



**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
İKT - DR - 2014 - 0002**

**SERA GAZI EMİSYONLARININ MAKROEKONOMİK  
DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ İÇİN  
PANEL VERİ ANALİZİ**

**HAZIRLAYAN  
Mehmet Metin DAM**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Etem KARAKAYA**

**AYDIN- 2014**

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
İKT - DR - 2014 - 0002**

**SERA GAZI EMİSYONLARININ MAKROEKONOMİK  
DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ İÇİN  
PANEL VERİ ANALİZİ**

**HAZIRLAYAN  
Mehmet Metin DAM**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Etem KARAKAYA**

**AYDIN- 2014**

**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

İktisat anabilim dalı doktora programı öğrencisi **Mehmet Metin DAM** tarafından hazırlanan “**Sera Gazı Emisyonlarının Makroekonomik Değişkenlerle İlişkisi: OECD Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi**” başlıklı tez 28.03.2014 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

<u>Ünvanı, Adı ve Soyadı</u>	<u>Kurumu</u>	<u>İmzası</u>
Prof. Dr. Mesut ALBENİ (Başkan)	Süleyman Demirel Üniversitesi	.....
Doç. Dr. Etem KARAKAYA(Tez D.)	Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Yrd. Doç. Dr. Abdullah ÖZDEMİR	Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZÇAĞ	Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Yrd. Doç. Dr. Mesut ÇAKIR	Adnan Menderes Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun  
..... sayılı kararıyla ..... tarihinde onaylanmıştır.

Doç. Dr. Fatma Neval GENÇ  
Enstitü Müdürü

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

**Adı Soyadı** : Mehmet Metin DAM

**İmza** :

Bu tez, **Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)** Birimi tarafından desteklenmiş olup, proje numarası **NIİBF-14004**'dir.

**YAZAR ADI-SOYADI: MEHMET METİN DAM**

**BAŞLIK: SERA GAZI EMİSYONLARININ MAKROEKONOMİK**

**DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ İÇİN PANEL VERİ ANALİZİ**

## **ÖZET**

Birleşmiş Milletlerin son yıllarda önem verdiği konular arasında yer alan ve ciddi bir tehdit oluşturan iklim değişikliği, insan faaliyetleri nedeniyle sera gazı emisyon miktarının artması ve doğal sera gazı konsantrasyonunun değişmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler çevresel kirlenmenin önüne geçmek için birtakım politikalar ve araçlar geliştirmiştir. Bu politika ve araçlarla sera gazı emisyonlarının azaltılmasına çalışılmaktadır. Bu bağlamda; 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve 16 Şubat 2005'te imzalanan Kyoto Protokolü, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin önüne geçmek için önüne geçmek için yapılan en önemli girişimlerdir.

Bu çalışmada; sera gazı emisyonlarının makroekonomik değişkenlerle olan ilişkisi OECD ülkeleri için, 1971-2011 dönemi yıllık verileri kullanılarak panel veri analiziyle araştırılmıştır. Bu aşamada ilk olarak kullanılacak testlerin belirlenmesi için; ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığı araştırması yapılması gerekmektedir. Yapılan yatay kesit bağımlılığı testi sonucunda; ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu görülmüştür. Bu durumu dikkate alan ikinci kuşak birim kök testlerinden CADF ve CIPS panel birim kök testleri kullanılmış ve serilerin düzey değerlerinde durağan olmadığı görülmüştür. Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı; Westerlund Durbin Hausman (2008) Testi ile incelenmiş ve seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu belirlenmiştir. Son aşamada ise uzun dönem eşbütünleşme katsayıları, Pesaran (2006b) tarafından geliştirilmiş olan CCE yöntemiyle tahmin edilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Sera Gazları, Karbon Piyasaları, Emisyon Ticareti, Ekonomik Araçlar, Ekonomik Büyüme, İhracat, İthalat, Panel Veri Analizi, OECD Ülkeleri.

**NAME: MEHMET METİN DAM**

**TITLE: THE RELATIONSHIP BETWEEN GREENHOUSE GAS EMISSIONS  
AND MACROECONOMIC VARIABLES: PANEL DATA ANALYSIS FOR  
OECD COUNTRIES**

### **ABSTRACT**

Climate change , which is considered as one of the greatest challenges the world faces today, results from increases in greenhouse gas emissions because of human activities and increases in greenhouse gas concentrations. UN developed a variety of policies and tools to mitigate this environmental issue, the aim of which is to reduce greenhouse gas emissions. In this context, The United Nations Framework Convention on Climate Change, which was put into force on 21st March and Kyoto Protocol on 16th February 2005, are the most important attempts to prevent global warming. A variety of policies and tools have been developed by KP and UNFCCC to cope with increasing ghg emissions.

In this study, the relationship between greenhouse emissions with macroeconomic variables was studied, for OECD countries, using 1971-2011 data through panel data analysis. At this stage it is necessary to do cross-sectional dependency research to determine the tests to be used. As a result of the cross-sectional dependency test, it was observed that there is cross-sectional test between the countries. Of the second generation unit root tests, CADF and CIPS, which takes this situation into consideration, was used to test it and it was observed that series are not stationary at the level values. The existence of cointegration relation between series was examined through Westerlund Durbin Hausman Test; and it was confirmed that there was cointegration relation between series. In the end, long-term cointegration coefficient of cointegrated model was estimated through estimation method based on the Common Correlated Effect developed by Pesaran (2006b).

**KEYWORDS:** Global Warming, Climate Change, Greenhouse Gases, Carbon Markets, Emissions Trading, Economic Instruments, EKC, Economic Growth, Export, Import, Panel Data Analysis, OECD Countries.

## ÖNSÖZ

Akademik hayatımın başından itibaren bana her türlü desteğini esirgemeyen ve iktisat bilimini bana sevdiren danışmanım Doç. Dr. Etem KARAKAYA başta olmak üzere, tez izleme kurulundaki Yrd. Doç. Dr. Abdullah ÖZDEMİR ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZÇAĞ'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Tez çalışmasının başlangıç dönemlerinde desteğini gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Mehmet MERCAN'a ve Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ ayrıca teşekkür ederim. Tez yazımı boyunca bana desteğini hiç esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ali FİLİZ ve Yrd. Doç. Dr. İsmet GÖÇER'e çalışmanın yönlendirilmesinde yapmış oldukları katkılardan dolayı teşekkürü borç bilirim. Çalışmanın özellikle ekonometrik uygulama bölümlerinde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Şahin BULUT'a da şükranlarımı sunuyorum. Bunun yanında, çalışma süresince bana manevi desteklerini esirgemeyen annem, babam ve en zor zamanlarda yanımda olan sevgili eşim Emine'ye minnettarım. Hayatımın neşe kaynağı olan üç oğlum; İbrahim Yusuf, Yasin ve Fatih'in vermiş olduğu pozitif enerji ve çalışma azmi için de sonsuz teşekkürler.

**Mehmet Metin DAM**



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iv
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	v
<b>KISALTMALAR VE SİMGELER</b> .....	viii
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	xiii
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	xv
<b>GİRİŞ</b> .....	1
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b> .....	4
<b>SERA GAZLARI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ</b> .....	4
1.1. KÜRESEL ISINMA VE SERA GAZLARI.....	5
1.2 İNSAN KAYNAKLI İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ.....	15
1.3 İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE NEDEN OLAN SERA GAZLARINDAKİ ARTIŞ EĞİLİMLERİ VE NEDENLERİ.....	17
1.4 SERA GAZI EMİSYONLARININ EKONOMİK BELİRLEYİCİLERİ.....	19
1.4.1. Enerji Kullanımı.....	21
1.4.2. Sanayi Faaliyetleri.....	23
1.4.3. Tarımsal Faaliyetler.....	24
1.4.4. Ormancılık ve Toprak Kullanımı.....	25
1.4.5. Atık Yönetimi.....	26
1.4.6. Konut ve Ticaret Sektörü.....	26
1.5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLGİLİ ULUSLARARASI BELGE VE ANTLAŞMALAR.....	27
1.5.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	29
1.5.2. Kyoto Protokolü.....	30
1.5.3. Bali Eylem Planı.....	30
1.5.4. Kopenhag Uzlaşması.....	32
1.5.5. Cancun Uzlaşması.....	33
<b>İKİNCİ BÖLÜM</b> .....	35
<b>SERA GAZI EMİSYONLARINI AZALTMAYA YÖNELİK POLİTİKALAR VE ARAÇLAR</b> .....	35

2.1. POLİTİKALAR .....	36
2.1.1. Enerji Dönüşümü .....	37
2.1.2. Enerji Verimliliği .....	40
2.1.3. Karbon Yakalama ve Depolama (CCS - Carbon Capture and Storage) .....	45
2.1.3.1. Karbon Yakalama ve Depolama Nedir? .....	47
2.1.3.2. CO <sub>2</sub> Neden Tutulur ve Depolanır? .....	47
2.1.3.3. CO <sub>2</sub> Gazı Nerede ve Nasıl Depolanır? .....	49
2.1.3.4. Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojileri .....	51
2.1.4. Karbon Yutakları .....	53
2.2. ARAÇLAR .....	57
2.2.1. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları .....	57
2.2.1.1. Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları .....	65
2.2.1.1.1. Temiz Kalkınma Mekanizması .....	65
2.2.1.1.2. Ortak Yürütme Mekanizması .....	66
2.2.1.2. Piyasa Temelli Esneklik Mekanizması .....	66
2.2.1.2.1. Emisyon Ticareti Kavramı .....	67
2.2.1.2.2. Emisyon Ticareti Türleri .....	69
2.2.1.2.3. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (EU ETS) .....	69
2.2.2. Gönüllü Karbon Piyasaları .....	71
2.2.3. Karbon Vergisi .....	73
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>75</b>
<b>SERA GAZI EMİSYONLARININ MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ .....</b>	<b>75</b>
3.1. EKONOMİK BÜYÜMENİN ETKİLERİ .....	75
3.1.1. Teorik Çerçeve .....	75
3.1.2. İlgili Literatür Özeti .....	79
3.2. ENERJİ TÜKETİMİ ETKİSİ .....	83
3.2.1. Teorik Çerçeve .....	83
3.2.2. İlgili Literatür Özeti .....	84
3.3. DIŞ TİCARET ETKİSİ .....	85
3.3.1. Teorik Çerçeve .....	86
3.3.2. İlgili Literatür Özeti .....	89
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>92</b>

<b>AMPİRİK ANALİZ</b> .....	92
4.1. ANALİZİN TEMEL AMACI .....	93
4.2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ .....	94
4.3. PANEL VERİ MODELLERİ.....	97
4.3.1 Statik Panel Veri Modelleri .....	98
4.3.1.1. Ortak Havuz Regresyonu (Klasik Model) .....	99
4.3.1.2. Sabit Etkiler Modeli (Fixed Effects) .....	100
4.3.1.3. Rassal Etkiler Modeli (Random Effects).....	101
4.3.2. Dinamik Panel Veri Modelleri .....	102
4.4. VERİ SETİ VE MODEL .....	103
4.4.1. Panel Birim Kök Testleri .....	107
4.4.1.1 Yatay Kesit Bağımlılığı Testi .....	108
4.4.1.2. CADF ve CIPS Birim Kök Testleri .....	110
4.4.2. Eşbütünleşme Katsayıların Homojenliğinin Test Edilmesi (Slope Homogeneity Tests) .....	114
4.4.3. Panel Westerlund Durbin Hausman Eşbütünleşme Testi.....	115
4.4.4. Eşbütünleşme Katsayılarının CCE Tahmircisi ile Elde Edilmesi .....	116
<b>SONUÇ VE DEĞERLENDİRME</b> .....	121
<b>KAYNAKÇA</b> .....	127
<b>İNTERNET ADRESLERİ</b> .....	138
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	140

## KISALTMALAR VE SİMGELER

<b>AAU</b>	: Assigned Amount Unit (Tahsis Edilmiş Emisyon Birimi)
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>AR1</b>	: First Assessment Report (Birinci Değerlendirme Raporu)
<b>AR4</b>	: Fourth Assessment Report (Dördüncü Değerlendirme Raporu)
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>BMİDÇS</b>	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>CES</b>	: Constant Elasticity of Substitution (Sabit İkame Esnekliği)
<b>CCAR</b>	: California Climate Action Register (Kaliforniya İklim Eylem Kayıt Protokolleri)
<b>CCGS</b>	: Geographical Carbon Capture and Storage (Karbon Yakalama ve Coğrafi Depolama)
<b>CCM</b>	: Carbon Capture Project (Karbon Yakalama Projesi)
<b>CCS</b>	: Carbon Capture and Storage (Karbon Yakalama ve Depolama)
<b>CCX</b>	: Chicago Climate Exchange (Şikago İklim Borsası)
<b>CDM</b>	: Clean Development Mechanism (Temiz Kalkınma Mekanizması)
<b>CEMS</b>	: Continuous Emission Monitoring Systems (Devamlı Emisyon Takip Sistemi)
<b>CER</b>	: Certification Emissions Reduction (Emisyon Azaltım Kredisi)
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>CMP</b>	: Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol (Kyoto Protokolü Taraflar Toplantısı)
<b>CNRS</b>	: Centre National de la Recherche Scientifique (Fransa Ulusal Bilim Araştırma Merkezi)
<b>CO</b>	: Karbonmonoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>CO<sub>2e</sub></b>	: Karbondioksit Eşdeğeri
<b>COP</b>	: Conference of the Parties (Taraflar Konferansı)
<b>ÇOB</b>	: Çevre Orman ve Orman Bakanlığı
<b>DPT</b>	: Devlet Planlama Teşkilatı
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>EC</b>	: European Comission (Avrupa Komisyonu)
<b>ED</b>	: Ekler Dışı

<b>EEA</b>	: European Environment Agency (Avrupa Çevre Ajansı)
<b>ENPEP</b>	: Energy and Power Evaluation Program (Enerji ve Güç Planlama Modeli)
<b>EPA</b>	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
<b>ERU</b>	: Emission Reduction Units (Emisyon Azaltım Birimi)
<b>ET</b>	: Emisyon Ticareti
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>ETS</b>	: Emission Trading System (Emisyon Ticareti Sistemi)
<b>EUA</b>	: European Allowance Units (Ton Başına Birim Permi)
<b>EU ETS</b>	: European Emission Trading System (AB Emisyon Ticareti Sistemi)
<b>FAQ</b>	: Frequently Asked Questions (Sık Sorulan Sorular)
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
<b>Gg</b>	: Giga Gram (Milyar Gram, Bin Ton)
<b>GSYİH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>Gt</b>	: Giga Ton
<b>GtCO2</b>	: Giga Ton Karbondioksit
<b>GW</b>	: Giga watt
<b>H<sub>2</sub>O:</b>	: Su
<b>HFC</b>	: Hidroflorokarbon
<b>IEA</b>	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
<b>IPCC</b>	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
<b>İDÇS</b>	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>İDEP</b>	: İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı
<b>İDKK</b>	: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
<b>JI</b>	: Joint Implementation (Ortak Yürütme)
<b>KP</b>	: Kyoto Protokolü
<b>KPEM</b>	: Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları
<b>KV</b>	: Karbon Vergisi
<b>KWES</b>	: Key Word Energy Statistics (Enerji İstatistikleri Anahtar Sözcükler)
<b>LPG</b>	: Likit Petrol Gazı

<b>LULUCF</b>	: Land Use Land Use Change and Forestry (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık)
<b>MAC</b>	: Marginal Abatement Cost (Marjinal Azaltım Maliyeti)
<b>MAED</b>	: Model for Analysis of the Energy Demand (Enerji Talebi Analizi Modeli)
<b>MİO</b>	: Marjinal İkame Oranı (Marginal Rate of Substitution, MRS)
<b>MIT</b>	: Massachussets Institute of Technology (Massachussets Teknoloji Enstitüsü)
<b>Mt</b>	: Milyon ton
<b>Mt CO<sub>2e</sub></b>	: Milyon Ton Karbondioksit Eşdeğeri
<b>Mt CO<sub>2</sub></b>	: Milyon Ton Karbondioksit
<b>Mtep</b>	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
<b>MTİO</b>	: Marjinal Teknik İkame Oranı (Marginal Rate of Technical Substitution, MRTS)
<b>Mtoe</b>	: Million Tonnes Oil Equivalent (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri)
<b>MW</b>	: Mega Watt
<b>NAMA</b>	: Nationally Appropriate Mitigation Actions (Ulusal Programlara Uygun Azaltım Faaliyetleri)
<b>NAP</b>	: National Allocation Plan (Ulusal Taahhüt Planı)
<b>NIR</b>	: Ulusal Envanter Raporu
<b>NO</b>	: Azotmonoksit
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Diazotmonoksit
<b>NO<sub>2</sub></b>	: Azotdioksit
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azotoksit
<b>NSW</b>	: New South Wales Sera Gazı Azaltımı Planı
<b>NZ ETS</b>	: New Zeland Emission Trading Scheme (Yeni Zelenda Emisyon Ticareti Sistemi)
<b>O<sub>3</sub></b>	: Ozon
<b>OECD</b>	: Organisation for Economic Co-Operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
<b>OPEC</b>	: Organization of the Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Ülkeler)
<b>OTC</b>	: Over the Counter (Tezgah Üstü Piyasalar, Borsa Dışı Alım)
<b>P1</b>	: Phase 1 (1. Safha)

<b>PEGSÜ</b>	: Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler
<b>PFC</b>	: Perflorokarbon
<b>Ppb</b>	: Parts per billion (Milyarda bir)
<b>Ppm</b>	: Parts per million (Milyonda bir)
<b>PRC</b>	: Çin Halk Cumhuriyeti
<b>RECLAIM</b>	: California's Regional Clean Air Incentive Market (California Bölgesel Temiz Hava Teşvik Piyasası)
<b>REDD</b>	: Reduced Emissions from Deforestation and Degradation (Ormansızlaşma ve Orman Bozulumundan Kaynaklanan Emisyonların Azaltımı)
<b>RGGI</b>	: Regional Greenhouse Gas Initiative (Bölgesel Sera Gazı Girişimi)
<b>RMU</b>	: Removal Units (Karbon Uzaklaştırma Birimi)
<b>SF<sub>6</sub></b>	: Sülfürhekzaflorid
<b>SHM</b>	: Sosyal Hesaplamalar Matrisi
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürtdioksit
<b>SPM</b>	: Summary For Policy Makers (Politika Yapıcılar İçin Özet)
<b>SRES</b>	: Special Report on Emission Scenarios (Emisyon Senaryoları Özel Raporu)
<b>TAR</b>	: Third Assessment Report (Üçüncü Değerlendirme Raporu)
<b>TEAŞ</b>	: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
<b>TEP</b>	: Ton Eşdeğeri Petrol
<b>TFC</b>	: Total Final Energy Consumption (Toplam Nihai Enerji Tüketimi)
<b>TMMOB</b>	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
<b>TPES</b>	: Total Primary Energy Supply (Toplam Birincil Enerji Arzı)
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>TW</b>	: Tera Watt
<b>TWh</b>	: Tera watt saat
<b>UB</b>	: Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı
<b>UK ETS</b>	: United Kingdom Emission Trading System (Birleşik Krallık Emisyon Ticaret Sistemi)
<b>UNDP</b>	: United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)
<b>UNEP</b>	: United Nations Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)

- UNPD** : United Nations Procurement Division (Birleşmiş Milletler Nüfus Dairesi)
- UNFCCC** : The United Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
- VER** : Verified Emission Reduction (Doğrulanmış Emisyon Azaltımları)
- WB** : World Bank (Dünya Bankası)
- WCC** : World Climate Conference (Dünya İklim Konferansı)
- WCI** : Western Climate Initiative (Batı İklim Girişimi)
- WMO** : World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Organizasyonu)



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: 180 Milyon Yıl Önceki ve Günümüzdeki Karaların Dağılımları .....	4
Şekil 1.2: Atmosferde Sera gazları Yoğunluğu.....	6
Şekil 1.3: Atmosferdeki CO <sub>2</sub> Yoğunluğunun Gelişimi.....	8
Şekil 1.4: Sera Etkisi .....	9
Şekil 1.5: Mauna Loa Gözlemevinde Çekilen Ortalama CO <sub>2</sub> Yoğunluğu.....	11
Şekil 1.6: 1978'den beri Sera Gazı Konsantrasyonları .....	14
Şekil 1.7: Küresel Sera Gazı Emisyonları.....	15
Şekil 1.8: Küresel Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklığı Anomalileri Değişimi .....	16
Şekil 1.9: Kyoto'da Ölçülen ve Öngörülen Sera Gazlarının Yoğunluğu.....	19
Şekil 1.10: Sektörlere Göre Küresel Sera Gazı Emisyonları .....	21
Şekil 1.11: Avrupa Birliği Sera Gazı Emisyonlarının Sektörel Trendleri ve Projeksiyonları .....	22
Şekil 2.1: 2035 Yılı Dünya Birincil Enerji Talebi .....	38
Şekil 2.2: 2030 Yılı OECD ve OECD Dışı Ülkeler İçin Dünya Birincil Enerji Talebi.	39
Şekil 2.3. Yeni Politikalar Senaryosunda Dünya Birinci Enerji Talebi İçinde Enerji Kaynaklarının Payları.....	40
Şekil 2.4: 1971–2005 Yılları Arasında AB–25 Ülkelerinde Birincil Enerji Tüketimi ve Sağlanan Tasarruf.....	41
Şekil 2.5: Düşük Nükleer Enerji Senaryosunda Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi Kapasitesi .....	41
Şekil 2.6: Yeni Politikalar Senaryosuna Göre 450 Senaryosunda Dünya CO <sub>2</sub> Emisyon Azaltımları.....	42
Şekil 2.7: Dünyada Enerji Verimliliği Konusunda Alınan Önlemler .....	44
Şekil 2.8: Avrupa Birliği'nin Enerji Verimliliği Hedefleri .....	45
Şekil 2.9: 1997 Yılında, Yeryüzü ve Atmosfer Arasındaki CO <sub>2</sub> Akışı (milyar ton karbon/yıl).....	48
Şekil 2.10: Karbon Yakalama ve Depolama Akış Şeması.....	50
Şekil 2.11: BMİDÇS'ye Göre Ülkelerin Sınıflandırılması.....	61
Şekil 2.12: Kyoto Protokolü Çerçevesinde Avrupa Ülkelerinin 2000 Baz Yılına Göre Sera Gazı Azaltım Hedefleri (2008-2012) .....	62
Şekil 2.13: Kyoto Protokolü Çerçevesinde Avrupa Ülkelerinin 2000 Baz Yılına Göre Sera Gazı Azaltım Hedefleri (2020) .....	64

Şekil 2.14: Kyoto Protokolü Yükümlülükleri Kapsamında Esneklik Mekanizmalarının Kullanımı .....	68
Şekil 3.1: Çevresel Kuznets Eğrisi.....	76
Şekil 3.2: Arz Eğrisinin Kayması.....	88
Şekil 4.1: OECD Ülkelerinin 2011 Yılı Kişi Başı CO <sub>2</sub> Tüketimi (tonnes CO <sub>2</sub> /capita)	104
Şekil 4.2: OECD Ülkeleri 2011 Yılı Kişi Başı Gelir (GDP per capita, constant 2005 US\$) .....	105
Şekil 4.3: OECD Ülkeleri 2011 Yılı Kişi Başı Enerji Kullanımı (tonnes of oil equivalent per capita).....	106
Şekil 4.4: OECD Ülkelerinde 2011 Yılı İhracatın GSYİH'ya Oranı.....	106
Şekil 4.5: OECD Ülkelerinde 2011 Yılı İthalatın GSYİH'ya Oranı.....	107

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1: Okyanuslar, Akarsular ve Nehirlerden kaynaktan Doğal Metan Emisyonları .....	12
Çizelge 1.2: İnsan Faaliyetlerine Dayanan Temel Sera Gazları .....	13
Çizelge 1.3: Sera Gazı Emisyonunu Etkileyen Faktörler .....	20
Çizelge 1.4: Farklı ülkelerde üretilen katma değerde sanayinin oranı.....	23
Çizelge 1.5: İklim değişikliği konulu uluslararası ve hükümetlerarası görüşmeler sürecinde 1979-2013 döneminde gerçekleşen önemli dönüm noktaları ve gelişmeler .	28
Çizelge 1.6: Bali Eylem Planı .....	31
Çizelge 2.1: BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'nde Resmi Ülke Sınıflandırmaları .....	59
Çizelge 2.2: Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarının Temel Tanımları .....	68
Çizelge 3.1: Dönüm Noktaları (Turning Point) .....	77
Çizelge 4. 1: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları .....	109
Çizelge 4.2: CADF ve CIPS Test Sonuçları (Sabit Terimli) .....	112
Çizelge 4.3: CADF ve CIPS Test Sonuçları (Sabit Terimli ve Trendli).....	113
Çizelge 4.4: Homojenlik Testi Sonuçları .....	114
Çizelge 4. 5: Westerlund Durbin Hausman Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	115
Çizelge 4. 6: CCE Tahmin Sonuçları.....	118

## GİRİŞ

Çevresel problemler, canlı yaşamı için çok büyük tehditler oluşturan temel sorunların başında gelmektedir. Bu problemler canlıların hayatlarını etkileyebileceği gibi, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi global ölçekte de olabilir. Günümüzde canlı yaşamı için en önemli çevresel problem olarak görülen küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ana sebebi, enerji ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla fosil yakıtlı kaynakların yoğun bir şekilde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtların, giderek artma trendinde olması atmosfer içerisinde bulunan doğal sera gazlarının yoğunluğunu artırmaktadır. Bu durum ise, küresel ısınma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği olayının temel sebebi olarak görülmektedir.

Çevre bir taraftan insan ihtiyaçlarının karşılanması için kaynak niteliği taşırken, diğer taraftan da mal ve hizmet tüketimi sonucunda ortaya çıkan atıkların depolanması için bir yutak niteliği de taşımaktadır. İnsan yaşamı çeşitli dengeler üzerine kurulmuştur. Bunların arasında en önemlisi insanın çevreyle oluşturduğu doğal denge dir. Doğa ise bir sistemler bütünüdür. Bu sistemler arasındaki ilişkiler çoğunlukla kişiler tarafından fark edilemeyecek kadar uzun ilişki halkalarıyla birbirine bağlı ve uzun süreli olabilmektedir. Doğal denge sistemlere dışarıdan gelebilecek etkiler sonucu doğal dengeyi oluşturan zincirin halkalarında meydana gelen kopmalar zincirin tamamını etkileyerek bu dengenin bozulmasına neden olmakta ve böylece çevre sorunları ortaya çıkmaktadır. Burada göz önünde bulundurulması gereken temel nokta, çevrenin bu absorbe yeteneğinin de sınırlı olduğudur. Çevrenin sahip olduğu bu taşıma kapasitesinin aşılması çevresel sorunların çıkmasına sebep olur. Bu bağlamda toplam sera gazı emisyonu içinde %80'in üzerinde bir paya sahip olan karbondioksit gazının doğal konsantrasyonunun artması, doğal dengenin bozulması anlamına gelmektedir. Bu durum paralelinde, karbondioksit ve diğer sera gazlarının atmosfer içerisindeki paylarının önüne geçilmesi de, küresel ısınma ve iklim değişikliği için çok önemli bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sera gazları konsantrasyonundaki bu artışların ciddi tehditler oluşturmaya başlamasının anlaşılması ve bu sorunun küresel çabalarla çözümlenebileceğinin anlaşılmasıyla birlikte, global ölçekli işbirlikleri oluşturmaya ve organizasyonlar düzenlemeye başlanmıştır. Bu süreç içerisinde Birleşmiş Milletler'in öncülüğünde 1992 yılının Haziran ayında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve

Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" (İDÇS) ve 1997 yılının Aralık ayında Japonya'da düzenlenen "Üçüncü Taraflar Konferansı" sonucunda oluşturulan "Kyoto Protokolü" (KP) ayrı bir önem taşımaktadır.

Kyoto Protokolü'nü önemli kılan nedenlerden biri, taraflara sera gazı azaltımı ile belli tarihler çerçevesinde ve belli oranlar dahilinde yükümlülükler getirmesidir. Kyoto Protokolü'nü önemli kılan bir diğer neden ise, hukuki bir niteliği olan bu belgenin sera gazı azaltımına yönelik taraflara bir anlamda esneklik sağlayan üç yeni mekanizmayı devreye sokmasıdır. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizma'ları olarak adlandırılan bu mekanizmalar, sera gazı azaltımına yönelik ülkelerin kendi sınırları dışında ortak faaliyetler yürütmesine olanak tanımaktadır. Ancak tarafların bu mekanizmalardan yararlanabilmesi için, bazı şartları yerine getirmesi gerekmektedir.

Dünya karbon emisyonunun % 40'tan fazlasını gerçekleştiren Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri sera gazları emisyonlarını azaltmak için önemli anlaşma ve müzakereler yapmaktadır. Bu ülkelerin saldıkları sera gazlarının ekonomik boyutu milyar dolara ulaştığından dolayı birçok bilimin konusu olmaya başlamıştır.

Yukarıda ifade edilenler ışığında, bu çalışmanın amacı; küresel bir sorun olan ve etkileri itibari ile önemli boyutlara ulaşan iklim değişikliğini ele alarak, iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının makroekonomik değişkeler üzerindeki etkisini incelemektir.

Çalışmanın ilk bölümünde küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında genel bilgiler verdikten sonra insan kaynaklı iklim değişikliği detaylı bir şekilde incelenecektir. Sera gazlarındaki artış trendleri ve nedenleri açıklanarak sera gazı emisyonların ekonomik belirleyicileri tartışılacaktır. Bilim adamlarının küresel ısınmayı fark ederek uluslararası düzenlenen belge ve antlaşmalar kronolojik bir şekilde verilecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, sera gazı azaltımında kullanılan ekonomi politikaları ve araçları vurgulanacak, özellikle Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları üzerinde ayrıntılı bir şekilde durulacaktır. Sera gazı azaltımında yasal zorunlukları olan ve olmayan ülkelerin kullandıkları araçlar tartışılacaktır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, sera gazı emisyonlarının ekonomik büyüme, enerji tüketimi, dış ticaret gibi değişkenler üzerindeki etkisi geniş bir literatür verilerek incelenecektir.

Çalışmanın son bölümünde ise, OECD ülkelerindeki sera gazı emisyonlarının makroekonomik değişkenler üzerine etkisi panel veri analizi ile test edilecektir. Analizde ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ihracatın sera gazı emisyonlarını arttırması, ihracatın ise sera gazı emisyonlarını azaltması beklenmektedir.

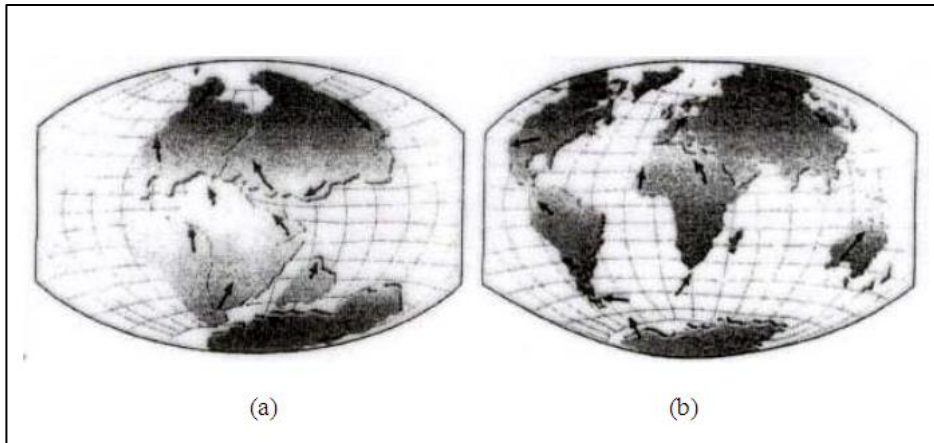
## BİRİNCİ BÖLÜM

### SERA GAZLARI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Yaklaşık 4.5 milyar yaşını doldurmuş olan dünyamızda, belirli dönemlerde, doğal dengenin çeşitli nedenlerle bozulmasına bağlı olarak iklimde büyük değişimler olmaktadır. İnsanların tarih sahnesine çıkışına kadar olan süreçte, dünyanın coğrafi özellikleri birkaç kez değiştiği düşünülmektedir (Şekil 1.1). Belirli dönemlerde dünyamızın unsurları arasındaki doğal dengenin çeşitli nedenlerle değişmesi, iklimde büyük değişmelere neden olacaktır (Öztürk, 2002: 47).

Sera gazlarıyla iklim değişikliği arasındaki bağlantıyı kanıtlayan James Hansen'dir. Hansen'den sonra IPCC'nin de kurulduğu 1988 yılında Nature Dergisi'nde Rus ve Fransız bilimciler Antartika'da Vostok İstasyonu'ndan aldıkları 2 kilometrelik buz örnekleriyle, dünya sıcaklığının 160 bin yıldan beri nasıl gittiğini ve bunun karbondioksitle olan ilişkisini ortaya koymuştur (Madra, 2007: 43).

#### Şekil 1.1: 180 Milyon Yıl Önceki ve Günümüzdeki Karaların Dağılımları



**Kaynak:** Öztürk, 2002: 49

Dünyada yaşayan canlılar için hayati öneme sahip olan atmosfer, içerisinde birçok gaz bulundurur. Atmosferdeki başlıca gazlar durumundaki azot (% 78.08) ve oksijen (% 20.95), temiz ve kuru hava hacminin % 99'unu oluşturur. Kalan yaklaşık % 1'lik kuru hava bölümü, etkisiz bir gaz olan argon (% 0.93) ile nicelikleri çok küçük olan bazı eser gazlardan oluşur. Atmosferdeki birikimi çok küçük olmakla birlikte, önemli bir sera gazı olan CO<sub>2</sub>, % 0.03 oranı ile dördüncü sırada yer alır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan su buharı (H<sub>2</sub>O) ve

karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olmak üzere, metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) , ozon (O<sub>3</sub>) ve endüstriyel üretim sonucu ortaya çıkan Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbon (PFC), Sülfürhekzaflorid (SF<sub>6</sub>) gibi florlu bileşiklerin olduğu gazlardır (Türkeş, 2008:105).

İklim değişikliği, çevresel sorunların artmasıyla beraber tüm dünyada güncelliğini koruyan bir meseledir. Bilim adamları tarafından gözlemlenen ve üzerinde çokça çalışılan bir konudur. Mevsimsel sıcaklıklarda gözlemlenen değişiklikler, buzullardaki erimeler, temiz su kaynaklarının azalması ve bunların canlıların yaşamını ciddi boyutta tehdit eder hale gelmesi, insan kaynaklı iklim değişikliği ile doğrudan bağlantılı konulardır. Yüzyıllardır süre gelen bu iklim değişikliğinin içinde bulunduğumuz yüzyılda tehlikeli boyutlara taşınmasının altında temel olarak fosil yakıt kullanımı, sanayileşme, nüfus artışı, ormanların tahrip edilmesi ve tarım-hayvancılık faaliyetleri gibi insanoğlunun ihtiyaçlarından doğan ve ekolojik düzen üzerindeki baskılardan kaynaklanmaktadır.

### **1.1. KÜRESEL ISINMA VE SERA GAZLARI**

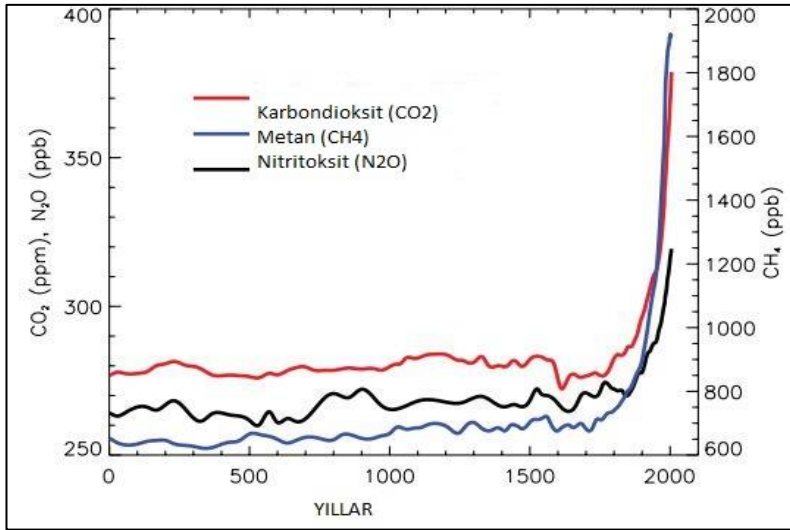
İlk kez Svante Arrhenius<sup>1</sup> adında İsveçli bir bilim adamı 19. yüzyılın sonlarında atmosferdeki karbondioksit miktarının değiştiğini, bunun da sera etkisi yoluyla iklimi değiştirebileceğine dair hesaplamalar yapmıştır (Madra, 2007: 21). Bu hesaplamaların bugünkü hesaplara çok yakın olduğu görülmektedir. Arrhenius ilk kez karbondioksit miktarı iki kat artarsa sıcaklardaki değişiklik 5 ile 6 °C artacağını hesaplamıştır. Bugün dünya meteoroloji örgütü verilerine göre, 1990 yılından 2100 yılına kadar küresel anlamda yer yüzeyinin ortalama sıcaklık değerinin 1.4 – 5.8 °C artış göstereceği, IPCC'nin 2007 yılındaki raporuna göre ise hava sıcaklığı 1.8 ila 4 °C arasında artış göstereceği vurgulanmaktadır.

---

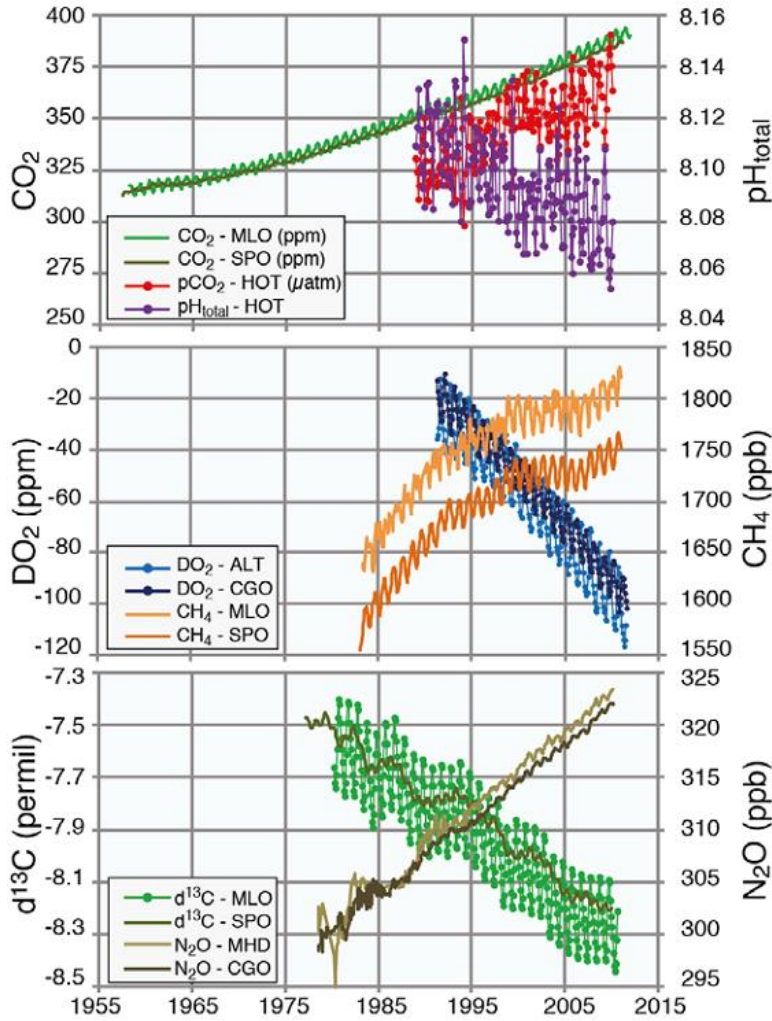
<sup>1</sup>(D. 19 Şubat 1859, Uppsala - Ö. 2 Ekim1927, Stokholm), İsveçli kimyacı ve fiziksel kimya biliminin kurucularından olup 1903'te kimya alanında Nobel Ödülü almıştır.



**Şekil 1.2: Atmosferde Sera Gazları Yoğunluğu**



**Kaynak:** IPCC 2007. FAQ 2.1, s:100 (ppb, ppm yoğunluk birimidir.)



**Kaynak:** IPCC 2013 WGI 5. Değerlendirme Raporu, Grafik 6.3, FAQ 3.2.

Sanayi devriminden bu yana sera gazlarının aşırı derecede arttığı Şekil 1.2'de görülmektedir. Günümüzde sera etkisi ve küresel ısınmanın bir gerçek olduğu birçok

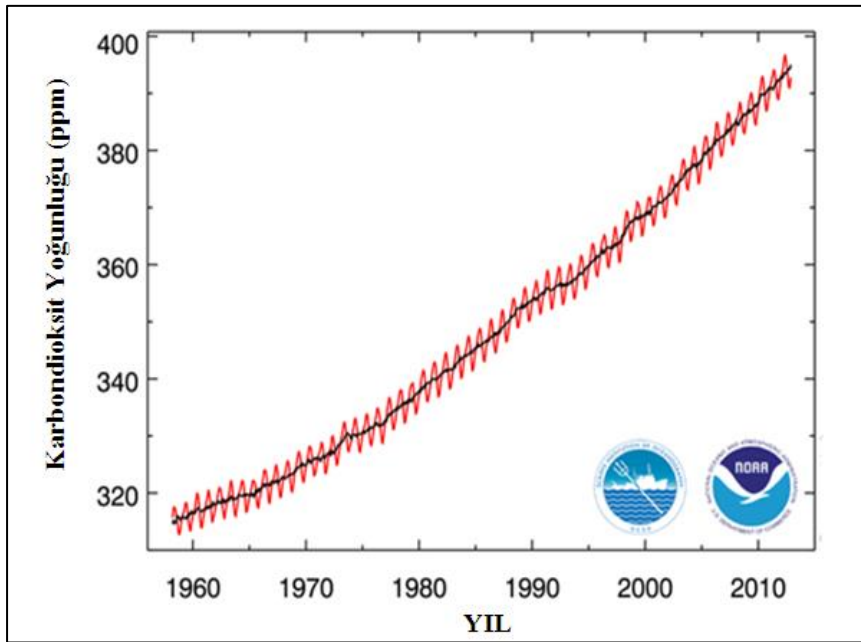
bilimsel çalışmayla ortaya konmuştur. British Antarctic Survey araştırmacılarından Eric Wolff başkanlığındaki Avrupalı bilim adamlarının Antarktika kıtasında EPICA Projesi adıyla 2004 yılında tamamladıkları çalışmaya göre, 750 bin yıl önceki iklimle ilgili verilere ulaşımlardır. Bu bulgulara göre, sera gazlarının miktarı 440.000 yılın en yüksek seviyesine ulaşmıştır (Mercan, 2013: 9).

Küresel ısınma çerçevesinde bilim adamlarının bugüne kadar yaptıkları çalışmalarda atmosfer içindeki sera gazları emisyonlarının her geçen gün arttığını bilimsel yöntemlerle tespit edilmiştir. IPCC 2007 yılında yayımladığı Dördüncü Değerlendirme Raporu'na göre; yerküre ve okyanusların sıcaklığının arttığı, buzullarda erimelerin olduğu gerçeğinin altı çizilmiştir. IPCC raporları gibi, dünyanın birçok yerinde bilim adamları iklim değişikliği üzerine çalışmalar yürüttü. Örnek olarak; Amerika Birleşik Devleti Hükümeti Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin (National Oceanic and Atmospheric Administration), Pasifik Okyanusu'nun ortasındaki Hawaii Adası'nda 3.500 metre yükseklikteki Mauna Loa isimli dağın zirvesinde kurulu olan gözlemevinde 1958 yılından bu yana yapılan ölçümlere göre, atmosfer içerisindeki karbondioksit birikiminin çok hızlı biçimde arttığını tespit edilmiştir<sup>2</sup> (Şekil 1.3). Mauna Loa gözlemevi haricinde Law Dome, Adalie Land, South Pole ve Siple gibi birçok sabit istasyon ve atmosferin belirli yükseklikleri için uçaklarla sürekli olarak sera gazı ölçümleri yapılmış ve sera gazı emisyonlarındaki artış bilimsel olarak ortaya konulmuştur (Özçağ, 2011: 12).

---

<sup>2</sup> Keeling Eğrisi; 1958 yılından bu yana dünyanın atmosferindeki karbondioksit yoğunluğunu ölçen değişim grafiğidir. Charles David Keeling gözetiminde Hawaii'de Mauna LoaGözlemevinde alındığısürekli ölçümlere dayanır. Keeling ölçümleri atmosferdeki karbon dioksit düzeylerinin arttığının ilk kanıtıdır.

**Şekil 1.3: Atmosferdeki CO<sub>2</sub> Yoğunluğunun Gelişimi**



**Kaynak:** <http://www.esrl.noaa.gov> (1)

Küresel ısınma nedeniyle Grönland'ın buzullarının erimesi, Kuzey Atlantik Okyanusu'na tatlı suların boşalmasına neden olabilecek, bu da termohalin<sup>3</sup> etkileyebilecektir. Etkilenen akım Amazon'un üzerindeki hava akımını yeniden düzenler. Amazon'daki kuraklık ve ağaç kaybı 20. yüzyılda kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarından daha fazla etkili olabilir. Bu ani boşalma Grönland buzlarından arta kalan buzulları eritecektir. O zaman da Golfstrim duracak ve Avrupa ciddi biçimde soğuyacaktır (Madra, 2007: 273).

Güneşten gelen ışınımının yaklaşık % 31'i yüzeyden, atmosferdeki aerosollerden ve bulut tepelerinden yansıtılarak uzaya geri döner (Şekil 1.4). Güneş enerjisinin yerküre ile atmosfer sisteminde tutulan % 69'luk bölüm, iklim sistemini oluşturan ana bileşenlerce (atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer) kullanıldıktan sonra uzun dalgalı yer ışınımı olarak atmosfere geri verilir. Giden kızıl ötesi ışınımın önemli bir bölümü sera gazlarınca ve bulutlarca emilir ve atmosfere geri salınır. "Atmosferdeki gazların gelen Güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle, Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen doğal süreç" doğal sera etkisi<sup>4</sup>

<sup>3</sup>Okyanus akıntılarının yoğunluk farkı nedeniyle oluşan bölümüne, sıcaklık-tuzluluk (termohalin) dolaşımı adı verilir.

<sup>4</sup> Ayrıntılı bilgi için bakınız, Öztürk, 2007; Korkmaz, 2007; Doğan ve Tüzer, 2011.

olarak adlandırılır. Yeryüzü, sera etkisi sayesinde (Şekil 1.4), bu sürecin bulunmadığı ortam koşullarına göre yaklaşık 33 °C daha sıcaktır. (DPT, 2000: 3). Diğer bir tanımla sera etkisi; dünya yüzeyinin güneş ve atmosferden almış olduğu enerji nedeniyle atmosferin olmayacağı durumdan daha sıcak olmasıdır (Kadioğlu, 2007: 64).

