olduğu görülmektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında ulaştırma sektörü, özellikle karayolu ulaşımı, nedeniyle açığa çıkan emisyonların miktarını düşürmek için bazı çözüm önerilerinde bulunulabilir. Başlıca öneriler;

- Yeni ulaştırma stratejileri ve politikaları geliştirilmesi,
- Taşıt ve motor teknolojilerinin iyileştirilmesi,
- Araç vergilendirme politikalarının düzenlenmesi,
- Eski model araçların trafikten çekilmesi,
- Trafik akışının düzenlenmesi,
- Alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması,
- Toplu taşıma araçlarında CNG kullanımının yaygınlaştırılması,
- Hibrid araçların kullanımının yaygınlaştırılması,
- Demiryolu ve denizyolu ulaşım modlarının payının artırılması ve teşvikin sağlanması,
- Yürüyüş ve bisiklet kullanımına uygun altyapının oluşturulması ve teşvikin sağlanması

olarak sıralanabilir. Bu yukarıda belirtilen önerilerdeki ana hedef, toplam CO₂ emisyonunun azaltılmasıdır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan toplam CO₂ emisyonunun azaltılması için öncelikli olarak taşıt yakıt tüketimlerinin azaltılması zorunludur. Bu azaltım; mevcut araçların yakıt tüketimlerinin azaltılması için seyahat gereksinimini azaltacak şekilde yeni stratejiler geliştirilerek ve trafiğe çıkacak yeni araçların taşıt ve motor teknolojilerinin iyileştirilmesiyle mümkün olabilir. Bu

iyileştirmeler; hafif malzeme kullanımı, boyut küçültme sonucunda taşıt kütesinin azaltılması ve taşıtların aerodinamik özelliklerinin geliştirilmesi şeklinde olabilmektedir. Bu doğrultudaki çalışmalar; özellikle şehir içi ulaşımında küçük ve/veya hibrid taşıtların yaygın kullanımını sağlamak amacıyla, araçların yakıt tüketimlerine ve yakıt türüne göre vergilendirilmesi gibi politikalar ve düzenlemeler içermelidir. Ancak çarpışma emniyetinin ve kullanıcı istekleri doğrultusunda konfor kriterlerinin sağlanabilmesi için taşıt kütesinin belirli değerlerin altına düşürülmesi mümkün olmamaktadır.

İkinci çözüm önerisi olarak, sera gazı üretimi daha düşük olan alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması sayılabilir. Alternatif yakıtların kullanılması CO₂ emisyonlarını azaltmak için imkanlar sunacaktır. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) kullanımı ve sıkıştırılmış (CNG) doğal gaz ile sıvılaştırılmış (LNG) doğal gaz kullanımları kısa dönemde uygulamaya konulabilir çözümlerdir. Ayrıca LPG, doğal gaz, hidrojen, alkol yakıtlar ve biodizel gibi yakıtların benzin ve dizel yakıtına alternatif olarak veya katkı maddesi olarak kullanımı da yakıt tüketiminde veya emisyonların düşürülmesinde avantaj sağlayacaktır. Ancak alternatif yakıtların karşılaştırılmasında, kaynaktan son kullanıma kadarki süreç değerlendirilmeli ve yakıtın üretim aşamasında ortaya çıkan emisyonların da yakıtın taşıtlarda kullanımı sırasındaki emisyonlar kadar önemli olduğu dikkate alınmalıdır.

Alternatif yakıtların arasında en çok ön plana çıkanlardan biri, düşük CO₂ salınımı nedeniyle doğalgazdır. Doğalgaz gerek maliyeti, gerekse açığa çıkardığı emisyon bakımından fosil yakıtlar arasında en uygun yakıtlardandır. Örneğin; karbondioksit emisyon miktarı, 1 megajoule'luk enerji için tüketilen yakıtta motorin için 73,33 kg, doğalgaz için 55,82 kg, LPG için 62,75 kg ve benzin için ise 68,61 kg'dır. 1 megajoule enerjiye denk gelen yakıt tüketildiğinde doğalgaza göre motorin %31, LPG %12, benzin ise %22 kat çevreye daha fazla karbondioksit salmaktadırlar. 1 megajoule enerjiye denk gelen yakıt göz önüne alındığında doğalgazın en çevreci fosil kökenli yakıt olduğu ortaya iyice çıkmaktadır.

Bu sonuçlar ışığı altında doğalgazlı motorun karbondioksit emisyonları açısından ve dolayısıyla küresel ısınma sorunu açısından dizel motora göre oldukça yararlı olduğu görülmektedir. Ayrıca doğalgazlı motor dizel eşdeğerine göre, doğalgazın fiyatının düşük olmasından yararlanılmasıyla beraber, çok daha az maliyetlidir. Şehir içi toplu taşımacılıkta kullanılan otobüsler için sıkıştırılmış doğalgaz en potansiyelli alternatif yakıt olarak görülmektedir. Fosil kökenli yakıtlar arasında en ucuzu ve karbondioksit emisyonları açısından en avantajlı yakıt doğalgazdır. Doğalgazla çalışan belediye otobüslerinin kullanımı hem yakıt maliyeti açısından hem de CO₂ emisyonları açısından önemli bir avantaj getirebilir.

İçten yanmalı motor teknolojisindeki gelişmeler de alternatif yakıt kullanımı ile birlikte, CO₂ emisyonlarının kontrolünde özellikle kısa ve orta dönemde önem taşımaktadır. Bunlara örnek olarak; direk püskürtmeli benzin motorları kullanılarak fakir karışimli yanma sağlanması, direk püskürtmeli ve aşırı doldurmalı dizel motor kullanımı, homojen karışimli sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlar yardımıyla doğal gaz kullanımına imkan tanınması ve verim artışı sağlanması verilebilir. Bunun dışında motorlarda elektronik kontrol donanımlarının kullanımı, verimi artırıcı tasarıma dayalı önlemlerin alınması, küçük strok hacimli motorların şehir içi koşullarda tam yüke yakın işletme koşullarında çalıştırılması da yakıt tüketimi açısından fayda sağlayacaktır.

Bir başka çözüm önerisi; karayolu taşıt parkında bulunan eski model araçların trafikten çekilmesi ve bunların yerine daha az yakıt tüketen ve emisyon regülasyonuna uygun araçların parka eklenmesi, karayolu kaynaklı emisyonlarda belirgin bir iyileşme sağlayacaktır. AB ve bazı ülkelerde son yıllarda uygulamaya konulan teknolojik önlemler sonucunda trafiğe yeni çıkan taşıt filolarının yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonu ortalama değerlerinde belirgin düşüş sağlanmıştır. Bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da sürdürüleceği ön görülmektedir. Ülkemiz koşullarında ise trafikteki araçların yenilenme hızı düşük olduğundan, yeni teknoloji ile üretilen taşıtların toplam emisyonlara etkisinin ortaya çıkma süresi uzun olmaktadır.

Bir diğer çözüm önerisi de trafik akışının düzenlenmesidir. Trafik akışının düzenlenmesi sonucunda şehir içi ortamında araçların yakıt tüketimi açısından en uygun şartlarda kullanımının sağlanması yakıt tüketimini düşürecektir. Araç seyrinde 50-60 km/saat değerindeki sabit hızlar, yakıt tüketiminin en düşük olduğu koşulları sağlamaktadır. Dolayısıyla trafik akışının ayarlanması ve trafikteki sıkışıklıkların giderilmesi, trafik ışıklarının senkronizasyonu toplam yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonlarını etkilemektedir. Ayrıca otoyollarda uygulanan maksimum hızın sınırlandırılması da önem taşımaktadır.