#### Şekil 1.4: Sera Etkisi



**Kaynak:** <http://climate.nasa.gov>

IPCC'nin raporlarına göre sera gazı; atmosferin içerisinde doğal olarak belirli miktarlarda bulunan su buharı, Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), Metan ( $\text{CH}_4$ ), Azotoksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ve Ozon ( $\text{O}_3$ ) gazları ile endüstriyel üretim sonucunda açığa çıkan Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbon (PFC), Sülfürhekzaflorid ( $\text{SF}_6$ ) gibi florlu bileşiklerin tümüne verilen ortak isimdir. Bu gazların yapısındaki değişme sera gazlarını doğrudan etkilemektedir. Karbonmonoksit ( $\text{CO}$ ) ve nitrik oksit ( $\text{NO}$ ) sera gazlarını dolaylı, ozon ve metan hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemektedir. Sera gazlarının konsantrasyonu, uzun dalga boylu radyasyonun emilimi ve atmosferdeki yarılanma ömürleri etkili olmaktadır. Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) üretimi, sera etkisinde önemli bir etkisyne sahiptir. Ayrıca  $\text{CO}_2$  ve diğer gazların atmosferde uzun bir yaşam ömrü vardır.

**Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ );** Sera gazları arasında iklim değişikliğinin başlıca sorumlusu olan gaz karbondioksit gazıdır. Doğal olarak atmosferde, okyanuslarda ve karasal yutak yutaklarda bulunduğu gibi fosil yakıtların kullanılması sonucu da oluşur.

IPCC Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda sanayi devrimi boyunca gözlenen ısınmanın büyük oranda insan aktivitelerinden kaynaklandığı ifade edilmektedir.  $\text{CO}_2$ ,

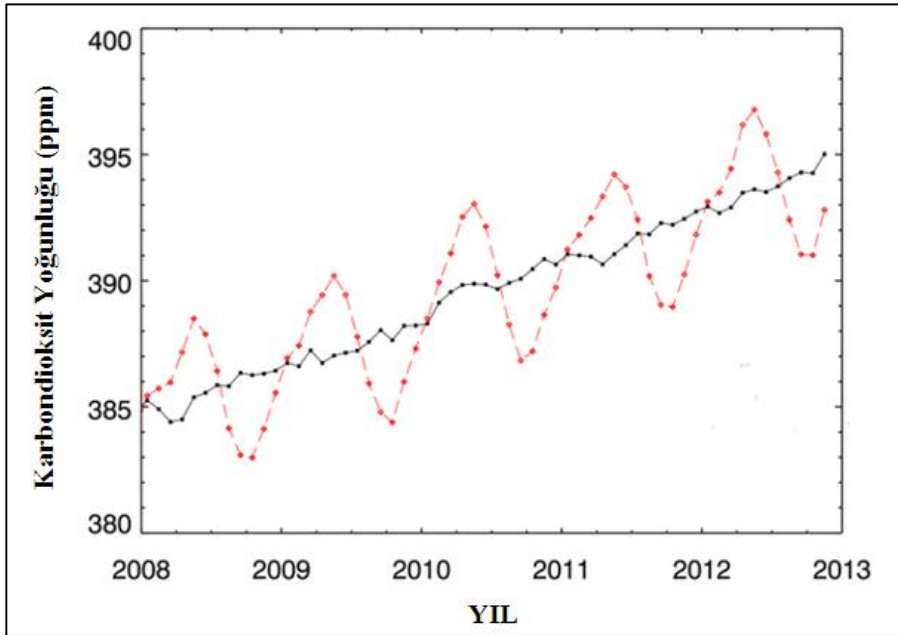
insan aktivitelerinden kaynaklanan en geniş ölçekteki sera gazıdır. Fosil yakıtlarının yakılması ya da biokütlenin yakıt olarak kullanılmasında karbondioksit salınır. Örnek olarak arazi genişletme sırasında ormanların yakılması veya bazı endüstri faaliyetleri sonucu atmosfere CO<sub>2</sub> salınması verilebilir (IPCC 2001).

1959 yılında atmosferdeki karbondioksit seviyesi ölçülmeye başladığından beri, her yıl giderek artmaktadır. Atmosferdeki karbondioksit düzeyi yükseldikçe, dünyadaki sıcaklıklar artmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 2007 yılında yayınladığı Dördüncü Değerlendirme Raporu'na (AR4) göre; sıcaklık artışları Kuzey Amerika'dan Ortadoğu'ya, Avustralya'dan Avrupa'ya dünyanın her yerinde gözlenebilen ve etkileri hissedilen bir gerçektir. Ayrıca raporda küresel ısınmaya bağlı olarak kuzey yarımküredeki buzulların eridiği ve deniz suyu sıcaklıklarının arttığı gözlenmiştir.

Yine AR4'e göre; karbondioksit emisyonlarında meydana gelen önemli artışlara bağlı olarak, 2100 yılına kadar ortalama yüzey sıcaklıklarında yaşanacak artışın yaklaşık olarak 3 C° olması, en iyi kestirme değeriyle 2 C° ile 4.5 C° aralığında olması beklenmektedir. Ayrıca birçok senaryo, gelecek 20 yıl için 0.2 C°/10 yıl oranında bir ısınmanın yaşanacağını öngörmektedir (Türkeş, 2007: 50).

Şekil 1.5'te Mauna Loa gözleminde çekilen karbondioksit yoğunluğunun artış trendi yer almaktadır. 1750 yılında 280 ppm olan karbondioksit yoğunluğu 2013 yılında 395 ppm'ye yükselerek yaklaşık %40 oranında artmıştır.

**Şekil 1.5: Mauna Loa Gözleminde Çekilen Ortalama CO<sub>2</sub> Yoğunluğu**



**Kaynak:** <http://www.esrl.noaa.gov> (2)

**Metan (CH<sub>4</sub>);** Atmosferde en çok bulunan gazlardan ikicisidir. Metan oksijensiz çevrede mikrobik aktivite ile üretilir. Başlıca İklimi değiştirirken kendisi de iklim değişikliğinden etkilenir. Bu etkilenme beraberinde geri beslenmeye neden olmaktadır. Metan'ın sanayi öncesi dönemde 715 ppb (parts per billion–milyarda bir) atmosfer içindeki yoğunluğu, 1990'lı yılların başında 1732 ppb'ye yükselmiş, bu rakam 2005 yılında 1774 ppb seviyesine ulaşmıştır. Aynı dönemde Nitrit oksit ise 215 ppb'den 317 ppb'ye yükselmiştir (IPCC, 2007a: 2-3).

Çizelge 1.1'de doğal olarak bulunan metan emisyonları verilmiştir. Sera gazı emisyonlarının yüzde 9.1'ini metan emisyonları oluşturur. Metan emisyonların % 60'ının kıtalarda olması insan kaynaklı iklim değişikliğinin bir nedeni olarak anlaşılmaktadır.

**Çizelge 1.1: Okyanuslar, Akarsular ve Nehirlerden kaynaktan Doğal Metan Emisyonları**

	Yıllık Emisyon (TG CH <sub>4</sub> /yr)	Toplam Emisyon (%)
Okyanus(open ocean)	1.8	20
Kıtalar (continental shelves)	5.5	60
Nehirler ve Akarsular (Estuaries and rivers)	1.85	20
Toplam	9.1	100

**Kaynak:** EPA, 2010

Metan gazı organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda da meydana gelmektedir. Pirinç tarlaları, çiftlik gübreleri, çöp yığınları, bataklıklardır, doğal gaz boruların ek yerleri ve hayvanların geviş getirmesi gibi faaliyetler metan gazının temel kaynağıdır.

Kömür, doğalgaz ve petrolün üretim ve taşınması sırasında da bir miktar metan gazı atmosfere karışır. Yapılan çalışmalar, atmosferdeki CH<sub>4</sub> gazı artışının karbondioksite göre daha hızlı olduğunu göstermektedir. Atmosferdeki metan gazının konsantrasyonunu yıllık artış miktarı yaklaşık % 0.9'dur. Ayrıca metan gazının, karbondioksite göre kızıl ötesi ışınları tutma gücünün çok daha fazladır. Örnek olarak bir kilo metan gazı, bir kilo karbondioksitten yaklaşık 63 kat daha güçlü sera etkisine neden olmaktadır.

**Azotoksit (N<sub>2</sub>O);** Bu sera gazının kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddelerdir. Diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) gazının yaklaşık üçte biri, tarımda gübre kullanımı veya tarım topraklarının işlenmesi gibi tarımsal faaliyetler, kimya endüstrisi ve ormansızlaştırma neticesinde meydana gelmektedir. Atmosferdeki konsantrasyonu yılda % 0.8 artan N<sub>2</sub>O, 1750 yılından beri % 17 oranında artmıştır. Küresel ısınmaya katkısı ise % 6 civarındadır. Diazotmonoksidin % 90'ının toprakta oluştuğu kabul edilmekte ve atmosferde parçalanmadan 170 yıl kalabildiği tahmin edilmektedir (Çılgın, 2006: 8). Çizelge 1.2'de N<sub>2</sub>O'nun ortalama yıllık artış oranı yüzde 17 iken atmosferde kalma süresi 120 yıldır.

**Çizelge 1.2: İnsan Faaliyetlerine Dayanan Temel Sera Gazları**

Sera Gazları	Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)*	Atmosferde Kalma Süresi (yıl)**	Tarihsel Dönem	Atmosferdeki Konsanrasyonlar	Ortalama Yıllık Artış Oranı
CO <sub>2</sub>	1	50 - 200	1000-1750	280 ppm	31%
			1750-2000	368 ppm	
CH <sub>4</sub>	21	12	1000-1750	700 ppm	150%
			1750-2000	1750 ppm	
N <sub>2</sub> O	310	120	1000-1750	270 ppm	17%
			1750-2000	316 ppm	
HFC <sub>s</sub>	140 - 12.000	2 - 50.000	Son 50 yılda tüm dünyada arttı.		
PFC <sub>s</sub>					
SF <sub>6</sub>					

**Kaynak:** Çılgın, 2006: 7

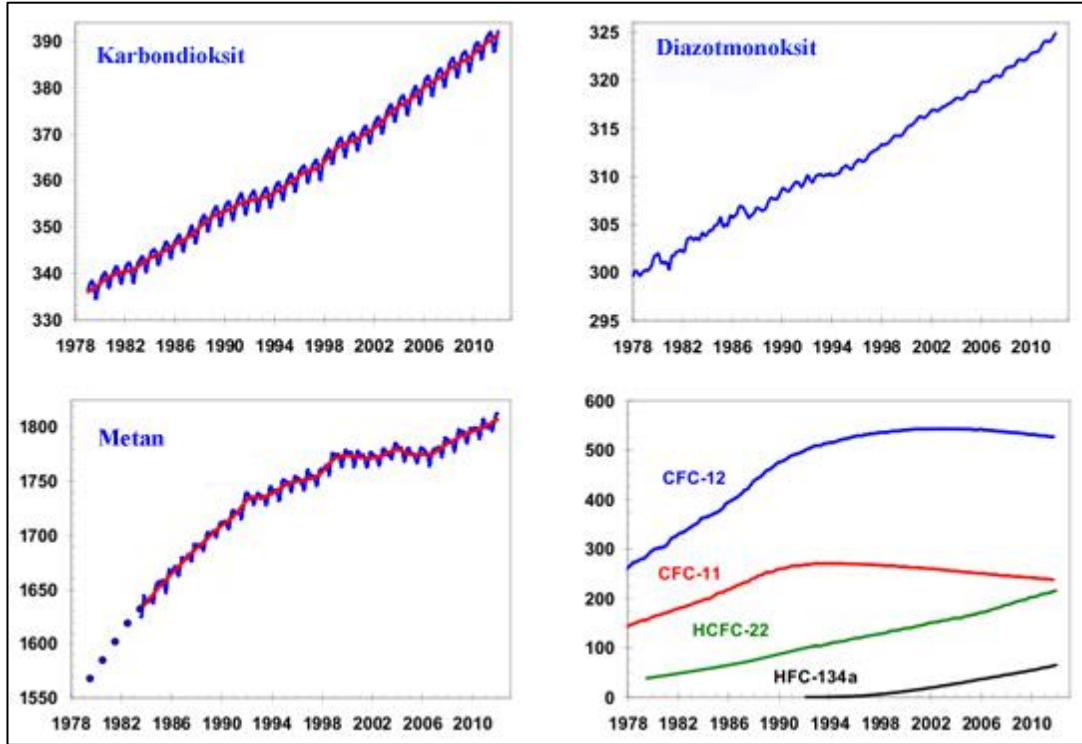
\* IPCC'nin tanımına göre, GWP, bir maddenin, verili zaman süresi içinde (Kyoto Protokolü'nde bu süre 100 yıldır) karbondioksitin etkisinin 1 birim olarak değerlendirildiğinde, atmosferde yol açtığı göreceli ısınma etkisinin değeridir. Örnek olarak, metan gazı için hesaplanan GWP değeri 21'dir.

\*\* Mevcut sera gazlarının üretimine hemen bugün son verilse bile, bu gazların neden olduğu sera etkisi daha uzun yıllar devam edecektir. Çünkü her sera gazının belli bir atmosferik ömrü vardır.

**Perflorakarbon (PFCs);** sera gazlarının içerisinde ağırlığı çok az olan ama uzun süre atmosferde kalan bir gazdır. Florlu gazlar olarak adlandırılan hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs), başka bir deyişle halojenli karbon gazları Montreal Protokolü ile kullanımı sınırlandırılmıştır. Kyoto protokolü ile belirlenen altı sera gazından biridir.



**Şekil 1.6: 1978'den beri Sera Gazı Konsantrasyonları**

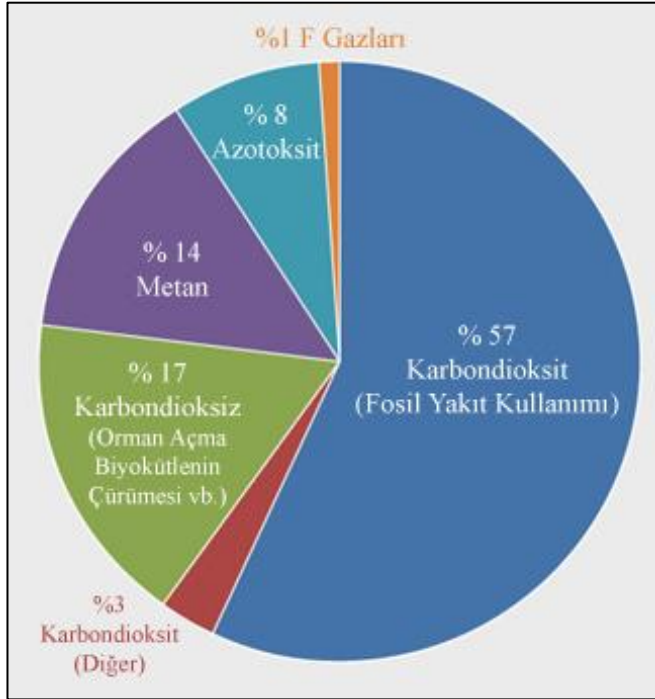


**Kaynak:** <http://www.atmo.arizona.edu> (4)

**Not:** Karbondioksit konsantrasyonu milyonda bir (ppt), Metan ve Diazotmonoksit milyarda bir (ppt) ve Kloroflora gazları konsantrasyonu trilyonda bir (ppt)

**Hidroflorakarbon (HFCs);** Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2012 yılı Sera Gazı Emisyon Envanteri'ne göre; Ulusal Sera Gazı Emisyonları, 1996 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Rehberi kullanılarak hesaplanmaktadır. Emisyon envanteri, enerji, endüstriyel işlemler, solvent ve diğer ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklanan, doğrudan sera gazları olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) ve F-gazları ile dolaylı sera gazları azot oksitler (NO<sub>x</sub>), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOCs) ve karbon monoksit (CO) emisyonlarını kapsamaktadır. Arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanan emisyonlar ve yutaklar hesaplamalara dahil edilmemiştir. Şekil 1.6'da 1978'den bu yana HFC<sub>s</sub> ve diğer sera gazı konsantrasyonları verilmiştir.

**Şekil 1.7: Küresel Sera Gazı Emisyonları**



**Kaynak:** IPCC (2007)

Şekil 1.7’de verilen küresel sera gazı emisyonlarında F gazları olarak bilinen hidroflorokarbon (HFC), perflorokarbon (PFC) ve sülfür heksaflorid’in (SF<sub>6</sub>) payı % 1’dir. Sera gazları içindeki payı en büyük olan karbondioksit olduğu görülmektedir.

**Sülfürhekzaflorid (SF<sub>6</sub>);** küresel ısınma potansiyeli en fazla olan sera gazıdır. Sera gazları içindeki ağırlığı düşük olmasına rağmen atmosferde kalma süresi en fazladır.

## 1.2 İNSAN KAYNAKLI İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İnsanoğlu, tarih boyunca hayatını idame etmek için gereksinim duyduğu her türlü girdiyi temin etmek maksadıyla sınırsız bir kaynak niteliğinde gördüğü doğal kaynaklara başvurmuştur. Sınırsız olan ihtiyaçlarını temin etmek için üretim faktörlerinden biri olan doğal kaynakları yoğun bir şekilde kullanmıştır. Ölçüsüzce kullandığı bu doğal kaynakların atıklarını da doğrudan doğaya bırakmıştır. Dünya nüfus yoğunluğunun artması ve küresel ısınmayla birlikte doğal çevre döngüsü sürdürülemez bir duruma gelmiştir.

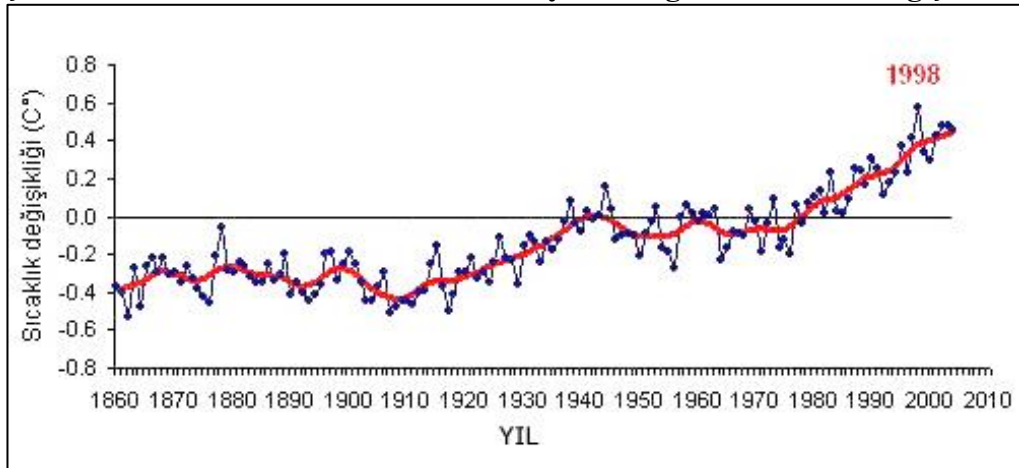
Dünya üzerindeki canlı yaşamı için büyük önem taşıyan konulardan biri olan iklim değişikliğinin (climate change) sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde ele alınması mümkündür. İnsan kaynaklı sera gazlarının yol açtığı en büyük global sorun olarak karşımıza çıkan iklim değişikliğinde, söz konusu sera gazları emisyonlarının azaltımı,

sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesinde büyük önem taşımaktadır (Karakaya ve Özçağ, 2004).

Kutuplardaki buzulların erimesi, yağışların miktar ve dönemlerinde meydana gelen değişimler, olağan üstü durumların meydana gelmesi ve bunların canlı yaşamlarını tehdit etmesi insan kaynaklı (antropojenik) iklim değişikliği ile doğrudan bağlantılı konulardır. Günümüzde; küresel ısınma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği, insan kaynaklı çevre sorunlarının en önemlisidir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (UNFCCC) insan kaynaklı iklim değişikliği, “karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişikliği ve doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkileri sonucunda iklimde oluşan değişiklikler” olarak tanımlanmıştır (UNFCCC, 1992). İklim değişikliğini IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) ise; “belli bir dönemde iklimlerde, doğal değişimler ya da insan faaliyetleri sonucunda oluşan değişiklikler” olarak ifade etmektedir (IPCC, 2007a: 2).

**Şekil 1.8: Küresel Yıllık Ortalama Yüze Sıcaklığı Anomalileri Değişimi**



**Kaynak:** <http://www.cevreonline.com> (3)

İnsan kaynaklı etkinlikler sonucunda atmosferin bileşiminde ortaya çıkan önemli değişiklikler sonucunda, yüze sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan ısınma, 1980’li yıllarla birlikte daha da belirginleşerek, hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel sıcaklık rekorları kırdı (IPCC, 2001, 2007; Türkeş, 2007, 2008; WMO, 1999) ve küresel ortalama yüze sıcaklığı, 20. yüzyılın başından günümüze değin yaklaşık olarak 0.7 °C artmıştır (Şekil 1.8).

Utah Üniversitesi'nden Jeffrey Dukes adında bir bilim adamının yaptığı bir hesaplama göre; ortalama 1 galon, yani yaklaşık 4 litre benzin eski çağlarda yaklaşık 90 ton bitkinin fosilleşmesiyle oluşmuştur. Bu da 50 litre benzinin bin tondan fazla plankton ve alg meydana geldiğini gösterir. Her yıl tükettiğimiz fosil enerji 1 milyon yılda oluşmuştur (Madra, 2007: 200-201).

İklim değişikliği, daha çok enerji tüketimi, arazi kullanım değişikliği, ormansızlaştırma, endüstriyel işlemler ve tarımsal faaliyetler gibi insan faaliyetleri sonucu atmosfere bırakılan sera gazlarından kaynaklandığı birçok araştırma raporu ile kanıtlanmaktadır. Örnek olarak IPCC tarafından yayınlanan 2001 yılındaki üçüncü İklim Değişikliği Raporu'nda (TAR) insan faktörünün etkisi % 60 iken, 2007 yılındaki dördüncü İklim Değişikliği Rapor'a (AR4) göre % 90'dır.

### **1.3 İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE NEDEN OLAN SERA GAZLARINDAKİ ARTIŞ EĞİLİMLERİ VE NEDENLERİ**

Kutuplardaki buzullar erimekte, deniz suyu seviyesi yükselmekte ve kıyı kesimlerde toprak kayıpları artmaktadır. Şekil 1.1'deki gibi karaların miktarında önemli bir artışın olduğu gözlemlenmiştir. Küresel anlamda 1990 ve 2000'li yıllar gözlemlenen en sıcak yıllar olmuş, 1998 yılı en sıcak yıl, 2005 yılı ise en sıcak ikinci yıl olarak kayıtlara geçmiştir. (IPCC,2007a: 5). 20. yüzyılda, orta enlem kutupsal kar örtüsü, kutupsal kara ve deniz buzları ile orta enlemlerin dağ buzulları eriyerek alansal ve hacimsel olarak azalırken, gel-git ve deniz seviyesi ölçüm kayıtlarına göre küresel ortalama deniz seviyesi yaklaşık 0,17 metre arasında yükselmiş, okyanusların sahip oldukları ısı içerikleri artmıştır. (Türkeş, 2007: 48; Özçağ, 2011: 10).

Dünya iklim sisteminde değişikliklere neden olan küresel ısınmanın doğal ve yapay nedenlerden kaynaklandığı bilimsel yollarla ortaya konmuştur. Doğal nedenler olarak, Güneş'in etkisi, Presizyon etkisi ve El Nino etkisini sayabiliriz. Yapay nedenler ise fosil yakıtlar, sera gazları, ısı adası etkisi ve smong<sup>5</sup> olarak sıralayabiliriz.

---

<sup>5</sup> Havaya salınan fazla miktardaki gazlar, atmosferdeki havayı yoğunlaştırır, gaz tabakasını kalınlaştırır. Bu yüzden gelen güneş ışınları daha fazla emilir, daha az yansıtılır ve yapay bir sera etkisi oluşur. Gazlar, özellikle büyük şehirlerde, Hava Yoğunluğu (Smog) oluşturarak etkili olmaktadır.

Kuzey Kutbu'ndaki buzulların erimeye başlaması, daha aşağıdaki buzullara doğru akarak erime sürecinin hızlanmasına neden olur (Hansen, 2004: 268-277). İklim değişikliği sonucu ortaya çıkan sıcak hava Amazonlardaki yağmur ormanların zarar görmesine sebep olur. Karbon yutaklarının azalması sonucu da küresel ısınma kaçınılmaz olmaktadır.

Küresel ısınma günümüzde, biyolojik, kimyasal ve nükleer silahların kullanımı, ormanların deformasyonu, tehlikeli atıklar, düzensiz kentleşme, erozyon, çölleşme gibi insan kaynaklı faaliyetler ekolojik denge üzerinde yaptığı baskılar tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Keleş ve Hamamcı, 2002: 21).

İklim değişikliğine sebep olan sektörlerden bir tanesi de tarım sektörüdür. Sıcaklık değişimleri sonucu, kuraklık, sel, fırtınalar gibi doğal afetler tarım alanlarını tahrip etmektedir. Örnek olarak 2003 yılında Avrupa'nın birçok ülkesinde tarımsal rekolte aniden düşüş göstermiştir (EEA, 2004:67). İklim değişikliği erozyon ve çölleşme ile toprak verimini düşürerek gübre kullanımına teşvik eder. Azotlu gübrelerin kullanımı sonucu ise atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir.

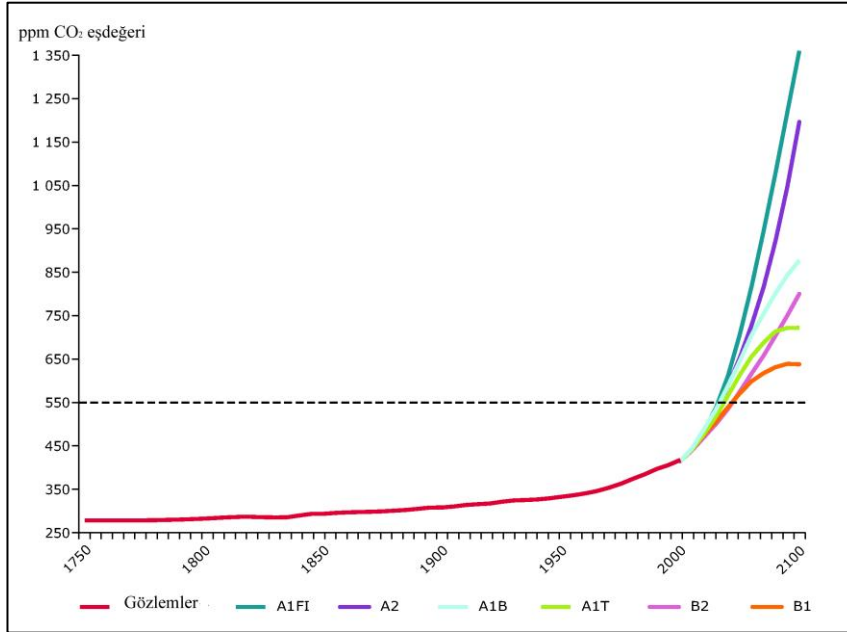
Demografik faktörlerden olan nüfusun 2050 yılında Unctad'ın<sup>6</sup> projeksiyonlarına göre 9 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. Dünyadaki bu nüfus artışı enerji kaynaklarına olan talebi arttıracaktır. Özellikle kullanılan fosil kaynaklı enerji kaynakları iklim değişikliğine sebep olacaktır.

İklim değişikliğine neden olan en önemli faktörün insan kaynaklı sera gazları olduğu gerçeği göz önüne alınırsa, atmosferdeki sera gazları payının özellikle sanayi devriminden başlayarak artması ve bu artışın ekolojik denge üzerinden baskı oluşturması iklim değişikliğinin daha çok insan kaynaklı olduğunun bir kanıtıdır.

---

<sup>6</sup> Unctad, (United National Conference on Trade and Development), <http://unctadstat.unctad.org>

**Şekil 1.9: Kyoto'da Ölçülen ve Öngörülen Sera Gazlarının Yoğunluğu**



**Kaynak:** <http://www.eea.europa.eu> (5)

Küresel ısınma, özellikle sanayi devrimiyle başlayan sanayileşme, fosil yakıt kullanımı, enerji üretimi, ormansızlaştırma, nüfus artışı ve ekonomik büyüme gibi nedenlerle canlı yaşamını tehdit eder hale gelmiştir. Şekil 1.9'da Avrupa Çevre Ajansının projeksiyonlarına göre 2000-2100 yılları arasında CO<sub>2</sub> yoğunluğunun üst eşik sınır olan 550 ppm değerini geçeceği tahmin edilmektedir.

#### 1.4 SERA GAZI EMİSYONLARININ EKONOMİK BELİRLEYİCİLERİ

Atmosferde sera gazlarının artması, sera etkisi teorisine göre doğal bir sera etkisi oluşturarak iklimleri değiştirmekte ve yer yüzeyinin ısınmasına yol açmaktadır. Sera gazı emisyonunu etkileyen faktörlerin başında fosil yakıtlar gelmektedir. İnsanoğlunun enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıtları, hidrolik, rüzgar, güneş, biokütle ve nükleer sera gazı emisyonları arttıran en önemli faktörlerdir (Çizelge 1.3).

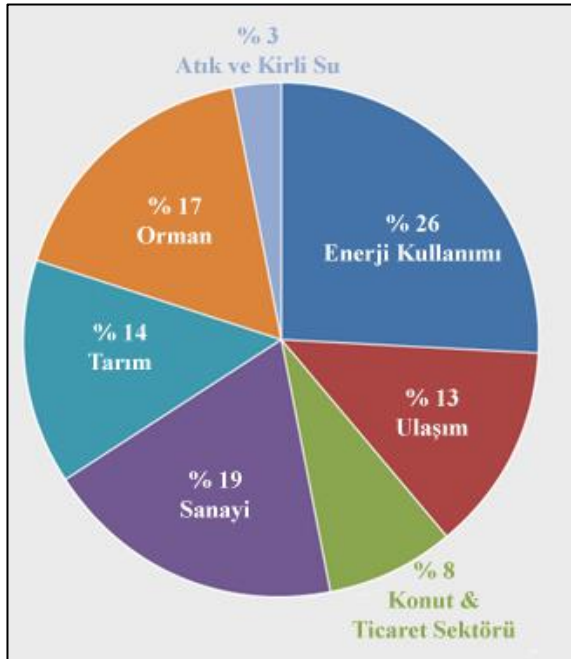
**Çizelge 1.3: Sera Gazı Emisyonunu Etkileyen Faktörler**

<b>Fosil yakıtlar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karbon içeriği, kalori değeri gibi yakıt özellikleri</li> <li>• Madenin tipi ve yeri</li> <li>• Yakıtın çıkarılma yöntemi</li> <li>• Doğal gaz için boru hattı kayıpları</li> <li>• Dönüşüm verimliliği</li> <li>• Yakıt temini, tesisin kurulması ve sökülmesi için kullanılan elektriğin elde edildiği yakıt cinsi</li> </ul>
<b>Hidrolik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipi (akarsu veya rezervuar)</li> <li>• Tesis yeri (tropik bölge, kuzey iklimi)</li> <li>• Baraj inşaatı için kullanılan enerji</li> <li>• İnşaat malzemelerinin (beton, çelik...) üretiminden kaynaklanan emisyonlar</li> </ul>
<b>Rüzgâr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bileşenlerin üretimi ve inşaat sırasında kullanılan enerji</li> <li>• Tesisin yeri (iç bölge ya da kıyı bölge)</li> <li>• Verim ya da kapasite faktörü (bölgedeki rüzgâr durumu)</li> </ul>
<b>Güneş</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pil üretiminde kullanılan silikonun miktarı ve niteliği</li> <li>• Teknolojinin tipi (amorf, kristal malzeme)</li> <li>• Üretim için kullanılan elektriğin elde edildiği yakıt cinsi</li> <li>• Yıllık verim ya da tesis ömrü (düşük kapasite faktöründen dolayı rüzgâr ve güneş enerjisinin kW başına emisyon miktarı düşüktür ancak kWh başına emisyon miktarı yüksektir)</li> </ul>
<b>Biyokütle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yakıt özelliği (nem içeriği, kalori değeri)</li> <li>• Yakıt hazırlamada kullanılan enerji (büyütme, hasat, taşıma)</li> <li>• Tesis teknolojisi</li> </ul>
<b>Nükleer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yakıtın çıkarılması, dönüştürülmesi, zenginleştirilmesi ve tesisin inşası ile sökülmesi sırasında kullanılan enerji</li> <li>• Yakıt zenginleştirme için gerekli olan enerji (gaz difüzyon teknolojisi yakıtın zenginleştirilmesi aşamasında enerji yoğun bir işlemdir ve santrifüj işlemine göre 10 kat daha fazla sera gazına sebep olur. Lazer teknolojisi ise santrifüj işlemine göre daha az emisyonla sebep olur.)</li> <li>• Yakıtın yeniden işlenmesi ve geri dönüştürülmesi seçeneği yakıtın tek sefer kullanılmasına göre enerji üretim zincirinde %10-15 daha az sera gazı emisyonuna sebep olur.</li> </ul>

**Kaynak:** Yaylalı, 2008: 44

Sera gazı emisyonunu etkileyen faktörlerin başında fosil yakıtlar, hidrolik, rüzgar, güneş, biokütle ve nükleer gelmektedir (Çizelge 1.3). Bu etkenler doğal halleriyle sera gazı emisyonlarını etkilerken son zamanlarda küresel ısınmaya katalizör etkisi yapan insanoğlunun müdahalesiyle daha çok etkilenmektedir.

**Şekil 1.10: Sektörlere Göre Küresel Sera Gazı Emisyonları**



**Kaynak:** IPCC (2007)

IPCC'nin 2007 yılındaki AR4 raporuna göre sera gazı emisyonlarının ekonomik belirleyicileri arasında birinci sırayı enerji kullanımı (% 26), ikinci sırayı sanayi (% 19) ve üçüncü sırayı orman almaktadır (Şekil 1.10). Literatürde genellikle yapılan çalışmalarda CO<sub>2</sub> emisyonunun temel belirleyicileri, beş ana gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar nüfus büyüklüğü, kişi başına GSYİH, enerji yoğunluğu, karbon yoğunluğu ve ormansızlaşma olarak tanımlanmaktadır. İklim değişikliği bağlamında bu beş faktörden birinin, birkaçının ya da hepsinin birden azaltılması gerekmektedir (Karakaya ve Özçağ, 2003: 12).

#### 1.4.1. Enerji Kullanımı

Son yıllarda küresel ekonomideki daralma yaşanmasına rağmen, artış trendinde olan enerji fiyatları, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda artan duyarlılık, dünya enerji talebindeki artışa karşın tükenme eğilimine girmiş olan fosil yakıtlara bağımlılığın devam edecek olması ülkelerin enerji güvenliği konusundaki kaygıları her geçen gün arttırmaktadır.

Fosil yakıtlar olarak bilinen petrol, kömür ve doğal gaz, dünya enerji tüketiminde büyük paya sahiptir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) yayınlamış olduğu verilerine göre, 2006 yılında 11.730 mtep (milyon ton eşdeğeri petrol) olan

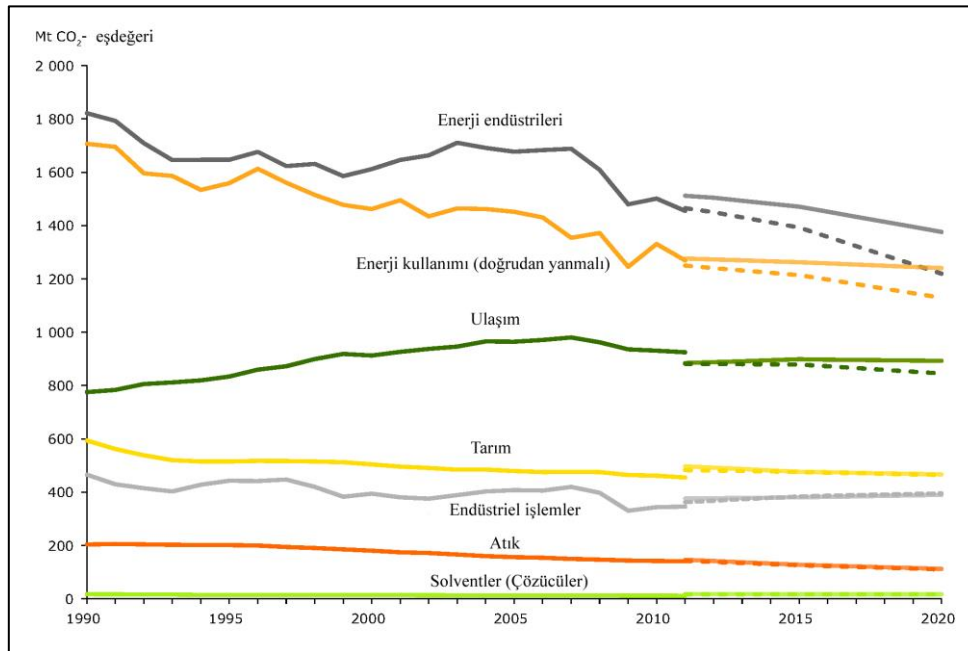


Dünya birincil enerji tüketimi, kurumun kendi Referans Senaryonu göre 2006-2030 yılları arasında yıllık %1.6 oranında artarak, 17.014 mtep'e ulaşması beklenmektedir. Bu artış oranı % 45 oranında yükselmesi anlamına gelmektedir.

CO<sub>2</sub> yoğunluğu, yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer veya hidro-elektrik santralleri kullanan ülkelerde daha düşük oranda gerçekleşmektedir. Küresel ısınmaya en büyük katkıyı yapan fosil yakıtların türü de önemlidir. 1 birim enerji üretimi için kömürün yakılması sonucu karbon emisyonu, doğalgaza göre yaklaşık iki kat daha fazladır (Zhang, 2000).

Dünya nüfusundaki artışı, sanayileşme ve kentleşme olguları, küreselleşme sonucu artan ticari imkânlar, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek arttırmaktadır. Fosil yakıtların enerji arzındaki ağırlığı, küresel ısınma ve iklim değişikliği olgularının önemini arttırmaktadır. Gelişmekte olan Hindistan ve Çin gibi nüfusu yoğun ülkelerin enerji arzlarının her geçen gün artması, küresel ısınma olgusunu pekiştirmektedir.

### Şekil 1.11: Avrupa Birliği Sera Gazı Emisyonlarının Sektörel Trendleri ve Projeksiyonları



**Kaynak:** <http://www.eea.europa.eu> (7)

Şekil 1.11'de Avrupa Çevre Ajansı'nın sektörlere göre sera gazı emisyon trendleri verilmektedir. 1990-2011 yılları arasında gerçekleşen emisyonlar, 2011-2020 yılları arasında ise öngörülen projeksiyonlar (kesikli çizgiler) verilmektedir. Avrupa

Birliği Kyoto Protokolü'ne göre, 1990 yılını baz alarak hedeflediği emisyon azaltım miktarını tutturamasa da emisyonlar azalma eğilimindedir.

#### 1.4.2. Sanayi Faaliyetleri

Sanayi sektörü, ülkenin kalkınmasındaki katkısı, gelişimi ve rekabetçiliği ekseninde, kaynak tüketimi ve sera gazı emisyonu ile iklim değişikliği üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sanayi sektörünün yapısı, demir-çelik, çimento gibi sera gazı emisyonları açısından yoğun etkiye sahip alt sektörlerin sera gazı emisyonları ve performansları da çok önemlidir.

İklim bilimcilerin araştırmalarına göre 1980-1990 döneminde atmosfer içindeki karbondioksit yoğunluğu, 21. yüzyılın başlarında karbondioksit yoğunluğunun ikiye katlanacağı ve dünyanın yüzey ısısının 1.5 °C – 4.5 °C artacağı tahmin edilmektedir (Keleş ve Hamamcı, 2002: 88).

**Çizelge 1.4: Farklı ülkelerde üretilen katma değerde sanayinin oranı**

Avrupa		Diğer Gelişmiş veya Geçiş Ekonomisine Sahip Ülkeler		Gelişmekte Olan Ülkeler	
Ülke	%	Ülke	%	Ülke	%
Almanya	23	Amerika Birleşik Devletleri	13	Çin Halk Cumhuriyeti	34
Fransa	13	Japonya	20	Brezilya	18
İtalya	18	Kanada	16	Hindistan	16
İspanya	16	Rusya Federasyonu	32	Kore Cumhuriyeti	28
Hollanda	14	Türkiye	21	Meksika	18
Belçika	17	Singapur	25	Enonezya	28
İsviçre	19	Ukrayna	23	Güney Afrika	18

**Kaynak:** TNO raporu "Greenhouse Gas Efficiency of Industrial Activities in EU and Non-EU", The Netherlands, 2009

OECD üyesi olan Türkiye, geçiş ekonomisinin yanında, genç nüfusu, artan üretim ve teknoloji altyapısı ile farklı dinamikleri olan bir ülkedir. Bu dinamikler çerçevesinde başta istihdam, rekabet gücü, kamu hizmetlerinin iyileştirilmesi ve benzer alanlarda kullanılmak üzere farklı kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. Türk Sanayisi, GSYİH içerisindeki % 20 - 25 arasındaki payı ve büyüme oranlarına büyük oranda etkisi nedeni ile sürdürülebilir kalkınma açısından vazgeçilemez bir kaynaktır. Çizelge 1.4'te farklı ülkelerde üretilen katma değer içerisinde sanayinin payı görülmektedir (UEP, 2010).

Demir, çelik ve alüminyum üretimini içeren enerji yoğun sanayiler, rafineriler, kâğıt, temel kimyasallar (azotlu gübreler, petrokimyasallar vb.) ve başta çimento olmak imalat sanayinde sera gazı emisyonlarının azaltılması önlemleri ve seçenekleri açısından öne çıkmaktadır. Hafif sanayi olarak da adlandırılan düşük enerji yoğun sektörler, gıda, içecek ve tütün üretimini, tekstil üretimini, odun ve odun üretimini ve metal işleme sanayini (otomobilleri, elektronikleri ve çeşitli aletleri) içermektedir. İmalat sektöründen kaynaklanan CO<sub>2</sub> dışı gazlar, N<sub>2</sub>O, HFC'ler, PFC'ler ve SF<sub>6</sub>'yı içerir. Adipik asit, nitrik asit, HCFC-22 ve alüminyum üretim süreçleri, bu gazları istenmeyen yan ürünler olarak salmaktadır. Bu sanayilerin dışında, ozon inceltici maddelerin yerine üretim yapan bir kaç sektörü de içerecek biçimde, bu kimyasalları imalat süreçlerinde kullanılmaktadır (Türkeş, 2003: 12).

### 1.4.3. Tarımsal Faaliyetler

Tarımsal faaliyetler de tüm ekonomik faaliyetler gibi, doğal kaynaklara ve bu kaynakların kullanımına dayandığından çevre üzerinde baskı oluşturmaktadır. İnsan ihtiyaçlarının sınırsız olması, nüfus yoğunluğunun artması ve kar maksimizasyonu gibi ticari kaygılar, tarımsal faaliyetlerde büyük yoğunlaşmalara neden olmuştur. Her ne kadar Avrupa Birliği (AB) ülkeleri arasında çevresel değerler ve tarımsal arazi kullanımı sürdürülebilir normlarda yapılmaya çalışılsa da dünyanın birçok yerinde yanlış gübre kullanımı, ölçsüz sulama, kimyasal ilaçlar gibi tarımsal faaliyetler sera gazlarını arttırmaktadır.

Tarım ve çevre arasında dengeli bir ilişkinin varlığı “sürdürülebilir tarım” kavramıyla açıklanmaktadır. Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakların, gelecekte de yarar sağlayacak şekilde yönetilmesini de zorunlu kılmaktadır. Arazinin ve doğal kaynakların yarar sağlayacak bir biçimde kullanımı ve çevrenin korunması denge halinde olmalıdır (Dişbudak, 2008: 1).

Dünyada sera etkisi yaratan çevre sorunlarının % 51'i Enerji Tüketimi, %14'ü Sanayi Faaliyetleri, %18'i Arazi Kullanımı Değişikliği, %14'ü Tarım, %3'ü de diğer kaynakların yarattığı emisyonlar nedeniyle oluşmaktadır (Şekil 1.10). Tarımsal kaynaklı sera gazları; CH<sub>4</sub> (Metan), N<sub>2</sub>O (Nitroz Oksit), CO (Karbonmonoksit) ve NO<sub>x</sub> (Azotoksit) olarak sıralanabilir.

Toprağa uygulanan suni gübre ve hayvan gübresi dolaylı (denitrifikasyon) olarak topraktan  $N_2$  &  $N_2O$  gazlarının salınımına sebep olur. Tarımsal artıkların açıkta yanması sonucu  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $N_2O$  ve  $NO_x$  emisyonları oluşur. Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkelerde tarım ve hayvancılık alanların geniş olduğu yerlerde geviş getiren hayvanların ürettiği metandan, tarımsal atıkların yakılmasından ve çeltik ekiminden sera gazı emisyonlarını arttırır.

Tarımsal faaliyetlerin insan kaynaklı küresel sera gazı emisyonlarına katkısı % 20'nin üzerindedir (IPCC, 2001b). Türkeş' göre (2003: 14) bunlar: (i) Çiftliklerde kullanılan fosil yakıtlardan ve esas olarak ormansızlaştırma ve tarımsal üretim ile toprak işleme tekniklerindeki dönüşümlerden kaynaklanan  $CO_2$  (toplam  $CO_2$  emisyonlarının % 21-25'ini oluşturuyor); (ii) Çeltik tarlalarından, arazi kullanımı değişikliklerinden, biokütle yanmasından, mide fermantasyonundan ve hayvansal atıklardan kaynaklanan  $CH_4$  (toplam  $CH_4$ 'ün % 55-60'ını karşılıyor); (iii) Esas olarak işlenen tarım topraklarında kullanılan azotlu gübrelere ve hayvansal atıklardan kaynaklanan  $N_2O$  (toplam  $N_2O$  salımlarının % 65-80'ini karşılıyor).

#### **1.4.4. Ormancılık ve Toprak Kullanımı**

Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelince (IPCC) belirlenen altı sınıf arazi grubunun (orman, tarım, çayır ve mera, sulak alan, iskan, diğer alanlar) geçmişteki ve bugünkü durumları saptanarak, atmosfere salınan ve atmosferden alınan  $CO_2$  ve diğer sera gazlarının miktarlarını Kyoto Protokolünde öngörülen norm ve standartlara uygun olarak her yıl hesaplayarak UNFCCC sekreteryasına gönderilmektedir.

Sera gazları emisyonlarını azaltmak amacıyla alınabilecek önlemleri saptayarak bunları hayata geçirmek için gerekli politikalar ve stratejiler belirlenmelidir. IPCC tarafından belirlenen 6 adet arazi sınıfından biri olan orman alanlarına ait sera gazı envanteri (ormanlar tarafından uzaklaştırılan (tutulan) karbon dioksit miktarının) ile ulusal envanter raporunu (NIR) Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan rehberine uygun olarak her yıl hesaplayarak İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi sekreteryasına (UNFCCC) gönderilmektedir.

Karbondioksit emisyonunun en önemli yutaklarından olan ormanların korunmasına yönelik Birleşmiş Milletler ve Kalkınma Konferansı Hazırlık Komitesinde tüm ormanları kapsayan bir belge imzalanmıştır. Belgede, 17 ilkedden oluşan hem doğal

hem de sonradan yetiştirilen ormanların korunmasına yönelik maddeler yer almaktadır. Orman ilkeleri, dünya zirvesi sırasında ve hükümet başkanları tarafından imzaya açılmıştır (Keating, 1993: 127).

#### **1.4.5. Atık Yönetimi**

Atıklar ve atık yönetimi, sera gazı emisyonlarının düzeyini genel olarak 5 ana yolla etkiler (Türkeş, 2003: 16);

- (i) Düzenli katı atık (çöp) depolamasından (arazi dolgularından) kaynaklanan metan emisyonları,
- (ii) Atık yanmasından sağlanan enerjinin katkısıyla fosil yakıt kullanımının azalması,
- (iii) Doğal madde ve imalat sanayilerindeki enerji tüketiminde ve süreç gazı emisyonlarında, geri dönüşüm sonucunda azalma,
- (iv) Birinci el (kullanılmamış) kâğıt istemindeki azalmaya bağlı olarak, orman kesiminin azalması, dolayısıyla ormanlarda karbon tutulması,
- (v) Satış ya da geri dönüşüm için atık taşınmasında enerji kullanımı: Camın yeniden kullanımı ya da geri dönüşümü için uzun mesafeli taşınması dışında, ikinci materyallerin taşınmasından kaynaklanan emisyonların büyüklüğü, genellikle öteki 4 etmenden çok daha küçüktür.

#### **1.4.6. Konut ve Ticaret Sektörü**

Hızlı nüfus artışı ve sanayileşme doğal kaynaklar üzerinde baskılar yaratmaktadır. AB sürecinde, konut ve ticaret sektörü alanında, saha rehabilitasyonları, emisyonlar ve gürültü konularında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği ve Endüstriyel Tesislerden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği yürürlükte olup bu kapsamda yeni inşa edilen elektrik üretim santralleri, yönetmeliklere göre yapılmakta ve santrallerden kaynaklanan emisyon değerleri düzenli olarak kontrol edilmektedir.

Hizmet sektörü, çoğunlukla yerleşme (konut) ve ticari binalar için sera gazı emisyonlarının azaltılması olanaklarını içerir. Doğrudan kullanılan fosil yakıt enerjisinden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları ve bu konutlardaki enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan elektrik, sera gazı emisyonlarının bu sektördeki en büyük kaynağıdır. Öteki sera gazı kaynakları, izolasyon köpüğü üretiminden, konut ve ticari soğutucular ile iklimlendirme ve havalandırmadan kaynaklanan CFC'leri ve yemek

ocaklarında ve fırınlarda biokütle yanması aracılığıyla üretilen çok çeşitli sera gazlarını içermektedir (Türkeş, 2003:8-9).

## **1.5. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLGİLİ ULUSLARARASI BELGE VE ANTLAŞMALAR**

Birleşmiş Milletler'in üzerinde durduğu en önemli konularından olan ve ciddi anlamda tehditler oluşturmaya başlayan iklim değişikliği, insan faaliyetleri nedeniyle sera gazı emisyon miktarının artması ve doğal sera gazı konsantrasyonunun değişmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda; 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 16 Şubat 2005'de yürürlüğe giren Kyoto Protokolü küresel ısınmanın önüne geçmek için yapılan en önemli girişimlerdir. Kyoto Protokolü iklim değişikliğini önlemeye yönelik olarak Esneklik Mekanizmalarını devreye sokmuştur. Esneklik Mekanizmaları olarak adlandırılan bu mekanizmalardan yararlanmak için bazı şartların yerine getirilmesi gerekmektedir.

Kyoto Protokolü'nü önemli kılan nedenlerden biri, taraflara sera gazı azaltımı ile belli tarihler çerçevesinde ve belli oranlar dahilinde yükümlülükler getirmesidir. Kyoto Protokolü'nü önemli kılan bir diğer neden ise, hukuki bir niteliği olan bu belgenin sera gazı azaltımına yönelik taraflara bir anlamda esneklik sağlayan üç yeni mekanizmayı devreye sokmasıdır. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizma'ları olarak adlandırılan bu mekanizmalar, sera gazı azaltımına yönelik ülkelerin kendi sınırları dışında ortak faaliyetler yürütmesine olanak tanımaktadır. Ancak tarafların bu mekanizmalardan yararlanabilmesi için, bazı şartları yerine getirmesi gerekmektedir.

Dünya karbon emisyonunun % 40'tan fazlasını gerçekleştiren Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri sera gazları emisyonlarını azaltmak için önemli anlaşma ve müzakereler yapmaktadır. Bu ülkelerin saldıkları sera gazlarının ekonomik boyutu milyar dolara ulaştığından dolayı birçok bilimin konusu olmaya başlamıştır.

**Çizelge 1.5: İklim değişikliği konulu uluslararası ve hükümetlerarası görüşmeler sürecinde 1979-2013 döneminde gerçekleşen önemli dönüm noktaları ve gelişmeler**

Çalışma/Eylem/Etkinlik/Süreç	Başlıca Konferans, Antlaşma ve Gelişmeler
Bilimsel ve Teknik Değerlendirme, Bilgilendirme Çalışmaları	WMO Dünya Birinci İklim Konferansı (1979)
	Villach İklim Değişikliği Konferansları (1985 ve 1987, Villach)
	Toronto Değişen Atmosfer Konferansı (1988, Toronto)
	WMO/UNEP IPCC'nin Kuruluşu (1988)
	IPCC I. Değerlendirme Raporu (Aralık 1990, Cenevre)
Yasal Bir Hükümetlerarası Çerçeve İklim Rejimi İçin Hazırlık	BM Küresel İklimin Korunması Kararı (Aralık 1988, New York)
	Nordwijk Bakanlar Konferansı (Kasım 1989, Nordwijk)
	WMO Dünya İkinci İklim Konferansı (Ekim-Kasım 1990, Cenevre)
	BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Görüşmeleri (1991-1992, çoğu Cenevre'de olmak üzere, dünyanın çeşitli kentlerinde)
Yasal İklim Rejimine Temel Oluşturacak Bir Çerçeve İklim Anlaşmasına Yönelik Eylem Stratejileri	BM Çevre ve Kalkınma Konferansı (Haziran 1992, Rio de Janeiro)
	BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Haziran 1992, Rio de Janeiro)
	İDÇS Berlin Buyruğu (Nisan 1995, Berlin)
Yasal Yükümlülük Hedefleri	İDÇS Kyoto Protokolü (Aralık 1997, Kyoto)
	İDÇS Buenos Aires Eylem Planı (Kasım 1998, Buenos Aires)
Yasal Yükümlülükleri Yürütme Etkinlikleri (Kyoto Kuralları)	İDÇS Bonn Siyasi Uzlaşması (Temmuz 2001, Bonn)
	İDÇS Marakeş Uzlaşmaları (Kasım 2001, Marakeş)
	İDÇS Montreal Konferansı Kararları (Kasım-Aralık 2005, Montreal)
Yasal Sera Gazı Yükümlülüklerinin Uygulanması	İDÇS Kyoto Protokolü'nün Yürürlüğe Girişi (Şubat 2005, New York)
Kyoto Sonrası Yasal İklim Rejiminin Oluşturulması ve Sera Gazı Yükümlülüklerinin Belirlenmesi	İDÇS Bali Eylem Planı/Yol Haritası (Aralık 2007, Bali)
	İDÇS Bangkok İklim Değişikliği Görüşmeleri (Mart-Nisan 2008, Bangkok)
	İDÇS Kopenhag Uzlaşması (Aralık 2009, Kopenhag)
	İDÇS Cancun Uzlaşmaları (Aralık 2010, Cancun)
	İDÇS Durban Uzlaşmaları (Aralık 2011, Durban)
	İDÇS Doha İklim Zirvesi (Kasım-Aralık 2012, Doha)
	İDÇS Polonya İklim Zirvesi (Kasım-Aralık 2013, Polonya)

**Kaynak:** Türkeş ve Bilir, 2012.

Sera gazları konsantrasyonlarındaki artışların ciddi tehditler oluşturmaya başlamasının anlaşılması ve bu sorunun küresel çabalarla çözümlenebileceğinin anlaşılmasıyla birlikte, global ölçekli işbirlikleri oluşturmaya ve organizasyonlar düzenlenmeye başlanmıştır (Çizelge 1.5).

### 1.5.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

İnsan kaynaklı faaliyetler sonucu ortaya çıkan küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı uluslararası alanda atılan ilk ve en önemli adımdır. Sözleşme, 1992 yılının Haziran ayında Rio de Janeiro’da düzenlenen Birleşmiş Milletler (BM) Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda imzaya açılan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’dir (BMİDÇS - United Nations Framework Convention on Climate Change). 155 ülke tarafından imzalanmıştır. Sözleşme 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. En son Doha’da yapılan Zirveye 200’e yakın taraftarı bulunan sözleşme neredeyse evrensel bir katılıma ulaşmıştır.

Sözleşmenin en önemli amacı; atmosferdeki sera gazı emisyonlarını insan kaynaklı etkilerden arındırarak canlıların dünyada rahat ve huzur içinde yaşamalarına imkan tanımaktır. BMİDÇS bir çerçeve sözleşme olarak genel kuralları, esasları ve yükümlülükleri tanımlamaktadır. Sözleşme başta fosil yakıtlardan kaynaklanan karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarının küresel ısınmaya neden olduğunu kabul etmektedir.

Sözleşmenin nihai amacı (Madde 2) “Sözleşme’nin ilgili hükümlerine göre, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde tutmayı başarmak” olarak tanımlanmıştır. Sözleşmenin 3. maddesinde sayılan eşitlik ilkeleri şunlardır: (i) Eşitlik ilkesi (ii) Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi (iii) İhtiyatlık ilkesi (iv) Sürdürülebilir kalkınmayı destekleme hakkı ve yükümlülüğü.

Sözleşme yukarıda sayılanlara ek olarak, giriş bölümünde ve diğer maddelerinde “insanlığın ortak kaygısı”, “serbest ticaret” ve “maliyet etkinlik” gibi ilkelere yer vermiştir.

BMİDÇS ve KP ile denetlenen sera gazları CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, hidrofluorokarbonlar (HFC’ler), perfluorokarbonlar (PFC’ler) ve sülfür heksafluorid (SF<sub>6</sub>) sera gazlarıdır. BMİDÇS, küresel iklimi korumaya ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik genel ilkeleri vardır. Bu ilkelerle AB gibi gelişmiş ülkeler, sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeyinin altında tutmayı hedeflemektedirler.



### 1.5.2. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü (KP) Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto şehrinde gerçekleştirilen BMİDÇS 3. Taraflar Konferansı'nda COP 3) kabul edilmiştir. Protokolün ülkelerin onayına ve uygulamasına hazır hale getirilmesi için uygulanacak kurallar 2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen 7. Taraftarlar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Marakeş'te alınan bu kurallar 2005 yılında Protokol'ün 1. Taraftarlar Toplantısı'nda onaylanmıştır. Kyoto Protokolü, sera gazlarının 1990 düzeyinin altına inmeyi amaçlayan bir hedef ortaya koymaktadır.

Kyoto Protokolü, sözleşmeye taraf olan gelişmiş ülkeler olarak adlandırılan Ek-I listesindeki ülkelere 1990 yılına oranla sayısal emisyon indirme hedefi koymaktadır. Ek-B listesinde ise gelişmemiş ve protokole taraf olmayan ülkeler yer almaktadır. Ancak Protokole taraf olmayan, ancak Ek-I listesinde yer alan Türkiye ve Beyaz Rusya'nın herhangi bir emisyon azaltım yükü bulunmamaktadır.

Sera gazlarını azaltmaya yönelik yasal yükümlülükleri olan KP ikinci bölümde ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır. KP'ye göre, Ek I Tarafları (OECD, AB ve eski sosyalist doğu Avrupa ülkeleri), KP'de listelenen sera gazlarını 2008- 2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az % 5 altına indirmekle yükümlüdür.

### 1.5.3. Bali Eylem Planı

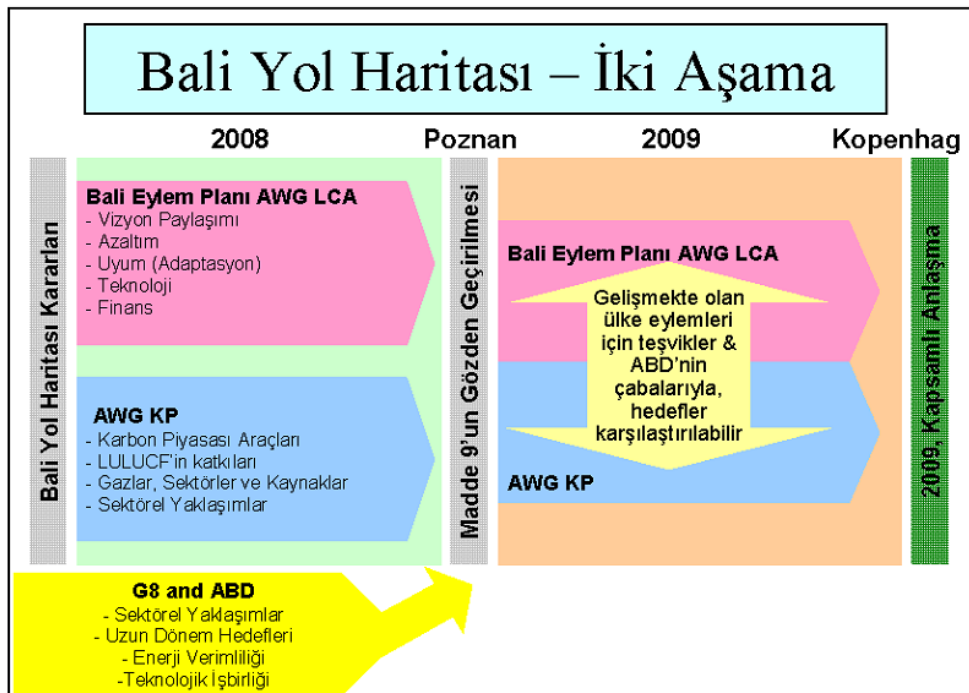
3-14 Aralık 2007 tarihinde Endonezya'nın Bali Adası'nda İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 13. Taraflar Konferansı (COP 13) ve Kyoto Protokol'ü 3. Taraflar Toplantısı (CMP 3) düzenlenmiştir. Konferansa 192 ülke katılmıştır. Hükümet temsilcileri, BM organları, 413 gözlemci, Sivil Toplum Kuruluşları, 531 akredite basın kuruluşu olmak üzere 10 binden fazla kişi katılmıştır.

Bali Toplantılarının en önemli çıktısı, Kyoto sonrası düzenlenmesine ilişkin Bali Yol Haritası'dır. 2012 sonrasında yürürlüğe girecek uzun dönemli işbirliğini kapsayacak bir uluslar arası mekanizma geliştirmek üzere müzakerelerin başlaması için plan yapılması gündeme gelmiştir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı İklim Değişikliği Birimi raporuna göre Bali'de şu kararlar alınmıştır;

- Tüm gelişmiş ülkelerin emisyon azaltım/sınırlama hedefi gibi ölçülebilir, raporlanabilir ve doğrulanabilir, ulusal olarak uygulanabilir mücadele taahhütleri üstlenmeleri,
- Gelişmekte olan ülkelerin teknoloji, finansman ve kapasite oluşturma önlemleri ile desteklenen sürdürülebilir kalkınma bağlamında azaltım tedbirleri almaları,
- Uyum alanında, etkilenebilirliğin değerlendirilmesi, tedbirlerin önceliklendirilmesi, mali ihtiyaçların belirlenmesi ve kapasite oluşturmaya öncelik verilmesi,
- Müzakerelerin sözleşme altında yürütülmesi,
- 2009 yılı sonunda kadar müzakerelerin tamamlanmasıdır.

Bali Yol Haritası (Çizelge 1.6) kapsamında 2012 sonrası iklim rejiminin belirlenmesi için; ortak vizyon, azaltım, uyum (adaptasyon), teknoloji transferi, finansman konu başlıkları altında müzakereler gerçekleştirilmelidir.

**Çizelge 1.6: Bali Eylem Planı**



**Kaynak:** <http://www.dsi.gov.tr> (8)

#### 1.5.4. Kopenhag Uzlaşması

7-19 Aralık 2009 tarihinde Danimarka'nın Kopenhag şehrinde gerçekleştirilen 15. Taraflar Konferansına, (COP 15) 115 devlet ve hükümet temsilcisi hazır bulunmuştur. 15 bin kişilik binaya 40 binden fazla katılımcı katıldığı tespit edilmiştir. Tarihsel süreç olarak Kyoto Protokolü yerine geçecek bir iklim değişikliği anlaşmasının yapılması amacıyla önem arz etmektedir. "Kopenhag Zirvesi" olarak da adlandırılan bu uzlaşma ABD, Hindistan, Çin gibi ülkeler tarafından tam olarak kabul edilmemiş olup, müzakereler üzerinde çalışılmaya devam edileceği kararlaştırılmıştır.

Kopenhag Uzlaşmasıyla ortaya atılan yeni rejimin gerçekleşmesi durumunda, kapsamlı bir uluslararası anlaşmayla bölgesel ulusal emisyon ticaret sistemlerinin karbon kredilerinin ihracının izin verilerek karbon kredileri global bir emtia haline gelmesi yüksek olasılık olarak görülmektedir. Sonuç olarak; küreselleşmiş bir ekonomik düzenin yeni pazarı haline gelen karbon piyasalarında hedeflenen nihai amaç değişik karbon piyasalarının finans araçları olan tüm emisyon azaltım kredi çeşitlerinin dönüştürülebilir nitelik kazanmasıdır.

Konferansta kabul edilen toplantı kararları ana çizgileriyle aşağıdakilerini içermektedir (Türkeş, 2009). Kopenhag Uzlaşması (FCCC/CP/2009/L.7. Draft decision -/CP.15);

- (i) İklim değişikliği ile mücadelede politik çerçeve vurgulanmalıdır. Sözleşmenin atmosferdeki sera gazı azaltımının gerçekleşmesi için küresel yüzey sıcaklığındaki artışın 2°C'nin altında olması vurgulanmıştır.
- (ii) Sera gazı azaltımının gelişmekte olan ülkelerde daha uzun süre alacağı göz önünde bulundurulmalıdır.
- (iii) İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı tüm ülkelerin işbirliği yaparak üstesinden gelmesi gereken bir konudur.
- (iv) Ek I'e taraf ülkeler 2020 yılı için sayısal olarak belirlenmiş emisyon hedeflerini yürütme yükümlülüğü alacaktır.

- (v) Sözleşmede Ek I dışı Tarafları (gelişmekte ve gelişmemiş olan), 31 Ocak 2010 tarihine kadar eylem planlarını sekreteryaya sunmakla mükelleftir. En az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan küçük ada devletleri destek temelli ve gönüllü eylemler yüklenebilecektir.
- (vi) Ormansızlaştırma ve orman degradasyonundan (yitiminden) kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması için gelişmiş ülkelerin kaynaklarının kullanılarak acilen önlem alınmalıdır.
- (vii) Gelişmiş ülkelerinden gelişmekte olan ülkelerin gereksinimlerini karşılamak için 2010-2012 dönemi için 30 milyar ABD doları dolayındadır. Bu miktar 2020 yılı için hedefi 100 milyar ABD doları olacaktır. Bu fonun önemli bir bölümü Kopenhag Yeşil İklim Fonu tarafından sağlanacaktır.
- (viii) Teknoloji geliştirme ve aktarılması için bir Teknoloji Düzenineğinin kurulması kararlaştırılmıştır.
- (ix) 2010 yılında tamamlanacak olan Kopenhag uzlaşmasının nihai amacı değerlendirilmelidir.

#### **1.5.5. Cancun Uzlaşması**

Cancun Uzlaşması (COP 16); Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) tarafından 29 Kasım – 10 Aralık 2010'da Meksika'nın Cancun şehrinde düzenlenmiştir. Bu uzlaşmada, Kyoto döneminin yeni bir yapıya kavuştuğu ve Kopenhag Uzlaşması'nın bu zirvede olgunluğa eriştiği belirtilmiştir.

Cancun uzlaşması sonunda ortaya çıkan en çarpıcı sonuç, 2012 sonrası dönemde en az gelişmiş ülkeler kapsamındaki 30'a yakın ülke hariç tüm ülkelerin emisyon azaltım taahhütlerini belli programlarla gerçekleştireceği bir süreç belirteceği belirtilmiştir. Bu noktada gelişmiş devletler 100 Milyar \$'lık (ABD doları) bir fon kurulmasına karar verilmiştir. Tasarlanan yeni düzende yüz milyar \$'lık yeni fondan yararlanmak isteyen bütün devletler Ulusal Azaltım Eylem Planı (Nationally Appropriate Mitigation Action, NAMA) denen ve fonu oluşturacak verici devletler ile uzlaşma ile varılacak bazı programların veya proje planlarını oluşturmakla ve bu programlarla ne seviyede bir emisyon azaltımına ulaşacaklarını belirtmek durumundadırlar.

Uzlaşmada, mevcut emisyon azaltma taahhütlerinin ısınmayı 2 °C’de tutma girişimlerinin yetersiz olduğu vurgulandı. İstenilen hedeflere ulaşmak için Birleşmiş Milletler (BM) tarafından yönetilecek olan “Yeşil İklim Fonu” oluşturularak, gelişmekte olan ülkelere Kopenhag Zirvesi’nde kararlaştırılan taahhütlerin yerine getirilmesinin önemi vurgulanmıştır (Scowcroft, 2010)<sup>7</sup>.

Ayrıca uzlaşmada, gelişmiş ülkelerin emisyon azaltımı için gerekli çabayı sürdürerek, emisyon ticaretine devam etmeyi sürdürmelidir. Karbon yakalama ve depolama gibi teknolojik mekanizmaları da devreye koymalıdır.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> <http://www.tesab.org.tr> (9)

<sup>8</sup> <http://unfccc.int> (12)

## İKİNCİ BÖLÜM

### SERA GAZI EMİSYONLARINI AZALTMAYA YÖNELİK POLİTİKALAR VE ARAÇLAR

Küresel iklim değişikliği ile mücadele konusundaki en önemli yasal düzenlemeler, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü'dür (KP). 2005 yılında yürürlüğe giren KP, içerdiği esneklik mekanizmalarıyla bir yandan küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedeflerken, diğer yandan teknoloji transferini ve küresel sermaye hareketlerini tetiklemekte ve dolayısıyla başta yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere birçok alanda yeni istihdam olanakları sağlamaktadır (İDEP, 2011: 5). 2012 sonrası sera gazı emisyonu azaltım politika ve araçlara ilişkin, 2007 yılında düzenlenen 13. Taraflar Konferansı'nda BMİDÇS'ye taraf ülkelerce Bali Eylem Planı kabul edilmiştir. 2012 sonrası uluslararası iklim değişikliği rejimi için önemli bir zemin teşkil eden ve 2010 yılında Meksika'da gerçekleştirilen 16. Taraflar Konferansı'nın çıktısı olan Cancun Anlaşmaları (1/CP.16 sayılı Karar), Bali Eylem Planı paralelinde bir dizi politik kararı içermektedir. Bu bağlamda alınan en önemli kararlardan biri iklim değişikliği ile mücadelede sürdürülebilir kalkınmayı ve yüksek ekonomik büyüme hızını destekleyen düşük karbonlu üretim modellerin benimsenmesidir (BMİDÇS TK16, 2011, s:4)<sup>9</sup>.

İklim değişikliğine uyuma yönelik mevcut politika ve uygulamalar ile sera gazı azaltım hedefini yakalamak, ulusların en temel/ahlaki görevleri arasındadır. Ulusların emisyon azaltım hedefleri arasında, su kaynaklarının yönetimi, tarım sektörü ve gıda güvencesi, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, doğal afet risk yönetimi, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık ile insan sağlığı gibi temel görevleri mevcuttur.

2009 yılı verilerine göre, Çin tek başına toplam dünya karbon emisyonunun %24.2'sini yaymaktadır (WEO, 2010). Gelişmekte olan Çin'in gelecekte ekonomisinin daha da gelişeceği, bu gelişmenin karbon emisyonlarını arttıracığı düşünülmektedir.

---

<sup>9</sup> <http://unfccc.int> (10)

Ancak Çin hükümeti artan bu karbon emisyonunu, 2005 yılını baz alınarak, 2020 yılında % 40-45 oranında azaltmayı taahhüt etmektedir (Zhang, 2011: 1297).

## 2.1. POLİTİKALAR

İklim değişikliği, doğal, çevresel, ekonomik, politik, kurumsal, sosyal ve teknolojik süreçler arasındaki tüm karmaşık etkileşimleri kapsamaktadır. İklim değişikliği konusu, karbon emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliği politikaları açısından düşük karbon ekonomisine geçişte ülkelerin etkin bir politika ortaya koyması gerekmektedir. Örneğin, optimum politika tasarımı, politikaların tasarlanması ve yürütülmesi için kapasite oluşturulması, iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirme ve toplumsal bilinçlenmenin kuvvetlendirilmesine yönelik politikalar, benimsenen çok sayıda iklim değişikliği yaklaşımları arasında sayılabilir (Türkeş, 2003; 7).

Çevre sorunları ile ekonomi arasında denge kurulabilmesi, piyasa verimliliği ve adaletin sağlanması gibi amaçların gerçekleşmesi için gereklidir. Sera gazı emisyonu azaltmaya yönelik politikalar incelendiğinde, sera gazlarının maliyeti ile enerji verimliliği, karbon yutakları, karbon yakalama ve depolama, karbon vergisi arasında dengenin sağlanmasını ifade eder. Bu durumda etkili bir çevre politikası, bu politikanın uygulanmasının marjinal maliyeti ile marjinal faydasının eşit olduğu noktada ya da o noktaya en yakın yerde olacaktır (Field and Field, 2002: 183).

Sera gazı azaltımı amacıyla uygulanacak politikaların, maliyeti üstlenecek kurumların ve özel sektörün temsilcilerinin istekleri dikkate alınarak uygulanması gerekmektedir. Çevre politikalarının uzun dönemde sağlıklı işleyebilmesi için devletin her alanda müdahalesini savunan sosyalist sistem yerine piyasa ekonomisine dayalı sistemlerin uygulanması gerekmektedir. Örnek olarak devlet, özel sektörün üretim yapmasını özendirecek düzenlemeler yapılarak piyasa ekonomisine destek verilebilir. Kurulacak yeni işletme ve teşebbüslere yenilenebilir enerji kaynaklarına özendirmek için teşviklerle desteklenmelidir.

Piyasa ekonomisi, küresel ısınma sorunun bireysel istek ve çıkarlarını göz önüne alarak savunma gerekliliği duymaktadır. Bireyin çıkarları, çevresel kamu çıkarları ile çelişiyorsa ekonomik ussallık gereği kendi ekonomik çıkarlarını tercih edecektir (Çabuk, 2011: 125). Devlet, uygulayacağı çevresel politikalar ve emisyon azaltıcı araçlarla bireyleri sorunun çözümü için destek sağlamalıdır. Küresel ısınma sorunu

bireyler için bir kayba dönüşmeye başlasa sorunun çözümü için çaba harcamak ekonomik olacaktır. Sorunun çözümü için çaba harcamak akılcı değilse, bireylerin söz konusu çabaları göstermesi ekonomik değil, ahlaki, dini ve toplumsal gerekçeler gerekecektir. Bireyler küresel ısınma sorunu için, ekonomik olmayan bir nedenle maliyete katlanıyorsa bu durum ekonomik akılcılıkla bağdaşmayacaktır. Bu durumda çevrenin korunması ile ilgili piyasa yaklaşımı doğru değildir ya da küresel ısınma sorunun çözümü için başka nedenlere bakılmalıdır (Keleş vd., 2012: 376-380)

Devletin, küresel ısınmaya karşı başarısız politikalar yürütebileceği göz önüne alınmalıdır. Küresel ısınmanın engellenmesi amacıyla yürütülecek politikaların verimli ve adil olması her zaman mümkün olmayabilir. Devlet müdahalesi ile çevre sorunlarının çözüleceği savunulurken, kamusal politikaları uygulayan bireylerin kendi çıkarları söz konusu olduğunda farklı şekilde davranacakları unutulmamalıdır (Şahin, 2005: 24).

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sisteminde (EU ETS) yenilenebilir enerji, 2020 ve 2050 hedefleri açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle fosil yakıtların temiz kullanımı ve kentlerde yenilenebilir enerjiden kombine ısı ve güç üretimi yatırımları için finansman hareketlendirilmesine yönelik yeni bir “Sürdürülebilir Enerji Finansman İnsiyatifi” hazırlanmaktadır.

### **2.1.1. Enerji Dönüşümü**

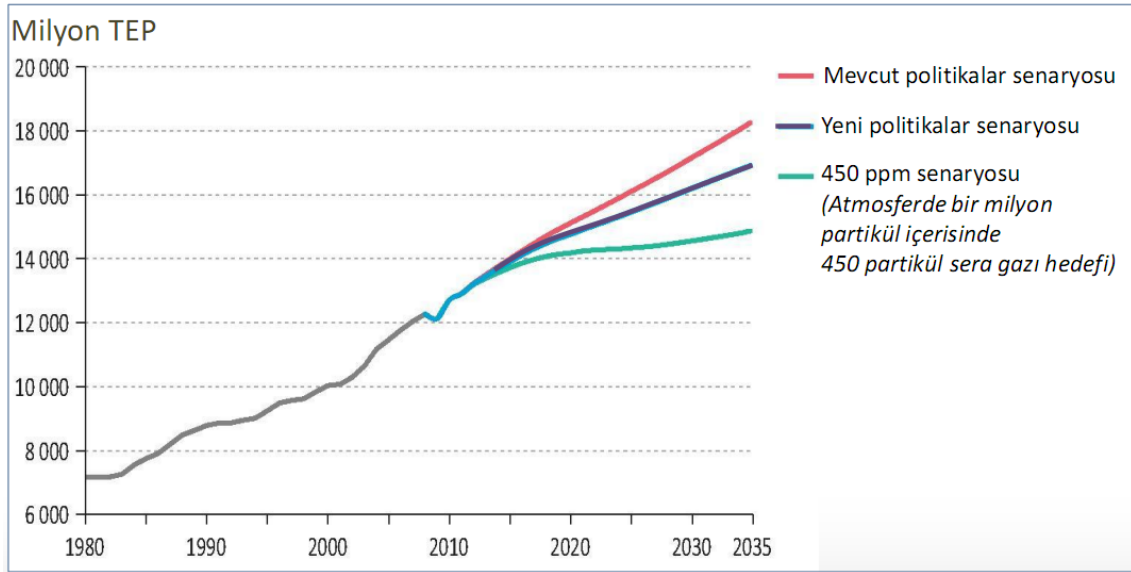
Elektrik üretiminde, CO<sub>2</sub> emisyonuna sebep olan ya da daha az emisyon açığa çıkaran enerji kaynaklarının kullanılması önem arz etmektedir. Hidrolik potansiyelin olabildiğince en yüksek düzeyde değerlendirilmesiyle güneş, rüzgar, jeotermal ve biokütle vb. yenilenebilir enerji kaynaklarının optimum kullanılmasına ve bu tür kaynakların yatırımlarına destek verilmelidir. Ayrıca fosil yakıtların daha az kullanılması CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olacaktır (Anonim, 2001: 80).

Günümüzde dünyadaki elektrik üretiminin % 36’sı kömürden karşılanmaktadır (WCI, 1998). Elektrik üretiminde kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları, yeni ve verimli teknolojilerin kullanılmasıyla % 25’in üzerinde bir azalma gerçekleştirecektir (IPCC, 1996). Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması CO<sub>2</sub> emisyonlarını önemli ölçüde azaltacaktır.



Enerji dönüşümü, enerjinin fizik kuralları içerisinde bir biçimden diğerine dönüşümüdür. Fizikte enerji terimi bir sistemdeki belirli değişiklikleri oluşturma kapasitesini açıklar. Yani sistemlerin toplam enerji dönüşümü, yalnızca enerjinin eklenmesi veya çıkarılması ile sağlanabilir. İnsanoğlunun faydalandığı birçok enerji çeşidi vardır. Bunlardan bazıları ısı enerjisi, kinetik enerji, elektrik enerjisi, potansiyel enerji ve kimyasal enerjidir. Bu enerji çeşitleri birbirine dönüşebilmektedir.

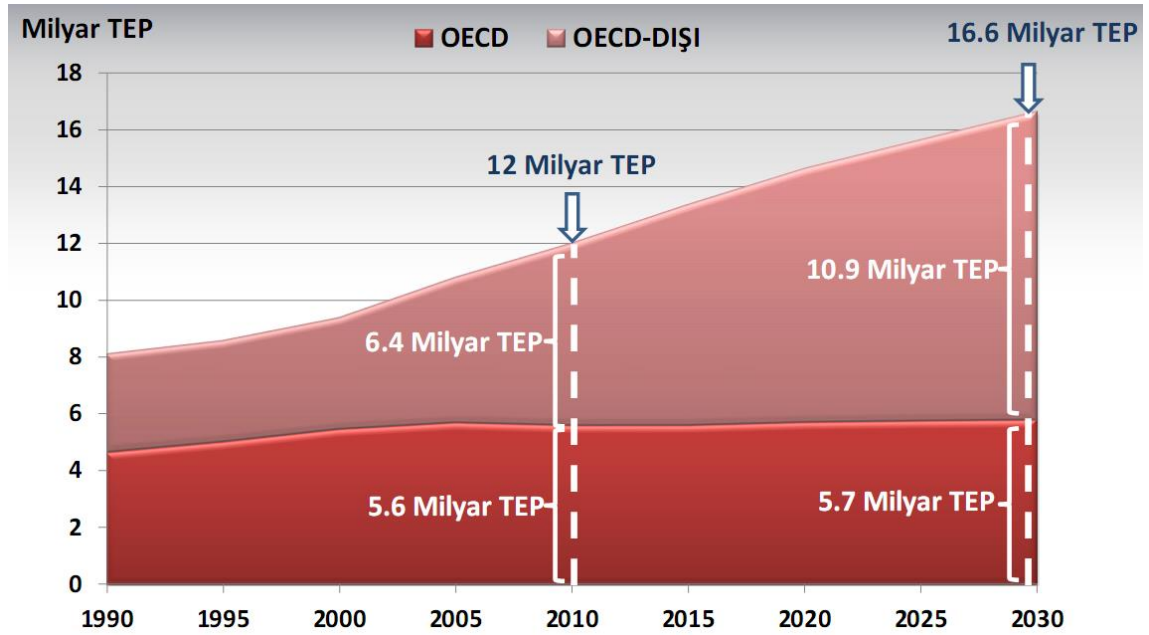
**Şekil 2.1: 2035 Yılı Dünya Birincil Enerji Talebi**



Kaynak: World Energy Outlook 2011: 70.

World Energy Outlook 2012'nin (WEO) ana senaryosu olan Yeni Politikalar Senaryosuna göre enerji talebi ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının artışı artarak devam etmekte ve enerji piyasalarının dinamikleri yükselen ekonomiler tarafından giderek artmaktadır. Şekil 2.1'de Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre dünya enerji talebinin son dönemlerdeki artış trendi gösterilmiştir.

**Şekil 2.2: 2030 Yılı OECD ve OECD Dışı Ülkeler İçin Dünya Birincil Enerji Talebi**

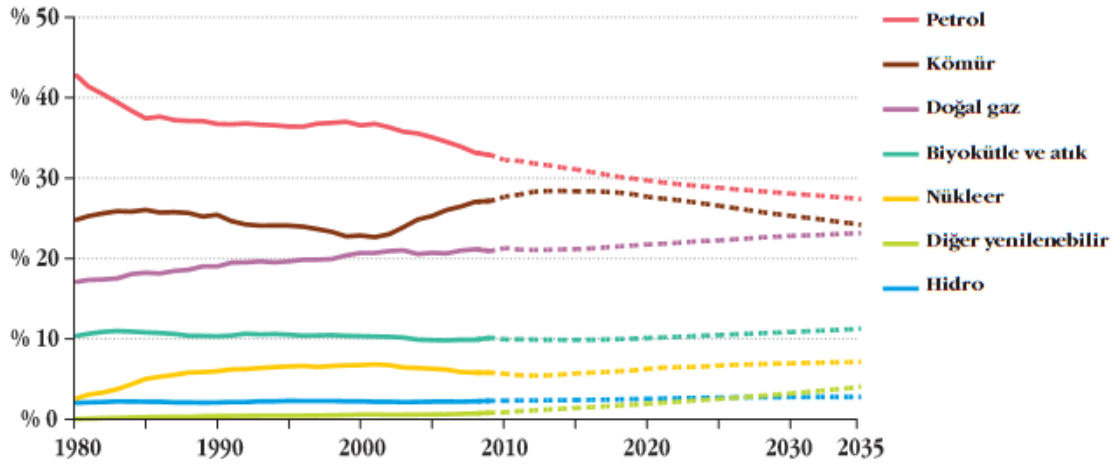


**Kaynak:** BP Energy Outlook 2030, Ocak 2012.

BP'nin Enerji Görünümü 2030 Raporu'na göre, enerji verimliliğindeki artışa rağmen dünyada enerji talebi 2030'a kadar %36 oranında artacaktır. Talep edilen enerji miktarının, 12 milyar TEP'den 16.6 milyar TEP'e yükselmesi beklenmektedir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi bu artışın büyük bir kısmı gelişmekte olan ülkelerin taleplerinden kaynaklanmaktadır. OECD üyesi ülkelerin enerji talebi 5.6 milyar TEP'den, 5.8 milyar TEP'e yükselmesi beklenirken, OECD dışı ülkelerde ise 6.4 milyar TEP'den 10.9 milyar TEP'e yükseleceği tahmin edilmektedir.

Şekil 2.3'de dünya enerji talepleri içindeki enerji kaynaklarının payları ve 1980-2035 dönemindeki değişimleri yer almaktadır. Bu dönemde petrolde önemli bir düşme gözlemlenirken yenilenebilir enerji ve doğal gazda ise bir artış olduğu belirtilmektedir.

### Şekil 2.3. Yeni Politikalar Senaryosunda Dünya Birinci Enerji Talebi İçinde Enerji Kaynaklarının Payları



**Kaynak:** World Energy Outlook, 2011: 79.

Son dönemlerde ABD’de enerji bileşimindeki dönüşüm küresel enerji haritasına yeniden şekil vermektedir. Bu dönüşümün gelecekte enerji piyasaları ve ticareti üzerinde önemli etkileri olacaktır. ABD toplam enerji ihtiyacının % 20’sini ithal etmesine rağmen, 2035 yılında artan petrol, kaya gazı ve biyoenerji üretiminin yanı sıra yakıt verimliliğinin iyileştirilmesiyle enerjide kendine yetebilen ve hatta önemli petrol ihracatçısı bir ülke haline gelecektir (WEO, 2012: 2).

#### 2.1.2. Enerji Verimliliği

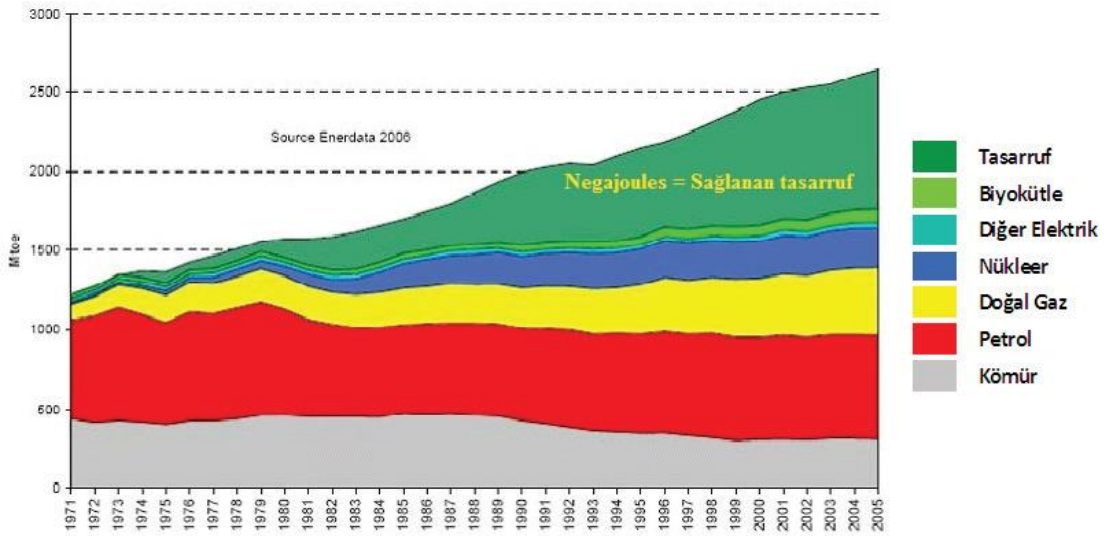
Enerji verimliliği, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği’nin (TMMOB) 2012 yılı Enerji Verimliliği Raporu’na göre “Aynı ürün veya hizmeti (kalite ve konfor şartlarından taviz vermeden) daha az enerji ile elde etmek, aynı birim enerji ile daha fazla ürün veya hizmet elde etmek”,<sup>10</sup> olarak iki farklı anlatımla tanımlanmıştır.

Bir başka deyişle enerji verimliliği; ısı, gaz, buhar, basınçlı hava, elektrik gibi çok değişik formlardaki enerji kayıpları ile her çeşit atığın değerlendirilmesi veya geri kazandırılması olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca yeni teknoloji kullanmayla üretimi düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Enerji verimliliğine yönelik çalışmalar hem tüketim alanındaki tasarrufları hem de arz alanındaki önleyici yaklaşımları kapsamaktadır (Kavak, 2005: 9).

<sup>10</sup> TMMOB, Enerji Verimliliği Raporu, Ocak 2012

Dünya nüfusunda meydana gelen artış ve teknolojinin gelişmesi enerjiye olan talep hızla arttırmaktadır. Mevcut üretimle artan bu talep karşılanamadığı için, enerji açığının öncelikle enerji verimliliğiyle karşılanması gerekmektedir.

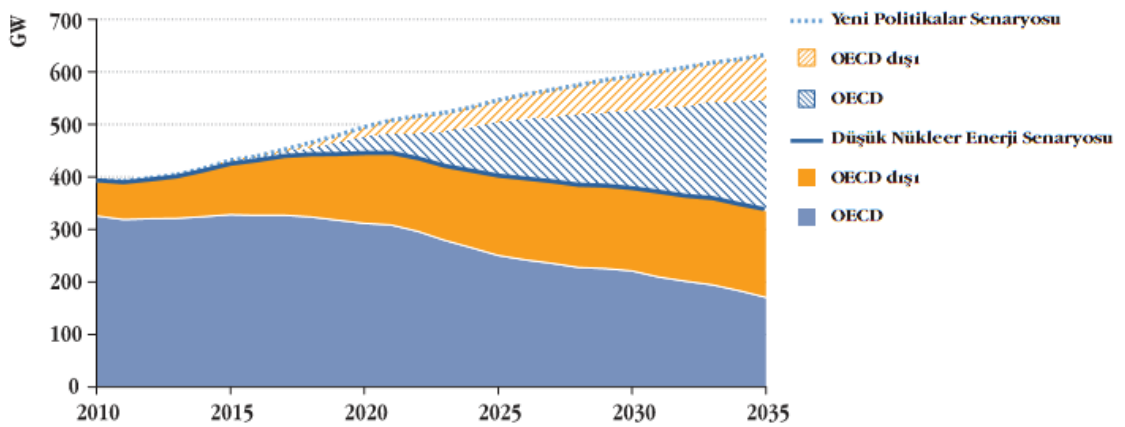
**Şekil 2.4: 1971–2005 Yılları Arasında AB–25 Ülkelerinde Birincil Enerji Tüketimi ve Sağlanan Tasarruf**



**Kaynak:** Austvik, Structural Change in Europe, 2007; TMMOB Enerji Verimliliği Raporu, 2012.

Enerji verimliliğinin önemi, ülkeler tarafından farklı şekilde algılanmakta, değişik önlemler/çözümler uygulanmaktadır. Ülkelerin enerji verimliliği konusunda aldıkları önlemler Şekil 2.4’te belirtilmiştir.

**Şekil 2.5: Düşük Nükleer Enerji Senaryosunda Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi Kapasitesi**



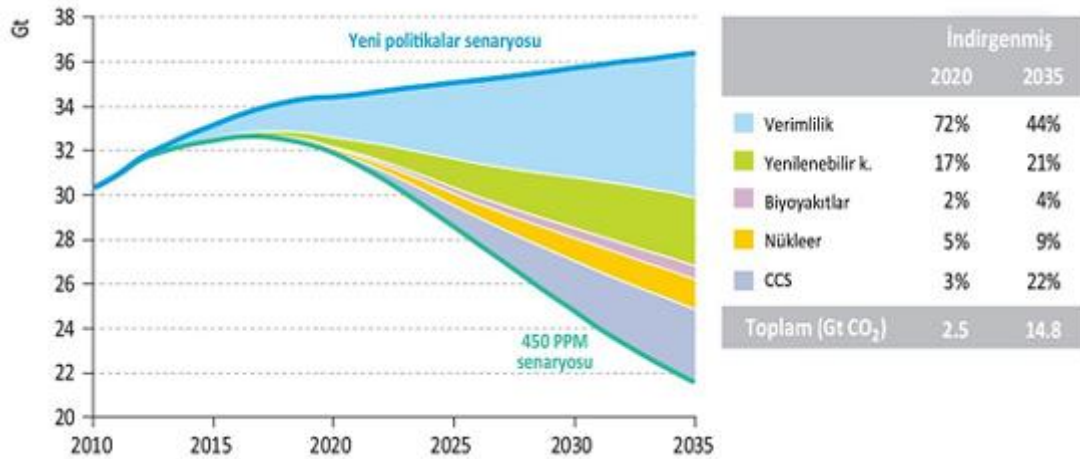
**Kaynak:** World Energy Outlook, 2011.

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi düşük nükleer enerji senaryosunda, yeni politikalar senaryosuna göre daha fazla sayıda reaktör devre dışı bırakıldığı ve inşaat hızı daha az olduğu için 2010-2035 döneminde nükleer enerjiden elektrik üretim kapasitesi %15 azalmaktadır.

Enerji verimliliği, enerji güvenliğini sağlaması, ekonomik kalkınmayı desteklemesi ve çevre kirliliğini azaltmasında oldukça önemli politikadır. Birçok ana enerji tüketicisi ülke (Çin, ABD, Japonya, vb.) yeni enerji verimliliği politikalarını devreye sokmuştur. Bu politikaların uygulamalarındaki ilerlemeler sonucu Yeni Politikalar Senaryosu uyarınca küresel enerji yoğunluğu (GSYH'nin birim başına düşen enerji tüketimi) 2035'e kadar yıllık % 1.8'lik azalma olacağını öngörmektedir.