Son çözüm önerisi olarak da ulaşım planlaması sonucu alternatif yaklaşımların kullanımı gelmektedir. Uygulanan ulaşım planlaması sonucunda bütünleşik toplu taşımacılığın payının artırılması, araçların tam yolcu kapasitesi ile yüklenmesini sağlayacak ve yolcu başına enerji tüketimini sınırlayacaktır. Demiryolu ulaşımında kullanılan sistemlerin daha kaliteli hale getirilerek yolcu kapasitelerinin artırılması ve tam kapasite ile yolcu taşınmasının sağlanması hem ucuz hem de çevreye daha az zararlı ulaşım için gerekmektedir. Bu kapsamda; deniz ve demiryolu ulaşımının olanaklı olduğu bölgelerde bu olanağın değerlendirilmesi öncelikli olmalıdır. Ayrıca ülke koşullarına uygun olarak yolculuk alışkanlıklarının değiştirilmesi yolundaki çabalar da sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Yürüyüş ve bisiklet kullanımına uygun alt yapının sağlanması ve teşviki ulaştırma sektöründeki enerji tüketiminin düşürülmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ABRAHAMSON Dean Edwin, 1989, Global Warming: The Issue, Impacts, Responses, The Challenge of Global Warming, Island Press, Washington, D.C., s.4-10.
- AKBULUT Figen Eda, 2009, İklim Değişikliğinde Alternatif Politikaların Etkinliği, Ankara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- AKSAY Cemal Seçkin, KETENOĞLU Osman, KURT Latif, 2005, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, Selçuk Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakültesi, Fen Dergisi, s.25-41.
- ARI İzzet, 2010, İklim Değişikliği ile Mücadelede Emisyon Ticareti ve Türkiye Uygulaması, DPT Uzmanlık Tezi, Ankara.
- ARIKAN Yunus, 2006, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü Metinler ve Temel Bilgiler, Bölgesel Çevre Merkezi REC Türkiye Yayını, Ankara, s.36-57
- ARIKAN Yunus, ÖZSOY Gülçin, 2008, A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi: Çok Geç Olmadan Harekete Geçmek İsteyenler İçin, REC Yayınları, Ankara, s.85-88
- ATABEY Teknur, 2013, Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği, Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Elazığ
- AYHAN Damla, 2010, Enerji, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Küresel İklim Değişikliği Sorunsalı ve Kyoto Protokolü: Türkiye Analizi, Marmara Üniversitesi Doktora Tezi, İstanbul.
- BABUŞ Deniz, 2005, Araştırma Bulguları, <http://egitim.cu.edu.tr/myfiles/open.aspx?file=828.doc>, (14.03.2014).
- BAHADIR Neriman, 2011, Avrupa Birliği'nin İklim Değişikliği Politikaları ve Türkiye'nin Bu Politikalara Uyumu, İstanbul Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- BAŞKAYA Hüseyin Savaş, 2011, Atmosferdeki Değişiklikler, Sera Etkisi ve Dünyamızın Geleceği, Uludağ Üniversitesi Dergisi, Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- BRISK Marion A, 2000, Çevre Dostu 1001 Proje, Beyaz Yayınları, İstanbul, s.31.
- CUNNINGHAM William P, SAIGO Barbara W, 1992, Environment Science: Global Concern, W.C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, S.139, s.9.

- ÇETİNSOY Fatma Feyza, 2010, Küresel İklim Değişikliği: Avrupa Birliği ve Türk Tarımı, İstanbul Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ÇEVİRGEN Mehmet Sedat, 2009, İstanbul'da Denizyolu Ulaşımının Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), 2007, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), 2008a, İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar, Ankara, s.12-14, 36-43.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), 2008b, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticareti Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, s.3-16, 37.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), 2009a, İklim Değişikliği Müzakere Kılavuzu, İklim Değişikliği ile Mücadele için Kapasitelerin Artırılması Projesi, İklim Değişikliği Dairesi, Ankara, s.16, 28.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), 2009b, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Türkiye'nin Durumunu Değerlendirmeye Yönelik Rapor, Ankara, s.3-4.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2007, İklim Değişikliğinde Türkiye'nin Adımları, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, s.3-13, 23-26.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2012a, İklim Değişikliğine Uyum Eğitici Kitabı, İklim Dairesi Başkanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, s.36-73.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2012b, T.C. İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023, İklim Dairesi Başkanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, s.26-46, 52-58, 66.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2012c, Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2020, İklim Dairesi Başkanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2013a, Montreal Protokolü, <http://www.csb.gov.tr/projeler/iklim/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=12428>, (01.04.2014)

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2013b, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi,
<http://www.csb.gov.tr/projeler/iklim/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=12426>, (11.10.2013)
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2013c, Kyoto Protokolü,
<http://www.csb.gov.tr/projeler/iklim/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=12427>, (09.10.2013)
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2013d, İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu,
<http://www.csb.gov.tr/projeler/iklim/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=12433>, (10.10.2013)
- ÇEPEL Necmettin, 1992, Doğa Çevre Ekoloji ve İnsanlığın Ekolojik Sorunları, Altın Kitaplar Yayınevi, İstanbul, s.44.
- DELLAL İlkay, 2008, Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısılacında Tarım ve Gıda Sektörü, İgeme'den Bakış, TÜİK, Ankara, s.103.
- DEMİRBOLAT Kadir, 2011, BMİDÇS ve Kyoto Protokolü Gereklilikleri, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, s.10, 22.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2000, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Dünya Enerji Konseyi (DEK), 2008, İklim Değişikliği ve Enerji Sektörü, Enerji ve Çevre Çalışma Grubu, Türk Milli Komitesi, s.30.
- EDWARDS Rupert, 2008, Carbon Finance GECP and Business Options, Climate Change Capital, MSc Environmental Technology, Imperial College, London, s.12.
- EPA, 2002, Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, The Inventory of US Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000, US. s.4-9.
- EPA, 2009, The Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2007, Washington, DC, USA.
- EPA, 2013, Global Greenhouse Gas Emissions Data, <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>, (20.09.2013)
- EPI, 2013, Climate, Energy and Transportation, http://www.earth-policy.org/data_center/C23, (21.02.2014)

- ERKAN Caner, 2002, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü Üzerine, Liberal Düşünce Dergisi, Liberal Düşünce Topluluğu, S.25, s.213.
- FIROR John, 1992, Değişen Atmosfer, TUISAV Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, Dış Politika Enstitüsü Yayınları, Ankara, S.92, s.97
- FREESTONE David, STRECK Charlotte, 2005, Legal Aspects of Implementing the Kyoto Protocol Mechanisms: Making Kyoto Work, Oxford University Press, New York, s.403-415.
- GOUMAS Theodor, 2007, Gönüllü Karbon Piyasaları ve Türkiye, Mitigating Climate Change VCM Workshop, Ankara.
- GÜVEN Hüseyin, 2012, Farklı Atık Yönetim Senaryolarının Sera Gazı Salınımına Etkilerinin Araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- House of Commons, HC, 2007, The Voluntary Carbon Offset Market, Environmental Audit Committee, London, ss.7-8.
- IPCC, 1988, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli, <http://www.ipcc.ch/about/index.html>, (20.06.2013)
- IPCC, 1992, Climate Change 1992: The Supplementary Report to The Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment, Cambridge University Press, New York, USA.
- IPCC, 1995, Working Group I Report: The Science of Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR), Cambridge University Press, New York, USA.
- IPCC, 1996a, An Introduction to Simple Climate Models Used in the IPCC Second Assessment Report, IPCC Technical Paper, Geneva, Switzerland, ss.8-10.
- IPCC, 1996b, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co- Operation and Development, International Energy Agency, Paris, ss.1-4.
- IPCC, 1996c, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris, ss.3-23.

- IPCC, 1996d, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Chapter 1, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co- Operation and Development, International Energy Agency, Paris, ss.4-44, 62-98.
- IPCC, 2001, Working Group II Report: Impacts, Adaption, and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR), Cambridge University Press, New York.
- IPCC, 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, The Intergovernmental Panel on Climate Change, Japan.
- IPCC, 2007a, Working Group I Report: The Physical Science Basis, Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), Cambridge University Press, New York.
- IPCC, 2007b, Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Working Group I Report: The Physical Science Basis, Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), Cambridge University Press, New York.
- IPCC, 2007c, The AR4 Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), Cambridge University Press, New York.
- JACOB Daniel J, 1999, Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, USA.
- KABACIOĞLU Nurdan, 2012, Sanayi Kuruluşlarında Sera Gazı Salımları ve Sera Gazı Hesaplama Yöntemleri, Kocaeli Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- KADIOĞLU Mikdat, 2001, Küresel İklim Değişimi ve Bildiğiniz Havaların Sonu, Güncel Yayıncılık, İkinci Basım, İstanbul, ss.51-59, 162, 253, 266-267.
- KARAKAYA Etem, 2008, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi, Bağlam Yayıncılık Araştırma Dizisi, İstanbul, ss.130-207.
- KARAKAYA Etem, ÖZÇAĞ Mustafa, 2003, Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, VII. ODTÜ Ekonomi Konferansı, Ankara.
- KOÇAK Kasım, 2014, İklim Değişiminde İnsan Faktörü, İTÜ, İstanbul, <http://web.itu.edu.tr/~kkocak/iklim.html>, (15.02.2014).