Şekil 2.6'da Yeni Politikalar Senaryosu'na göre 450 senaryosunda, gerçekleşmesi beklenen emisyon azaltımının OECD ülkelerinde %42'si ve OECD dışı ülkelerde %54'ü enerji verimliliğinden gelecektir. OECD ülkelerinin yüzdesinin düşük olmasının en önemli sebebi, gelişmekte olan ülkelerde enerjiye uygulanan sübvansiyonların enerji verimliliği tedbirlerinin alınmasını engellemesidir. (WEO, 2011: 214)

### Şekil 2.6: Yeni Politikalar Senaryosuna Göre 450 Senaryosunda Dünya CO<sub>2</sub> Emisyon Azaltımları



**Kaynak:** World Energy Outlook 2011: 214

Enerji verimliliği çerçevesinin geliştirilmesi, hem küresel iklim değişikliği taahhütlerinin hem de enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi bakımından uluslararası ve ulusal enerji politikaları her geçen gün daha önem arz etmektedir. Enerji verimliliği AB ve OECD ülkeleri açısından önemli bir politika olup, enerji verimliliği, kaynakların

optimal kullanılması, ekonomik büyümenin hızlanması, yaşam koşulların iyileştirilmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi de önem arz etmektedir.

Avrupa Birliği sera gazı emisyonlarının 1990 yılına göre en az yüzde 20 azaltılması, enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payının yüzde 20 artırılması ve enerji verimliliğinin yüzde 20 artırılması enerji boyutunda diğer hedeflerdir<sup>11</sup>. Sürdürülebilir büyüme önceliğinin altında daha verimli, daha çevreci ve daha rekabetçi bir ekonomi yaratma gayretleri var. Bu yaklaşım AB'nin düşük karbon gayretlerine, çevresel düşüşün engellenmesine, biyolojik çeşitliliğin kaybolmasının önlenmesine ve kaynakların sürdürülebilir kullanımına katkı sağlayacaktır. Böylece ekonomik, sosyal ve çevresel dayanışma desteklenmiş olacaktır.

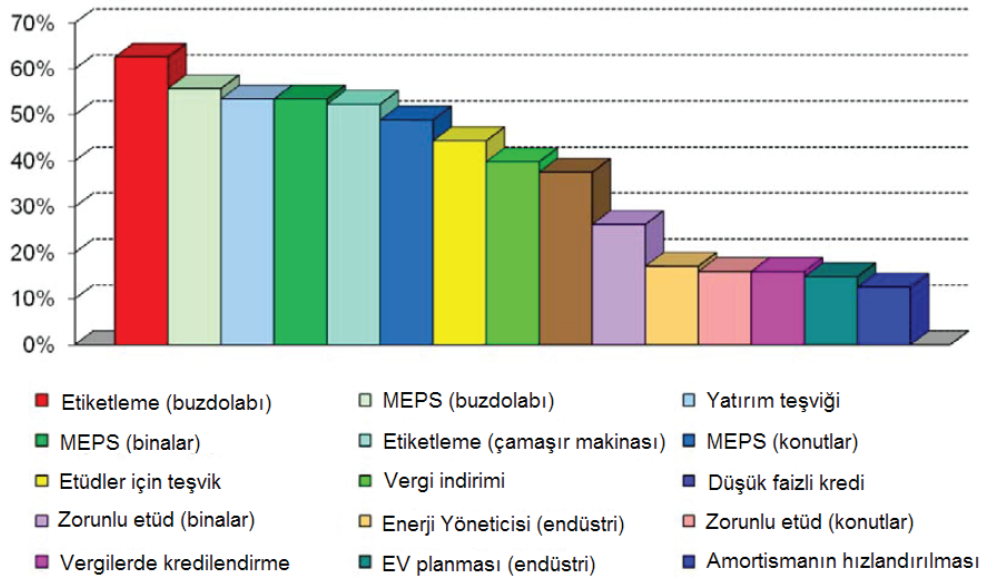
Günümüzde AB toplam enerji tüketiminin %50'sini ithal ederken, 2030 yılında bu ithalatı %65'e yaklaşacağı varsayılmaktadır. Ayrıca doğal gaz ithalatının da %57'den 2030 yılında %84'e yükseleceği ve petrol ithalatının %82'den %93'e çıkacağı tahmin edilmektedir.<sup>12</sup> AB enerji verimliliğini arttırmak ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için birtakım güvenlik tedbirleri almıştır. Bu güvenlik tedbirlerine göre 2030 yılında doğal gaz ve petrol ithalatını %20 azaltarak çevre kirlenmesini azaltmak istemektedir.

---

<sup>11</sup> <http://ec.europa.eu> (23)

<sup>12</sup> Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels, 29.05.2013 COM(2013) 350 final.

**Şekil 2.7: Dünyada Enerji Verimliliği Konusunda Alınan Önlemler**



MEPS = Minimum Enerji Performansı Standardı

**Kaynak:** WEC, Energy Efficiency: A Recipe For Success, 2010; TMMOB Enerji Verimliliği Raporu, 2012.

Enerji verimliliği için pek çok alanda değişik programlar uygulanarak farklı tedbirler almak mümkündür. Şekil 2.7’de dünyada enerji verimliliği konusunda alınan önlemler gösterilmektedir. Enerji verimliliği arttırmada kullanılan en etkili yöntemin etiketleme olduğu görülmektedir.

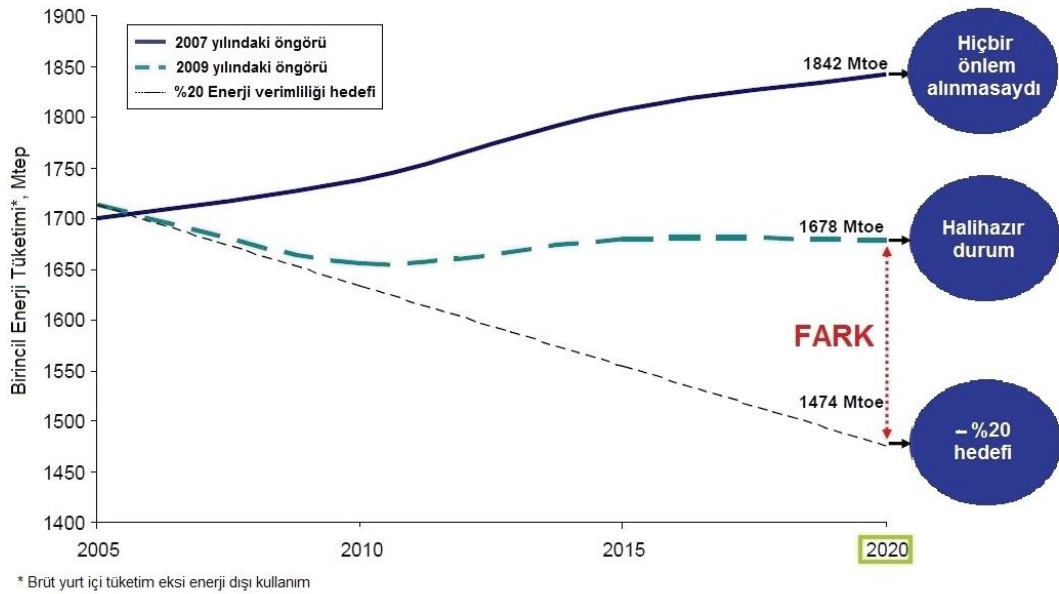
Enerji verimliliğiyle ilgili bugüne kadarki deneyimler göstermektedir ki; en önemli konu devletin [minimum enerji verimliliği (performans) standartları, etiketleme, zorunlu etütler, enerji yöneticisi bulundurma, tüketimlerin bildirilmesi gibi konularda] düzenleme yapmasının yanı sıra, enerji verimliliği uygulamalarını ekonomik ve mali konularda (teşvik, vergi indirimi, düşük faizli kredilerle) desteklemesi ve öncülük etmesidir.<sup>13</sup>

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) enerji verimliliği konusunda diğer ülkelere öncülük eden bir ülke olmuştur. ABD enerji verimliliği konusunda elde ettiği başarıyı yeterli görmeyerek “Vision 2025” isimli bir Ulusal Eylem Planı hazırlamıştır. Bu planda enerji verimliliği ile ilgili birçok madde hazırlayarak diğer ülkelere örnek teşkil etmiştir.

<sup>13</sup> TMMOB, Enerji Verimliliği Raporu, Ocak 2012

Enerji verimliliğinin artması uluslararası enerji tüketimini azaltmaktadır. Enerji tüketiminin azalması ise uluslar arası CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltacaktır (Herring , 2006:10). Enerji verimliliğinin geliştirilmesi yönünde AB komisyonu tarafından 2005 yılında “Yeşil Kitap” (Green Paper) yayınlanmıştır. Bu kitapta enerji politikalarına, enerji verimliliğinin geliştirilmesine ve binaların enerji performansların geliştirilmesi üzerinde durulmuştur.

**Şekil 2.8: Avrupa Birliği’nin Enerji Verimliliği Hedefleri** <sup>14</sup>



**Kaynak:** TMMOB Enerji Verimliliği Raporu, 2012.

AB ülkelerinde 2020’ye kadar sera gazlarında %20 düşüş sağlanması, enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların oranının %20’ye artırılması, enerji tüketiminde; 1990 tüketiminin %20 altına inilmesi hedeflenmişken, Şekil 2.8’de görüleceği üzere enerji tüketimi yönünden hedefin tutturulamayacağı (hesaplanan oran %9–10) belirlenmiştir.<sup>15</sup>

### 2.1.3. Karbon Yakalama ve Depolama (CCS - Carbon Capture and Storage)

Gelişen teknoloji, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının yok edilmesi sistemleri üzerinde çalışmaktadır. Bu bağlamda en kapsamlı teknikler arasında karbon tutma ve depolama (CCS - carbon capture and storage) kullanılmaktadır. Fosil yakıt kaynaklı termik santraller tarafından salınan karbondioksitin tutulmasında kullanılması

<sup>14</sup>EC, “A new Directive on Energy Efficiency”, 2011

<sup>15</sup> EC, “A new Directive on Energy Efficiency”, 2011



önerilen karbon yakalama ve karbon depolama CCS teknolojisi yeni bir teknolojidir. Ancak şimdilik CCS teknolojisi maliyeti son derece pahalıdır.<sup>16</sup>

Dünyada artan enerji talebi sonucunda fosil yakıt kullanımının artması atmosferde karbondioksit yoğunluğunda önemli artışlara sebep olmaktadır. Bu artış yavaşlama eğilimi göstermektedir. Ancak Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) 2010 ana tahmin senaryosuna göre, enerji talebinin artmasıyla 2008-2035 döneminde CO<sub>2</sub> emisyonu % 21 oranında artış gösterecektir. Bu artışa en önemli katkıyı geliştirmekte olan ülkeler yapacaklardır. Sera gazı emisyonlarındaki bu artış miktarı, küresel iklim değişikliği sıcaklık miktarını 2 °C çıkardığında birçok şey için geç kalınmış olacaktır.<sup>17</sup>

Karbon yakalama ve depolama teknolojisi Avrupa Birliği'nin (AB) 2020 yılı sonrası için gördüğü en etkili karbondioksit azaltım teknolojisi olarak değerlendirilmektedir. Fosil yakıtların yoğun kullanıldığı enerji santrallerine entegre etmek üzere atmosfere salınacak sera gazlarının çeşitli formatlarla depolamayı içermektedir.

CO<sub>2</sub>'nin yeraltı katmanında depolanması konusunda Avrupa Mükemmeliyet Ağı (CO<sub>2</sub>GeoNet) kurulmuştur. Bu ağ, Avrupa Bilimsel Topluluğu Avrupa Komisyonu tarafından 6. Taslak Programı (EC FP6 anlaşması 2004-2009) altında Mükemmeliyet Ağı olarak başlamıştır. CO<sub>2</sub>GeoNet, Avrupa'nın 7 ülkesinden 13 bilimsel kurumundan oluşmaktadır. Bu ülkeler Almanya, Birleşik Krallık, Fransa, Danimarka, Norveç, İtalya ve Hollanda'dır. Avrupa Birliği bu topluluğu Pan-Avrupa'ya hitap etmesi için büyütme kararı almıştır. CGS Europe projesi EC FP/ (2010-2013) tarafından finanse edilen bir çalışmadır. CGS Europe, CO<sub>2</sub>GeoNet Derneği'nin çekirdek yapısı ile 21 araştırma kurumunu bir araya getirmektedir. Bu proje (CGS Europe) Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 28 Avrupa ülkesini (24 Üye Devlet ve 4 Ortak Ülke) bir araya getirmektedir. CGS Europe'nin amacı, birçok bilim adamının bir araya geldiği havuzda, CO<sub>2</sub>'nin yeraltı katmanları arasında depolanması konusunda bilimsel bilgiler sağlamaktır.<sup>18</sup>

IPCC 3. Değerlendirme Raporu (TAR), hiçbir teknoloji seçeneğinin tek başına stabilizasyon sağlamak için gerekli emisyon indirgemelerinin tümünü başaramayacağını, yine de önlem amacıyla tedbirlerin gerektiğini belirtmektedir.

<sup>16</sup> Daha ayrıntılı bilgi için bakınız <http://www.fmo.org.tr> (13)

<sup>17</sup> <http://www.wri.org> (14)

<sup>18</sup> <http://www.co2geonet.com> (15)

### 2.1.3.1. Karbon Yakalama ve Depolama Nedir?

CO<sub>2</sub>'nin endüstriyel veya enerji ile ilgili kaynaklardan ayrılmasından, depolama yerine taşınmasından ve atmosferden uzun süreli olarak izolasyonundan oluşan sürece denir. CO<sub>2</sub> eski petrol ve gaz sahalarında, ticari olmayan kömür sahalarında ve tuz akiferlerinde<sup>19</sup> yer altında depolanabilir. Ayrıca okyanusa enjekte edilebilir. Aynı zamanda karbon yakalama ve coğrafi depolama (CCGS) olarak da bilinmektedir.<sup>20</sup>

Aynı zamanda karbondioksit yakalama ve depolaması, karbondioksitin endüstriden ve enerjiye ilişkin kaynaklardan alınarak depo bölgesine ve atmosferden uzun vadede ayırma işlemini içeren bir uygulamadır<sup>21</sup>.

Küresel iklim değişikliği mücadelesi kapsamında karbon emisyonlarının yakalanması, tutulması ve depolanması teknolojileri konularında bilimsel çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu teknolojik gelişmelerle karbondioksiti yakalayıp depolamak ve muhafaza etmek mümkün hale gelmiştir. Bu gelişmelerle sera gazı emisyonlarının azaltılması ve küresel ısınmanın yavaşlatılması mümkün hale gelebilmektedir.

Bütün fosil yakıtlar karbon içermektedir. Yakıtın yanması sırasında karbon oksijenle birleşerek CO<sub>2</sub> oluşturur. Karbonun yanma işleminden önce veya sonra bileşenlerine ayırmak, elektrik santrallerinde olduğu gibi, CO<sub>2</sub>'in atmosfere yayılımını önler. Bunun sonucunda CO<sub>2</sub> gazı tutulur ve uygun yeraltı depolama rezervlerine taşınır. Bu rezervler terk edilmiş petrol ve gaz sahaları, kömür yatakları veya akiferlerden oluşur.

### 2.1.3.2. CO<sub>2</sub> Neden Tutulur ve Depolanır?

Küresel ısınmanın temel sebebinin insan kaynaklı (antropojenik) olduğu binlerce bilim adamı tarafından ortaya konmaktadır. Her geçen gün de bu kanıtlar artarak devam etmektedir. Sanayi faaliyetlerinden en çok kullanılan fosil yakıtların devamlı artan tüketimi sonucu atmosfere yayılan CO<sub>2</sub> gazı küresel ısınmanın temel sebebidir. 1997'de Kyoto Protokolü'nde karbondioksit yoğunluğunun sabitlenmesi ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının bugünküne kıyasla % 50 oranında azaltılması gerekliliği vurgulanmaktadır. Ayrıca 1997 yılı Kyoto Protokolü'nde 2012 yılında salınan CO<sub>2</sub> miktarı 1990 yılındakine kıyasla

<sup>19</sup> Suyun çok uzak mesafelere gitmesini sağlayan, yer altı sularını pınarlara ve kuyulara ileten gözenekli toprak ya da jeolojik oluşum.

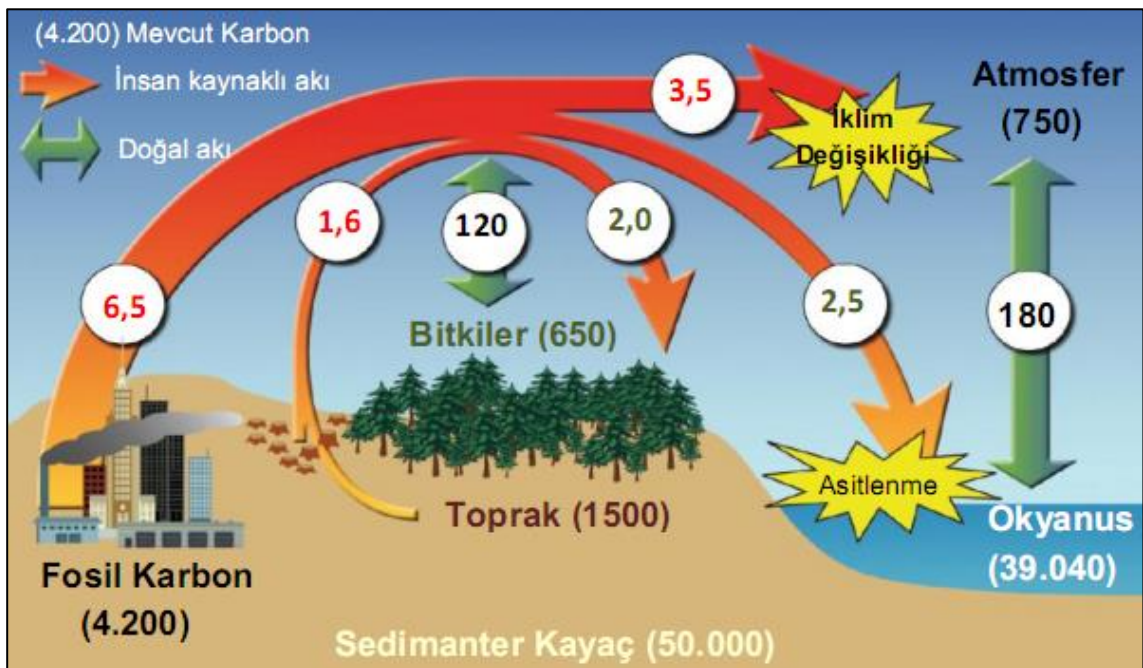
<sup>20</sup> İklim Değişikliği Karbon Proje ve Piyasası Terimler Sözlüğü

<sup>21</sup> IPCC Özel Raporu <http://www.ipcc.ch> (17)

daha düşük bir emisyon salma kararı alındı. Gerekli azaltımlar 3 farklı ölçüm metoduyla incelenebilir:<sup>22</sup>

- Enerji verimliliği artışları ve enerji talebindeki azalış
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı
- Açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazının tutulması ve depolanması

**Şekil 2.9: 1997 Yılında, Yeryüzü ve Atmosfer Arasındaki CO<sub>2</sub> Akısı (milyar ton karbon/yıl)**



Kaynak: <http://www.co2geonet.com> (15)

Şekil 2.9'da insanların faaliyetlerine bağlı olan küresel CO<sub>2</sub> emisyonu yıllık 30 milyar tona çıkmıştır. Bu miktarın, 6,5 milyar tonu fosil yakıtların yanmasından ve 1,6 milyar tonu ağaçların yok edilmesi ve tarımsal uygulamalardan oluşan 8,1 milyar ton karbona karşılık gelmektedir. Geçtiğimiz 250 yıl içinde, enerji üretimi, ısınma, sanayi, ulaşım için hızla artan fosil yakıtlar, atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunu arttırmıştır. İnsan kaynaklı olan bu artışın yarısı bitkiler tarafından emilmiş ve okyanuslarda çözülmüştür. Okyanuslardaki çözünme asitlenmeye ve okyanuslarda yaşayan canlı ve bitki türlerine zarar vermiştir. Sanayi öncesine göre % 38 artış gösteren atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu bugün 387 ppm iken bu değer gelecek yıllarda 450

<sup>22</sup> <http://www.eie.gov.tr> (16)

ppm'e yükselmesi tahmin edilmektedir. Bilim adamları bu artışı engellemek için köklü çözümler önermektedirler.<sup>23</sup>

### 2.1.3.3. CO<sub>2</sub> Gazı Nerede ve Nasıl Depolanır?

CO<sub>2</sub> emisyonlarının çoğunu fosil yakıtları ya da biokütle enerji işlemleri, yüksek CO<sub>2</sub> emisyonlu endüstriler, doğal gaz üretimi, sentetik yakıt enstitüleri ve fosil yakıt bazlı hidrojen üretim işletmeleri gerçekleştirir. Bu CO<sub>2</sub> salımlarının teknik depolama metotları, jeopolitik depolama (petrol ve gaz arazileri ile işletilmeyen kömür yatakları ve derin tuz formasyonları gibi jeopolitik formasyonlar), okyanusal depolama (okyanusta su sütununa yada derin deniz zeminine direkt olarak bırakma) ile CO<sub>2</sub>'in inorganik karbonatlar içinde işleyimsel yerleşimidir.<sup>24</sup>

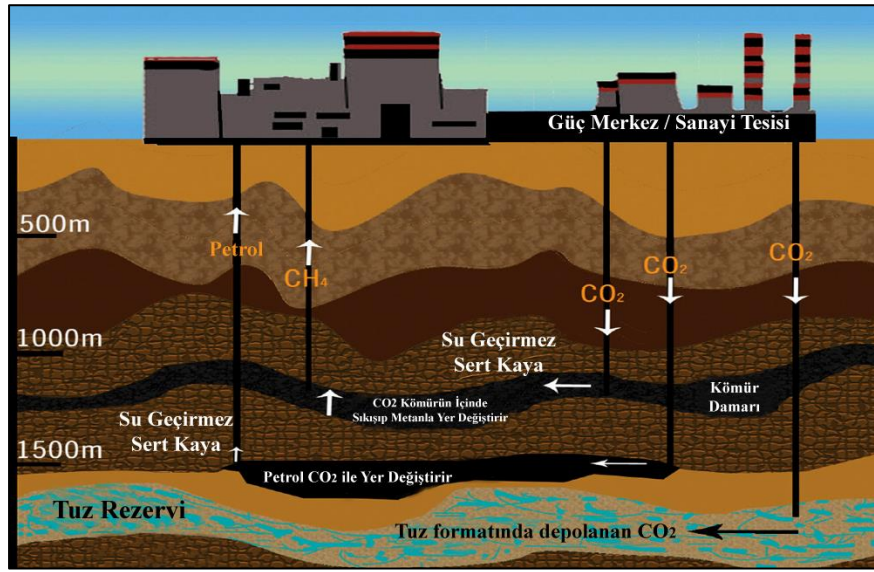
İnsan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının büyük bir çoğunluğu elektrik santralleri, rafineriler, gaz işletme tesisleri ve endüstriyel fabrikalar gibi büyük tesislerde gerçekleşir. Bu tesislerin çoğunda, çıkan egsoz dumanı seyreltilmiş CO<sub>2</sub> içerir. CO<sub>2</sub>'yi diğer gazlardan ayırmanın iki yöntemi vardır. Birinci yöntem diğer gazların içinden ayırmaktır. İkinci yöntem ise karbonu yanmadan önce sistemden uzaklaştırmaktır. CO<sub>2</sub> yakalanması, CO<sub>2</sub>'yi diğer gazlardan ayırıştırır farklı endüstri sektörlerinde bilinen bir teknolojidir.

Dünyadaki birçok ülkede bilim adamları yeni teknikler üzerinde çalışarak, mevcut durumdaki teknolojiyi geliştirerek düşük maliyet ve enerji tüketimini sağlayacak yenilikler gerçekleştirmektedirler.

<sup>23</sup> <http://www.eie.gov.tr> (16)

<sup>24</sup> IPCC Özel Raporu <http://www.ipcc.ch> (17)

**Şekil 2.10: Karbon Yakalama ve Depolama Akış Şeması**



Kaynak: wri.org (18)

Dünyanın önde gelen bilim adamları, küresel iklim değişikliğinin tehlikeli etkilerine maruz kalmamak için sera gazı emisyonlarını % 60-80 arasında düşürülmesi gerektiğini savunmaktadır. İklim değişikliği toplantıları sera gazı emisyonlarının tablosunun görülmesi açısından önem arz etmektedir.

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi CCS, CO<sub>2</sub>'in büyük sanayi tesislerinden ve güç santrallerinden alınarak, yerin derinliklerinde uzun dönem depolanması ve uygun yerlere taşınması işlemlerini kapsar. CCS, bize aynı zamanda yenilenebilir enerji kapasitesini genişletmek ve enerji verimliliğini artırmada, elektrik üretiminden elde edilen karbon emisyonlarını azaltmak için farklı bir seçenek sunmaktadır.<sup>25</sup>

Sanayi devriminden sonra artan CO<sub>2</sub> yoğunluğu atmosferde belirli bir konsantrasyona ulaştığından, ortaya çıkan CO<sub>2</sub> gazının büyük miktarı depolanmak zorundadır. CO<sub>2</sub> boşaltılmış petrol ve doğal gaz rezervleri, derin tuzlu akiferler ve kazılamaz kömür tabakaları gibi jeolojik yapılarda depolanabilir. Ayrıca, CO<sub>2</sub> mineral formunda da katılaştırılabilir. Jeolojik formasyonlar çok iyi depolama kapasitesi sağlar. Yüksek kapasiteli depolama oranları olsa da insan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun belirli bir kısmı depolanabilir.

CO<sub>2</sub> aşağıda sıralanmış olan yöntemler ile depolanır<sup>26</sup>;

<sup>25</sup> wri.org (18)

<sup>26</sup> <http://www.eie.gov.tr> (16)

- Petrol kuyularında üretim verimini artırma (Enhanced oil recovery-EOR) Bu yöntem Türkiye de dahil uzun yıllardır petrol üretiminde uygulanmaktadır.
- Doğalgaz kuyularında üretim verimini artırma (Enhanced gas recovery-EGR)
- Tükenmiş petrol ve doğalgaz kuyuları
- Tuz oluşumlarına depolama
- Kömür yataklarında metan çıkışının artırılması(Enhanced Coal Bed Methane Recovery – ECBM)
- Okyanuslara depolama

Petrol ve gaz rezervleri yüzyıllardır kullanıldıkları için, boşalan alanlara CO<sub>2</sub> enjeksiyonu (Şekil 2.10) güvenilir bir depolama biçimidir. Derin tuzlu akifler tuzlu su barındırdıklarından depolama kapasiteleri yüksektir. Günümüzde karbon yakalama maliyeti (1 ton CO<sub>2</sub> 25-60 €), karbon taşıma maliyetinden (1 ton CO<sub>2</sub> 1-4 €) yüksektir. Depolama maliyetleri ise ağırlıkla basımın yapılacağı rezervuarın çeşidine bağlıdır. Akiferler’de ve tüketilmiş petrol ve gaz rezervuarlarında, maliyet 1 ton CO<sub>2</sub> başına 10 ila 20 € arasındadır. CO<sub>2</sub> basımında ilave petrol ve gaz üretimi varsa, 1 ton CO<sub>2</sub> başına maliyet 10 € altına düşebilir.<sup>27</sup>

#### 2.1.3.4. Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojileri

IPCC’nin (TAR) özel raporuna göre<sup>28</sup> farklı tipte CO<sub>2</sub> tutma sistemleri mevcuttur. Yakma sonrası (post-combustion), yakma öncesi (pre-combustion) ve oxy yakıt yakma (oxy fuel combustion). Gaz akımındaki CO<sub>2</sub> yoğunluğunu, gaz akımının basıncı ve yakıt türü (katı veya) belirler. Santrallerdeki yakma sonrası tutma ekonomik olarak daha uygundur. Bu yöntem daha çok elektrik santrallerinin baca gazlarından elde edilen CO<sub>2</sub> tutumu için kullanışlıdır. Yakma öncesi tutma ekonomik olarak daha pahalıdır. Gaz akımında daha yüksek CO<sub>2</sub> yoğunluğunu ve yüksek basıncı kolayca ayırıştırır. Oxy yakıt yakma ise henüz deneme aşamasındadır ve yüksek saf oksijen kullanılır.

Yakma sonra CCS teknolojileri amin bazlı kimyasal solventler kullanılarak atık gazdan çıkan CO<sub>2</sub>’yi yakalama ilkesine dayanır. Örnek olarak ABD Warrior Run Enerji

<sup>27</sup> <http://www.eie.gov.tr> (16)

<sup>28</sup> IPCC Özel Raporu <http://www.ipcc.ch> (17)

Tesisi bu yöntemle çalışan bir kuruluştur. Yakma öncesi CCS teknolojilerine Hollanda'daki Gazlaştırma IGCC Tesisi iyi bir örnektir. Bu tesis kömürü oksijence zengin yakarak, saf CO<sub>2</sub> elde etme prensibine dayanır. Kaliforniya'daki 5MW CES Tesisi Oxy yakıt yakma teknolojisine dayanır. Bu teknolojiler, son zamanlarda, akademik araştırmalar içerisinde en popüler olanlardır. Yapılan çok çeşitli araştırmalar arasında en çok göze çarpan ise, biokütle ve kömürü harmanlayarak kullanan enerji üretim tesisleri üzerindeki çalışmalardır; gene bu araştırmalarda kömür kullanımı korkunç düzeyde olan Çin, en çok mercek altına alınan ülkelerdendir.<sup>29</sup>

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre<sup>30</sup> karbon yakalama ve depolama tek bir teknoloji olmayıp, karbon tutma, sıkıştırma, taşıma ve depolama gibi çeşitli işlemleri kapsayan bir dizi teknolojinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Fosil yakıt kullanılarak elektrik üretim tesisleri, rafineriler, hidrojen üretim tesisleri, çimento, demir-çelik, petro-kimya endüstrileri gibi alanlarda uygulanabilmektedirler. Kömür, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtlar kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Fosil kaynaklı elektrik santralleri, demir çelik, çimento, alüminyum gibi ağır sanayi tesisleri, hava, deniz taşıtları ve kara nakil araçları, ev ve iş yerleri ısınma, soğutma ve diğer enerji gereksinimleri büyük oranlarda küresel fosil yakıt yakılması suretiyle karşılanmaktadır.

CO<sub>2</sub> tutma işlemleri, baca gazından CO<sub>2</sub>'in ayrıştırılması, sıkıştırılması, kurutulması, taşınması ve depolanmasından ibarettir. Elektrik enerjisi üretimi için karbon tutma başlıca, yanma sonrası, yanma öncesi ve oxy-yakıt yakma teknolojileri kullanılmaktadır.

Oxy-yakıt yakma yönteminde, yakıtın yakılmasında hava yerine oksijen kullanılır. Bu nedenle, hava ayrıştırma ünitesi bulunmaktadır. Baca gazında su buharı sıkıştırılarak ve soğutularak ayrılır. Baca gazındaki kirletici emisyonlar arıtılır. Geride kalan CO<sub>2</sub> sıkıştırılarak depolanmaya hazır hale getirilir. Hava ayrıştığından ve yanma öncesinde azot ayrıldığından dolayı azot oksitler için arıtma sistemi gerektirmez.

Dünyanın en büyük gelişmiş karbon yakalama testi merkezi Norveç'in Mongstad kentinde bulunmaktadır. Norveç Hükümeti ve Norveç Devlet Şirketi Statoil bu projeye 2006 yılında başlatmış, 2012 yılında tamamlamıştır. Mongstad'taki karbon

<sup>29</sup> <http://www.globalccsinstitute.com> (19)

<sup>30</sup> <http://www.eie.gov.tr> (20)

yakalama projesi (CO<sub>2</sub> Capture Mongstad , CCM) Norveç'e 1 milyar dolara mal olmuştur. Shell yöneticisi Andy Brown CCM tesisin açılışında "Bu merkez sayesinde atık gazlarda ve rafineri atıklarında bulunan karbondioksit gazını ucuza ve etkili bir biçimde nasıl yakalayabileceğimizi bulacağız" ifade etmiştir.<sup>31</sup>

Norveç Hükümeti, Mongstad şehrinde kurulan yeni tesiste (CCM) yapılacak araştırmalar sayesinde, karbon kontrolü bulunan santrallerin verimliliğini % 54 civarında tutabilmeyi hedeflemektedir. CCM tesisi sıvı bazlı teknolojilerin de test edilebileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca Bu yeni tesis yeni teknolojiler kullanmak isteyen tüm santraller ve fabrikalar için deneyler yapma potansiyeline sahip olduğu vurgulanmaktadır.<sup>32</sup>

Uluslararası Enerji Ajansı Norveç'teki dünyanın en büyük karbon yakalama ve depolama tesisi için, burada edinilecek bilgilerin küresel ısınma ile savaşta önemli adımlar atılmasını sağlayacağını belirtmiştir. Norveç doğaya bırakılan karbon miktarının vergiye bağlanması kararının ardından dünyanın en gelişmiş karbon yakalama projesini bitirerek küresel ısınmaya karşı mücadelede dünyanın en duyarlı ülkeleri arasındadır.

#### **2.1.4. Karbon Yutakları**

Karbon yutakları, karbon emisyonlarını absorbe eden yutaklardır. Bu yutaklar, okyanus, orman ve toprak gibi karbon emisyonlarını absorbe eden mekanizmalardır. Fosil yakıtlar kullanılmadan önce dünyada doğal bir karbon döngüsü mevcut olup yeryüzünde değişik şekillerde meydana gelen karbon emisyonları, okyanus, orman ve toprakla doğal bir şekilde absorbe ediliyordu. Son yüzyılda fosil yakıtların enerji üretimi için kullanılmaya başlamasıyla mevcut yutaklar karbon emisyonlarını absorbe etmeye yetmemektedir.

İnsanoğlu her yıl (insan kaynaklı) 3.2 milyar ton (Gt) karbonu atmosfere bocalamaktadır. Bocalanan bu karbon emisyonlarındaki en büyük payı, enerji üretimi için fosil yakıt kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Son 150 yıl içerisinde fosil yakıt kullanılması ve çimento üretiminden 265 Gt, arazi kullanım değişikliğinden 124 Gt olmak üzere toplam 389 Gt karbon atmosfere salınmıştır. Bunun 214 Gt'si kara eko-

<sup>31</sup> <http://www.bbc.co.uk> (21)

<sup>32</sup> <http://www.alstom.com> (22)



sistemleri ve okyanuslar tarafından geri alınmış, atmosferde 175 Gt karbon fazlalığı ortaya çıkmıştır (Anonim, 2001; 2).

Okyanuslar çok büyük ve önemli karbon yutaklarıdır. Karbon yutağı olma özelliğini iki şekilde yerine getirirler. Birincisi biyolojik olmayan bir süreçle CO<sub>2</sub> okyanusta çözülmüş halde bulunur ve okyanusun diplerine kadar taşınır. İkincisi CO<sub>2</sub> biyolojik işlemlerle okyanusun katmanlarına organik madde taşımacılığı yapar.<sup>33</sup> Ayrıca okyanuslar atmosferle birlikte işbirliği yapan büyük karbon yutaklarıdır.

Ormanlar hem atmosfere bırakılan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında, hem de atmosferden sera gazı emme yoluyla karbon yutağı oluşturulmasında önemli roller oynamaktadır. Tortul kayalar dışında, karalarda tutulan karbonun yaklaşık % 67'si orman ekosistemlerinde depolanmış olarak bulunmaktadır. Bitki örtüsü tarafından tutulan karbonun % 75'i de ormanlarda depolanmıştır. Ayrıca, çok uzun ömürlü odun ürünleri (ahşap binalar, mobilya vb.) çürüyüp yanmadıkları sürece karbon depoları olarak kalmaktadır (Anonim, 2001; 10).

Ormanlar 1 milyar insanın yaşaması için olanak tanırken 100 milyon insanın da geçimini sağlamaktadırlar<sup>34</sup>. Günümüzde 3.87 milyar hektar bir alana sahip olan ormanlar, karaların yaklaşık % 30'unu kaplamasına rağmen, 1990 – 2000 yılları arasında bütün dünyada, yılda ortalama 9.4 milyon hektar orman alanı ortadan kaldırılmıştır. Yani, aynı dönemde, dünya orman alanında, % 2'lik bir azalma meydana gelmiştir. Bu olumsuz gelişmeler sonucunda, bitki örtüsü, toprak ve organik maddelerin karbon dengeleri bozulduğundan, insanoğluna rahmet vesilesi olarak verilen ormanlar, suiistimalimiz yüzünden bir karbondioksit ve felaket kaynağı haline gelmektedir.

Orman bitki örtüsü, odunsu canlı bitkilerin her yıl artması ve dökülen yaprakların toprak karbon deposuna dahil olmasıyla karbon tutmaktadır. Ağaçlar dikildiklerinde, her yıl emdikleri karbondioksitin büyük bir kısmı, gelişen bitki biyokütlesine gitmektedir. Bu durum, ağacın gelişmesinin ilk 30–40 yıllık döneminde yüksek oranda karbon tutulmasına sebep olmaktadır. Orman bitki örtüsü olgunlaştıkça, toprağın organik madde miktarı ve ekosistemdeki toplam solunum (karbondioksit emilmesi) artmaktadır.

---

<sup>33</sup> www.climap.net (25)

<sup>34</sup> www.fao.org (24)

Ormanlar, bir ağaç topluluğu olmanın yanında, milyonlarca yılda yaratılmış toprağıyla, içinde barındırdığı milyarlarca bitki, hayvan ve mikroorganizmayla ve bunların karşılıklı münasebetleriyle bir çevre sistemi ve yaşama birliğidir. İnsan kaynaklı yok edilen bu eko-sistemin tekrar insan eliyle geri getirilmesi son derece zordur. Milyonlarca yıldır, fotosentez, bitki ve topraktaki canlılık faaliyetlerine bağlı olan solunumla, karadaki biyosferle atmosfer arasında sürekli ve dengeli bir karbon akışında hayati hizmet gören ormanlar, dünyanın akciğerleridir.

Doğal ormanlar yaklaşık 3.4 milyar hektar (ha) alan kaplamaktadırlar (FAO, 1990). Küresel ormanların % 52'lik büyük bölümü, tropikal kuşakta bulunmaktadır. Ardından % 30 ile boreal kuşak (50°- 75° enlemleri arası) ve son olarak % 18 ile içinde Türkiye'nin de yer aldığı subtropikal (Akdeniz iklim bölgesi ormanlarını da içerir) ve ılıman kuşak (25°-50° enlemleri arası) ormanları gelmektedir. Bunlara ek olarak, dünya genelinde, ağaç, ağaççık, çalılık ve maki gibi vejetasyon oluşumları ile kaplı alanlar ile orman içi açıklıkları içeren orman özellikleri taşıyan 1.7 milyar hektarlık bir alan bulunmaktadır. Ayrıca dünya genelinde 100 milyon hektar plantasyon mevcuttur (Anonim, 2001; 11).

Son yüzyılda dünyada değişik nedenlerle bir ormansızlaşma ile karbon yutakları tam görevini yapmamaktadır. Karbon depolaması hesaplaması yapılan tüm ülkelerde, yıllık 230 000 ha orman alanı yok olmaktadır (FAO, 1990). Örneğin ABD ormanları birer karbon yutağıdır, ama orman alanında yılda yaklaşık 300 000 ha azalma söz konusudur. Diğer taraftan Çin Halk Cumhuriyeti (PRC), büyük bir orman içi ağaçlandırma programına sahiptir. Buna göre yılda 1,1 milyon hektardan fazla yeni orman kurulmaktadır. Ancak aynı zamanda, doğal ormanlarda bir ormansızlaşma da oluşmaktadır (FAO, 1990). Orman sektörünün korunmasıyla ilgili alınan önlemler aşağıda sıralanmıştır (Anonim, 2001; 89-90).

- (i) Enerji üretimi ve tüketim politikalarında, canlı kütle üretiminin dikkate alınması,
- (ii) Alan ve ağaç türünün saptanması,
- (iii) Araştırma ve uygulama amaçlı ortak projelerin geliştirilmesi,
- (iv) Ulusal canlı kütle potansiyelinin saptanması (orman, çalılık, tarım, atıklar),
- (v) Ulusal ve uluslararası bilgi alışverişi,

- (vi) İlgili tarafların ortak katılımıyla, yakıt olarak yalnız canlı kütle kullanılan örnek bir elektrik enerjisi üretimi işletmesinin kurulması,
- (vii) Kurumsal ve yasal düzenlemeler,
- (viii) Çevreye duyarlı bilgiye ve teknolojilere erişimi ve bunların aktarılması (kamu, özel sektör, üniversite ve enstitüler),
- (ix) Yeşil enerji kavramının benimsenmesi ve yaygınlaştırılması,
- (x) Dış kaynaklı projelerin devreye sokulması,
- (xi) Bir “enerji ormanı fonu” kurulması,
- (xii) Fosil yakıt kullanan enerji kuruluşları ile büyük sanayi işletmeleri ve çimento üreticilerinden enerji ormanlarına yatırım yapmalarının sağlanması ya da üretimleri oranında bu fona katkıda bulunmalarının sağlanması,
- (xiii) Orman Bakanlığı’nın ormanlaştırma ve yeniden ormanlaştırmayı içerecek biçimde ağaçlandırma bütçesinin artırılması.

Yeryüzündeki topraklar, içerdikleri 1550 petagram organik (1 Petagram=1 Milyar ton) ve 750 petagram inorganik karbonla yerküredeki 5 karbon havuzu içinde okyanuslar ve jeolojik-kayaç havuzun ardından üçüncü sırayı alır (Lal 2003). Çok büyük ve değişken bir stok olan topraktaki karbon havuzu, karbon bağlama potansiyeli alan kullanımı ve yönetimine bağlı değişimlerinin belirlenmesi açısından önemli bir stratejidir. İnsanoğlu temiz bir yaşam için karbon emisyonlarını azaltmakta kullanacağı bu strateji özellikle tarım alanlarıdır.

IPCC, (2001c) raporuna göre tarımın insan kaynaklı sera gazı emisyonuna katkısı % 20’nin üzerindedir. Bunlar: (i) Çiftliklerde kullanılan fosil yakıtlardan ve esas olarak ormansızlaştırma ve tarımsal üretim ile toprak işleme tekniklerindeki dönüşümlerden kaynaklanan CO<sub>2</sub> (toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 21-25’ini oluşturuyor). (ii) Çeltik tarlalarından, arazi kullanımı değişikliklerinden, biyo-kütle yanmasından, mide fermantasyonundan ve hayvansal atıklardan kaynaklanan CH<sub>4</sub>(toplam CH<sub>4</sub>’ün % 55-60’ını karşılıyor). (iii) Esas olarak işlenen tarım topraklarında kullanılan azotlu gübrelerden ve hayvansal atıklardan kaynaklanan N<sub>2</sub>O (toplam N<sub>2</sub>O emisyonlarının % 65-80’ini karşılıyor), (Türkeş, 2003: 14).

## 2.2. ARAÇLAR

1980'li yılların sonlarından başlayarak, insanın iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini ve baskısını azaltmak için, Birleşmiş Milletlerin ve uluslararası kuruluşların öncülüğünde çalışmalar yapılmıştır. Bu küresel etkinliğin sonucunda, geniş bir katılımıla İDÇS ve Kyoto Protokolü (KP) oluşturulmuştur. İDÇS ve KP, bir yandan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarını sınırlandırmaya ve azaltmaya yönelik yasal düzenlemeler getirirken, bir yandan da, uluslararası ticaret, teknoloji ve sermaye hareketleri konusunda giderek etkin olmaya başlamıştır.

Birleşmiş Milletler Çevre programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Organizasyonunun (WMO) oluşturduğu uluslar arası bilimsel bir kuruluş olan; Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli olan IPCC (International Panel on Climate Change) iklim değişikliği konusunda karar vericilerin objektif bilgi kaynağı olmak üzere 1988 yılında kurulmuştur (ÇOB, 2008: 4). İklim değişikliği konusunda atılacak adımların etkinleştirilmesi anlamında 1997 yılında Kyoto Protokolü kabul edilmiş ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir.

Kyoto Protokolü iklim değişikliği ile mücadelede uygulanabilecek önemli bir aracı tüm dünyaya tanıtmıştır. Piyasa temelli esneklik mekanizması olan emisyon ticaretinin gelişmiş olan ülkelerin emisyon azaltımı çabalarında anahtar rol oynamaktadır. Protokol'de belirlenen hedeflere ulaşmak için piyasa ekonomisi ilkelerine göre geliştirilen esneklik mekanizmaları ve yükümlülükler uyulması halinde geliştirilen yaptırım sistemi, Kyoto Protokolü'nü diğer çevre sözleşmelerinden farklı kılan en önemli özelliklerden bir tanesidir (ÇOB, 2008: 5).

### 2.2.1. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları

Kyoto Protokolü, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadele vermek amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) içinde imzalanmıştır (Narin, 2013: 5). 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde imzalanan ve 2005 yılında Rusya'nın anlaşmayı onaylamasıyla 191 ülke ve Avrupa Birliği taraf olmuştur (UNFCCC, 2013). BMİDÇS yürürlüğe girmesinden bu yana, sözleşmeyi onaylayan ve müzakere niyetinde bulunan ülkeler, iklim değişikliği sorunun çözülmesi için her yıl Aralık ayında bir araya gelmektedirler. Taraflar Konferansı (COP) olarak adlandırılan toplantılar iklim değişikliğine çözüm merci olarak yapılan en önemli adımlardır.

Küresel ısınma sorununun ortaya çıkmasıyla, başlangıçta sera gazı emisyonlarının azaltımında daha çok ekonomik olmayan araçlar kullanılırken, Neoliberal politikaların etkinlik kazanmasıyla piyasa merkezli kalkınma modelleri ve politikalar benimsenerek piyasa tabanlı politikalar olarak adlandırılan iktisadi araçlar kullanılmaya başlanmıştır. İktisadi araçların, maliyet azaltımı açısından etkin olmaları ve yenilenebilir enerji kaynakları ile çevreye zarar vermeyen teknolojilerin yaygınlaşmasını sağlayacak şekilde kullanılmaları durumunda, diğer politikalara göre daha etkili sonuç vermeleri mümkün olacaktır (Çabuk, 2011: 4).

Kyoto Protokolü ile birlikte ülkelerin gündemine giren piyasa temelli esneklik mekanizmaları, (emisyon ticareti ve karbon vergisi) emisyon yükümlülüğü olan ve sonraki yıllarda yükümlülük alacak olan tüm ülkeler için sera gazı emisyonları azaltımında önemli birer araçtır. Emisyon azaltımında uygulanacak politikaların işsizlik, ithalat, ihracat vb. gibi bir çok makroekonomik değişken üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak etkisi olacağı muhakkaktır. Ülkeler bir taraftan sera gazı azaltım hedeflerini tutturmak diğer taraftan da sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmek için uygulayacağı emisyon azaltım politikalarının etkilerini öngörebilmeleri oldukça önemlidir (Mercan, 2013: 168).

“Yük Paylaşımı” (Burden Sharing) piyasa ve proje temelli esneklik mekanizmalarının yanı sıra dördüncü bir esneklik mekanizması olarak ifade edilmektedir. Türkiye için emisyon azaltımında Eski Sovyet Bloku ülkeleri yerine, AB’nin “Yük Paylaşımı” ilkesini gündeme getirip Portekiz ve Yunanistan’a sağlanan kolaylıkları talep etmesi gerektiği görüşünü savunanlar vardır (Karakaya ve Özçağ, 2003: 26).

Sera gazı üretiminde çok büyük paya sahip olan ABD, Hindistan ve Çin gibi ülkeler kendi ekonomik çıkarlarını göstererek sera gazı azaltım hedefi koymamaktadırlar. 2004 yılında kişi başına karbondioksit emisyonu (ton) dünya ortalaması 4.2 iken ABD’de 20.2, Hindistan’da 1, Çin’de 3.6 tondur.

Kyoto protokolü, ülkelerin ortak ancak farklı sorumlulukları, ulusal ve bölgesel kalkınma öncelikleri, amaçları ve özel koşulları göz önünde bulundurarak, öncelikli olarak gelişmiş (sanayileşmiş) ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmaları yönünde yükümlülükler getirmektedir (Narin, 2013: 5). BMİDÇS’ye göre düzenlenen Ek-1

listesindeki gelişmiş ülkeler, Kyoto Protokolü Ek-B listesinde belirlenen emisyon sınırlamalarına uymayı taahhüt etmiştir. Bağlayıcı hedefleri olan ülkeler, dünya karbon emisyonlarının %45'ini temsil etmektedir (UNFCCC, 2013). BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'ne göre ülkelerin sınıflandırılması Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1: BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'nde Resmi Ülke Sınıflandırmaları**

Belge	İsim	Tanım	Taraflar	Temel Konu
BMİDÇS	Ek-I	Gelişmiş Ülkeler ve Ek-I'de yer alan Diğer Taraflar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 Üyeli Avrupa Birliği</li> <li>• 1990 tarihinde OECD üyesi olan ve AB Dışında Kalan Ülkeler</li> <li>• Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri (Rusya ve Ukrayna Dahil)</li> </ul>	Tarihsel Sorumluluk (Sanayileşmiş Ülkeler)
	Ek-II	Gelişmiş Ülkeler ve Ek-II'deki diğer Gelişmiş Taraflar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 Üyeli Avrupa Birliği</li> <li>• 1990 tarihinde OECD üyesi olan ve AB Dışında Kalan Ülkeler</li> </ul>	Mali Sorumluluk (Zengin Ülkeler)
KP	Ek-B	Sayıllaştırılmış Emisyon Azaltım Sınırlama ya da Azaltım Yükümlülüğü (2008-2012 arasındaki salımların 1990 yılına göre %si)	Türkiye ve Belarus dışındaki BMİDÇS Ek-I Listesi (Türkiye ve Belarus KP'nin kabul edildiği tarihte BMİDÇS'ye taraf değillerdi. Belarus, 2006 yılında alınan 10/CMP2 numaralı kararla Ek-B Listesine dahil edildi ancak bu karar henüz yürürlüğe girmedir.)	Kyoto Protokolü'nün 1. Döneminde sera gazı emisyonlarını azaltma ya da sınırlama yükümlülüğü olan ülkeler

**Kaynak:** ÇOB, 2008: 7

Kyoto Protokolü, hükümlerinin yer aldığı maddelere ilave olarak iki ek liste içermektedir. Ek listeler, sınırlanan sera gazları ve kaynaklandığı sektörlerin yer aldığı Ek-A listesi ile ülke bazında 1990 yılına oranla sayısal emisyon azaltım hedeflerinin yer aldığı Ek-B listesinden oluşmaktadır (UNFCCC, 2001).

Sözleşmenin EK-I listesinde yer alan taraf ülkeleri ise Ek-B ülkelerini oluşmaktadır. Ancak, Sözleşmenin EK-I listesinde yer alan Türkiye ve Beyaz Rusya, Protokolün EK-B listesinde bulunmamaktadır. Ayrıca, Beyaz Rusya, protokolün EK-B listesinde yer almak üzere müzakerelere başlamıştır (UNFCCC, 2001).

KP'nin hedefi, Ek-B Listesi'nde yer alan ülkelerin sera gazı emisyonlarının toplamını, 2008-2012 yılları arasındaki birinci taahhüt döneminde, 1990 yılındaki seviyenin % 5 altına düşürmektir. Bu genel hedefe ulaşmak için anılan ülkeler, müzakereler sonucunda farklı oranlarda azaltım yükümlülükleri almışlardır (UNFCCC, 2001).

Sanayi devriminden sonra özellikle sanayileşen ülkelerin fosil yakıtları kullanarak enerji ihtiyaçlarını karşılaması çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur.

KP'ye göre sera gazı emisyonlarını azaltmak için sorumluluk alma gerekliliği bağlamında ülkeler üç farklı grupta toplanmıştır (Şekil 2.11).

Ek-I Ülkeleri: Bu gruptaki ülkeler<sup>35</sup>, sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak, sera gazı yutaklarını korumak, geliştirmek ve iklim değişikliğini önlemek için aldıkları önlemleri izleyecekleri politikalarla sera gazı emisyonlarını ilgili verileri iletmekle yükümlüdürler. Bu grup iki ülke kümesinden oluşmaktadır. Birinci grupta 1992 yılı itibarıyla OECD üyesi olan ülkeler (bunların içinde Türkiye de vardır) ve AB, ikinci grupta ise Pazar Ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler yer almaktadır. Bu grupta halen toplam 42 ülke ve AB bulunmaktadır.

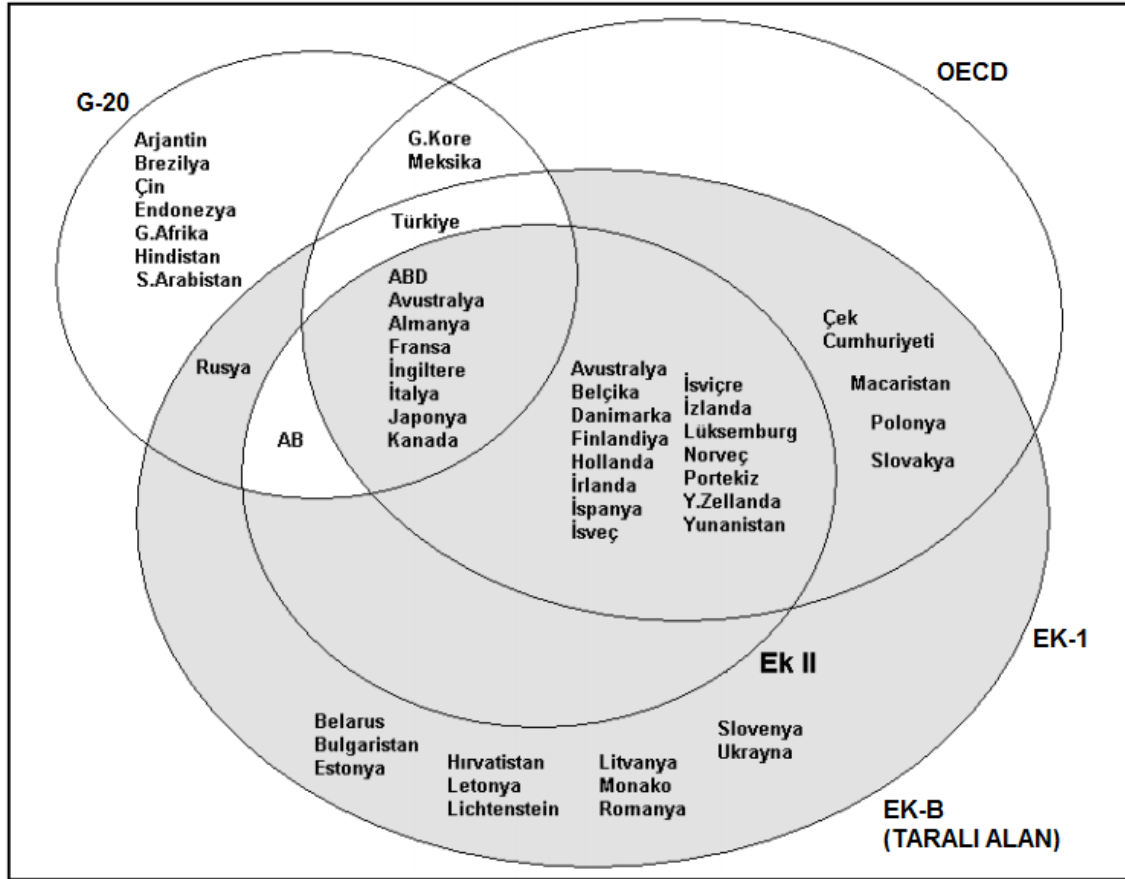
Ek-II Ülkeleri: Bu gruptaki ülkeler<sup>36</sup>, birinci grupta üstlendikleri yükümlülüklerle ilaveten çevreye uyumlu teknolojilerin özellikle gelişme yolundaki taraf ülkelere aktarılması veya bu teknolojilere erişimin teşvik edilmesi, kolaylaştırılması ve finanse edilmesi hususlarında her türlü adımı atmakla sorumlu kılınmışlardır. Bu grupta 23 ülke ve AB yer almaktadır.

---

<sup>35</sup> Ek 1 ülkeleri; ABD, Almanya, AB-15, Avustralya, Avusturya, Belçika, Beyaz Rusya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, Hırvatistan, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Letonya, Liechtenstein, Litvanya, Lüksemburg, Kanada, Macaristan, Malta, Monako, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya Federasyonu, Slovenya, Slovakya, Ukrayna, Yeni Zelanda, Yunanistan, Türkiye (Özel şartlı Ek 1 ülkesi).

<sup>36</sup> Ek 2 ülkeleri; Almanya, ABD, AB-15, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksemburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.

Şekil 2.11: BMİDÇS'ye Göre Ülkelerin Sınıflandırılması

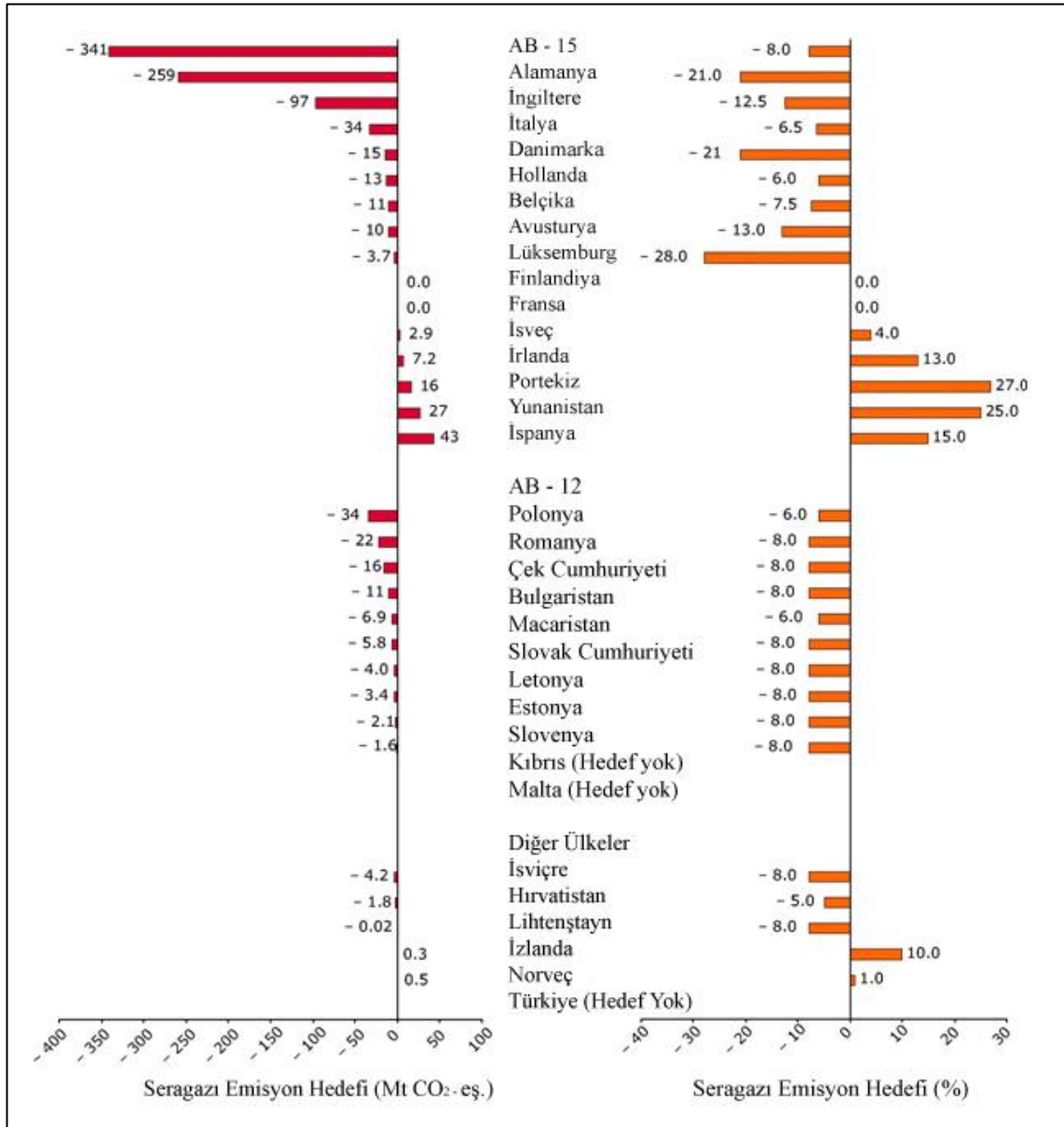


Kaynak: DSİ, İklim Değişikliği Birimi, 2011: 4 ve Mercan, 2013: 76.

**Ek Dışı Ülkeler:** Bu ülkeler, sera gazı emisyonlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını korumaya teşvik edilmekte, ancak belirli bir yükümlülük altına alınmamaktadırlar. Bu grupta halen 153 ülke bulunmaktadır.



**Şekil 2.12: Kyoto Protokolü Çerçevesinde Avrupa Ülkelerinin 2000 Baz Yılına Göre Sera Gazı Azaltım Hedefleri (2008-2012)**

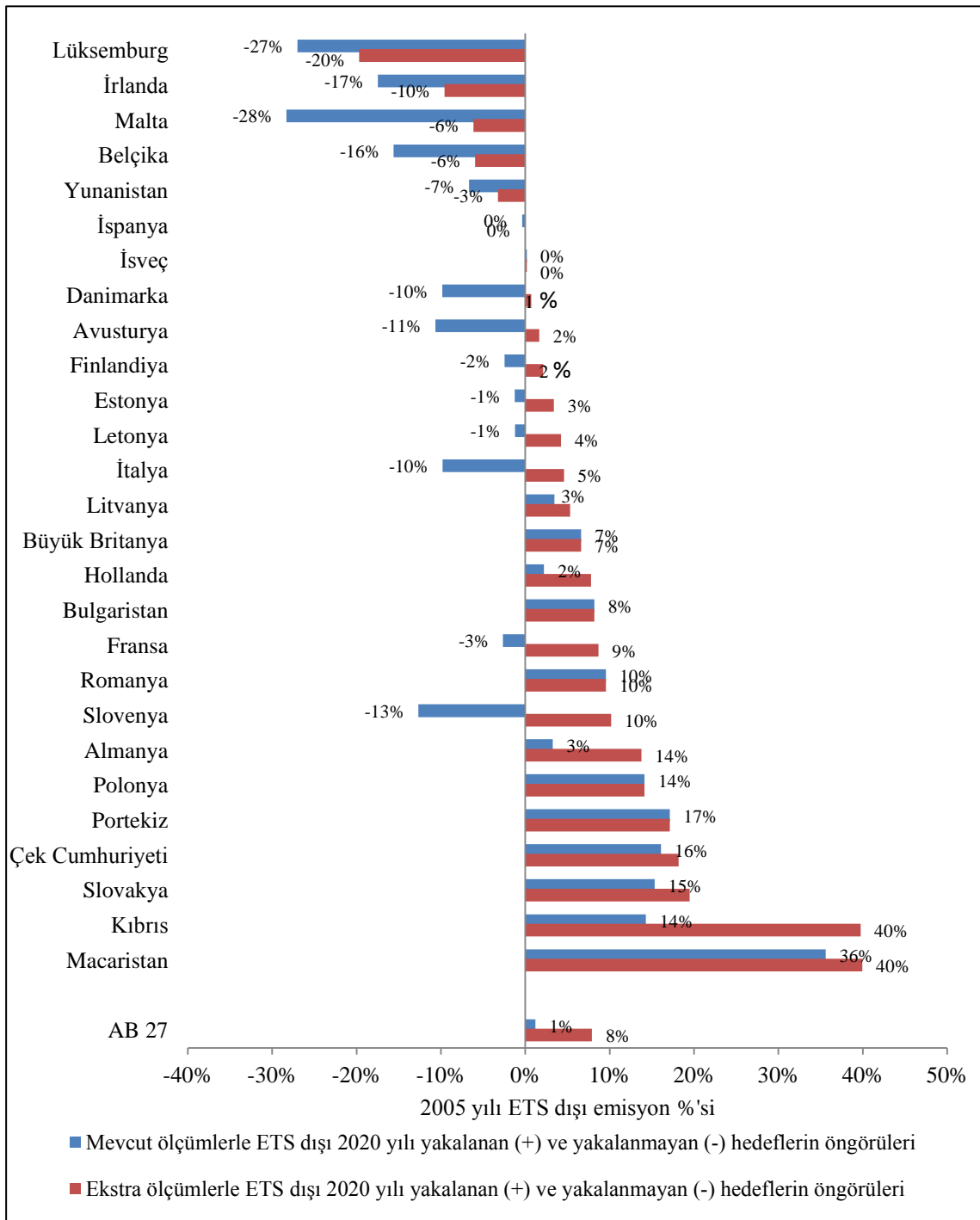


**Kaynak:** <http://www.eea.europa.eu> (6)

Kyoto Protokolü (KP) çerçevesinde Avrupa ülkelerinin 2000 baz yılına göre, 2008-2012 dönemi için sera gazı azaltım hedefleri Şekil 2.12’de gösterilmektedir. KP’ye göre, Ek I Tarafları (OECD, AB ve eski sosyalist doğu Avrupa ülkeleri), KP’de listelenen sera gazlarını 2008- 2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az % 5 altına indirmekle yükümlüdür. Avusturya gibi bazı ülkeler sera gazı arttırma ayrıcalığı alırken, Rusya Federasyonu, Yeni Zellanda ve Ukrayna sera gazı emisyonları 1990 düzeyine göre bir değişiklik olmayacaktır. AB, hem birlik olarak hem de üye ülkeler açısından % 8’lik bir azaltma yükümlülüğü almıştır. Sera gazı emisyon oranı çok yüksek olan ABD’nin emisyon azaltma yükümlülüğü % 7’dir. KP’nin ve Kyoto düzeneklerinin

uygulanmasına ilişkin yasal kuralların çerçevesi, Temmuz 2001’de kabul edilen Bonn Anlaşması ile çizilmiştir (Türkeş, 2006: 7). Bonn Anlaşmasıyla, Kasım 2001’de Fas’ın Marakeş kentinde düzenlenen İDÇS Taraflar Konferansı’nın 7. toplantısında (TK-7) kabul edilen Marakeş Uzlaşmaları’yla yasal metinlere dönüştürülmüştür.

**Şekil 2.13: Kyoto Protokolü Çerçevesinde Avrupa Ülkelerinin 2000 Baz Yılına Göre Sera Gazı Azaltım Hedefleri (2020)**



**Kaynak:** <http://www.eea.europa.eu> (11)

KP çerçevesinde Avrupa ülkelerinin 2000 baz yılına göre, 2020 yılı sera gazı azaltım hedefleri Şekil 2.13'de gösterilmektedir.

Duru (2008) makalesinde Kyoto Protokolü'nü eleştirmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin yutak alanlarını geliştirilmesi yoluyla kazandıkları kredilerin dünya karbon

ticareti piyasasına konu olması, gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarına göre değil, gelişmiş ülkelerin taleplerine göre kaynak tahsisi yapmalarına sebep olacaktır (Duru, 2008: 211).

Kyoto Protokolüncü tanımlanan ve emisyon indirimlerinin en ekonomik şekilde gerçekleşmesine katkıda bulunan esnek mekanizmalar (Temiz Kalkınma Mekanizması, Ortak Yürütme ve Emisyon Ticareti), ETS'nin temelini oluşturmaktadır. Bu mekanizmaların üzerine kurulu ETS, dünyanın ilk ve en büyük emisyon ticareti programıdır (Pamukçu, 2007: 19). Bu mevcut program, başta Avrupa olmak üzere tüm dünyadaki sera gazı emisyonlarını bir piyasa mekanizması olarak kontrol edilmesine olanak tanımaktadır.

### **2.2.1.1. Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları**

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazlarının emisyon indirimlerinin en az maliyetle gerçekleştirilebilmesi için KP esneklik mekanizmalarından Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme projeleri geliştirilmiştir. Sera gazı emisyonları birim azaltım maliyeti yönünden ülkelere göre farklılık göstermektedir. Maliyetin düşük olduğu ülkelerde indirime gidilmesi daha ekonomik olmaktadır.

#### **2.2.1.1.1. Temiz Kalkınma Mekanizması**

Proje temelli Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarından birincisi olan Temiz Kalkınma Mekanizması (*Clean Development Mechanism – CDM*) UNFCCC tarafından belirtilen Ek-1 ülkelerinin, kendileri dışında kalan ülkelerde yapacakları doğrudan yatırımlarda çevre dostu teknolojiyi transfer etmelerini öngören ve sera gazı emisyonlarını ölçülebilir düzeyde azaltım sağlamalarını öngörmektedir (Engin, 2010: 76). KP'nde 12. Maddede düzenlenen "Temiz Kalkınma Mekanizması"dır.

Temiz Kalkınma Mekanizması, Ek-1 ülkelerinin Ek-1 dışı ülkelere e gelişmiş teknoloji transfer etmesine olanak tanıyarak, böylece sera gazı emisyonlarını gerçek, ölçülebilir, proje faaliyeti sonucu oluşan azaltım sağlamalarını gerekli kılmakta ve kazandıkları Sertifikalanmış Emisyon Azaltım Kredilerini (*Certification Emissions Reduction – CER*), kendi azaltım yükümlülükleri kapsamında değerlendirerek, ülke içinde bu miktara kadar daha fazla emisyon hakkı kazanmalarını sağlamaktadır (ÇOB, 2008: 16).

Bir ülke, emisyon hedefi belirlemiş az gelişmiş bir ülke ile işbirliğine girerek, o ülkede sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik proje yaparsa, “Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma Kredisi (Certified Emissions Reduction Credits-CER)” kazanır ve toplam hedefinden düşer (Karakaya ve Özçağ, 2003: 5).

2012 yılında 78 ülkede 4.601 kayıtlı CDM projesinin bulunduğu ve 2012 Eylül ayına kadar yaklaşık 3.275 projeden 1 milyardan fazla sertifikalanmış emisyon azaltım birimi (CER) kazanılmıştır (UNFCCC, 2012: 7).

#### **2.2.1.1.2. Ortak Yürütme Mekanizması**

Proje temelli Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarından ikincisi Ortak Yürütme (*Joint Implementation – JI*) olarak adlandırılmıştır. Ortak Yürütme, Ek-1 ülkelerinin başka bir Ek-1 ülkesinde gerçekleştirdiği ve emisyon azaltımına neden olan ortak projeleri ifade etmektedir. KP’ünde 6. Maddesi “Ortak Yürütme” mekanizmasını düzenlemektedir.

JI mekanizması Ek-1 listesinde yer alan emisyonların azaltılması veya yutaklar yoluyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasına olanak tanımaktadır. JI mekanizmasıyla gerçekleştirilen projelerle azaltılan emisyon miktarı “Emisyon Azaltma Birimi” (Emission Reduction Unit-ERU) olarak adlandırılarak hesaplanmaktadır. Bu projeden yararlanan taraf ülkeler ERU kazanmakta ve kazanılan bu ERU’lar toplam hesaptan düşülmektedir (Narin, 2013: 7).

JI ve CDM mekanizmaları, metodoloji ve proje döngüsü bakımından birbirine benzemektedir. CDM ile arasındaki temel fark Ek-1 ülkesinin hedefine ulaşmak için proje yatırımlarını yine başka bir Ek-1 ülkesinde gerçekleştirmesidir (Tunahan, 2010: 202-203).

#### **2.2.1.1.2. Piyasa Temelli Esneklik Mekanizması**

KP’ne göre piyasa temelli esneklik mekanizması Emisyon Ticaretidir (Emission Trading-ET). KP’ne göre Emisyon Ticareti ve Ortak Uygulama mekanizmaları Ek-1 ülkeleri arasında yapılırken, Temiz Kalkınma Mekanizması ise Ek-14 ve Ek-1 dışı ülkeler arasında yapılmaktadır.

### 2.2.1.2.1. Emisyon Ticareti Kavramı

KP'nin 17. maddesiyle düzenlenmiş olan Emisyon Ticareti, Ek-1 ülkeleri arasında yapılmaktadır. Ek-1 listesinde yer alan taraf ülkelerden birisi, Ek-B'de belirlenmiş olan azaltım miktarının bir bölümünün ticaretini yapabilmektedir. Yani, taahhüt edilen miktardan fazla azaltım yapan ülke, azaltım yaptığı emisyonu başka bir Ek-1 ülkesine satabilmektedir.

Piyasa temelli Kyoto Protokolü Esneklik mekanizması olan emisyon ticareti, Protokol ile azaltım taahhüdünde bulunan ülkelerin, tahsis edilmiş emisyon azaltım yükümlülüğünün (Assigned Amount Units – AAU) ticaretini yapabileceğini göstermektedir (Engin, 2010: 76-77).

Emisyon ticaretinde devlet belli bir miktar kirletici madde salımı kotası belirler ve her şirkete büyüklüğü oranında dağıtır. Sonra daha fazla kirlilik salımı yapmak isteyen işletme diğer işletmelerin limitlerinden satın almak zorunda kalır. Kendi limiti kadar kirlilik üretmeyen işletmeler, kendi kirlilik limitleri kotasını bu işletmelere satarak para kazanırlar. Böylece hem daha fazla kirlilik üretecek olan bunun parasını vermiş olur hem de kirlilik üretmeyen işletmeler ödüllendirilmiş olur. Diğer bir ifadeyle taahhüt edilen emisyon miktarının daha fazla azaltım yapan taraf ülke, emisyonundaki bu ek azaltımı bir başka ülkeye satabilir veya taahhüt edilen emisyon miktarını hedefini tutturamayan ülke diğer ülkelerden bu azaltımı satın alabilmektedir.

EU ETS dünyada ilk uluslararası limitleme ve ticaret (Cap and Trade) sistemidir. Emisyon ticaretinin ilk uygulamaları 1970'li yıllarda ABD'de gerçekleştirilmiştir (Ellerman vd., 2003; Ellerman, 2008; Tietenberg, 2006).

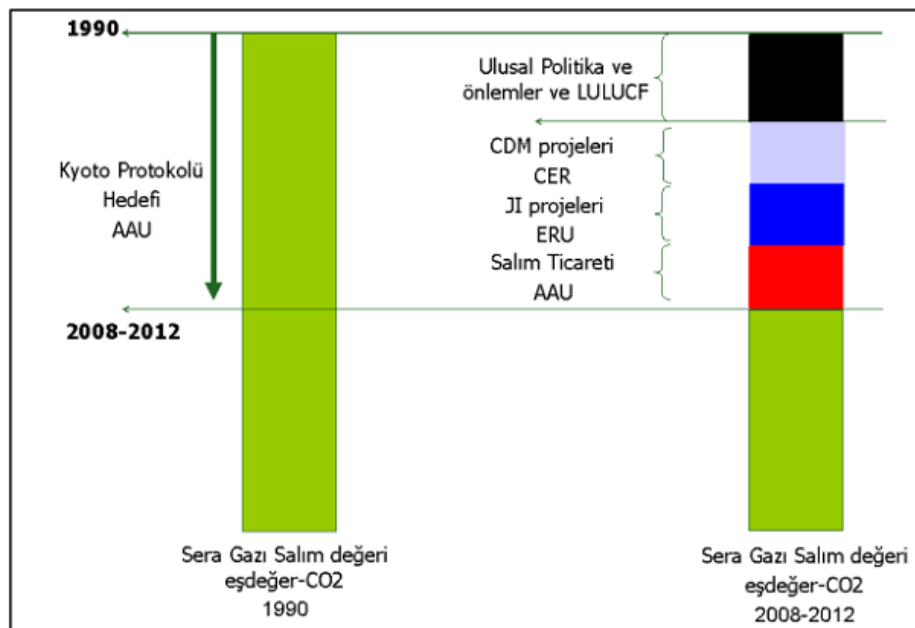
Emisyon ticaretinde karbon piyasasının öncülüğünü Danimarka ve İngiltere kendi ülkelerinde yapmışlardır. İngiltere 2002 yılından itibaren Emisyon Ticareti Programını kullanarak Avrupa Birliği içerisindeki emisyon ticaretini başlatmıştır. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı (Emission Trading Scheme – ETS) önce Avrupa'da sonra tüm dünyada uygulanan ilk uluslararası emisyon ticareti sistemidir. Bu sistem çok yüksek bir emisyon hacmini hedeflemesi bakımından oldukça önem arz etmektedir.

**Çizelge 2.2: Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalarının Temel Tanımları**

Mekanizma Türü	İlgili Kyoto Protokolü Maddesi	Katılımcı Ülkeler		Geçerli Karbon Birimi
		Yatırımcı (Karbon Alıcı)	Ev Sahibi (Karbon Satıcı)	
Temiz Kalınma Mekanizması (CDM)	12. Madde	Ek-B Ülkeleri	Ek- I Dışı Ülkeler	Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltımı (CER)
Ortak Yürütme (JI)	6. Madde	Ek – B Ülkeleri		Emisyon Azaltım Birimi (ERU)
Emisyon Ticareti (ET)	17. Madde	Ek – B Ülkeleri		Tahsislendirilmiş Miktar Birimi (AAU)

**Kaynak:** ÇOB, 2008: 18.

KP'nin 6. Maddesi, 12 maddesi ve 17 maddesi Ek-B ülkelerinin yükümlüklerini yerine getirmek amacıyla kendi ülkelerinde yürütecekleri çalışmaları destekler nitelikte olmasını öngörmektedir. Çizelge 2.2'de süreçlerin tanımı gösterilmektedir.

**Şekil 2.14: Kyoto Protokolü Yükümlülükleri Kapsamında Esneklik Mekanizmalarının Kullanımı**

**Kaynak:** Çevre Orman Bakanlığı, 2008: 18.

Şekil 2.14 Esneklik Mekanizmalarının KP Ek-B listesinde yer alan bir ülkenin emisyon azaltım hedeflerini yerine getirmek için nasıl kullanılacağını göstermektedir.

Yani, bir ülke 1990 yılında X miktarda olan emisyonlar, KP Ek-B listesinde yer alan orandan azaltıldıktan sonra, 2008-2012 döneminde salabileceği maksimum miktar AAU olarak tanımlanır (ÇOB, 2008: 18).

#### **2.2.1.2.2. Emisyon Ticareti Türleri**

2002-2006 döneminde İngiltere’de uygulanan Emisyon Ticareti Programı (UK-ETS) hem 2005 yılında AB’de uygulamaya giren AB Emisyon Ticareti’ni oluşturmuş hem de dünyada uygulanan ilk emisyon ticareti kotası olması bakımından önemli bir adımdır (ÇOB, 2008: 19).

#### **2.2.1.2.3. Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (EU ETS)**

Sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla geliştirilmiş en büyük emisyon ticaret sistemi 2005 yılında faaliyete geçen Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi’dir (European Union Emission Trading - EU ETS). EU ETS 2003 yılında yayınlanan 2003/87/EC sayılı yönetmelikle kurulmuştur. Sistemin içerisine elektrik santralleri, çimento, demir çelik, petrol rafineleri, cam, seramik ve kağıt gibi enerji yoğun sektörlerdeki büyük kirleticiler öncelikle dahil edilmiştir. Bu sisteme dahil olan firmalar toplam AB sera gazının %40’ına karşılık gelmektedir (ÇOB, 2008: 25).

EU ETS’nin içindeki şirketler emisyon tahsisatlarını alıp satabilmekte ve emisyon sertifikalarını uluslararası piyasalarda pazarlayabilmektedir. AB ülkelerinin yanında Avrupa Ekonomi alanında yer alan İzlanda, Norveç ve Lihtenştayn gibi ülkeler de EU ETS’ye dahil olmuştur. EU ETS’nin içindeki tüm ülkeler sistem içinde kendilerine ait bir Ulusal Tahsisat Planı (National Allocation Plans) hazırlaması istenmektedir. Bu planda ülkelerin hangi sektörde ne kadar emisyon azaltımı yapacağı görülmektedir (Arı, 2010: 83).

AB’nin KP’de belirlediği sera gazı emisyonlarının 1990 düzeyinin %8 altında kalacağı taahhüdüne göre, 1 Ocak 2005’te faaliyete geçen EU ETS dünyada ilk uluslararası CO<sub>2</sub> emisyon ticaret sistemidir. Bu sistem AB’deki CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık yarısını kapsamaktadır (Tunahan, 2010: 205).

EU ETS ülkeleri sorumluluklarını yerine getirdiklerinde CDM ve JI projelerinden kazanılan emisyon sertifikalarını kullanabilmektedir. EU ETS’deki bu olanaklar likiditelerinin artmasına, emisyon sertifika fiyatlarının düşmesine ve CDM ve



JI projelerinde ev sahibi ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasını güçlendirmektedir (Freestone ve Streck, 2005: 429).

AB ETS fosil yakıtlardan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının en az maliyetle azaltılmasını ve sınırlandırılmasını sağlayarak, üye ülkelerin KP kapsamındaki taahhütlerini gerçekleştirmek için kurulmuştur. 27 AB ülkesinde yaklaşık 12.000'in üzerinde işletmeyi kapsayan AB ETS dünyanın ilk büyük ölçekli Emisyon Ticaret Sistemi olarak kabul edilmektedir (Ellerman, 2008: 3; Çelikkol ve Özkan, 2011: 211).

EU ETS 1 Ocak 2005 tarihinde başlamış olan üç dönem bulunmaktadır. 2005-2007 birinci dönem (1. faz), 2008-2012 ikinci dönem (2. faz) ve 2013-2020 dönemi (3. faz) olarak adlandırılmaktadır. KP yürürlüğe girmeden önce başlayan EU ETS ilk taahhüt dönemi olan 2008-2012 yılında kadar sistemle ilgili fizibilite çalışmaları yapılmıştır.

EU ETS'nin birinci döneminde ulusal tahsisat planları çok esnektir. Kyoto mekanizmasınca emisyon salma hakkının verildiği sertifikaların (EUA) büyük bir kısmı ücretsiz olarak dağıtılmıştır. Bu dönemde sera gazlarından sadece CO<sub>2</sub> için taahhüt istenmiştir (Arı, 2010: 84). Bu taahhütlerin yerine getirilmemesi cezası ton başına 40 Avro olarak belirlenmiştir (Karakaya, 2008: 5). Ulusal tahsisat planlarına göre dağıtılan EUA'ların %90'ı ücretsiz, yüzde 10'u açık arttırma ile dağıtılmıştır. Bu esneklikler, emisyon sertifikası fiyatlarında dengesiz hareketlerin meydana gelmesine sebep olmuştur. Bu döneme büyük eleştiriler de olmasına rağmen AB komisyonu hem bir deneyim sahibi olmuş hem de 2. faz için bir adaptasyon dönemi olmuştur (Ellerman, 2008: 11).

EU ETS ikinci dönemde (2008-2012) veriler daha iyi derlenmiş ve izleme sistemleri daha iyi denetlenmiştir. EU ETS'ye üye ülkeler kendi sorumluluklarını yerine getirmek için Avrupa Konseyine savunma verme yükümlülüğü altına girmişlerdir. Bu dönemde 2005 yılına göre emisyonlar % 6.5 oranında azaltmayı hedeflemiştir. Doğu Avrupa'nın Bulgaristan, Romanya, Letonya, Litvanya, Estonya, Slovakya ve Polonya gibi ülkelerin emisyon azaltım yüklerinde 2. fazdan 1. faza göre biraz fazladır (Ellerman, 2008: 19-20). 27 ülkenin katıldığı bu dönemde EUA sertifikaları bir önceki döneme göre daha sıkı dağıtılarak fiyatların dengeli bir seyir izleyebileceği düşünülmüştür(Arı, 2010: 85). Yine bu dönemde taahhütlerin yerine getirilmemesi

cezası 100 Avro olarak kararlaştırılmıştır (Karakaya, 2008: 5). Avrupa Komisyonu bu dönemdeki Kyoto taahhütlerini yerine getirmesi maliyetini %35 oranında düşürmeyi ve 2. Fazın sonuna kadar 1.3 milyar Avro kazanç elde etmeyi hedeflemiştir (Freestone and Streck, 2005: 418).

AB parlamentosu EU ETS ile 3. fazın (2013-2020) sonuna kadar sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre yüzde 20 azaltmayı hedeflemektedir. Bu dönemdeki emisyon tahsisatlarının %50'sini açık arttırma ile dağıtmayı planlamaktadır. Ayrıca 2020 yılındaki emisyonların, 2005 yılındaki emisyon miktarlarına göre %21 oranında azaltacağını taahhüt etmiştir (Ellerman, 2008: 18-19). Ayrıca AB bu 3. fazda enerjisinin %20'sinin yenilenebilir kaynaklardan temin edilmesi ve enerji kullanımını %20 azaltmayı da hedeflemiştir (Mercan 2013: 104).

Yine bu 3. fazda CDM ve JI projelerine tüm dünya ülkeleri eklenerek gelecekte imzalanacak küresel iklim değişikliği anlaşması için altyapı oluşturmada hedeflenmektedir (EC, 2009:12). 2013 yılından itibaren EU ETS'nin alanı genişletilerek hayvancılık, petrokimya üretimi ve alüminyum gibi sektörler sisteme dahil edilmesi planlanmaktadır. Yapılan bu düzenlemelerle 2013 yılından itibaren yıllık 120-130 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyonu azaltarak toplam AB sera gazı emisyonu içinde EU ETS'nin kapsamı % 40'tan % 43'e çıkarılabilecektir (EC, 2009: 13). Ellerman'a (2008: 20) göre 1. ve 2. fazda ücretsiz dağıtılan permilerin 3. fazda dağıtılmayacağı ve AB içindeki Almanya, İngiltere ve Fransa gibi sanayileşmiş ülkeler Romanya ve Bulgaristan gibi ülkelere permi satın alacaklardır. Açık arttırmayla satılacak olan bu permiler AB içindeki bu emisyon pazarını daha sürdürülebilir hale getirecektir.

### **2.2.2. Gönüllü Karbon Piyasaları**

Gönüllü karbon piyasası; bireylerin, kurum ve kuruluşların, sivil toplum örgütlerinin faaliyetleri sonucunda meydana gelen sera gazı emisyonlarını gönüllü olarak azaltmalarını ve denkleştirmelerini kolaylaştırmak için kurulmuş piyasalardır<sup>37</sup>. Bu piyasalarda uluslararası hukuki bir taahhütten bağımsız olarak gönüllülük esasına göre emisyon azaltımı yapılmaktadır. Gönüllü emisyon ticaretinde yer alan taraflar, hükümet politikaları ve hedeflerinden bağımsız olarak sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve/veya denkleştirmeyi hedeflemektedirler (Arı, 2010: 66).

<sup>37</sup> <http://www.climatevolunteers.com> (26)

Gönüllü karbon piyasalarındaki işleyiş, Kyoto Protokolü kapsamında zorunlu olarak uygulanan Esneklik Mekanizmalarına benzeyen bir işleyiştir. Gönüllü karbon piyasasını Kyoto Protokolü kapsamındaki zorunlu süreçlerden ayıran en önemli fark, işlem gören emisyon azaltımlarının ulusal yükümlülük kapsamı dışında gerçekleşmesidir. Gönüllü karbon piyasaları devletin belirlediği politikalardan farklı olarak gönüllülük esasına dayanmaktadır. Ayrıca, bir katılım için herhangi bir sınırlama yoktur. Günümüzde gönüllü karbon ticareti, Kyoto Protokolü kapsamına girmeyen sektörler ve ülkelerde geçerlidir. Gönüllü karbon piyasalarında işleyen süreç, yasal yaptırımlardan farklı olarak<sup>38</sup>;

- (1) İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için istekli olmak (çevreci duyarlılık),
- (2) Kamu yararı için finans sağlama konusunda yenilikçi yaklaşımlar içerisinde olmak,
- (3) Paydaşlar ile ilişkileri güçlendirmek,
- (4) Ulusal ve bölgesel yükümlülükler ve planlamalar için hazırlanıyor olmak,
- (5) Karbon kredilerinin tekrar satılmasıyla kar elde etmek,
- (6) Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği programlarının birleştirilmesi gibi amaçlar için geliştirilmektedir.

Hukuki olarak sera gazı emisyon azaltımında bulunamayan gönüllü karbon piyasaları, gönüllü piyasadan alınan emisyon sertifikaları ülkelerin Kyoto Protokolü kapsamındaki taahhütleri karşılamada kullanılmamaktadır. Bu nedenle gönüllü emisyon sertifikalarının (VER) fiyatı, Kyoto Protokolü Mekanizmasının altındaki CER ve ERU sertifikalarının fiyatından düşüktür (Arı, 2010: 67).

Türkiye gibi Kyoto Protokolü'ne imza atıp yükümlülük almayan veya Kyoto protokolünü imzalamayan ülkeler, gönüllü karbon piyasasında işlem yaparak Piyasa Temelli Esneklik Mekanizması (Emisyon Ticareti-ET) ve Proje Tabanlı Mekanizmalarda (Temiz Kalkınma Mekanizması-CDM ve Ortak Yürütme Mekanizması-JI) işlem yapmak için hazırlık yaparlar. Yani gönüllü karbon piyasaları esneklik mekanizmalarına girmede bir hazırlık dönemi olarak nitelendirilmektedir.

---

<sup>38</sup> <http://www.climatevolunteers.com> (26)

### 2.2.3. Karbon Vergisi

Karbon vergisi, iklim değişikliğinin önlenmesi sürecinde sürdürülebilir bir kalkınma açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda, çevre kirliliğinin önlenmesinde aktif kullanılan piyasa temelli iktisadi araçlarından biri olan karbon vergisi desteklense de günümüzde yalnızca sınırlı sayıda ülkeler (İsveç, Norveç, Hollanda, Danimarka, Finlandiya, İtalya...) tarafından uygulanmaktadır.

Söz konusu vergi, çevre kirliliğine neden olan herhangi bir iktisadi kurumun, çevreye vermiş olduğu bu zarardan dolayı, ortaya çıkardığı emisyon miktarı başına vergiye tabi tutulmasını içermektedir (Karakaya ve Özçağ, 2004: 5). Bu vergi devlet için bir gelir iken, işletmeler açısından ek bir maliyet teşkil etmektedir.

İklim değişikliğinin önlenmesinde karbon vergisinin kullanılması yönünde yapılan çalışmalarda (Brovoll ve Bodil, 2004; Scrimgeour vd., 2005) karbon vergisinin iklim değişikliğinin önlenmesi bakımından kullanılabilir etkin bir araç olduğu söylenmektedir (Hotunluoğlu ve Tekeli, 2007: 110-111).

Ekonomistler uzun dönemde, çevre koruma araçları olarak, vergilerin kullanılmasını tercih ederler. Birçok ekonomi analizine göre, önemli dışsallıklar içeren durumlarda fiyatların olması gereken düzeye çekmek için vergilerin uygulanması en etkili ekonomi politikasıdır (Goulder, 1995: 157).

Karbon vergisinin diğer bir özelliği, sera gazı emisyonlarının neden olduğu ekonomik dışsallıkların içselleştirilmesini desteklemektedir. Yani, karbon vergisi negatif dışsallıkların fiyat mekanizması yolu ile içselleştirilmesini savunan “kirleten öder” ilkesi olarak nitelendirilen Pigouvian vergi yaklaşımı altında sınıflandırılmaktadır (Kovancılar, 2001, 12). Bu yaklaşımla, karbon vergisinin toplum refahını yükselttiğini ve karbon vergisinin marjinal çevre maliyetine eşit olduğunu söyleyebiliriz (Hotunluoğlu ve Tekeli, 2007: 111-112).

Karbon vergisinin uygulanmasının önündeki en büyük engeller ise bu verginin küresel düzeyde uygulanabilmesi ve ülkeler arasında anlaşmaya varması zor görünmektedir. Öncelikli böyle bir verginin maliyetlerinin ülkeler arasındaki dağılımı eşit değildir. Gelişmekte olan ekonomiler daha yüksek maliyetlerle karşılaştığında, gelişmiş ülkelerin mali desteği olmadan böyle bir anlaşmaya karşı çıkacaklardır. Bir

karbon vergisinin uygulanması durumunda ülkeler arası kazanan ve kaybedenler gibi, böyle bir vergiye ülke içi politik destek verilebilmesi açısından ülke içi kazanan ve kaybedenlerin durumu da büyük önem arz etmektedir (Kovancılar, 2001, 17). Örnek olarak Norveç'in karbon yasasına göre doğaya bıraktığı CO<sub>2</sub> oranı arttıkça, ödediği vergi de artmaktadır.<sup>39</sup>

---

<sup>39</sup> <http://www.bbc.co.uk> (21)

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### SERA GAZI EMİSYONLARININ MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ

Çalışmanın bu bölümünde, makroekonomik değişkenlerin sera gazı emisyonu üzerindeki etkileri incelenecektir. Literatürde yapılan çalışmalarda sera gazı emisyonlarına en çok etki eden faktörlerin başında ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve dış ticaret gibi makroekonomik değişkenler gelmektedir.

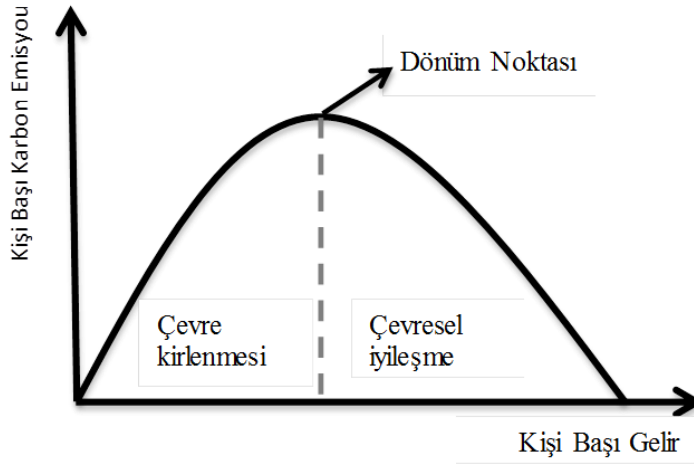
#### 3.1. EKONOMİK BÜYÜMENİN ETKİLERİ

Bu bölümde önce; ekonomik büyümenin sera gazı emisyonuna etkileri teorik olarak incelenecek, sonra konuyla ilgili literatür özeti verilecektir.