- KUNTASAL Oğuz Öznur, 2011, İklim Değişikliği İkinci Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi, UNDP Bilgilendirme Toplantısı, Ankara.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2014, Güneşten Gelen Işınlara Atmosferin Etkisi, Ankara, <http://www.mgm.gov.tr/cocuklar/kitap-meteoroloji.aspx?s=gunesisinlari>, Erişim: 12.03.2014
- MUSLU Yılmaz, 2000, Ekoloji ve Çevre Sorunları, Aktif Yayınevi, İstanbul, ss.223-260.
- MÜEZZİNOĞLU Aysen, 2003, Atmosfer Kimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, S.305, ss.36-63.
- National Research Council, NRC, 2001, Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions, The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 2014, NOAA's Annual Greenhouse Gas Index, Earth System Research Laboratory, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>, (03.03.2014).
- ÖZÜT Gülten Hande, 2010, Kyoto Protokolü Sonrasında Uluslararası İklim Değişikliği Süreci ve Yerel Yönetimler, Ankara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- ÖZYUVACI Necdet, 1999, Meteoroloji ve Klimatoloji, Dilek Ofset Matbaacılık, İstanbul, s.312.
- PEKİN Muhammed Aydın, 2006, Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- PIDWIRNY Micheal, 2006, The Greenhouse Effect, Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition.
- REAY David, HEWITT Nick, SMITH Keith, GRACE John, 2007, Greenhouse Gas Sinks, CABI, Oxfordshire, UK.
- RENDE Kumru, 2013, Türkiye Çimento Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- SALORANTA Tuomo M, 2001, Post-Normal Science and the Global Climate Change Issue, Climatic Change, Norway, Vol.50, S.4, s.397.
- ŞAHİN Mustafa, 2008, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

- TEKTANIL Mehmet, 2008, Toplu Taşımadaki Doğalgazlı Otobüslerin Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- TOPÇU Levent, 2008, Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- TOPRAK Zerrin, 2003, Çevre Yönetimi ve Politikası, Anadolu Matbaacılık, İkinci Basım, İzmir, s.65.
- TÜBİTAK, 2014, İklim Değişikliği Altıncı Ulusal Bildirimi, <http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/iklim-degisikligi-6-ulusal-bildirimi-hazirlanacak>, (02.05.2014)
- TÜRKEŞ Murat, 1997, Hava ve İklim Kavramları Üzerine, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Ankara, S.355, ss.36-37.
- TÜRKEŞ Murat, 2001, Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye, Tesisat Mühendisliği Dergisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, S.61, ss.14-15.
- TÜRKEŞ Murat, SÜMER Utku M, ÇETİNER Gönül, 2000, Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, s.7-24.
- United Nations (UN), 1988, Protection of Global Climate For Present and Future Generations of Mankind, General Assembly, 70th Plenary Meeting.
- United Nations (UN), 1990, Protection of Global Climate For Present and Future Generations of Mankind, General Assembly, 71st Plenary Meeting.
- UNFCCC, 1994, Status of Ratification of the Convention, http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.txt.php, (06.09.2013)
- UNFCCC, 2004, İklim Özen Göstermek: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü İçin Kılavuz, Çeviri: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, ss.1-6.
- UNFCCC, 2007, A guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol, Uniting on Climate, Bonn, ss.28-31.
- UZMEN Reşat, 2007, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İnsanlığı Bekleyen Büyük Felaket Mi?, Bilge Kültür Sanat Yayınları, 1.Basım, İstanbul, S.221, s.27-66.

YAMANOĞLU Göknil, 2006, Türkiye’de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolü, Ankara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

YANAROCAK Rıfat Kohen, 2007, Marmaray Projesinin Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

YÖNTEN Aslı, 2007, Küresel Isınmanın Azaltılması Politikaları ve Stratejileri-Türkiye için Bir Yaklaşım, Dokuz Eylül Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

İNTERNET KAYNAKLARI

<http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=111870015>, (01.2014).

<http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/iklim-degisikligi-nedir-.html>, (10.01.2014).

<http://www.teknolojiweb.net/iklim-elemanlari-nelerdir-sicakligi-etkileyen-faktorler-nelerdir, İklim elemanları nelerdir?>, (13.10.2013).

<http://www.nkfu.com/atmosferin-sera-etkisi/>, (11.05.2014).

ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlardan her seferinde değinme yaparak yararlandığımı ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının Ulaştırma ve Haberleşme Uzman ve Uzman Yardımcılarının Sınav, Atama, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliğine uygun olarak hazırladığımı belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Mayıs 2014

Merve UZUNÇAKMAK

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Ordu'da doğdu. İlkokulu Ordu'da, ortaokul ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2009 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2010-2011 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 2011 yılı Mart ayında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nda Ulaştırma ve Haberleşme Uzman Yardımcısı olarak görev yapmaya başladı. Halen Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü'nde çalışmaktadır.