##### 3.1.1. Teorik Çerçeve

Dünyadaki nüfus yoğunluğu ve ekonomik gelişmelerin artması, çevresel problemleri de beraberinde getirmiştir. Nobel ödüllü Simon Kuznets'in 1955 yılında yayınlanan ve ekonomik büyüme ile sera gazı emisyonları arasındaki ilişkiyi inceleyen "Economic Growth and Income Inequality" (Ekonomik büyüme ve gelir adaletsizliği) çalışmasında; ekonomik büyümeyle birlikte ilk dönemde çevre kirliliğinin artacağı, kişi başına düşen milli gelir belirli bir eşik değeri aştıktan sonra, devletlerin ve bireylerin çevre duyarlılığının artacağı ve alınan önlemlerle çevre kirliliğinin azalacağı ifade edilmektedir. Çevre kirliliğinde oluşan bu değişimin grafiksel gösterimine literatürde Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) denilmektedir.

**Şekil 3.1: Çevresel Kuznets Eğrisi**



**Kaynak:** Dinda'nın (2004:434) çalışması referans alınarak tarafımızdan çizilmiştir.

Şekil 3.1'de kişi başı milli gelir artışıyla birlikte, kişi başına atmosfere salınan karbon miktarının ilk dönemlerde arttığı, dönüm noktasından sonra ise kişi başına karbon emisyonunun azaldığı görülmektedir. Ekonomik büyümeyle çevresel kirlilik arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olması EKC'nin varlığını göstermektedir. EKC ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan zaman serisi ve cross-section (yatay kesit) teknikleri farklı sonuçlar vermektedir (Harbaugh vd. 2002). Özellikle eşik gelir düzeyi hesaplamalarında farklı sonuçlara ulaşılmaktadır. Kritik gelir düzeyi olarak 3000\$ ile 100.000\$ arasında değişen değerlere ulaşılmıştır (Dinda, 2004: 442; Akbostancı vd., 2009: 862; Jaunky, 2011: 1230). Grosman ve Kruger (1995) çalışmalarında bu eşik gelir düzeyini 8.000\$ olarak bulmuş ve benzer eşik değerler Çizelge 3: 1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1: Dönüm Noktaları (Turning Point)**

Yazarlar	Kullanılan Tahminciler	Zaman Periyodu	Dönüm Noktası (Turning Point)	Ülkeler
Selden and Song, 1994	Random ve Fixed Effekt OLS	1979-1987	10391\$-10620\$	22 OECD ve 8 gelişmekte olan ülke
Panayotou 1993, 1995	OLS	1987-1988	3137\$	55 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke
Cole vd., 1997	Random ve Fixed Effekt OLS	1970-1992	8232\$	11 OECD ülkesi
Stern and Common, 2001	Random ve Fixed Effekt	1960-1990	101166\$	73 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke
Halkos, 2003	GMM, Random Coeffients	1960-1990	2805\$-6230\$	73 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke
Akbostancı vd.,2009	Pooled EGLS	1992-2001	1934\$-5817\$	58 il- Türkiye
Fodha ve Zaghdoud, 2010	VAR, ECM	1961-2004	1200\$-3700\$	Tunus
Lee vd., 2010	GMM	1980-2001	Amerika 13956\$, Avrupa 38221\$	97 Amerika ve Avrupa Ülkesi
Bella vd. 2010	FE, RE, PMG	1971-2006	Tüm ülkeler 80\$-54405\$ OECD 2141\$-54405\$ OECD dışı 80\$-36884\$	77 ülke, 22 OECD, 55 OECD dışı

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Dinda, ( 2004: 440-441) çalışmasında kişi başı karbon emisyonu, kişi başı reel gelir ve kişi başı enerji tüketimi arasındaki uzun dönem ilişkisini, logaritmik doğrusal fonksiyon şeklinde tanımlamıştır:

$$CO_{it} = \alpha_{i0} + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Y_{it}^2 + \alpha_3 Y_{it}^3 + \varepsilon_{it} \quad (3.1)$$

Burada;  $CO$  karbondioksit emisyonu,  $Y$  kişi başı reel gelir,  $Y^2$  kişi başı reel gelirin karesi,  $Y^3$  kişi başı reel gelirin küpünü ve  $\varepsilon_t$  hata terimini göstermektedir. 1. denklemdaki  $\alpha$  parametreleri ( $i=1,2,3$ ) sırasıyla uzun dönem kişi başı karbon emisyonları, kişi başı reel gelir ve kişi başı reel gelirin karesi ve kişi başı reel gelirin küpü esneklik tahminlerini vermektedir. EKC hipoteziyle uzun dönem esneklik



tahmininde kişi başı reel gelir ile kişi başı reel gelirin karesinin  $\alpha_1 > 0$  ve  $\alpha_2 < 0$  olması beklenir. Bunun anlamı, Çevresel Kuznets Eğrisi'nin varlığını gösterir. Yani ters U şeklinin gerçekleşmesidir. Kişi başı reel gelir arttığında karbon emisyonları belirli bir eşiğe kadar artar ve daha sonra bu eşikten aşağıya doğru azalmaya başlar (Öztürk ve Acaravci, 2012: 2).

Model (1)'in tahmini ile gelir-çevre kirliliği/bozulmaları arasında, aşağıdaki muhtemel sonuçlar elde edilebilmektedir;

- (i)  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında herhangi bir ilişki yoktur.
- (ii)  $\alpha_1 > 0$  ve  $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında lineer bir ilişki vardır.
- (iii)  $\alpha_1 < 0$  ve  $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında monoton artan bir ilişki vardır.
- (iv)  $\alpha_1 > 0$  ve  $\alpha_2 < 0$  ve  $\alpha_3 = 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında ters-U biçimli bir ilişki vardır.
- (v)  $\alpha_1 < 0$  ve  $\alpha_2 > 0$  ve  $\alpha_3 = 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında U biçimli bir ilişki vardır.
- (vi)  $\alpha_1 > 0$  ve  $\alpha_2 < 0$  ve  $\alpha_3 > 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında N-biçimli bir ilişki vardır.
- (vii)  $\alpha_1 < 0$  ve  $\alpha_2 > 0$  ve  $\alpha_3 < 0$  karbon emisyonları ve gelir arasında ters-N biçimli bir ilişki vardır.

EKC literatüründe çevresel kalite, gelir seviyesinin bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Gelir seviyesinin belirli bir eşiğin üstüne çıkması toplumun çevresel kaliteye önem vermesine ve çevreye daha duyarlı ürünlerin tüketilmesine sebep olacaktır. Böylece kişisel gelir seviyesindeki artış çevresel duyarlılığın artırılmasını sağlayacak ve kamu bilicinin de oluşmasına katkıda bulunacaktır.

Model 3.1'de yer alan kişi başı GSYİH değerinin denge değeri ( $Y^*$ ) aşağıdaki eşitliği sağladığı nokta, Çevresel Kuznets Eğrisinin dönüm noktası (turning point) olarak adlandırılmaktadır. Bu dönüm noktasının ikinci dereceden fonksiyonlar için dönüm noktası şu şekildedir;

$$Y^* = \exp\left(\frac{-\alpha_1}{2\alpha_2}\right) \quad (3.2)$$

Burada  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  denklem 3.1'de  $\alpha_3$ 'e kısıt konularak yapılan tahminden elde edilen parametrelerdir. İkinci dereeden denklemler için elde edilen dönüm noktası denklem 3.2'deki gibidir. Denklem 3.1'de  $\alpha_3 \neq 0$  olduğunda 3. dereceden bir fonksiyon olduğunu gösterir (Dinda, 2004). Bu durumda eğer  $\alpha_3 > 0$  ise CO<sub>2</sub> emisyonları ile gelir arasında N şeklinde bir ilişki vardır. Eğer  $\alpha_3 < 0$  ise CO<sub>2</sub> emisyonları ile gelir arasında ters N şeklinde (N) bir ilişki vardır. Bu şekilde N'nin minimum olduğu noktada çevre kirliliği en az olduğu için ekonomi için ideal noktadır.

EKC fonksiyonu N şeklinde olduğundan dönüm noktalarına ait, üçüncü dereceden fonksiyonlar için dönüm noktası aşağıdaki şekilde gibidir (Bella vd., 2010:5);

$$Y^* = \exp\left(\frac{-\alpha_2 \pm \sqrt{\alpha_2^2 - 3\alpha_1\alpha_3}}{3\alpha_3}\right) \quad (3.3)$$

Denklem 3.3'te üçüncü derece denklem olduğu için denklemin iki tane kökü vardır. Bu iki kök dönüm noktasının max ve min noktasını gösterir. Çevresel Kuznets Eğrisinin N ve ters N şeklinde olması üçüncü dereceden denklem olduğunu ve bu denklemin kökleri Denklem 3.3'teki formül ile hesaplanmaktadır.

### 3.1.2. İlgili Literatür Özeti

Ekonomik büyümenin sera gazı emisyonlarına etkilerinin incelendiği çalışmalar 1990'lı yıllardan sonra artış göstermiştir. Bu çalışmalarda genel olarak Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerliliği ve şekli tartışılmış, genel olarak artan ekonomik büyümenin, sera gazı emisyonunda U, N ve N şeklinde değişimlere neden olacağı ifade edilmiştir. Bu çalışmaların kısa bir özeti aşağıda tarih sırasına göre sunulmuştur.

Selden ve Song, Panel Data Analizi kullanılarak 1994 yılında yaptıkları çalışmada, ekonomik büyüme ile çevresel kirlilik arasındaki Ters-U şeklinde bir ilişki tespit etmişlerdir. Selden ve Song, sülfürdioksit, nitrojenoksit ve karbonmonoksit gibi çevresel kirlenici değişkenleri kullanmışlar ve bu değişkenden her biri ile kişi başına gelir arasında Ters-U şeklinde bir ilişkinin bulunduğunu göstermişlerdir (Selden ve Song, 1994: 147).

EKC'nin zengin bir literatürünün olması kişi başı gelirin CO<sub>2</sub> emisyonunu etkileyen en önemli değişken olduğu, CO<sub>2</sub> emisyonunu etkileyen değişkenlerin etkisinin küçük kaldığı yapılan ampirik çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Magnani (2001) çalışmasında, ekonomik gelişmenin zamanla çevresel kaliteyi arttırdığını ve EKC hipotezini desteklediğini vurgulamaktadır.

Hamilton ve Turton (2002) OECD ülkeleri için ekonomik büyüme, enerji yoğunluğu ve sera gazı ilişkisini inceleyen çalışmalarını 1982-1997 dönemi verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada ABD'nin hizmet ve endüstri sektörleri ile Avrupa Birliği'nin hizmet sektörünün enerji yoğunlukları düşerken, Japonya'nın hizmet sektörünün enerji yoğunluğu artmaktadır. 1992-1997 döneminde azalan enerji yoğunluğu ve düşen fosil yakıt oranına rağmen sera gazı emisyonların arttığı gözlenmiştir.

Perman ve Stern (2003) çalışmalarında GSYİH ile kükürt emisyonları arasındaki ilişkiyi 1960-1990 dönemi için 74 ülke verisiyle panel data yöntemiyle analiz etmişlerdir. Yapılan analizde panel eşbütünleşme ve bireysel olarak EKC hipotezi sağlanamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bulunan kükürt emisyonları ile gelir arasında eşbütünleşme ilişkisi Ters U şeklinde olmadığı görülmüştür. Birçok ülke için kükürt emisyonlarıyla gelir arasındaki ilişki U şeklinde yada monoton şekilde arttırıcı bulunmuştur.

Canas, Ferrao ve Conceiçao'nun 2003 yılında yaptıkları çalışmada, gelişmiş ülkelerdeki ekonomik büyüme ile çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi Çevresel Kuznets Analizi perspektifinde incelemektedir. Yapılan çalışmada, 16 gelişmiş ülke verisi panel data analizi kullanılarak 1960-1998 yılları için ekonometrik olarak test edilmiş, ekonomik büyüme ile çevresel kirlilik arasında Ters-U şeklindeki Çevresel Kuznets Eğrisi'nin elde edilmiştir. Ayrıca N şeklinde Çevresel Kuznets Eğrileri'nin de oluşabileceği vurgulanmıştır (Canas, Ferrao ve Conceiçao, 2003: 227).

Deacon ve Normon (2004), çalışmalarında gelişmekte olan ülkerin EKC hipotezine göre, ekonomik büyüme ve çevre kalitesindeki iyileşmenin aynı anda gerçekleşmeyeceği sonucunu ulaşımlardır. Bunu önlemek için devlet, kirletici enerji kullanımını azaltabilir, temizleyici teknolojiye ağırlık verebilir, çevre dostu olan

araştırmaları destekleyebilir, hatta çevreye zarar veren ürünleri yasaklayabilir. Böylece büyüme süreci daha düşük kirlilikle atlatılabilecektir (Deacon ve Norman, 2004: 1-2).

Lise (2006) Türkiye için yapmış olduğu çalışmada, 1980-2003 döneminde ekonomik büyüme ile karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Türkiye'nin bu dönemde ekonomik büyümesi hızlı olduğu için karbondioksit emisyonlarının da arttığını işaret etmiştir. Türkiye'de enerji yoğunluğu azaltılarak karbondioksit emisyonlarının azaltılması gerektiği vurgulanmıştır.

Başar ve Temurlenk (2007), çalışmalarında 1950-2000 dönemi için EKC Hipotezi'nin Türkiye için geçerli olmadığı sonucuna varmışlardır. Fakat gelir düzeyi ile kişi başına karbondioksit emisyonu arasında ters N biçiminde bir ilişki bulmuşlardır.

Akbostancı vd. 2009 yılında Türkiye için yaptıkları çalışmada iki farklı model kullanarak önce zaman serisi modeliyle 1968-2003 dönemi için karbondioksit emisyonlarıyla kişi başı gelir arasındaki ilişkiyi incelemişler daha sonra panel data modeliyle Türkiye'nin 58 ili verisi kullanılarak 1992-2001 dönemi için gelir ile hava kirliliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Analiz sonucunda, zaman serisi modeliyle uzun dönemde gelir ile karbondioksit arasında artan bir monoton ilişki olduğu gözlenmiştir. Panel veri modeliyle gelir ile hava kirliliği arasında N şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Ancak Ters – U şeklinde bir ilişki bulunmadığı için EKC hipotezi varlığından söz edilemeyeceği vurgulanmıştır.

Yine EKC hipotezine göre, artan gelire birlikte başlangıçta çevresel kirlilik artar, fakat gelir belirli bir eşiğe geldikten sonra çevresel kirlilik azalmaya başlar. Bu hipotez ekonomik büyüme ile çevresel kirliliğin bir bileşeni olan sera gazların yoğunluğu arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Fakat çevresel kirliliğin ve ekonomik büyümenin ölçülmesi çok farklı olabilmektedir. Örnek olarak Çin'de çevresel kirliliğin ölçümünde, kirliliğin sağlık üzerine etkilerini ölçmek için epidemolojik indeks (epidemiological index) kullanılmaktadır (Brajer vd., 2011: 383).

Jaunky (2011) 36 yüksek gelirli ülkenin 1980-2005 dönemi verileri ile GSYİH ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını EKC hipotezine uygunluğunu panel veri birim kök ve eşbütünleşme testleri ile incelemiştir. Ampirik analiz sonucunda Yunanistan, Malta, Oman, Portekiz ve İngiltere ülkeleri EKC hipotezini desteklemektedir. Tüm panel için

gözlemlenen GSYİH'daki % 1'lik artış kısa dönemde CO<sub>2</sub> emisyonlarını % 0,68 arttırırken, uzun dönemde % 0.22 arttırmaktadır.

Arı ve Zeren (2011) Türkiye ve Akdeniz ülkeleri için yapmış oldukları çalışmada CO<sub>2</sub> ile kişi başı gelir arasındaki ilişkiyi inceleyerek EKC hipotezini test etmiştir. Panel veri yöntemiyle yapmış oldukları analizde CO<sub>2</sub> ile kişi başı gelir arasında N şeklinde bir ilişki tespit etmiştir. Ayrıca nüfus yoğunluğunun ve enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerinde pozitif bir etkisi olduğu vurgulanmıştır.

Xuemei vd. 2011 yılında Şandong bölgesi için yaptıkları çalışmada ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi 1981–2008 dönemi için inlemişlerdir. Çalışmada EKC hipotezi test edilmiş ve kişi başı GSYİH ile kükürt dioksit arasında Ters - U şeklinde bir ilişkiye ulaşılmıştır. Temiz bir çevrenin ancak sıkı bir çevre politikasıyla sürdürülebileceği açıklanmıştır. Ayrıca çevresel kirlenmenin dönüm noktası gelişmiş ülkelerde daha yüksektir. Çalışmada kirli su ve sanayi katı atıkların EKC ile ilgili olmadığı sonucuna da ulaşılmıştır (Xuemei, 2011: 508–512).

Çınar, (2011) gelir ve CO<sub>2</sub> ilişkisi üzerine panel birim kök ve eşbütünleşme testi çalışmasında 1971-2007 döneminde OECD ülkeleri için kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonları ve reel kişi başına GSYİH panel verileriyle birim kök testleri, eşbütünleşme testleri ve uzun dönem katsayılarını araştırmıştır. Araştırmada birim kök tahminleri için 1. kuşak birim kök testleri, eşbütünleşme testleri için Pedroni, Kao ve Westerlund eşbütünleşme testleri ve uzun dönem katsayıları için DOLS tahmincisi kullanmıştır. Ekonometrik uygulamalar sonucunda gelir ile CO<sub>2</sub> arasında eşbütünleşme ilişkisi ve istatistiki olarak anlamlı doğrusal uzun dönem katsayılarına ulaşılmıştır. Bu sonuçla belirli gelir düzeyinden sonra da kirlilik düzeyinin arttığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Öztürk ve Acaravci (2012) çalışmalarında, 1960-2007 dönemi verileriyle Türkiye'de finansal gelişme, ticaret, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasında nedensellik ilişkisini analiz etmişlerdir. Çalışmada artan dış ticaret, karbon emisyonlarını arttırırken, finansal gelişme uzun dönemde karbon emisyonlarına etki etmemektedir. Bu sonuçlar Türkiye ekonomisinin Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini desteklediğini göstermektedir.

Adom vd. (2012) Afrika kıtasından Gana, Senegal ve Fas için karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme, endüstri yapısı ve teknik verimlilik arasındaki

nedensellik ilişkisini kısa ve uzun dönem etkilerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, Fas için uzun dönem ilişkisi tek yönlü iken, Gana ve Senegal için çok yönlü ilişki gözlenmiştir. Toda ve Toda-Yomamoto Granger Nedensellik testi sonuçlarına göre çift yönlü, tek yönlü ve nötr ilişkiler tespit edilmiştir. Senegal’de ekonomik büyüme karbondioksit emisyonunu arttırmazken, Fas ve Gana’da ekonomik büyüme karbondioksit emisyonunu arttırmaktadır. Varyans ayrıştırma analizinde ise Senegal ve Fas’da ekonomik büyüme gelecekte karbondioksit emisyonunu büyük ölçüde etkilerken, Gana’da teknoloji verimliliği gelecekte karbondioksit emisyonunu etkileyeceği varsayılmaktadır.

### 3.2. ENERJİ TÜKETİMİ ETKİSİ

Enerji, insanoğlunun yaşamını sağlıklı, güvenli ve rahat bir şekilde geçirebilmesi için gerekli temel ihtiyaçlardandır. Ancak dünya nüfusundaki artış ve ekonomik büyüme beraberinde enerji talebine artışı getirmektedir. Sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin olması için enerji tüketimindeki artışı kaçınılmaz yapmaktadır (Bella vd. 2010: 3). Dünyadaki bu enerji kaynaklarının bilinçsizce ve aşırı kullanılması tahrip olan çevreyi sürdürülmez bir durumla karşı karşıya bırakmaktadır.

Bu bölümde ilk olarak; enerji tüketiminin sera gazı emisyonlarına etkileri teorik olarak incelenecek, sonra konuyla ilgili literatür özeti verilecektir.

#### 3.2.1. Teorik Çerçeve

Enerji kullanımından kaynaklanan karbon emisyonları diğer değişkenlerden (büyüme, ihracat, ithalat, DYY vb.) kaynaklanan karbon emisyonlarından çok yüksektir. Denklem 3.1’de gösterilen ve Dinda, ( 2004: 440-441) tarafından geliştirilen modele, karbon emisyonlarını (*CO*) arttıracığı değerlendirilen enerji tüketimi (*EC*) değişkeni tarafımızdan modele dahil edilerek aşağıdaki modele ulaşılmıştır.

$$CO_{it} = \alpha_{i0} + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Y_{it}^2 + \alpha_3 Y_{it}^3 + \alpha_4 EC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.4)$$

3.4’de denklemdeki  $\alpha$  parametreleri ( $i=1,2,3,4$ ) sırasıyla uzun dönem kişi başı karbon emisyonları, kişi başı reel gelir ve kişi başı reel gelirin karesi, kişi başı reel gelirin küpü ve kişi başı enerji tüketimi esneklik tahminlerini vermektedir. Kişi başı enerji tüketimiyle kişi başı karbon emisyonunun uzun dönem esneklik tahmininde eğer  $\alpha_4 > 0$  ise, artan enerji tüketimi karbon emisyonlarını arttıracığı anlamına gelmektedir.

### 3.2.2. İlgili Literatür Özeti

Son yüzyılda çevre ile ilgili özellikle çevre ile ekonomi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak inceleyen çalışmaların sayısında hızlı bir artış yaşanmıştır. Bu çalışmaların çoğunluğu kirlilik göstergesi olarak karbon dioksit emisyon miktarını analize dahil etmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde yüksek sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanabilmesi için yoğun enerji kullanımı gerektirmektedir (Apergis and Payne, 2009; Lean and Smith, 2010). Özellikle fosil yakıtlardan elde edilen enerji tüketimi beraberinde karbondioksit emisyonlarını arttırmaktadır. Çevresel kirlilik ile enerji tüketimi arasında son zamanlarda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan Schipper vd. (1997), Greening vd. (1998), Roca ve Alcantara (2001), Hamilton ve Turton (2002), Stern (2002), Lise (2006), Soytaş vd. (2007) enerji kullanımı ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Literatürde yapılan bu çalışmaların kısa bir özeti aşağıda tarih sırasına göre sunulmuştur.

Say ve Yücel (2006) enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi Türkiye için 1970-2002 dönemi için araştırmışlardır. Enerji tüketimiyle karbon emisyonları arasında yapılan regresyon analizinde bu iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğunu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca Türkiye için hesaplanan toplam karbon emisyonunun IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) metoduna göre hesaplanan değer çok üstündedir.

Soytaş vd (2007) çalışmalarında, ABD için enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasında ilişki analiz etmişlerdir. ABD için daha önceki çalışmalarda enerji tüketimi modele dahil edilmeden EKC'nin varlığı test edilmiştir. Oluşturulan modelde gelir, enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları arasında Granger Nedensellik testi sonucunda gelirin karbon emisyonunun Granger Nedeni olmadığı fakat enerjinin Granger nedeni olduğu belirtilmiştir.

Gelişmekte olan ülkelerde elektrik ve enerjiye olan talep hızla artmaktadır. Çünkü enerji ekonomik büyüme ve sosyal gelişme için gerekli bir girdidir. Türkiye de diğer gelişmekte olan ülkeler gibi enerjiye olan talebi hızla arttırmaktadır. Artan enerji talebi beraberinde karbon emisyonlarını da arttırmaktadır. Türkiye'de bu emisyonlar 2004 yılında 193 milyon tona ulaşmıştır (Kaygusuz, 2009).

Karanfil (2009) çalışmasında, Türkiye'nin enerji trendini belirlemek ve uluslar arası bir ölçekte enerji ve çevre verimliliğini araştırmak için Gini katsayısı ve Theil endeksi ile dağılım incelemesi yaparak 132 ülkenin 1971-2005 döneminde enerji ve çevre verimliliğini detaylı bir şekilde incelemiştir. Analiz sonucunda Türkiye'nin fosil yakıt kullanımı arttığı için enerji kullanımı ve karbondioksit emisyonunun arttığını gözlemlemiştir. Ayrıca enerji kullanımı ve karbondioksit emisyonundaki küresel trendler, enerji ve çevre verimliliğinde ülkeler arasında bir yakınsama olduğunu ve bu iki değişkenin ortalamalarının sabit kaldığını analiz etmiştir. Türkiye'de enerji verimliliği çevre verimliliğine kıyasla daha yüksek ve istikrarlı olduğu bulgular arasındadır.

Bella vd. (2010) Panel Veri Analizini kullanarak 77 ülke verisiyle (22 OECD ve 55 OECD dışı ülke) 1971-2006 dönemi için ekonomik büyüme ile karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi incelenerek EKC hipotezinin varlığı araştırılmıştır. Modelde konveks ve konkavlığın belirlenmesi için panel tahminleri kullanılmıştır. Bulgular 77 ülke geneli için EKC hipotezini destekler niteliktedir. Alt ülke grupları için ise aynı sonuç elde edilemediği gibi farklı ülke gruplarının sonuçlarında heterojen bir yapı olduğu görülmüştür.

Ahmed ve Long (2012) Pakistan için 1971-2008 dönemi yıllık verilerle karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticaret liberasyonu ve nüfus yoğunluğunu Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezine uygunluğunu araştırılmıştır. Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi ARDL (Auto Regressive Distributed Lag) sınır testi yaklaşımıyla analiz edilmiştir. Karbondioksit emisyonuyla büyüme arasında kısa ve uzun dönem ilişkisi EKC'yi desteklemektedir. Pakistan'ın enerji tüketimi ve ekonomik büyümesi çevresel kirlenmeye neden olmaktadır.

### **3.3. DIŞ TİCARET ETKİSİ**

Çalışmanın bu aşamasında ise önce; dış ticaretin (Ticari açıklık-ihracat/GSYİH ve ithalat/GSYİH vb.) sera gazı emisyonuna etkileri teorik olarak incelenecek, sonra konuyla ilgili literatür özeti verilecektir.



### 3.3.1. Teorik Çerçeve

Günümüze kadar imalat sanayi içerisinde kirlilik yaratan sektörlerin belirlenmesinde ve bu sektörlerin ülkelerin dış ticaretine olan etkisinin ölçümüne yönelik birçok uygulamalı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kirliliği giderme maliyetlerinin en yüksek olduğu sektörleri yoğun kirli sektörler olarak tanımlamıştır. Tobey (1990) bu sektörleri maden, demir-çelik, kâğıt, metal ve kimyasal olarak belirlemiştir.

Günümüzde çevre kirliliğine sebep olan ülkelerin başında OECD ülkeleri gelmektedir. Bu nedenle sanayileşmiş OECD ülkeleri çevre bilinci yaygınlaşmakta ve uluslararası anlaşmalara taraf olmaktadır. Çevre kirliliğinin azaltılması için taraf olunan Kyoto Mekanizması gibi bu sözleşmeler alternatif teknoloji ve yenilenebilir enerji gibi ek bir maliye katlanmak zorunda kalmakta ve uluslararası rekabette fiyat avantajını koruyamamaktadır.

Gelişmiş ülkeler çevre kalitesini iyileştirmek üzere özellikle kirli endüstrilere yönelik birtakım yasal düzenlemeler geliştirmiştir. Bu yasal düzenlemeler, kirli endüstrilerin maliyetlerinde bir artış oluşturmuş ve bu endüstrilerin gelişmiş ülkelerdeki yaşam alanlarını sınırlamıştır. Bu durum gelişmiş ülkelerde farklı araç ve politikalar bulmaya zorlamıştır.

Buna karşılık gelişmekte olan ülkeler ise, sanayileşme eğiliminin sadece emek yoğun üretim tekniği (tarım ve tekstil gibi) ile sınırlı kalmayıp, yüksek oranda kirlilik yaratan sermaye yoğun endüstrilere de (Çimento, kâğıt, petrokimya, demir-çelik gibi) kaymaya başlamıştır. Bu değişimin bir nedeni, gelişmiş ekonomilerde barınmayan kirli endüstrilerin, çevre duyarlılıkları henüz çok gelişmemiş olan (Kyoto protokolünü imzalamayan ve yükümlülük almayan) ve bu nedenle çevresel yasal düzenlemelerin çok sıkı olmadığı, gelişmekte olan ülkelere gelmesidir. Gelişmiş ülkelerde uygulanan çevre standartları sebebiyle maliyet baskısı yaşayan kirlilik yoğun bazı yatırımlar, üretimlerini kirlilik kontrollerinin daha düşük olduğu gelişmekte olan ülkelere taşımaktadırlar. Gelişmekte olan ülkelerin bu endüstriler için kirlilik sığınağı ya da kirlilik cenneti haline gelmesi literatürde “*kirlilik sığınağı hipotezi*” (pollution haven hypothesis) olarak adlandırılmaktadır (Eskeland ve Harrison, 2003: 1; Yılmaz ve Ersoy, 2009: 1442; Karaca, 2012: 184).

Gelişmiş ülkelerdeki çok uluslu şirketler gerçekleştirdikleri yatırımlarda genelde yatırım yaptıkları gelişmekte olan ülkedeki ucuz işgücü, hammadde ve düşük çevresel standartlar gibi bazı avantajların elde edilmesini amaçlamaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerdeki çevre standartları, maliyet avantajı elde etmek isteyen firmaların gelişmiş ülkelere daha düşük çevre standardı olan gelişmekte olan ülkelere yatırım yapmasına neden olmaktadır (Karaca, 2012: 182). Böylece gelişmekte olan ülke kirlilik sığınağı haline gelmekte ve gelişmiş ülke ise yüksek çevre standartlarına uymuş gözükmektedir.

Arouri vd., (2012) kirlilik sığınağı hipotezi teoremine göre kurdukları modelde  $X$  ve  $Y$  olmak üzere iki mal olduğunu varsaymışlardır. Bu mallardan  $X$  kirli üretilen malı,  $Y$  temiz üretilen malı temsil etmektedir.

Emek ve üretim faktörleri kullanılarak  $Y$  malı için üretim fonksiyonu modelini yazarsak;

$$Y = F(K, L) \quad (3.5)$$

ve  $X$  malı üretim fonksiyonu;

$$X = (1 - \theta)G(K, L) \quad (3.6)$$

Burada  $\theta$ , azaltım etkisini göstermekle birlikte 0 ve 1 ( $0 < \theta < 1$ ) arasında değer alır. Eğer  $\theta=0$  olursa, kirli üretilen  $X$  mallarıyla kirliliğin artması ve azaltım miktarı değişmez. Fakat  $\theta$ 'nın değeri artarsa ( $0 < \theta < 1$ ) üretilen  $X$  malın azalması, azaltım çabası ve dolaylı olarak kirlilik artmaktadır.

Eğer  $X$  malından üretilen emisyon miktarı üretim sürecinden denklem olarak yazılırsa; toplam emisyon  $E=eX$  olur. Burada  $e$  emisyon yoğunluğunu ifade eder. Modelde iki ülke varsayılarak gelişmiş ülke ( $A$  – yüksek gelirli) ve gelişmemiş ülke ( $B$ - düşük gelirli) olmak üzere iki değişken kullanılmıştır.

Kirlilik sığınağı hipotezi teoremine göre ticaret yapan bu iki ülkenin emisyon yoğunlukları birbirinden farklı olduğu için bu ülkenin arz eğrileri de aynı olmayacaktır. Arz eğrisi fonksiyonunu fiyat ( $p$ ), emisyon yoğunluğu ( $e$ ) ve sermaye/emek değişkenlerine göre düzenlersek;

$$S(p, e, \frac{K}{L}) = \frac{X(p, e, K/L)}{Y(p, e, K/L)} \quad (3.7)$$

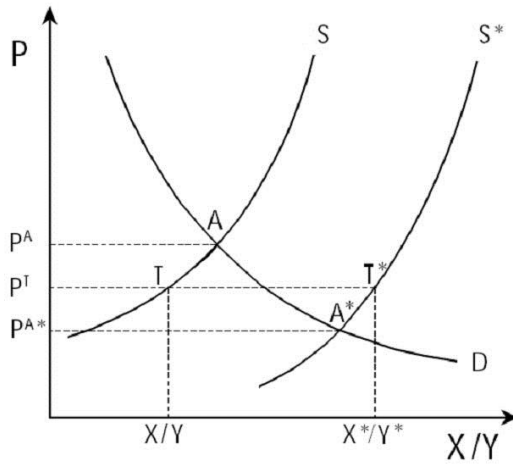
Denklem 3,7’te emisyon yoğunluğu ve fiyatlar arttığı zaman  $X$  malının arzı dolaylı olarak  $Y$  malını arttırır.

Bu iki ülkenin talep eğrisi ise değişmeyecektir. Çünkü bu mallar üzerindeki tercih birbirine yakın mallar olarak seçildi. Özellikle  $X$  malından  $Y$  malına göreceli talep eğrisi bu iki ülke içindeki fiyatların bir fonksiyonudur.

$$D_{X/Y}(p) = \frac{b_x(p)}{b_y(p)} \quad (3.8)$$

Eğer ülkeler aynı olursa, onların arz eğrisi ( $S$ ) aynı olacaktır. Böylece fiyatlar da değişmeyecektir. Eğer emisyon yoğunlukları farklı olursa düşük gelirli ülkenin fiyatları yükselecektir.

### Şekil 3.2: Arz Eğrisinin Kayması



**Kaynak:** Copeland ve Taylor, 2003 çalışması referans alınarak tarafımızdan çizilmiştir.

Gelişmiş ülkede  $X$  malının fiyatı gelişmekte olan ülkenin fiyatından ( $P^{A*} > P^A$ )<sup>40</sup> daha yüksektir. Çünkü gelişmiş ülkedeki kirlilik vergileri gelişmemiş ülkelerdeki kirlilik vergisinden daha yüksektir. Bu yüzden gelişmiş ülkelerdeki  $X$  malı üretimi azalırken, gelişmekte olan ülkedeki  $X$  malı üretimi artar. Böylece düşük çevresel düzenlemesi olan gelişmekte olan ülkenin arz eğrisi ( $S^*$ ) sağa kayacaktır (Şekil 3.2). Bu değişikliklerin sonucunda gelişmiş ülke  $Y$  malının ihracatını yaparken,  $X$  malını ise ithal edecektir.  $X$  mallarını üreten gelişmekte olan ülke zamanla kirlilik sığınağı haline gelecektir.

<sup>40</sup> Gelişmekte olan ülkelerin değişkenleri için yıldız (\*) işaretini kullandık.

$$CO_{it} = \alpha_{i0} + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 EC_{it} + \alpha_3 OPEX_{it} - \alpha_4 OPIM_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.9)$$

Denklem 3.9’da modele ticari açıklık (trade openness) değişkeni ilave edilmiştir. Ticari açıklık literatürde (ihracat+İthalat)/GSYİH formülüyle hesaplanmaktadır. Ticari açıklık değişkenini modelimizde ihracat/GSYİH (*OPEX*) ve ithalat/GSYİH (*OPIM*) olarak iki değişken şeklinde gösterilmiştir. *OPEX*’teki bir artışın karbon emisyonlarını arttıracığı, *OPIM*’deki bir artışın ise karbon emisyonlarını azaltacağı beklenmektedir.

### 3.3.2. İlgili Literatür Özeti

Son yüzyılda gelişmiş ülkelerin küresel çevre kirliliğindeki payının yüksek olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, çevre bilincinin önemi ortaya çıktıktan sonra, gelişmiş ülkeler dış ticaret ve yatırım yoluyla kirli endüstrilerini geliştirmekte olan ülkelere taşıma eğilimine girmişlerdir. Ayrıca günümüzde hızla sanayileşen geliştirmekte olan ülkelerin de kirlilik payı giderek artmaktadır. Dış ticaretin sera gazı emisyonlarını etkileyen çalışmaların kısa bir özeti aşağıda tarih sırasına göre sunulmuştur.

Frankel ve Romer (1999) çalışmalarında, ticaret ve gelir arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için ülkelerin coğrafi özelliklerine ve gelirin değer belirleyicilerine de bakılması gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca yaptıkları EKK tahminine göre ticaretin etkilerinde abartılı sonuçlar olmadığı gözlemlenmiştir.

Antweiler vd. (2001) çalışmalarında, ticari açıklığın kirlilik emisyonunu ölçek ve teknik etki üzerinden etkileyeceğini belirtmişlerdir. Ticari açıklığın ve gelirin sülfür dioksit üzerindeki etkisini araştırarak, gelir artarken emisyonun arttığı, kişi başı gelir artarken emisyonun azaldığı ve ticari açıklık artarken emisyonun azaldığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Mielnik ve Goldemberg (2002) geliştirmekte olan 20 ülke ile yaptıkları çalışmada, doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) arttıkça enerji yoğunluğunda belirgin bir düşüşün olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak da geliştirmekte olan bu ülkelerin kullandıkları eski teknolojiler yerine DYY ile gelen modern teknolojilerin kullanılması olarak açıklanmıştır.

Halicioglu, (2009) Türkiye için 1960-2005 dönemi verileriyle karbon emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret değişkenleri arasındaki ilişkiyi zaman serileri yöntemini kullanarak analiz etmiştir. Sınır testiyle yapılan analizde uzun

dönemde değişkenler arasında iki şekilde sonuca ulaşmıştır. Birinci durumda uzun dönemde karbon emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaretin belirleyicisidir. İkinci durumda ise uzun dönemde gelir, karbon emisyonu, enerji tüketimi ve dış ticaretin belirleyicidir. Uzun dönemde karbon emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret parametreleri durağan olduğu analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Türkiye’de gelirin karbon emisyonları için çok önemli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Sadorsky, (2010) gelişmekte olan ekonomilerde, enerji tüketiminin finansal gelişmeye etkisini 22 gelişmekte olan ülke için 1990-2006 dönemi verileriyle panel veri yöntemiyle incelemiştir. Ampirik sonuçlara göre enerji tüketimi ile finansal gelişme arasındaki ilişki istatistiksel olarak pozitif ve anlamlıdır.

Zhang (2011) Çin’in finansal gelişmesi ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi, eştünleşme teori, (cointegration theory) Granger Nedensellik Testi, (Granger Causality Test), varyans ayrıştırma, (variance decomposition) gibi ekonometrik teknikler kullanarak analiz etmiştir. Analiz sonucunda Çin’deki finansal gelişmenin karbon emisyonlarını arttırdığı görülmüştür. Ayrıca Çin’in doğrudan yabancı yatırımları (DYY) karbon emisyonlarının çok az etkiler. Çünkü Çin’in GSYİH’sı DYY’ye göre çok büyüktür.

Çınar vd. (2012) kirlilik yaratan sektörlerin ticareti ve çevre konulu çalışmalarında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin karşılaştırmasını incelemiştir. Çalışmada Kirlilik Sağlığı Hipotezi ve Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) birlikte incelenmiştir. Analiz sonucunda ÇKE’ye göre, kişi başına gelir ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki gelişmiş ülkelerde ters-U; gelişmekte olan ülkelerde ise U şeklinde çıkmıştır. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde, çevreyi kirliliğine neden olan sektörlerin ihracattaki payı arttıkça CO<sub>2</sub> emisyonun arttığı bulunan diğer bulgular arasındadır.

Yıldırım, (2013) çalışmasında ticari açıklık ve gelirin, kirlilik üzerine etkisini, GSYİH’ya göre dünyanın en büyük ekonomisine sahip 20 ülkeyi, 1990-2009 döneminde, Havuzlanmış En Küçük Kareler modeli ile analiz etmiştir. Bu 20 ülkeyi, 10 gelişmiş, 10 gelişmekte, Avrupa ve ilk 5 ekonomiler gibi gruplara bölerek iklim değişikliğine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Analiz sonucunda gelişmekte olan ekonomilerin ticarete bağlı kirlilik emisyonlarında bir artış trendi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca gelişmiş ülkelerin de kirlilik emisyonlarında bir artış olduğu

vurgulanmıştır. Diğer yandan tüm ülke gruplarının EKC hipotezi doğrulanmıştır. Analizin sonunda hem gelişmekte hem de gelişmiş ülkelerin artan karbon emisyonların evre kirlenmesine neden olduğu belirtilmiştir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### AMPİRİK ANALİZ

Regresyon analizi ve zaman serisi analizleri, veri analizi için kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Regresyon analiziyle yatay kesit verisi analizleri yapılırken zaman serisi analizleriyle de bir yatay kesitin zaman boyunca gözlenmesiyle dinamik bir analiz yapılmaktadır<sup>41</sup>. Belirli bir zaman periyodu ve birimlere ait verinin toplanmasıyla oluşan panel veri analizi yatay kesit ve zaman serilerinin birlikte alınmasıyla analizler yapılmaktadır (Yılancı, 2012).

Felemenkçe bir kelime olan panel, kelime anlamı olarak dikdörtgen anlamına gelmektedir. Ekonometride panel yatay kesit verisi ile zaman serisi verisinin birlikte kullanılması yani zaman boyutu ve zamansal olmayan bir boyuta sahip gözlemler olarak bilinmektedir (Ahn ve Moon, 2001: 1).

Panel veri analizi yöntemi son dönemlerde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Çünkü panel veri analizinde hem yatay kesit bağımlılığı hem de zaman analizi olmak üzere iki boyut vardır. Başka bir deyişle panel veri modelinde,  $N$  tane birim ve her birime karşı gelen  $T$  adet gözlem bulunmaktadır. Bu iki boyutun aynı anda kullanılması daha fazla bilgi kullanımını ve serbestlik derecesinde artış sağlamaktadır.

Eğer aynı kesit birimi zaman içinde izleniyorsa bu tür karma verilere Panel Veri adı verilir. Panel veride “birim” ifadesi bir bireyi, hane halkını, ülkeyi, firmayı, sektörü vb. ifade etmek için kullanılmaktadır. Panel veri analizinde örneklemdaki farklı zaman noktaları için bireysel gözlemler dikkate alınır ve bu örneklemdaki her bir bireysel veri için çoklu gözlemler oluşturulması sağlanır.

Yatay kesit veri birçok birim için sadece bir dönem hakkında bilgi verirken, zaman serisi verisi sadece bir birimin dönemlere göre bilgisini vermektedir. Hem dönemlere hem de birimlere göre bilgiler isteniyorsa, panel veri kullanılmalıdır. Yatay kesit verilerinin yıllar itibarıyla aldıkları değerler söz konusu olduğundan panel veri analizinin temelinde tekrarlı varyans analizi ile iki yönlü ( birim ve zaman) varyans analizi modellerinin bulunduğu söylenebilir.

---

<sup>41</sup> Fress, E.W., Longitudinal and Panel Data, Analysis and Applications in the Social Sciences, USAI Cambridge University Press, 2004, p.2.

Panel veriler; dengeli ve dengesiz panel olarak ikiye ayrılır. Dengeli panelde her bir birim tüm zamanlar boyunca gözlemlenmiştir. Dengesiz panelde ise bazı birimler için bazı dönemlere ait bilgiler kayıptır. Dengeli/Tamamlanmış (complate) Panel Veriler için geliştirilmiş tahmin yöntemleri ve testlerin, dengesiz/tamamlanmamış (incomplate) paneller için kullanımında bazı kısıtlamalar söz konusudur.

Dengesiz panel veri setleriyle çalışabilmek için bazı yöntemler kullanılır. Verilerdeki kayıp gözlemlerde tesadüfilik varsa dengeli panel için kullanılan metodlar dengesiz paneller için geliştirilmekte ve tahminler tutarlı olmaktadır. Kayıp gözlemi olan veriyi kaybetmektense bazı algoritmalar kullanılarak bu boşlukların doldurulması önerilebilmektedir.

#### 4.1. ANALİZİN TEMEL AMACI

Tezin bu bölümünde ele alınacak olan analizin amacı temel olarak sera gazı emisyonlarının makroekonomik değişkenlerle olan ilişkisini OECD ülkeleri için panel veri analiziyle ampirik olarak araştırmaktır. Buna göre söz konusu analizde CO<sub>2</sub> emisyonları makroekonomik değişkenler olan ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ticari açıklık değişkenlerinden ne kadar etkilendiğini ekonometrik yöntemlerle ölçülmüştür.

Bu çalışmanın yapılma gerekçesi; dünyada çevre kirliliğine neden olan ülkelerin OECD gibi gelişmiş ülkeler olmasıdır. Kyoto protokolünü imzalamayan ABD'nin OECD ülkelere göre durumu karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca Kyoto Protokolü'nü imzalayıp herhangi bir yükümlülük almayan Türkiye, Meksika ve Güney Kore gibi OECD ülkelerinin CO<sub>2</sub> emisyonları karşılaştırılarak bu ülkelerin arasındaki benzerlikler ve farklılıklar incelenecektir.

Bu bağlamda; OECD ülkeleri içinde Kyoto Protokolü'nü imzalayan, imzalamayan ve imzalayıp yükümlülük almayan ülkeleri ayrı gruplar halinde 1970-2011 dönemi için yıllık verilerle panel veri analizi yöntemi kullanarak karbon emisyonları ile makroekonomik değişkenler olan ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ticari açıklık değişkenleri kullanılarak her ülke için ayrı bir model olarak test edilmeye çalışılacaktır. Ayrıca çalışmada ticari açıklık, ihracat/GSYİH (*OPEX*) ve ithalat/GSYİH (*OPIM*) değişkenleri olarak modele ayrı ayrı dahil edilerek literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır.



## 4.2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmada, karbon emisyonları ile makroekonomik değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığı, bu ilişkinin yönünün ve derecesinin ne şekilde olduğunu ortaya koyabilmek için panel veri analizi yöntemi uygulanmıştır.

Farklı veri türlerinin kullanıldığı bu analizde yapılarına uygun modellerle incelenmesi gerekmektedir. Zaman serisi ve yatay kesit analizleri verileri ayrı ayrı analiz etmektedir. Yani zaman serileri ile ilgili çalışmalar zaman boyutunu dikkate almakta, yatay kesit analizleri ise kesit boyutu dikkate alınmaktadır.

Zaman serileri ve yatay kesit verilerinin bir arada kullanıldığı analizler ise panel veri adını almaktadır (Greene, 2003: 283-284; Wooldridge, 2009: 452; Ayaydın, 2012: 121). Panel veriler, zaman serisi ve yatay kesit verilerini bir araya getirerek, farklı zaman aralıklarında aynı birimlere ilişkin veri setlerinden oluşmaktadır (Hsiao, 2003: 1; Baltagi, 2005: 1; Ayaydın, 2012: 121). Zaman boyutuna sahip kesit serilerini kullanarak ekonomik ilişkilerin tahmin edilmesi yöntemine panel veri analizi adı verilmektedir (Frees, 2004: 2; Gürüş vd., 2011: 7). Dolayısıyla panel veri analizi, belirli bir dönem için çok sayıda ülkeye ya da ülke grubuna ait değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesine fırsat vermektedir.

Zaman serisi ve yatay kesit bağımlılığı verilerinin bir arada kullanılmasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için temel panel veri regresyon modelinin basit biçimde gösterecek olursak (Greene, 2003: 285);

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad ve \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (4.1)$$

4.1. nolu denklemde  $i$  alt simgesi, OECD ülkelerinin yatay kesit boyutunu ifade ederken,  $t$  alt simgesi, zaman serisi boyutunu ifade etmektedir. Denklemde  $Y_{it}$  modele ait bağımlı değişkenleri,  $X_{it}$  bağımsız değişkenleri,  $\alpha_i$  sabit kesişim katsayısını ve  $\varepsilon_{it}$  hata terimini göstermektedir (Baltagi, 2005: 11-12).

Panel veri setinde yer alan tüm birimler için söz konusu zaman serisinde gözlem sayıları tamsa bu panel veri setine dengeli panel denir. Eğer çalışmada kullanılan çalışmalarda gözlemlerin eksik gözlemler varsa, bu panel veri setlerine ise dengesiz panel denmektedir.

Kullanılan veri setinde eksik gözlemlerin olması panel veri analizinde zaman serisine göre daha avantajlıdır<sup>42</sup>. Bu yüzden analiz metodu olarak panel veri analizi tercih edilmiştir.

Analizimizde kullandığımız panel veri analizi yatay kesit veya zaman serisi analizleriyle karşılaştırıldığında çeşitli avantajlara sahiptir. Panel veri analizinin avantajlı yönleri şöyle özetlenebilir (Hsiao, 2003: 1-7; Baltagi, 2005: 7; Hsiao, 2005: 3-8):

- (1) Panel veri analizi yatay kesit gözlemlerle zaman serisini birleştirerek daha kompleks veriler, daha fazla değişkenlik, değişkenler arasında daha az doğrusallık (collinearity), daha fazla serbestlik derecesi ve etkin bir model sağlamaktadır.
- (2) Panel veri analizi yatay kesit gözlemlerle çalıştığından, panel veri “değişim dinamiklerini” çalışmak için daha uygun bir yöntemdir.
- (3) Panel veri araştırmacıya daha fazla sayıda gözlem sağlar, açıklayıcı değişkenler arasındaki doğrusal bağıntının derecesini düşürür ve serbestlik derecesini artırır. Bunlar da ekonometrik tahmincilerin etkinliğini artırır.
- (4) Zaman serilerinde veya yatay kesit bağımlılığında gözlemlenemeyen etkiler panel veri analiziyle daha iyi teşhis edilmektedir.
- (5) Panel veri analizinde dönemler arasında meydana gelen değişim ile mikro birimler arasındaki değişimi birleştirerek değişkenlik meydana getirmektedir. Bu da çoklu doğrusallığı azaltarak daha güvenli sonuçlar vermektedir.
- (6) Panel veri analizinde zaman ve yatay kesit bağımlılığı dikkate aldığı için yapılan tahminlerde heterojenliğin kontrol edilmesi, serbestlik derecesinin artırılması ve daha güvenilir parametrelere ulaşılması gibi avantajlara sahiptir.
- (7) Kısa zaman serisi ve/veya yetersiz kesit gözleminin var olduğu durumlarda da ekonometrik analiz yapılmasına imkan verir.
- (8) Durağan olmayan zaman serisi analizinde T iken en küçük kareler (EKK) veya maksimum olabilirlik tahmincilerinin dağılımları büyük örnekleme bilinen bir dağılıma yakınsamaz. Bunun için kritik değerler bilgisayar simülasyonlarıyla

---

<sup>42</sup> Wooldridge (2009) a.g.e, s. 488

tahmin edilir. Yatay kesit birimlerinin bağımsız olduğu panel verilerde durum farklıdır. Merkezi limit teoremleri kullanılarak yatay kesitler boyunca birçok tahmincinin kısıtlayıcı dağılımlarının asimtotik olarak normal dağılımı gösterdiği ve Wald tipi test istatistiklerinin asimtotik olarak ki-kare dağılımına sahip olduğu gösterilebilir.

Panel verinin analizi kullanılmasında bazı dezavantajlı yönleri de mevcuttur (Uğur, 2009: 40-43).

- (1) Veri seti oluşturmada karşılaşılan sorunlar.
- (2) Yatay kesit ve zaman serisi birlikte alındığı için daha karmaşık modellerin kurulması.
- (3) Ölçüm hatalarının çarpıtılması (distortion)
- (4) Seçim Yanlılığı (self-selectivity)
- (5) Veri seti oluşturulurken deneklerden cevap alınamaması (nonresponse).
- (6) Aşınma (attrition)

Yukarıdaki dezavantajların yanında panel veri kullanmanın getirdiği bazı kısıtlamalar şunlardır:

- (1) Panel veri ile yapılan çalışmalarda en önemli problem, verilere ulaşmak ve verileri düzenlemektir.
- (2) Veri yapılarına göre, veri toplamının ciddi bir maliyeti söz konusudur. Bu maliyet bir bireyi en az iki zaman noktasında ölçme maliyetinin yanı sıra, aynı bireyi zaman boyunca izleme zorluğundan da ileri gelir. Bu ikinci nokta, uygulamada ciddi problemler yaratır.
- (3) Sansürlü gözlemler ve özellikle anket çalışmalarında çeşitli nedenlerden dolayı cevapsız kalan sorular nedeni ile de verilerin kısıtlanması mümkündür.
- (4) Panel veride genellikle, birim boyutu fazla olmasına rağmen zaman boyutu kısadır. Bu da, özellikle doğrusal olmayan panel veri modellerinde çözülmesi zor ekonometrik problemler yaratır.

### 4.3. PANEL VERİ MODELLERİ

$Y$  bağımlı değişkeni hem birimden birime hem de zaman periyodunda farklı değerler alan bir değişken ise, bu değişken yatay kesit birimleri için  $i$ , zaman periyodu birimi için  $t$  alt indisleriyle gösterilir.

$$Y_{it} : \quad i = 1,2, \dots N \quad \text{ve} \quad t = 1,2, \dots T \quad (4.2)$$

Panel veri analizinde tüm katsayıların ortak ve değişmeyen bir en küçük kareler yöntemi (*EKK*) her zaman doğru sonuçlar vermeyebilir. Çünkü bu modelde hesaba katılmayan değişkenlerin bir hata terimiyle açıklanması beklenir. Ancak modele alınmayan değişkenlerin bir kısmı zamandan bağımsız ve bir kısmı ise birimlerden bağımsız olabilmektedir. Bu durumda uygulanacak olan *EKK* doğru sonuçlar vereceği şüphelidir (Uğur, 2009: 43). Tüm faktörlerin modele alındığı bir panel veri modeli aşağıdaki gibidir:

$$Y_{it} = \beta_1 + \sum_{j=2}^k \beta_j X_{jit} + \sum_{p=1}^s \gamma_p Z_{pit} + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad i = 1,2, \dots N \quad \text{ve} \quad t = 1,2, \dots T \quad (4.3)$$

Denklem 4.3'te  $Y$  bağımlı değişkeni,  $X_j$ 'ler açıklanan bağımsız değişkeni ve  $Z_p$ 'ler açıklanamayan bağımsız değişkenleri göstermektedir. Ayrıca  $i$  indisi yatay kesit boyutunu,  $t$  indisi zaman periyodunu ve  $j$  ile  $p$  indisleri farklı gözlemlenen ve açıklanamayan değişkenleri için kullanılmıştır. Modelimizdeki  $\varepsilon_{it}$  ise klasik hata terimidir, yani:

$$\text{Bütün } i \text{ ve } t \text{ ler için } E(\varepsilon_{it}) = 0, E(\varepsilon_{it}^2) = \sigma_\varepsilon^2$$

$$\text{Bütün } i, j \text{ ve } t \neq s, E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{js}) = 0, \text{ ve} \quad (4.4)$$

$$\text{Bütün } i \text{ ve } t \text{ ler için } E(\varepsilon_{it} | X) = 0,$$

Model 4.3'te sabit terimin ( $\beta_1$ ) zamana bağlı olarak değişmesini engellemek için eğilim terimi  $t$  modele ilave edilmiştir. Eklenen bu terim sürekli bir değişimin olduğunu örtük olarak varsayar, fakat sürekli bir değişimin olduğu varsayımı görünemiyorsa eğilim terimi yerine referans dönemi hariç her bir zaman dönemi için bir kukla değişken kullanılabilir (Uğur, 2009: 43-44).

Panel veri analizlerinde kullanılan modellerde birimlere ve zamana göre verilerde meydana gelen değişkenlikler modelin katsayısında değişmeye neden olabilir.

Bu tür değişiklikler sabit terimde olduğu gibi hem sabit hem de eğitim katsayılarında da olabilmektedir. Panel veri modelleri yatay kesit ve zaman boyutundaki değişmeleri yakalayabilmek için değişik şekilde modeller kurabiliriz (Hsiao, 2003: 15):

(1) Eğim katsayılarının sabit, kesişim yatay kesit birimlerine bağlı değiştii model:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.5)$$

(2) Eğim katsayılarının sabit, kesişimin yatay kesit birimleri ve zamanla birlikte değiştii model:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.6)$$

(3) Bütün katsayıların yatay kesit birimlerine bağlı olarak değiştii model:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^k \beta_{ji} X_{jit} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (4.7)$$

(4) Bütün değişkenlerin yatay kesit ve zamanla birlikte değiştii model:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^k \beta_{jit} X_{jit} + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.8)$$

Denklem 4.5 ve 4.6 sabit eğimli ve değişen sabit terimli değişkenlere sahip modellerdir. Bu iki panel veri modeli sıklıkla kullanılan modellerdir. Çünkü bu modellerde katsayılar ortak bir değer almaktadır.

Panel veri ekonometrisinde kullanılan temel yöntemler statik ve dinamik olarak ikiye ayrılmaktadır.

#### 4.3.1 Statik Panel Veri Modelleri

Statik panel veri modelleri; bağımlı değişkeni açıklamak için hem bağımlı hem de bağımsız değişkenin gecikmeli değerlerinin kullanılmadığı veri modelleridir. En temel statik veri modeli klasik doğrusal regresyon modelidir. Panel veri analizinde klasik regresyon analizi uygulanarak tutarlı tahminlerin elde edilmesi için bağımsız değişkenlerle hatalar arasında ilişki olmaması aranan şartlardandır (Beck, 2006: 2).

Panel veri modeli en temel biçimiyle aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + z_i'\alpha + s_t'\gamma + \varepsilon_{it} \quad i = 1, 2, \dots, N \text{ ve } t = 1, 2, \dots, T \quad (4.9)$$

Denklem 4.3'te alt indisteki  $i$  yatay kesitleri,  $t$  ise zamanı göstermektedir. Sabit terim içermeyen  $X_{it}$  matrisi  $K$  tane açıklayıcı değişken içermektedir. Modeldeki  $z'_i\alpha$  ve  $s'_t\gamma$  değişkenleri heterojeniteyi göstermektedir.  $z'_i\alpha$  değişkenin aynı zamanda yatay kesitler arasındaki farklılıkları gösterir. Bu da bireysel etkiler olarak adlandırılır. Değişkendeki  $z'_i$  sabit terimdir. Modelin zaman serisi boyutundaki dönem farklarını ise  $s'_t\gamma$  değişkeni gösterir. Modeldeki heterojeniteyi gösteren değişkenler  $z'_i\alpha = \mu_i$  ve  $s'_t\gamma = \lambda_t$  şeklinde gösterilirse model şu şekilde düzenlenebilir;

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4.10)$$

Statik panel modelleri genel olarak katsayıların sabit ya da tesadüfi (rasgele) varsayılmasına bağlı olarak ortak havuz, sabit etkiler ve rassal etkiler olmak üzere üç ana kısımda sınıflandırılabilirler.

#### 4.3.1.1. Ortak Havuz Regresyonu (Klasik Model)

Ortak havuz regresyonu; yatay kesit birimlerinin birbirinden ayıran kendine özgü nitelikleri yoksa ortak havuz regresyonu kullanılabilir (Baltagi, 2005: 33-38). Bu tür modellerde tüm yatay birimlerin homojen olduğu kabul edilir. Yatay kesit birimleri arasında herhangi bir heterojenite yoktur. Modeldeki  $z_i$  sabit terimi içerdiği için en küçük kareler yöntemi sabit terim ( $\alpha$ ) ve eğim katsayısı ( $\beta$ ) için tutarlı ve etkin tahminler sağlamaktadır (Greene, 2003: 182-183).

Zaman ve kesitler arası tüm katsayılar sabit ise en basit yaklaşım, havuzlanmış verilerin kesit ve zaman boyutlarını ihmal ederek, geleneksel EKKY ile tahmin yapılmaktadır.

Bu modelde, hem sabit hem de eğim katsayılarının birimlere ve zamana göre sabit olduğu yani bütün gözlemlerin homojen olduğu varsayılmaktadır. Bu model genel olarak,

$$Y_{it} = \beta_0 \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + \varepsilon_{it} \quad yada \quad Y = X\beta + u \quad (4.11)$$

İfade edilir.

Bu modelde parametreler (*EKK*) ya da (*GEKK*) yöntemleriyle tahmin edilir. Hata teriminin ( $\varepsilon_{it}$ ) heteroskedastik (değişen varyanslılık) ve otokorelasyonlu olması nedeniyle; *GEKK* tahmincileri, *EKK* tahmincilerinden daha etkili olmaktadır.

#### 4.3.1.2. Sabit Etkiler Modeli (Fixed Effects)

Regresyon analizinde bazı katsayıların birimlere ve/veya zamana göre değişmesine izin verilmesi durumunda regresyon katsayıları bilinmeyen fakat sabit parametrelere dönüşmektedir. Literatürde bu tür modellere sabit etkiler modelleri denilmektedir.

Bir panel veri modelindeki bireysel özellikleri tanımlamanın bir yolu tüm bireylerin aynı katsayılara sahip olduğu varsayımını esnetmektedir. Bu amaçla, sabit etkiler modelinde her birey için bir tane olmak üzere birey sayısı kadar farklı terim bulunmaktadır (Yılancı, 2012: 14).

Sabit etkili modellerde sadece birimler arasındaki farklılıklar gözetiliyorsa, “Tek Yönlü Sabit Etkiler Modeli”, birimler ve zamana göre meydana gelen farklılıklar gözetiliyorsa, “İki Yönlü Sabit Etkiler Modeli” olarak isimlendirilmektedir (Sayyan, 2000: 20).

Kesitler arası eğim katsayıları aynı, sabit katsayısı değişiyorsa sabit etkiler modeli kullanılmaktadır. Buradaki sabit etkiler terimi, sabit her bir kesit için farklı olsa da, her bir kesitin sabitinin zaman boyunca değişmemesinden (time invariant) gelmektedir. Bu modelde eğim katsayıları hem zaman hem de kesit için aynı olmaktadır.

Bir modelde eğim katsayılarının zaman ve kesit birimleri için aynı olduğu ancak Greene'nin (2003: 469) ifade ettiği gibi katsayının yatay kesit birimlerine göre değiştiği sabit etkiler modelidir. Bu modele kukla değişken modeli de denmesinin nedeni panel veri modelinin kukla değişkenle açıklanmasıdır. Ayrıca modelde yatay kesit birimleri arasında farklar sabit terimleri açıklamada kullanılmaktadır.

Genel olarak bir panel veri ele alındığında;

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}X_{1it} + \beta_{2it}X_{2it} + \dots + \beta_{jit}X_{jit} + \varepsilon_{it} \quad i = 1,2, \dots, N \quad \text{ve } t = 1 \quad (4.12)$$

Bu modelde  $x_{it}$ 'nin  $\varepsilon_{it}$ 'den bağımsız olduğu ve  $\varepsilon_{it} \sim iid (0, \sigma_u^2)$  olduğu varsayılır. Dikkat edileceği gibi eğim katsayısı  $\beta$  zaman ve bireyler boyunca sabitken, sabit terim ise  $\alpha_i$  zaman boyu sabit fakat bireyler boyunca farklılaşmaktadır.

Sabit etkili modelde,

$$\beta_{oit} = \beta_{oi} = \bar{\beta} + \varepsilon_i ; \quad \beta_{1it} = \beta_1 ; \quad \beta_{2it} = \beta_1, \dots \dots \dots , \quad \beta_{jit} = \beta_j \quad (4.13)$$

olduğu varsayılmaktadır.

$\varepsilon_i$ ; zamana göre sabit olan birim etkileri gösterirken  $\varepsilon_{it}$ ; hata terimini göstermektedir. Birim etkiyi içermesi sebebi ile sadece sabit parametre değişmekte; zamana göre sabit iken, birimlere göre farklılıklar göstermektedir.

#### 4.3.1.3. Rassal Etkiler Modeli (Random Effects)

Sabit etkiler modelinin yoğun şekilde kullanılmasına rağmen, çok sayıda yatay kesitin söz konusu olduğu (kukla değişken kullanılmasına bağlı olarak) serbestlik derecesi kaybına neden olmaktadır. Sabit etkiler modelinin kullanılmasının nedeni, modelin tanımlanmasında zaman içinde değişmeyen konu ile ilgili açıklayıcı değişkenlerin modeli dahil etmekte başarısız olması ve kukla değişkenlerin modele dahil edilmesinin bu bilgisizliği örtmesidir. Eğer kukla değişkenler, aslında doğru model konusunda bilgi vermiyorsa, bu bilgisizliğimizin niçin hata terimi yoluyla ifade edilmiyor? Bunun için rassal etkiler modeli önerilmektedir.

Rassal etkiler modelinde, kesitlere ve/veya zamana bağlı meydana gelen değişiklikler, modelde hata teriminin bir bileşeni olarak adlandırılır. Çünkü sabit etkiler modelinde karşılaştığımız serbestlik derecesi rassal etkiler modelinde ortadan kalkmaktadır (Baltagi, 2005: 15).

Modeldeki bireysel etkiler açıklayıcı değişkenleri açıklayamıyorsa ve birimlerin sabit terimleri birbirleriyle rassal olarak dağılıyorsa, modelin yapılandırılabilmesi buna uygun şekle getirilmelidir (Greene, 2003: 293).

Modele seçilen birimler tesadüfi olarak seçildiklerinde, birimler arası farklılıklar da tesadüfi olacaktır. Buradaki birim farklılıklarına “rassal farklılıklar” denilmektedir.



Regresyon analizinde genelde bağımlı değişkenin değerini etkileyen, fakat bağımsız değişken gibi modelde yer almayan çok sayıda faktör olduğu ve bu faktörlerin tesadüfi bir kalıntı tarafından özetlendiği varsayılır.

Rassal etkiler modelinde birinci tip değişkenler  $\varepsilon_{it}$  gibi ifade edilirken; ikinci tip değişkenlerin birim etkileri  $\varepsilon_i$  şeklinde ifade edilmektedir. Rassal etkiler modeli, “hata bileşenleri modeli veya “varyans bileşenleri modeli” de denmektedir.

Genel panel veri denklemi;

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}X_{1it} + \beta_{2it}X_{2it} + \dots + \beta_{jit}X_{jit} + \varepsilon_{it} \quad i = 1,2, \dots N \text{ ve } t = 1 \quad (4.14)$$

Rassal etkiler modelinin hata terimi ( $\varepsilon_{it}$ ),

$$\varepsilon_{it} = v_{it} + \mu_i \quad (4.15)$$

şeklinde ifade edildiğinden rassal etkiler modeli;

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}X_{1it} + \beta_{2it}X_{2it} + \dots + \beta_{jit}X_{jit} + v_{it} + \mu_i \quad (4.16)$$

Şeklindedir.  $\mu_i$  ; sabit değil rassal olduğu varsayıldığından hata teriminin içinde ifade edilmiştir.

Rassal etkiler modeli;

$$Y_{it} = \beta_{0it} \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + v_{it} + \mu_i \quad (4.17)$$

$i$ : yatay kesit biriminin sabitini

$v_{it}$  : tüm hataları ve

$\mu_i$  : birim hatayı, birim farklılıklarını ve sabit zaman göre birimler arasındaki değişmeyi gösterir.

### 4.3.2. Dinamik Panel Veri Modelleri

Dinamik panel veri modelleri, statik panel veri modellerinden farkı içerisinde gecikmeli değişken ya da değişkenler bulunduran modellerdir. Dinamik panel veri

modelleri ikiye ayrılır. Dağıtılmış gecikmeli panel veri modelleri ve otoregresif panel veri modelleridir.

Otoregresif panel veri modellerinde bağımlı değişkenlerin gecikmeli değerleri bağımsız değişken olarak yer almaktadır. Dağıtılmış gecikmeli panel veri modellerinde ise bağımsız değişkenlerin gecikmeli değeri bağımsız değişken olarak yer almaktadır (Tatoğlu, 2012: 65).

#### 4.4. VERİ SETİ VE MODEL

Bu çalışmada 24 OECD ülkesine<sup>43</sup> ait, 1971-2011 dönemi, yıllık kişi başı karbondioksit emisyonu (measured in metric kilograms per capita), kişi başı *GSYİH* (constant 2005 US\$), kişi başı enerji tüketimi (measured in kg of oil equivalent per capita) ve ticari açıklık (trade openness, % of *GDP*) verileri kullanılmıştır. Değişken seçiminde Soytaş vd., 2007, Bella vd., 2010 ve Öztürk ve Acaravci, 2012 örnek alınmıştır. Ticari açıklık verisi ise ihracat için *OPEX* (ihracat/*GSYİH*) ve ithalat *OPIM* (ithalat/*GSYİH*) olarak iki değişken olarak modele dahil edilmiştir. Verilerden kişi başı *GSYİH* (*GDP*), kişi başı enerji tüketimi (*EC*) ve ticari açıklık (*OPEX* ve *OPIM*) dünya bankasından (World Bank Indicator), kişi başı karbon emisyonu (*CO*) ise Uluslararası Enerji Ajansı'ndan (IEA) alınmıştır. OECD üyesi olup verisi bulunmayan veya eksik olan Çek Cumhuriyeti, Estonya, İrlanda, İsviçre, Polonya, Slovakya, Slovenya ve Yeni Zelanda ülkeleri analiz dışında tutulmuştur. Analiz sonucunda değişen varyans sorunuyla karşılaşmamak için veri setinde anormal dalgalanmaların bulunduğu Lüksemburg ve İzlanda ülkeleri outlier (dışa düşen) değerlendirilmiş ve analiz dışı bırakılmıştır. Analiz için Gauss 10.0 ve Stata 10.1 ekonometrik analiz programlarından yararlanılmıştır.

*OPEX* ve *OPIM* serileri yüzde olarak alınmış ve *CO*, *GDP* ve *EC* serileri ise düzey değerleriyle logaritmaları alınarak modele dahil edilmiştir. Ayrıca *OPIM* serisi modele negatif olarak eklenmiştir. Çalışma 3 tane matematiksel model halinde analiz edilmiştir. Bu çalışmanın matematiksel modelleri denklem 4.18'de verilmiştir:

<sup>43</sup> Çalışmaya alınan OECD ülkeleri: ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsrail, İsveç, İtalya, Japonya, Kanada,, Macaristan, Meksika, Norveç, Portekiz, Şili, Türkiye, Yunanistan olmak üzere 24 ülkeyi kapsamaktadır.

$$\text{Model I : } CO = GDP$$

$$\text{Model II: } CO = EC \quad (4.18)$$

$$\text{Model III: } CO = OPEX - OPIM$$

biçiminde olup, bu denklem 4.18'deki matematiksel modeller, ekonometrik modele dönüştürüldüğünde:

$$\text{Model I: } \ln CO_{it} = \alpha_{i0} + \lambda_t + \alpha_1 \ln GDP + \varepsilon_{it}$$

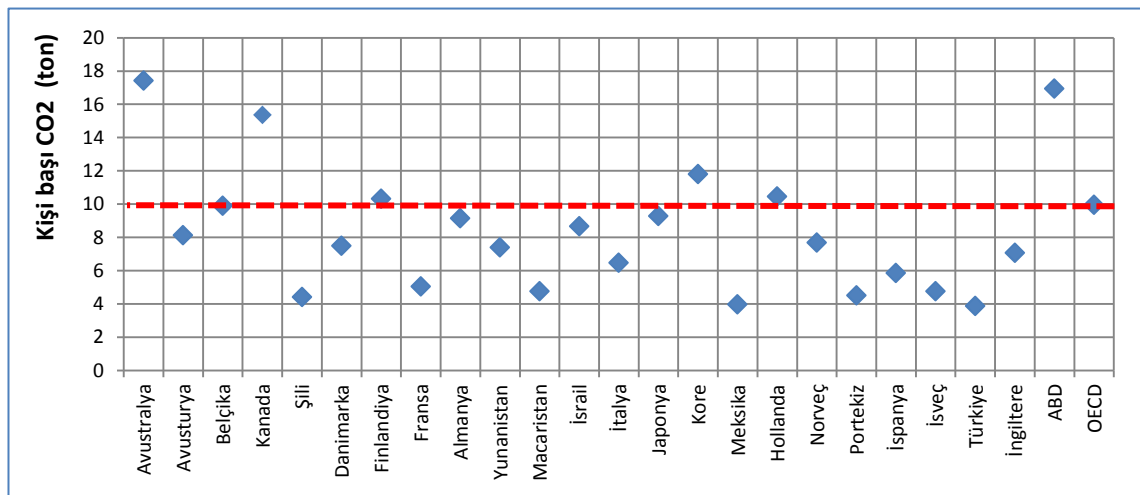
$$\text{Model II: } \ln CO_{it} = \beta_{i0} + \lambda_t + \beta_1 \ln EC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.19)$$

$$\text{Model III: } \ln CO_{it} = \gamma_{i0} + \lambda_t + \gamma_1 OPEX_{it} - \gamma_2 OPIM_{it} + \varepsilon_{it}$$

biçimindedir.

Bu bölümde önce panel veri analiziyle ilgili literatür dikkate alınarak karbon emisyonlarının makro ekonomik değişkenlerle ilişkisi incelenmekte daha sonra kurulan modelde yer alan değişkenler tanımlanmakta, çalışmanın veri seti ve modeli üzerinde durulmakta, çalışmada kullanılan panel regresyon analizi ve panel birim kök testleri teorik açıdan tanıtılmaktadır. Daha sonra modele ilişkin elde edilen ampirik bulgular değerlendirilecektir.

**Şekil 4.1: OECD Ülkelerinin 2011 Yılı Kişi Başı CO<sub>2</sub> Tüketimi (tonnes CO<sub>2</sub>/capita)**

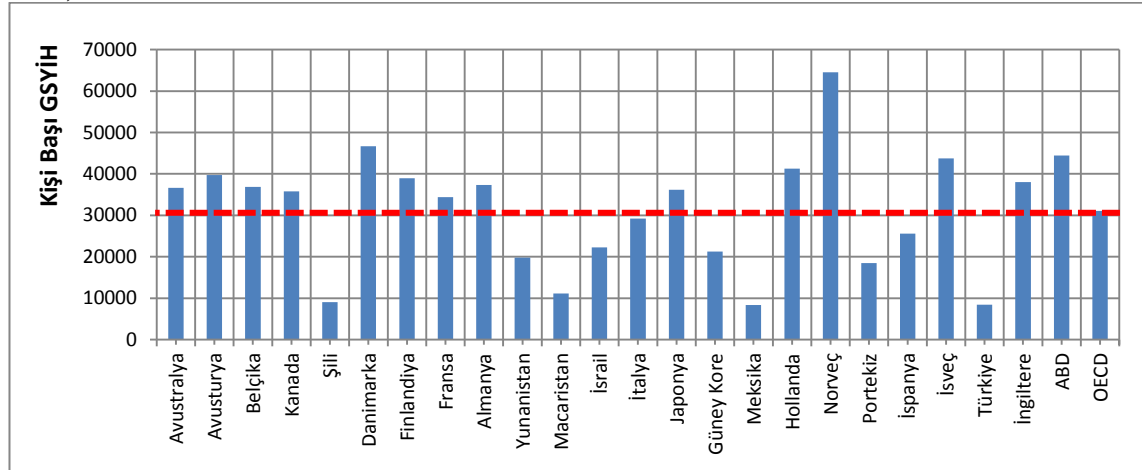


**Kaynak:** IEA 2011 verileri kullanılarak tarafımızdan oluşturulmuştur.

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi OECD ülkelerinde kişi başı CO<sub>2</sub> tüketimi en fazla olan ülkelerin başında ABD, Avustralya ve Kanada gelmektedir. Türkiye, Portekiz, Şili

ve Meksika gibi gelişmekte olan ülkeler ise OECD ortalamasının altında yer almaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının 2011 yılı verilerine göre dünyada 31342 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyonu salınmıştır. Bu salımın 12342 milyon ton OECD ülkeleri gerçekleştirmiştir. Ayrıca dünyayı en çok kirleten ülkelerin 2011 sıralamasında Çin (7954,5 milyon ton) birinci, ABD (5287,2 milyon ton) ikinci, Hindistan (1745,1 milyon ton) üçüncü, Rusya (1653,2 milyon ton) dördüncü, Japonya (1186,0 milyon ton) beşinci, Almanya (747,6 milyon ton) altıncı, Güney Kore (587,7 milyon ton) yedinci, Kanada (529,8 milyon ton) sekizinci, İran (521,0 milyon ton) dokuzuncu ve Suudi Arabistan (457,3 milyon ton) sırada yer almaktadır. Türkiye ise bu sıralamada 285,7 milyon tonla yirminci sırada yer almaktadır.

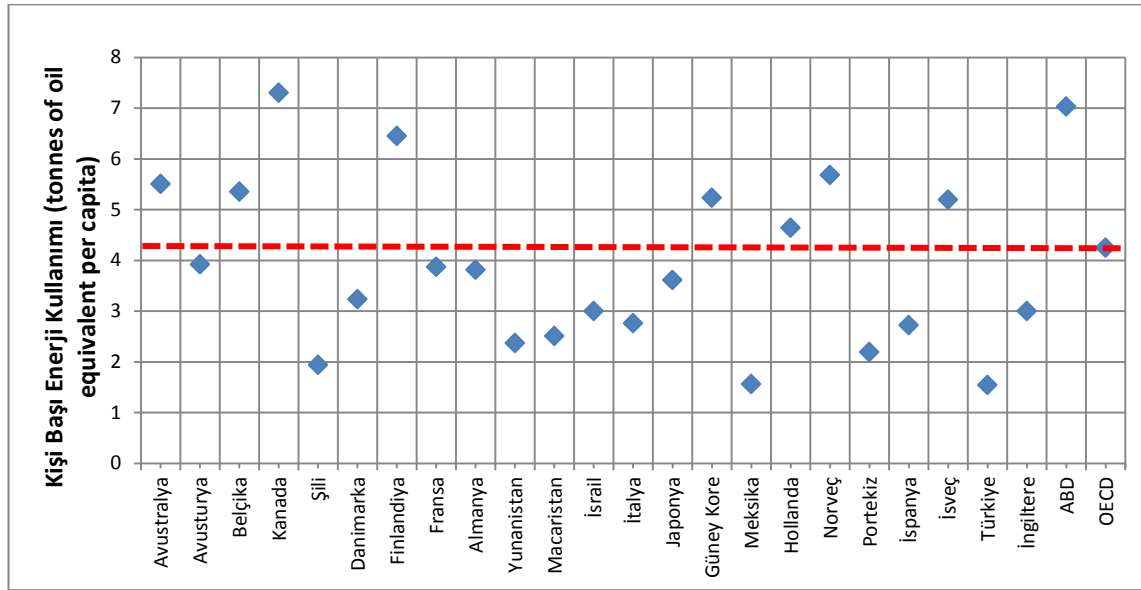
**Şekil 4.2: OECD Ülkeleri 2011 Yılı Kişi Başı Gelir (GDP per capita, constant 2005 US\$)**



**Kaynak:** Dünya Bankası 2011 verileri kullanılarak tarafımızdan oluşturulmuştur.

Uluslararası Enerji Ajansının 2011 yılı rakamlarına göre dünya toplam 52486 milyar dolar GSYİH'ya sahipken bu gelirin % 72,8'ini OECD ülkeleri paylaşmaktadır. Şekil 4.2'de OECD ülkelerinin kişi başı gelir (sabit) rakamları verilmektedir. OECD ülkelerinin ortalama geliri 31083,41 \$ olarak verilmiş ve bu eşik kırmızı çizgi ile belirtilmiştir. Norveç, İsveç, ABD ve Danimarka gibi ülkeler bu ortalamanın çok üstünde kaldıkları için zengin ülkeler olarak adlandırılmaktadırlar. Türkiye, Meksika, Macaristan ve Şili gibi gelişmekte olan ülkelerin kişi başı geliri OECD ortalamasının çok altında kalmaktadır.

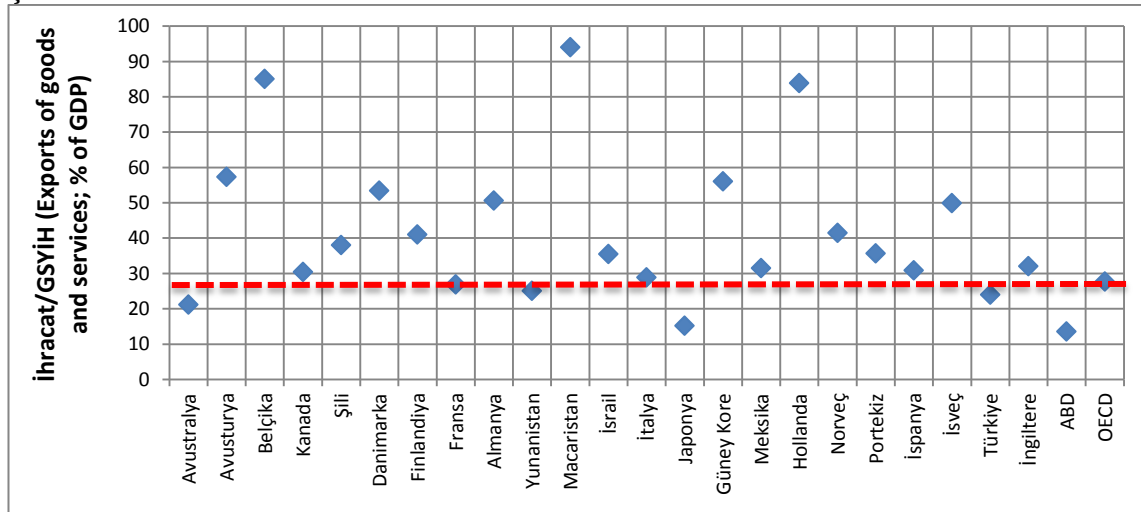
**Şekil 4.3: OECD Ülkeleri 2011 Yılı Kişi Başı Enerji Kullanımı (tonnes of oil equivalent per capita)**



**Kaynak:** Dünya Bankası 2011 verileri kullanılarak tarafımızdan oluşturulmuştur.

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi ABD, Kanada ve Finlandiya gibi ülkelerin kişi başı enerji kullanımları OECD ortalamasının çok üstünde iken Türkiye, Meksika ve Şili gibi gelişmekte olan ülkelerin kişi başı enerji tüketimleri OECD ortalamasının çok altındadır.

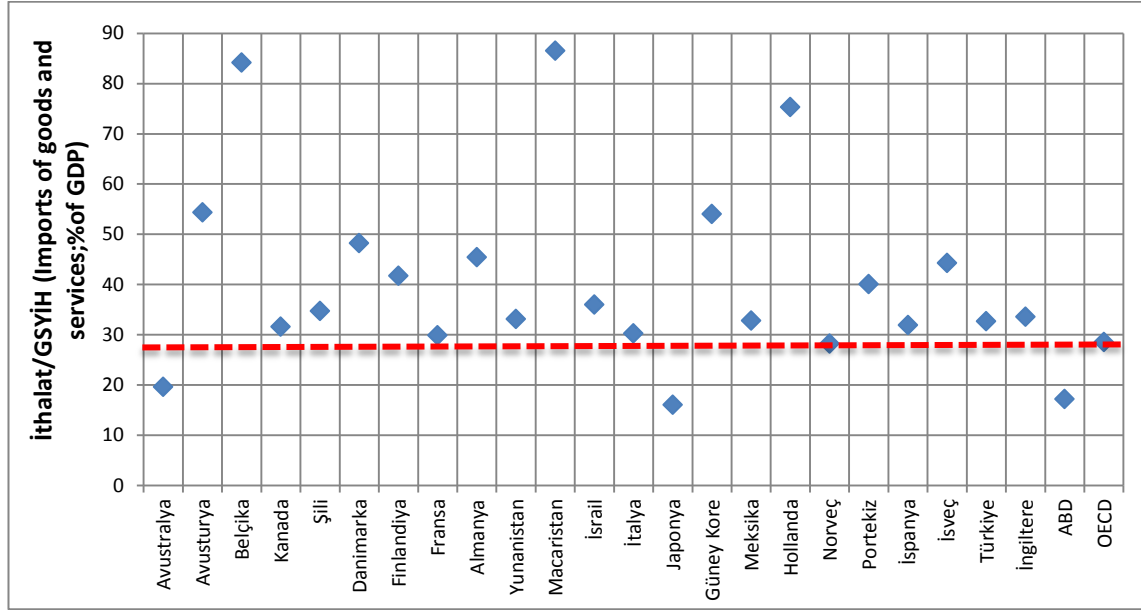
**Şekil 4.4: OECD Ülkelerinde 2011 Yılı İhracatın / GSYİH Oranı**



**Kaynak:** Dünya Bankası 2011 verileri kullanılarak tarafımızdan oluşturulmuştur.

OECD ülkelerinde GSYİH içinde ihracat payı en yüksek olan ülkelerin başında Macaristan, Belçika ve Hollanda gelmektedir. Bu ülkelerin ihracat/GSYİH oranları OECD ortalamasının çok üstündedir. Ayrıca ABD, Japonya gibi gelişmiş ülkelerin ihracat/GSYİH oranı ise OECD ortalamasının altında yer almaktadır (Şekil 4.4).

**Şekil 4.5: OECD Ülkelerinde 2011 Yılı İthalatın / GSYİH Oranı**



**Kaynak:** Dünya Bankası 2011 verileri kullanılarak tarafımızdan oluşturulmuştur.

İthalat ve ihracat toplamının (dış ticaret) GSYİH'ye oranıyla bulunan ticari açıklık (trade openness) iki ayrı değişken olarak (ihracat/GSYİH ve ithalat/GSYİH) incelenmiştir. Şekil 4. 5'te OECD ülkelerinde 2011 yılı ithalat/GSYİH oranları verilmiştir. Türkiye'nin ihracattan farklı olarak ithalat/GSYİH oranı OECD ortalamasının üzerindedir. OECD ortalamasının %28.5 olduğu ithalat/GSYİH'da Belçika, Macaristan ve Hollanda bu ortalamamın çok üstünde yer alırken, ABD, Japonya ve Avustralya ortalamamın altında kalmaktadır.

#### 4.4.1. Panel Birim Kök Testleri

Verinin hem zaman hem de yatay kesit boyutunu hesaba katan panel birim kök sınamalarının, sadece zaman boyutunu göz önüne alan zaman serisi birim kök sınamalarından, istatistiksel anlamada daha güçlü olduğu kabul edilmektedir (Im, Pasaran ve Shin, 1997; Taylor ve Sarno, 1998; Maddala ve Wu, 1999; Hadri, 2000; Levin, Lin ve Chu, 2002; Pesaran, 2006a).

Panel birim kök sınamasında paneli oluşturan yatay kesitlerin birbirinden bağımsız olup olmadıkları en önemli bir sorundur. Panel birim kök testleri birinci kuşak ve ikinci kuşak testler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birinci kuşak testler de kendi içinde homojen ve heterojen testler olmak üzere ikiye ayrılır. Homojen testler Hadri (2000), Breitung (2000) ve Levin, Lin ve Chu (2002) testleridir. Heterojen testler ise

Maddala ve Wu (1999), Choi (2001) ve Im, Pesaran ve Shin (2003) testleridir. Bu çalışmada birinci kuşak panel birim kök testleri kullanılmıştır.

Yatay kesit birimlerinin aynı tür şoktan etkilendiği durumlar için yatay kesit bağımsızlığını öne sürmek gerçekçi olmamaktadır. Yatay kesit bağımlılığını (cross section dependence) dikkate alan panel birim kök sınamalarının temel çıkış noktası buradan gelmektedir. Son dönemlerde yapılan panel birim kök sınamalarında MADF (Taylor ve Sarno, 1998), SURADF (Breuer, Mcknown ve Wallace, 2002), Bai ve Ng (2004) ve CADF (Pesaran, 2006a) testleri paneli oluşturan seriler arasındaki yatay kesit bağımlılığını açıkça dikkate alan sınamalar geliştirmişlerdir (Güloğlu ve İvrendi, 2008; Göçer, 2013a). Bu sınamalar ikinci kuşak panel birim kök sınamaları olarak adlandırılmışlardır.

#### **4.4.1.1 Yatay Kesit Bağımlılığı Testi**

Seriler arasında yatay kesit bağımlılığının bulunması halinde, analizde çıkacak sonuçlarda önemli derecede sapmalar meydana gelmektedir (Breusch and Pagan, 1980; Pesaran, 2004). Bu yüzden analiz yaparken serilerde yatay kesit bağımlılığının varlığının test edilmesi gerekmektedir. Panel veri setlerinde yatay kesit bağımlılığını test etmek için kullanılan yöntemler Pesaran vd (2004) CDLM testi, Breusch-Pagan (1980) CDLM1 testi ve Pesaran vd (2004) CDLM2 testleridir. Çalışmadaki 1971-2011 dönemini kapsayan 41 yıl (T) ve 24 OECD ülkesinin (N), CDLM1 ve CDLM2 testlerinin uygulanabilmesi için gerekli koşulun gerçekleşmesini sağlamıştır. CDLM1 ve CDLM2 testlerinde, her ülkenin bireysel zaman etkisinden ayrı şekilde etkilenebildiği varsayımı altında tahminleme yapılmaktadır (Güloğlu ve İvrendi, 2008: 384).

CDLM1 ve CDLM2 testleri  $T > N$  durumunda yatay kesit bağımlılığı olup olmadığını test eden tahmincilerdir. CDLM testi ise  $N > T$  durumunda yatay kesit bağımlılığı olup olmadığını test eden bir tahmincidir. Bu çalışmada 24 ülke ( $N=24$ ) ve 41 yıl ( $T=41$ ) olduğu için, Berusch-Pagan (1980) CDLM testi kullanılmıştır. Bu test, grup ortalaması sıfır fakat bireysel ortalama sıfırdan farklı olduğunda, sapmalı olmaktadır. Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008), bu sapmayı, test istatistiğine varyansı ve ortalamayı da ekleyerek düzeltmiştir. Bu nedenle ismi düzeltilmiş LM testi olarak ifade edilmektedir. LM test istatistiği ilk haliyle aşağıdaki gibidir.

$$CDLM1 = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \sim \chi_{\frac{N(N-1)}{2}}^2 \quad (4.20)$$

Daha sonra yapılan düzeltmeyle şu hale gelmiştir.

$$LM_{adj} = \left( \frac{2}{N(N-1)} \right)^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \frac{(T-K-1)\hat{\rho}_{ij} - \hat{\mu}_{Tij}}{v_{Tij}} \sim N(0,1) \quad (4.21)$$

Burada;  $\hat{\mu}_{Tij}$  ortalamayı,  $v_{Tij}$  varyansı (variance) temsil etmektedir.

Buradan elde edilecek olan test istatistiği, asimtotik olarak standart normal dağılım göstermektedir (Pesaran, vd. 2008). Testin hipotezleri:

$H_0$ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$ : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Test sonucunda elde edilecek olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğunda, %5 anlamlılık düzeyinde,  $H_0$  hipotezi reddedilmekte ve paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğuna karar verilmektedir (Pesaran vd., 2008).

Bu çalışmada, değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığı, Gauss kodları yardımıyla Gauss 10.0 programında ayrı ayrı LM testi ile kontrol edilmiş ve Çizelge 4.1'deki sonuçlar elde edilmiştir.

**Çizelge 4. 1: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları**

Testler	lco	lgdp	lec	opex	opim
CD LM1 (Breusch, Pagan 1980)	4568.453 [0.000]	5072.212 0.000	4860.189 0.000	4086.515 0.000	3769.084 0.000
CD LM2 (Pesaran 2004 CDLM)	182.699 [0.000]	204.140 0.000	195.116 0.000	162.186 0.000	148.676 0.000
CD LM (Pesaran 2004 CD)	-2.457 [0.007]	-2.881 0.002	-2.586 0.005	-2.986 0.001	-2.944 0.002
Bias-adjusted CD test (Pesaran vd. 2008)	41.725 [0.000]	64.282 0.000	43.615 0.000	33.968 0.000	33.874 0.000

**Not:** Çizelgede t istatistik değerleri üstte, olasılık değerleri [] içinde verilmiştir.

Çizelge 4.1'den izlenebileceği gibi; CD LM1 ve CDLM2 için olasılık değerleri 0.05'ten küçük olduğu için,  $H_0$  hipotezleri, güçlü biçimde reddedilmiş ve serilerde yatay kesit bağımlılığının olduğuna karar verilmiştir. Bu durumda paneli oluşturan ülkeler arasında, yatay kesit bağımlılığı vardır. Ülkelerden birine gelen şoklar, diğer ülkeleri de etkilemektedir. Bu nedenle, bu ülkelerdeki karar vericiler ekonomi politikalarını belirlerken, diğer ülkelerin uyguladıkları politikaları ve bu ülkelerin *CO*, *GDP*, *EC*, *OPEX* veya *OPIM* değişkenlerini etkileyen şokları da göz önünde bulundurmalıdırlar. Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı ve eşbütünleşme denklemi tahmin edilirken yatay kesit bağımlılığını dikkate alan test yöntemlerinin kullanılması



gerekmektedir. Bu yüzden çalışmanın bundan sonraki aşamalarında, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan panel birim kök testleri ve panel eşbütünleşme analizi yöntemleri kullanılmıştır.

Paneli oluşturan serilerin yatay kesit bağımlılığı altında durağanlığının tespit edilmesi için  $T > N$  için kullanılan CADF ikinci kuşak birim kök testinden yararlanılmıştır.

#### 4.4.1.2. CADF ve CIPS Birim Kök Testleri

Çalışmanın bu bölümünde paneli oluşturan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu görülmüş ve bu durumu dikkate alan ikinci kuşak birim kök testlerinden Pesaran (2006a) tarafından geliştirilen ve Pesaran (2007) çalışmasında yenilenen, kesit açısından genişletilmiş ADF (Cross Sectionally Augmented Dickey Fuller-CADF)) panel birim kök testi kullanılmıştır. Im, Pesaran ve Shin (2003) yaklaşımından hareket ederek hata teriminin paneli oluşturan tüm seriler için ortak ve her seriye özgü olmak üzere iki varsayım oluşturulmuştur. Bu varsayım altında temel denklemdaki (Güloğlu ve İspir, 2009: 10):

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + b_i y_{i,t-1} + d_i t + \sum_{j=1}^{P_j} \Phi_{ij} \Delta y_{i,t-j} + u_{i,t} ; \quad t=1, 2, \dots, T ; i=1, 2, \dots, N \quad (4.22)$$

hata terimi  $u_{i,t} = \lambda_i f_t + \varepsilon_{i,t}$  şeklinde yazılır. Burada  $f_t$  gözlenemeyen ortak ögeyi göstermekte olup daima durağan olduğu varsayılmaktadır.  $\varepsilon_{i,t}$  ise seriye has öge olup bağımsız ve özdeş bir şekilde dağılımı göstermektedir. Bu modelde yatay kesit bağımlılığı, gözlenemeyen ortak ögenin varlığından kaynaklanmakta ve temel denklem aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + b_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{P_j} c_{ij} \Delta_{i,t-j} + d_i t + h \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^{P_j} \eta_{ij} \Delta \bar{y}_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} ; \quad t=1, 2, \dots, T ; i=1, 2, \dots, N \quad (4.23)$$

Pesaran (2007) çalışmasında  $\lambda_i \neq 0$  ve  $N \rightarrow \infty$  durumunda, ortak ögenin  $\bar{y}_t$  ve  $\bar{y}_t$ 'nin gecikmeli değerleriyle ( $\bar{y}_{t-1}, \bar{y}_{t-2}, \dots$ ) yaklaştırılabileceğini göstermiştir. Her bir yatay kesit için  $u_{i,t}$ 'deki potansiyel otokorelasyonu dikkate almak için ortak öge  $\bar{y}_t$  ve  $\Delta \bar{y}_t$ 'nin gecikmeli değerleriyle ( $\Delta \bar{y}_{t-1}, \Delta \bar{y}_{t-2}, \dots$ ). yaklaştırılabilir (Pesaran, 2007: 276).

CADF testinin sıfır ve alternatif hipotezleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$H_0 : b_i = 0 \quad H_A : b_i < 0, \quad i = (1, 2, \dots, N) \text{ için}$$

CADF sınavında da  $b_i$  katsayılarına ilişkin  $t$  değerleri bulunur. SURADF sınavından farklı olarak kritik değerler Pesaran (2007) tarafından tablo halinde verilmiştir. Pesaran yaptığı Monte Carlo simülasyonlarında CADF sınavının hem  $N > T$  hemde  $T > N$  durumunda geçerli olduğunu ifade etmiştir (Pesaran, 2007: 269).

CADF testinin  $t$  istatistik değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (Pesaran, 2007: 269):

Pesaran (2007: 278), her bir serinin basit aritmetik ortalamasını alarak CIPS istatistiğini şu şekilde elde etmektedir.

$$CIPS^*(N, T) = \overline{CADF^*} = \frac{\sum_{i=1}^N CADF_{if}^*}{N} \quad (4.24)$$

CIPS istatistiği standard normal dağılım göstermediğinden kritik değerler Pesaran (2006a) tarafından Monte Carlo simülasyonu yoluyla elde edilmiş ve tablolaştırılmıştır. CIPS değeri panelin tamamı için durağanlığı test etmektedir.

CADF test istatistiği sonuçları ve panelin geneli için kullanılan CIPS sonuçları sabit terimli, sabit terimli ve trendli olarak 3 gecikme değeri için Gauss 10.0 paket programı yardımıyla hesaplanan sonuçlar Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2: CADF ve CIPS Test Sonuçları (Sabit Terimli)**

Ülkeler	lco	Δlco	lgdp	Δgdp	lec	Δlec	opex	Δopex	opim	Δopim
Avustralya	-2.651*	-4.656	-2.200*	-4.778	-3.586*	-5.449	-1.496*	-3.680	-0.816*	-3.046
Avusturya	-1.774*	-4.720	-3.249*	-5.009	-0.467*	-5.039	-2.985*	-2.152	-3.457*	-4.764
Belçika	-2.617*	-3.533	-3.118*	-4.283	-2.463*	-3.480	-1.982*	-3.354	-2.407*	-4.187
Kanada	-1.376*	-6.143	-2.552*	-3.897	-1.856*	-5.734	-0.483*	-2.000	-0.444*	-3.038
Şili	-1.963*	-3.561	-3.396*	-3.983	-2.263*	-2.753	-3.369*	-4.440	-2.814*	-3.433
Danimarka	-1.708*	-5.664	-2.138*	-4.135	-3.839*	-5.528	-3.452*	-3.443	-2.451*	-5.510
Finlandiya	-3.442	-6.755	-2.380*	-3.805	-2.740*	-5.693	-2.010*	-3.391	-3.205*	-4.448
Fransa	0.447*	-3.995	-2.985*	-4.119	-2.415*	-4.083	-1.714*	-3.886	-1.676*	-4.249
Almanya	-1.787*	-2.734	-2.630*	-3.122	-2.737*	-2.910	-2.122*	-3.522	-3.469*	-5.110
Yunanistan	-1.425*	-3.756	-1.426*	-3.891	-3.018*	-4.452	-3.571*	-5.470	-2.014*	-5.561
Macaristan	-1.714*	-1.971	-2.003*	-2.568	-3.211*	-2.041	-1.663*	-4.039	-1.898*	-4.422
İsrail	0.118*	-3.027	-2.628*	-3.807	-2.133*	-4.420	-2.568*	-4.049	-1.428*	-4.762
İtalya	-1.184*	-3.777	-0.449*	-3.012	-1.142*	-4.178	-3.031*	-4.031	-1.746*	-6.068
Japonya	-2.252*	-3.994	-0.544*	-2.516	-1.650*	-3.944	-1.547*	-4.902	-1.605*	-4.077
Kore	0.039*	-3.831	-0.864*	-3.758	0.401*	-3.699	-3.223*	-5.710	-1.458*	-4.876
Meksika	-3.632*	-2.910	-2.666*	-3.598	-2.307*	-2.660	-3.423*	-6.168	-0.958*	-4.107
Hollanda	-1.945*	-4.081	-1.661*	-2.796	-1.359*	-3.643	-2.483*	-4.353	-2.600*	-4.696
Norveç	-3.742	-4.523	-1.223*	-2.931	-3.475*	-4.412	-3.787*	-4.802	-2.372*	-5.656
Portekiz	-1.297*	-4.276	-2.574*	-5.062	-2.567*	-4.655	-2.654*	-4.477	-2.389*	-4.313
İspanya	-3.919*	-3.496	-2.888*	-3.000	-3.204*	-4.266	-2.313*	-2.618	-1.206*	-3.555
İsveç	-2.006*	-3.198	-1.434*	-4.139	-2.505*	-5.076	-3.060*	-4.728	-4.219*	-6.021
Türkiye	0.063*	-4.889	-1.794*	-4.222	-0.438*	-4.577	-1.642*	-5.079	-2.038*	-4.594
İngiltere	0.325*	-3.858	-2.326*	-3.154	-0.678*	-4.963	-3.000*	-4.240	-3.841*	-5.090
ABD	-2.415*	-6.773	-3.575*	-4.004	-2.262*	-5.501	-3.444*	-3.350	-1.784*	-3.601
CIPS	-1.744*	-4.172*	-2.196*	-3.733*	-2.163*	-4.298*	-2.543*	-4.079*	-2.179*	-4.549*

**Not:** \*:%1 , \*\*:%5, \*\*\*:%10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. CIPS test istatistiği kritik değerleri %1, %5 ve %10 değerleri sırasıyla -2.72, -2.49 ve -2.37'dir. Bu kritik değerler Pesaran (2009: 5) çalışmasından Tablo S1(b)'den alınmıştır. CADF test istatistiği kritik değerleri %1, %5 ve %10 değerleri sırasıyla -4.74, -3.83 ve -3.41'dir. Bu kritik değerler Pesaran (2009: 11) çalışmasından Tablo S2(b)'den alınmıştır.

Paneli oluşturan ülke gruplarının sabit terimli olarak hesaplanan CADF test istatistiği sonuçlarının bütün değişkenler için düzey değerlerinde birim kök içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca panelin tamamının da düzey değerlerinde birim kökün olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.3: CADF ve CIPS Test Sonuçları (Sabit Terimli ve Trendli)**

Ülkeler	lco	Δlco	lgdp	Δgdp	lec	Δlec	opex	Δopex	opim	Δopim
Avustralya	-3.279*	-4.692	-2.471*	-5.440	-3.429*	-5.379	-2.992*	-3.632	-1.765*	-3.572
Avusturya	-1.766*	-4.945	-3.223*	-5.148	-0.957*	-5.641	-2.948*	-1.918	-4.470	-4.591
Belçika	-1.040*	-4.488	-4.478*	-4.061	-1.755*	-4.001	-1.327*	-3.319	-1.811*	-4.121
Kanada	-1.588*	-6.264	-2.341*	-3.828	-2.281*	-5.652	-0.720*	-2.272	-1.717*	-3.213
Şili	-3.189*	-3.969	-3.543*	-3.957	-2.293*	-3.274	-3.226*	-4.452	-3.002*	-3.601
Danimarka	-2.823*	-5.583	-2.287*	-4.224	-4.362*	-5.333	-3.426*	-3.374	-3.200*	-5.628
Finlandiya	-3.271*	-6.738	-2.328*	-3.810	-2.868*	-5.623	-1.634*	-3.398	-2.870*	-4.398
Fransa	-0.670*	-5.052	-3.188*	-4.253	-3.121*	-4.037	-1.687*	-4.471	-1.514*	-4.342
Almanya	-2.113*	-2.696	-2.570*	-2.991	-2.301*	-2.914	-2.055*	-3.929	-3.325*	-5.335
Yunanistan	-0.933*	-4.748	-0.735*	-4.093	-2.782*	-4.757	-4.164*	-5.510	-1.886*	-5.701
Macaristan	-2.638*	-1.834	-2.012*	-2.532	-3.113	-2.163	-1.123*	-4.756	-1.384*	-4.503
İsrail	-0.498*	-3.124	-3.122*	-3.819	-2.098*	-4.668	-3.601*	-4.080	-3.667*	-4.691
İtalya	-1.539*	-3.755	-0.713*	-5.599	-1.772*	-4.122	-2.663*	-4.058	-3.028*	-5.995
Japonya	-1.896*	-4.089	-0.770*	-2.742	-2.082*	-3.874	-3.208*	-4.749	-2.606*	-4.075
Kore	-1.527*	-4.135	-0.853*	-4.090	-0.107*	-4.163	-3.779*	-5.728	-2.338*	-5.235
Meksika	-3.101*	-2.204	-2.654*	-3.397	-2.271*	-1.851	-4.362*	-6.071	-3.309*	-4.065
Hollanda	-2.404*	-4.239	-1.674*	-3.119	-1.109*	-4.049	-3.019*	-4.363	-2.652*	-4.672
Norveç	-3.742*	-4.387	-1.214*	-4.048	-2.563*	-4.550	-4.059*	-4.768	-4.290*	-5.570
Portekiz	-0.468*	-4.530	-2.793*	-4.981	-2.436*	-4.771	-2.633*	-4.411	-2.403*	-4.388
İspanya	-3.643*	-3.444	-2.814*	-3.074	-3.178*	-4.095	-3.063*	-2.566	-2.362*	-3.540
İsveç	-1.473*	-4.182	-1.565*	-4.488	-2.037*	-5.302	-2.807*	-4.640	-4.344*	-5.908
Türkiye	-3.538*	-4.827	-2.518*	-4.181	-2.991*	-4.510	-2.415*	-5.018	-3.984*	-4.518
İngiltere	-1.759*	-3.782	-2.305*	-2.949	-3.197	-4.700	-3.198*	-4.168	-3.881*	-4.996
ABD	-3.356*	-6.971	-3.419*	-3.832	-2.481*	-5.567	-3.963*	-3.266	-3.281*	-3.716
CIPS	-2.177*	-4.362*	-2.316*	-3.944*	-2.399*	-4.375*	-2.836*	-4.122*	-2.879*	-4.599*

**Not:** \*:%1 , \*\*:%5, \*\*\*:%10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. CIPS test istatistiği kritik değerleri %1, %5 ve %10 değerleri sırasıyla -3.04, -2.81 ve -2.69'dur. Bu kritik değerler Pesaran (2009: 7) çalışmasından Tablo S1(c)'den alınmıştır. CADF test istatistiği kritik değerleri %1, %5 ve %10 değerleri sırasıyla -5.05, -4.18 ve -3.71'dir. Bu kritik değerler Pesaran (2009: 13) çalışmasından Tablo S2(c)'den alınmıştır.

Paneli oluşturan ülke gruplarının sabit terimli ve trendli olarak hesaplanan CADF test istatistiği sonuçlarının bütün değişkenler için düzey değerlerinde birim kök içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca panelin tamamının da düzey değerlerinde birim kökün olduğu görülmüştür.

Modele dahil edilen değişkenlerin panelin tamamı için düzey değerlerinde birim kök içerdiği ancak 1. Farkları alındığında birim kök içermediği görülmüştür. Dolayısıyla değişkenler I(1) olduğu için Westerlund Durbin Hausman eşbütünleşme testine geçilmiştir.

#### 4.4.2. Eşbütünleşme Katsayıların Homojenliğinin Test Edilmesi (Slope Homogeneity Tests)

Eşbütünleşme denkleminde eğim katsayısının homojen olup olmadığını belirlemeye yarayan bir testtir. Bu konudaki ilk çalışmalar, Swamy (1970) ile başlamıştır. Pesaran ve Yamagata (2008), Swamy testini geliştirmiştir. Bu testte;

$$Y_{it} = \alpha + \beta_i X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.25)$$

Şeklindeki genel bir eşbütünleşme denkleminde,  $\beta_i$  eğim katsayılarının, yatay kesitler arasında farklı olup olmadığını test edilmektedir. Testin hipotezleri:

$H_0: \beta_i = \beta$  Eğim katsayıları homojendir.

$H_1: \beta_i \neq \beta$  Eğim katsayıları homojen değildir.

(4.24) nolu regresyon modelini önce panel OLS (Ordinary Least Squares) ile sonra da Ağırlıklandırılmış Sabit Etkiler (Weighted Fixed Effect) modeli ile tahmin ederek, gerekli test istatistiğini oluşturmaktadır. Pesaran and Yamagata (2008), hipotezleri test edebilmek için iki farklı test istatistiği geliştirmiştir:

Büyük Örneklem İçin:  $\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\bar{S}-k}{2k} \right) \sim \chi_k^2$

Küçük Örneklem İçin:  $\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\bar{S}-k}{v(T,k)} \right) \sim N(0,1)$

Burada N; yatay kesit sayısını, S; Swamy test istatistiğini, k; açıklayıcı değişken sayısını ve  $v(T, k)$  standart hatayı ifade etmektedir. Homojenlik testi sonuçları, Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4: Homojenlik Testi Sonuçları**

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
$\hat{\Delta}$	44.540	0.000
$\hat{\Delta}_{adj}$	88.109	0.000

Çizelge 4.4'te hesaplanan testlerin olasılık değerleri 0.05'ten küçük olduğu için,  $H_0$  hipotezi red edilmiş ve  $H_1$  hipotezi kabul edilmiştir. Eş bütünleşme denkleminde, sabit terim ve eğim katsayılarının heterojen olduğuna karar verilmiştir. Bu durumda, her ülke için yapılacak eşbütünleşme yorumları geçerlidir ve güvenilebilir (Pesaran and Yamagata, 2008).

#### 4.4.3. Panel Westerlund Durbin Hausman Eşbütünleşme Testi

Çalışmanın bu aşamasında paneldeki serilerin uyum derecesinin  $I(1)$  olduğundan hareketle eşbütünleşme araştırması yapılmıştır. Eşbütünleşme testleri seçiminde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve aynı zamanda açıklayıcı değişkenlerden bazılarının  $I(0)$  olmasına da imkan veren Westerlund tarafından önerilen iki test vardır: birincisi Durbin Hausman panel testi, ikincisi ise Durbin Hausman grup testidir. Bu test otoregresif parametrenin sektörler arasında değişmediğini varsayar. Test Fisher\* denkleminde hareket eder (Westerlund, 2008: 196-199) ve ilk test olan Durbin Hausman panel testinin hipotezleri aşağıdaki şekildedir:

$$H_0 : \alpha_i = 0$$

$$H_A : \alpha_i < 0, \text{ şeklindedir.}$$

Boş hipotez reddedilirse, panelin tümü için, eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucu elde edilir. İkinci test, Durbin-Hausman grup testi ise katsayıların sektörler arasında farklılaşmasına izin verir. Bu testin hipotezleri de Durbin Hausman panel testindeki hipotezlerle aynıdır. Gruplar için olan testin boş hipotezinin reddedilmesi halinde en azından bazı sektörlerde eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılır. Test sonuçları Çizelge 4.5'te sunulmaktadır.

**Çizelge 4. 5: Westerlund Durbin Hausman Eşbütünleşme Test Sonuçları**

Testler	lgdp	lec	Opex ve Opim
Durbin-H Grup İstatistiği	3250.713	1395.711	13283.570
P-değeri	0.000	0.000	0.000
Durbin-H Panel İstatistiği	448.140	138.850	446.314
P-değeri	0.000	0.000	0.000

Panel veride eşbütünleşme olup olmadığının test edilmesi amacıyla Westerlund (2008) tarafından geliştirilen, yatay kesit bağımlılığını ve yatay kesit eğim parametrelerinin heterojenliğini dikkate alan Durbin-H Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır. Westerlund (2008)'un bu çerçevede önerdiği iki testten biri Durbin Hausman panel testidir; otoregresif parametrenin sektörler arasında değişmediğini

\*  $i_{it} = \alpha_i + \beta_i \pi_{it} + z_{it}$ ,  $\pi_{it} = \delta_i \pi_{it-1} + w_{it}$  olup daha fazla bilgi için bkz: Westerlund (2008: 196, 199).

varsayar ve  $H_0$ : “eşbütünleşme yoktur” boş hipotezini test eder. Boş hiptotezin reddi, panelin tümünde, eşbütünleşme ilişkisi olduğuna işaret eder. İkinci test, Durbin-H grup testi ise katsayıların sektörler arasında farklılaşmasına izin verir. Boş hipotezi “eşbütünleşme yoktur” ve alternatif hipotezi ise “en az bir kesitte eşbütünleşme vardır” şeklinde tanımlanır. Boş hipotezin reddi, en azından bazı sektörlerde eşbütünleşme ilişkisinin var olduğuna delildir. Test sonuçları Çizelge 4.5’te sunulduğu gibi değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstermektedir.

#### 4.4.4. Eşbütünleşme Katsayılarının CCE Tahmincisi ile Elde Edilmesi

Çalışmanın panel veri setinin analizinde; birim kök, yatay kesit bağımlılığı, heterojen bir yapı ve eşbütünleşik bir yapının varlığı saptanmış ve bu aşamada eşbütünleşik olan modelin uzun dönem eşbütünleşme katsayıları Pesaran (2006b) tarafından geliştirilmiş olan Ortak İlişkili Etkiler (Common Correlated Effect-CCE) modeline dayalı tahmin yöntemiyle tahmin edilmiştir. CCE, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve eğimin yatay kesitten yatay kesite değişmesine izin vermekle birlikte  $N > T$  ve  $N < T$  (CCE; zaman boyutu, yatay kesit boyutundan büyük olduğunda da küçük olduğunda da tutarlı ve asimtotik normal dağılım gösteren sonuçlar üretebilen) ve her bir yatay kesit için uzun dönem denge değerlerini ayrı ayrı hesaplanmasında kullanılabilen bir tahmincidir (Pesaran, 2006b: 967; Pesaran ve Yamagata, 2008: 50). Ayrıca Pesaran (2006b: 967, 998),  $T$  ve  $N$  küçük iken Havuzlanmış ortak ilişkili etkiler (CCEP-Common Correlated Effect Pooled), büyük iken CCEMG tahmincisinin seçilmesini önermektedir.

Panel veride slope homojenite ve yatay kesit bağımlılığı bulunması halinde tahminler CCEMG (CCMGE-Common Correlated Mean Group Effects: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Ortalama Grup Etkileri) tahmincisi ile ortak etkiler sabit veya gözlenemeyen ortak etkiler hakkında çok az bilgi var ise CCEP tahmincisi ile yürütülmelidir (Pesaran, 2006b: 969, 982). CCE tahmincisi otokorelasyon ve değişen varyans altında asimptotik olarak standart dağılım göstermekte ve bu şartlar altında da tutarlıdır (Pesaran, 2006b: 969, 977).

CCE tahmincisinin aşamaları aşağıdaki şekildedir (Pesaran, 2006b: 971):

$$y_{it} = \alpha'_i d_t + \beta'_i x_{it} + e_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (4.26)$$

Denklem 4.25'te doğrusal heterojen panel data modeline ait olup bu denklemden hareketle,  $e_{it} = \gamma_i' f_t + e_{it}$  olup burada  $f_t$ , gözlenemeyen ortak faktör etkilerini temsil etmektedir. Ayrıca denklem,  $y_{it} = A_i' d_t + \Gamma_i' f_t + v_{it}$  dönüşümüyle denklem sürdürülür<sup>44</sup>.

Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Westerlund (2008) çalışmasında önerdiği Durbin Hausman eşbütünleşme testiyle incelenmiş ve seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu aşamada ise eşbütünleşik olan modelin uzun dönem eşbütünleşme katsayıları Pesaran (2006b) tarafından geliştirilmiş olan Ortak İlişkili Etkiler (Common Correlated Effect-CCE) modeline dayalı tahmin yöntemiyle tahmin edilmiştir.

CCE tahmincisiyle elde edilen uzun dönem eşbütünleşme katsayılarına ait sonuçlar aşağıdaki Çizelge 4.6'da verilmiştir.

---

<sup>44</sup> Daha fazla bilgi için bkz.: Pesaran (2006a: 971).



**Çizelge 4. 6: CCE Tahmin Sonuçları**

Sıra	Ülkeler	lgdp		lec		opex		opim	
		Katsayı	z	Katsayı	z	Katsayı	z	Katsayı	z
1	Avustralya	0.158	1.000	1.088	5.590*	0.015	0.040	-1.651	-4.010*
2	Avusturya	-0.971	-2.180	1.124	13.960*	0.831	1.910**	-0.155	-0.220
3	Belçika	-1.000	-1.700	1.083	9.830*	-0.196	-0.240	0.805	1.060
4	Kanada	0.952	5.090*	0.383	2.140**	1.202	3.650*	1.162	2.470*
5	Şili	1.287	12.240*	1.234	26.990*	-0.440	-0.670	1.714	1.600***
6	Danimarka	1.643	4.090*	1.563	8.170*	-2.013	-3.400*	-1.592	-1.980**
7	Finlandiya	0.096	0.450	0.713	3.350*	-0.428	-1.090	-0.783	-1.220
8	Fransa	-1.697	-3.120*	-0.071	-0.260	3.728	2.650*	3.477	2.360*
9	Almanya	0.445	1.500***	1.229	40.510*	-1.962	-3.650*	-1.586	-1.830**
10	Yunanistan	-0.426	-2.580*	1.084	8.810*	0.093	0.110	-1.349	-1.710**
11	Macaristan	1.079	10.590*	1.226	30.850*	-0.665	-1.050	0.243	0.430
12	İsrail	0.621	1.930**	0.349	4.270*	-0.704	-2.120**	0.064	0.220
13	İtalya	0.285	3.100*	0.936	5.360*	-0.950	-2.760*	-0.741	-1.560***
14	Japonya	-0.132	-1.270	0.870	5.480*	-2.124	-2.210**	-1.958	-2.000**
15	Güney Kore	1.085	7.640*	1.054	13.110*	-0.252	-0.360	-1.868	-1.690**
16	Meksika	1.246	7.930*	0.854	21.940*	1.407	1.940**	1.772	2.820*
17	Hollanda	-0.020	-0.090	0.440	3.710*	-0.554	-1.100	-0.071	-0.130
18	Norveç	0.199	1.030	0.414	2.450*	-0.750	-2.910*	-0.406	-1.290***
19	Portekiz	1.883	5.960*	1.296	15.800*	-0.478	-0.550	-2.204	-2.530*
20	İspanya	0.676	2.320*	1.371	11.610*	-1.282	-2.220**	-2.688	-5.070*
21	İsveç	0.922	3.640*	0.338	2.160**	4.354	3.440*	4.581	2.440*
22	Türkiye	0.685	6.070*	1.040	22.070*	-0.638	-0.810	-1.816	-2.970*
23	İngiltere	0.398	2.320*	0.828	7.910*	-0.925	-1.820**	-0.191	-0.370
24	ABD	0.746	3.030*	1.089	12.480*	-2.312	-3.370*	1.913	1.690**

Not: \*:%1 , \*\*:%5, \*\*\*:%10 anlamlılık düzeyinde durağanlığı ifade etmektedir. Z istatistik değerleri 2.32'den büyükse %1, 1,65'ten büyükse %5 ve 1.28'den büyükse %10'da anlamlıdır.

Yapılan analiz sonucunda; Kanada, Danimarka, Almanya, İtalya, Meksika, İspanya, İsveç ve ABD için tüm değişkenlerde sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Enerji tüketimi, Fransa hariç (anlamsız) diğer ülkelerde anlamlı ve pozitifdir. Bu sonuç beklentilerimizle ve literatürdeki Acaravci ve Ozturk (2010); Bella vd., (2010); Marrero (2010) çalışmalarla uyumludur.

Ekonomik büyüme olarak aldığımız kişi başı GSYİH, Avustralya, Finlandiya, Japonya ve Meksika dışındaki tüm ülkelerde anlamlı çıkmıştır. Avusturya, Belçika, Fransa ve Yunanistanda ise negatif sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar Jaunky'in (2011: 1238) çalışmasındaki sonuçlarla örtüşmektedir. Diğer 15 ülkede ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkisipozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Elde edilen

bu sonuç literatürdeki Jaunky, (2011); Adom vd. (2012); Ahmed ve Long (2012); Öztürk ve Acaravci (2012) çalışmalarla uyumludur.

İhracat'ın çevre kirliliği üzerindeki etkileri; Avusturya, Kanada, Fransa, Meksika ve İsveç'te beklentilerimize uygun olarak pozitif ve istatistiki anlamlı bulunmuştur. Danimarka, Almanya, İsrail, İtalya, Japonya, Norveç, İspanya, İngiltere ve ABD'de ihracatın karbon emisyonunu artırıcı yönde bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun, söz konusu ülkelerin gelişmiş olmalarından ve üretimlerinde temiz enerji kaynakları kullanımına ağırlık veriyor olmalarından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

24 ülkenin 11'inde ithalaların çevre kirliliğini azaltıcı yönde etkisinin olduğu görülmüştür. Bu durum beklentilerimizle iktisat teorisiyle uyumludur. Kanada, Şili, Fransa, Meksika, İsveç ve ABD'de ithalatın karbon emisyonunu artırıcı etkilerinin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bunun nedeninin söz konusu ülkelere ithal edilen ürün çeşitlerinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

AB15 ülkelerinin kişi başı geliri ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin pozitif çıkması, bu ülkelerin karbon emisyonlarını 1990 yılının %8 altına düşürme hedeflerini tutturmalarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Ayrıca AB15 ülkelerinde GSYİH'nin karbon emisyonlarından daha hızlı arttığı da bu ilişkiyi desteklemektedir.

Fransa ve Belçika gibi bazı gelişmiş ülkelerin ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin negatif çıkmasının sebebi bu ülkelerin belli bir zenginliğe ulaştıklarında, çevre konusunda hassasiyet gösterip sera gazı emisyonlarını azaltabilme başarısı göstermiş şeklinde yorumlanmıştır.

Türkiye'de ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, ithalatın ise etkisi negatif ve anlamlı çıkmıştır. Bu sonuçlar beklentilerimize ve literatüre uymaktadır. Ekonomik büyümede ve enerji tüketiminde meydana gelen bir birimlik artış çevre kirliliğini sırasıyla 0.6 ve 1.04 birim arttırmaktadır. Türkiye'de enerji tüketimi, çevre kirliliğine neden olan en önemli makroekonomik değişkendir.

Yunistan'da ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında negatif yönlü ilişki çıkmasının; bu ülkede son dönemde yaşanan ekonomik krizlerin ve bu ülkenin

datalarında bilinçli olarak yaptığı tahrifatlara (Göçer, 2013b) bağlı olarak datalarının güvenilir olamamasının etkili olduğu değerlendirilmektedir.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çevresel problemler, canlı yaşamı için çok büyük tehditler oluşturan temel sorunların başında gelmektedir. Bu problemler canlıların hayatlarını etkileyebileceği gibi, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi global ölçekte de olabilir. Günümüzde canlı yaşamı için en önemli çevresel problem olarak görülen küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ana sebebi, enerji ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla fosil yakıtlı kaynakların yoğun bir şekilde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtların, giderek artma trendinde olması atmosfer içerisinde bulunan doğal sera gazlarının yoğunluğunu artırmaktadır. Bu durum ise, küresel ısınma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği olayının temel sebebi olarak görülmektedir.

Çevre bir taraftan insan ihtiyaçlarının karşılanması için kaynak niteliği taşıırken, diğer taraftan da mal ve hizmet tüketimi sonucunda ortaya çıkan atıkların depolanması için bir yutak niteliği de taşımaktadır. İnsan yaşamı çeşitli dengeler üzerine kurulmuştur. Bunların arasında en önemlisi insanın çevreyle oluşturduğu doğal dengenin bozulmasıdır. Doğa ise bir sistemler bütünüdür. Bu sistemler arasındaki ilişkiler çoğunlukla kişiler tarafından fark edilemeyecek kadar uzun ilişki halkalarıyla birbirine bağlı ve uzun süreli olabilmektedir. Doğal denge sistemlere dışarıdan gelebilecek etkiler sonucu doğal dengeyi oluşturan zincirin halkalarında meydana gelen kopmalar zincirin tamamını etkileyerek bu dengenin bozulmasına neden olmakta ve böylece çevre sorunları ortaya çıkmaktadır. Burada göz önünde bulundurulması gereken temel nokta, çevrenin bu absorbe yeteneğinin de sınırlı olduğudur. Çevrenin sahip olduğu bu taşıma kapasitesinin aşılması çevresel sorunların çıkmasına sebep olur. Bu bağlamda toplam sera gazı emisyonu içinde %80'in üzerinde bir paya sahip olan karbondioksit gazının doğal konsantrasyonunun artması, doğal dengenin bozulması anlamına gelmektedir. Bu durum paralelinde, karbondioksit ve diğer sera gazlarının atmosfer içerisindeki paylarının önüne geçilmesi de, küresel ısınma ve iklim değişikliği için çok önemli bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

IPCC (2013) 5AR raporunda, Antropojenik CO<sub>2</sub> emisyonları 1990 yılında göre %60 artış gösterdiği, CO<sub>2</sub> emisyonlarının toplam sera gazı içindeki payının %80'in üzerinde olduğu, son yüzyılda yerkürenin 0.74°C ısındığı, %95 ihtimalle küresel ısınmanın nedeni seragazı artışı olduğu, küresel ısınmayı 2°C altında tutabilmek için

CO<sub>2</sub> emisyonu artışının yaklaşık 800 GtC sınırını aşmaması gerektiği, şimdiye kadar 550 GtC salınmış olan karbon emisyonlarınının 250 GtC kadar salınabileceği ve bundan sonra dünyanın yaşanmaz bir hal alacağı vurgulanmıştır.

Sera gazları konsantrasyonundaki bu artışların ciddi tehditler oluşturmaya başlamasının anlaşılması ve bu sorunun küresel çabalarla çözümlenebileceğinin anlaşılmasıyla birlikte, global ölçekli işbirlikleri oluşturmaya ve organizasyonlar düzenlemeye başlanmıştır. Bu süreç içerisinde Birleşmiş Milletler'in öncülüğünde 1992 yılının Haziran ayında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" (İDÇS) ve 1997 yılının Aralık ayında Japonya'da düzenlenen "Üçüncü Taraflar Konferansı" sonucunda oluşturulan "Kyoto Protokolü" (KP) ayrı bir önem taşımaktadır.

Kyoto Protokolü'nü önemli kılan nedenlerden biri, taraflara sera gazı azaltımı ile belli tarihler çerçevesinde ve belli oranlar dâhilinde yükümlülükler getirmesidir. Kyoto Protokolü'nü önemli kılan bir diğer neden ise, hukuki bir niteliği olan bu belgenin sera gazı azaltımına yönelik taraflara bir anlamda esneklik sağlayan üç yeni mekanizmayı devreye sokmasıdır. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizma'ları olarak adlandırılan bu mekanizmalar, sera gazı azaltımına yönelik ülkelerin kendi sınırları dışında ortak faaliyetler yürütmesine olanak tanımaktadır. Ancak tarafların bu mekanizmalardan yararlanabilmesi için, bazı şartları yerine getirmesi gerekmektedir.

Dünya karbon emisyonunun % 40'tan fazlasını gerçekleştiren Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri sera gazları emisyonlarını azaltmak için önemli anlaşma ve müzakereler yapmaktadır. Bu ülkelerin saldıkları sera gazlarının ekonomik boyutu milyar dolara ulaştığından dolayı birçok bilimin konusu olmaya başlamıştır.

Bu bağlamda, çalışmanın birinci bölümü, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin var olduğu bilimsel araştırmalara dayanılarak sunulmuştur. Sera gazlarındaki artışın, fosil yakıtlardan kaynaklandığı ve sanayi devriminden sonra artmaya başladığı tartışılmıştır. Sera gazı emisyonlarının ekonomik belirleyicileri detaylı bir şekilde verilmiştir. Ayrıca iklim değişikliği ile ilgili uluslararası belge ve antlaşmaların önemlileri ele alınmış ve kronolojik bir sıra ile yapılan bu antlaşmalar analiz edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, sera gazı azaltımında kullanılan ekonomi politikaları verilmiştir. Enerji dönüşümü, enerji verimliliği, karbon yakalama ve depolama sistemi ve karbon vergisi konuları incelenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve doğal gaz gibi daha temiz enerji kaynaklarına geçilmesi sera gazı emisyonlarını azaltacağı düşünülmektedir. Ayrıca sera gazı emisyonlarında azaltmak için kullanılan araçlar da analize dahil edilmiştir. AB ETS anlatılarak kullanılacak araçların etkinliği vurgulanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, sera gazı emisyonlarının ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve dış ticaret etkisi önce teorik çerçeve sonra ilgili literatür özeti verilerek incelenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise, seragazı emisyonlarının makroekonomik değişkenlerle olan ilişkisi OECD ülkeleri için, 1971-2011 dönemi yıllık verileri kullanılarak, yatay kesit bağımlılığın varlığı, Berusch-Pagan (1980) CDLM1, Pesaran (2004) CDLM2, Pesaran (2004) CD ve Pesaran ve Yamagata (2008) CDLM<sub>adj</sub> testiyle incelenmiş ve ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu görülmüştür. Bu durumu dikkate alan ikinci kuşak birim kök testlerinden Pesaran (2006a) tarafından geliştirilen ve Pesaran (2007) çalışmasında yenilenen, kesit açısından genişletilmiş ADF ve yine Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS panel birim kök testleri kullanılmıştır. Serilerin durağanlığı; CADF ve CIPS panel birim kök testleriyle sınanmış ve serilerin düzey değerlerinde birim kökün olduğu görülmüştür. Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı; Westerlund (2008) tarafından önerilen Durbin Hausman testiyle incelenmiş ve seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu belirlenmiştir. Son aşamada ise eşbütünleşik olan modelin uzun dönem eşbütünleşme katsayıları Pesaran (2006b) tarafından geliştirilmiş olan Ortak İlişkili Etkiler - CCE modeline dayalı tahmin yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Yapılan analiz sonucunda; Kanada, Danimarka, Almanya, İtalya, Meksika, İspanya, İsveç ve ABD için tüm değişkenlerde sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Enerji tüketimi, Fransa hariç (anlamsız) diğer ülkelerde anlamlı ve pozitifdir. Bu sonuç beklentilerimizle ve literatürdeki Acaravci ve Ozturk (2010); Bella vd., (2010); Marrero (2010) çalışmalarla uyumludur.

Ekonomik büyüme olarak aldığımız kişi başı GSYİH, Avustralya, Finlandiya, Japonya ve Meksika dışındaki tüm ülkelerde anlamlı çıkmıştır. Avusturya, Belçika, Fransa ve Yunanistanda ise negatif sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar Jaunky'in (2011: 1238) çalışmasındaki sonuçlarla örtüşmektedir. Diğer 15 ülkede ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkisipozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Elde edilen bu sonuç literatürdeki Jaunky, (2011); Adom vd. (2012); Ahmed ve Long (2012); Öztürk ve Acaravci (2012) çalışmalarla uyumludur.

İhracat'ın çevre kirliliği üzerindeki etkileri; Avusturya, Kanada, Fransa, Meksika ve İsveç'te beklentilerimize uygun olarak pozitif ve istatistiki anlamlı bulunmuştur. Danimarka, Almanya, İsrail, İtalya, Japonya, Norveç, İspanya, İngiltere ve ABD'de ihracatın karbon emisyonunu artırıcı yönde bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun, söz konusu ülkelerin gelişmiş olmalarından ve üretimlerinde temiz enerji kaynakları kullanımına ağırlık veriyor olmalarından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

24 ülkenin 11'inde ithalaların çevre kirliliğini azaltıcı yönde etkisinin olduğu görülmüştür. Bu durum beklentilerimizle iktisat teorisiyle uyumludur. Kanada, Şili, Fransa, Meksika, İsveç ve ABD'de ithalatın karbon emisyonunu artırıcı etkilerinin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bunun nedeninin söz konusu ülkelere ithal edilen ürün çeşitlerinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

AB15 ülkelerinin kişi başı geliri ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin pozitif çıkması, bu ülkelerin karbon emisyonlarını 1990 yılının %8 altına düşürme hedeflerini tutturmalarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Ayrıca AB15 ülkelerinde GSYİH'nin karbon emisyonlarından daha hızlı arttığı da bu ilişkiyi desteklemektedir.

Fransa ve Belçika gibi bazı gelişmiş ülkelerin ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin negatif çıkmasının sebebi bu ülkelerin belli bir zenginliğe ulaştıklarında, çevre konusunda hassasiyet gösterip sera gazı emisyonlarını azaltabilme başarısı göstermiş şeklinde yorumlanmıştır.

Türkiye'de ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, ithalatın ise etkisi negatif ve anlamlı çıkmıştır. Bu sonuçlar beklentilerimize ve literatüre uymaktadır. Ekonomik büyümede ve enerji tüketiminde meydana gelen bir birimlik artış çevre kirliliğini

sırasıyla 0.6 ve 1.04 birim arttırmaktadır. Türkiye’de enerji tüketimi, çevre kirliliğine neden olan en önemli makroekonomik değişkendir.

Yunistan’da ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında negatif yönlü ilişki çıkmasının; bu ülkede son dönemde yaşanan ekonomik krizlerin ve bu ülkenin datalarında bilinçli olarak yaptığı tahrifatlara (Göçer, 2013b) bağlı olarak datalarının güvenilir olamamasının etkili olduğu değerlendirilmektedir.

24 OECD ülkesi için Kuznets Hipotezi sınamasında kurduğumuz model, son zamanlarda yapılan; Başar ve Temurlenk (2007), Akbostancı vd. (2009), Narayan and Narayan (2010), Arı ve Zeren (2011), Çınar (2011), Jaunky (2011) ve Xuemei vd. (2011) çalışmalar gibi EKC hipotezini doğrulamamaktadır.

Çalışmamızda yatay kesit bağımlılığının var olması ve Swamy homojenlik testinde OECD ülkelerin heterojen çıkması “*Kirlilik Sığınağı Hipotezi*”ni (Pollution Haven Hypothesis) desteklemektedir. Yatay kesit bağımlılığının doğrulandığı modelimizde; ülkelerden birine gelen şoklar, diğer ülkeleri de etkilemektedir. Bu nedenle, bu ülkelerdeki karar vericiler ekonomi politikalarını belirlerken, diğer ülkelerin uyguladıkları politikaları ve bu ülkelerin *CO*, *GDP*, *EC*, *OPEX* veya *OPIM* değişkenlerini etkileyen şokları da göz önünde bulundurmalıdırlar.

Yaptığımız analizdeki tahminlerde karbondioksit emisyonunu arttıran en önemli değişkenlerin enerji tüketimi olduğu ve enerji tüketiminin de en çok fosil yakıtlardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Fransa hariç tüm ülkelerde anlamlı bir etkiye sahip olan enerji tüketimi diğer değişkenlerden çok daha fazla karbon emisyonlarına sebep olmaktadır. Enerji-yoğun sektörler ve rekabete duyarlı kesimler tarafından hükümet üzerine yapılan baskıların siyasi anlamda sonuç vermesiyle, enerji tüketimi her geçen gün daha çok artmaktadır.

Bu çalışmada; sera gazı emisyonlarının azaltılmasında hem politika hem de araçların birlikte ele alınması, değişkenler bazında modele yeni değişkenler olarak ihracat (*OPEX*) ve ithalat (*OPIM*) ilave edilmesi, karar vericiler açısından her ülke için ayrı ayrı panel sonuçlarının hesaplanması ve birbirleriyle karşılaştırma olanaklarının sağlanması, yapılan analizde panel veri kullanılması, yatay kesit bağımlılığı testinin yapılması, tahmincilerin ikinci kuşak testlerle yapılması literatüre bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.



Ülkelerde sera gazı emisyonlarını azaltmak/durdurmak için; ikinci bölümde ayrıntılı olarak ele alınan politika ve araçların, bütün ülkeler tarafından benimsenmesi ve kullanılması gerekmektedir. Sera gazı azaltımında kullanılan politikalar olarak enerji dönüşümü, enerji verimliliği, karbon yakalama ve depolama ve karbon yutaklarının hükümetler tarafından benimsenmesi gerekmektedir. Avrupa Birliği tarafından kullanılan esneklik mekanizmaları geliştirilerek tüm dünyada kullanılabilir hale getirilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca hükümetlerin çevreye duyarlı mekanizmalara teşvik vermesi ve çevreyi kirleten araçlara vergi koyarak daha çevreci bir anlayış benimsenmesi önem arz etmektedir.

Küresel ısınmaya neden olan karbondioksit emisyonunu önlemek için Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü'nde ele alınan çevre politikalarına göre; uluslararası bir çevresel işbirliğinin yapılması, tüm dünyada uygulanabilecek homojen bir karbon verisinin uygulanması ve toplanan karbon vergisi gelirleriyle temiz teknoloji gelişimi için teşvikler sağlanmalıdır. Sonuç olarak bu üç parça aynı anda gerçekleştirildiğinde birbirini tamamlamakta ve küresel ısınmanın önüne geçilebilecek etkin bir politika oluşturmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Abuaf, N., and Jorion, P. (1990), "Purchasing Power Parity in the Long Run", *The Journal of Finance XLV*, ss. 157-174.
- Acaravci, A. and Ozturk, I. (2010) "On the Relationship between Energy Consumption, CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth in Europe", *Energy 35*, ss. 5412-5420.
- Adom, P.K., Bekoe, W., Amuakwa-Mensah, F., Mensah, J.T. and Botchway, E. (2012), "Carbon Diokside Emissions, Economic Growth, Industrial Structure, and Technical Efficiency: Empirical Evidence from Ghana, Senegal, and Morocco on the Causal Dynamics", *Energy 47*, ss. 314-325
- Ahmed, K. and Long, W. (2012), "Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis", *Procedia Economics and Finance 1*, ss. 4-13
- Ahn, S.C. and Moon, H.R. (2001), "Large-N and Large-T Properties of Panel Data Estimators and The Hausman Test", USC Center for Law, Economics and Organization Research Paper, No. C01-20.
- Akbostanci, E., Türüt-Aşık, S. and Tunç, İ. (2009) "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy 37*, ss. 861-867.
- Anonim, (2001) Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT: 2532-ÖİK: 548, Ankara.
- Antweiler, W., Copeland, B.R. and Taylor, M.S. (2001). "Is Free Trade Good for The Environment?", *The American Economic Review 91*, ss. 877-908.
- Apergis, N. and Payne, J. (2009). "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Usage and Output in Central America", *Energy Policy 37*, ss. 3282-3286.
- Arı, A. ve Zeren, F. (2011) "CO<sub>2</sub> Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi" *Celal Bayer Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi*, 18, ss. 2.
- Arı, İ. (2010) İklim Değişikliği ile Mücadelede Emisyon Ticareti ve Türkiye Uygulaması, DPT Uzmanlık Tezleri, Ankara.
- Arouri, M.E.H., Caporale, G.M., Rault, C., Sova, R. and Sova, A. (2012) "Environmental Regulation and Competitiveness: Evidence from Romania", CESifo Working Paper No. 3916.
- Ayaydın, H. (2012) *Gelişen Piyasalarda Hisse Senedi Getirisini Etkileyen Makroekonomik Değişkenler Üzerine Bir İnceleme: Panel Veri Analizi*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: Trabzon.
- Bai J. and Ng S. (2004) "A PANIC Attack on Unit Roots and Cointegration", *Econometrica*, 72, ss. 1127-1178.
- Baltagi, B., (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, England: John Wiley & Sons LTD.
- Başar, S. ve Temurlenk, M.S. (2007) "Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama" *Atatürk Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 21, ss. 1.

- Beck, N. (2006) "Time-Series – Cross-Section Method", The Oxford Handbook of Political Methodology, Chapter 20, New York Oxford University Press, ss. 475-493.
- Bella, G, Massidda, C. and Etzo, I. (2010) "A Panel Estimation of The Relationship between Income, Electric Power Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions", MPRA (Munich Personal RePEc Archive) Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/26077>.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Taraflar Konferansı 16 [BMİDÇS TK 16] (2011), Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010.
- Brajer, V., Mead, R.W. and Xiao, F. (2011) "Searching for an Environmental Kuznets Curve in China's Air Pollution", *China Economic Review* 22, ss. 383-397.
- Breitung J. (2000) "The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data", in B. Baltagi (ed.), *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels, Advances in Econometrics*, 15, ss. 161-178.
- Breuer, B. Robert McNow, R. and Wallace, M. (2001). "Misleading Inference form Panel Unit Root Tests with an Illustration from Purchasing Power Parity" *Review of International Economics* 9, ss. 482-493.
- Breuer, J.B. Mcnown R. and Wallace M. (2002) "Series-Specific Unit Root Test with Panel Data", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 64, ss. 527-546.
- Breusch, T.S. and Pagan, A.R. (1980) "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification Tests in Econometrics", *Review of Economic Studies* 47, ss. 239-253.
- Bruvoll, A., and Bodil, M. L. (2004) "Greenhouse Gas Emissions in Norway: Do Carbon Taxes Work?", *Energy Policy*, 32, ss. 493-505.
- Choi I. (2001) "Unit Roots Tests for Panel Data" *Journal of International Money and Finance*, 20, ss. 229-272.
- Cole, M.A., Rayner, A.J. and Bates, M. (1997) "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", *Environment and Deveelopment Economics*, 2, ss. 401-416.
- Copeland, B.R. and Taylor, S. (2003) "Trade and Environment: Theory and Evidence", Princeton Series in International Economics. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Çabuk, S.Ö. (2011) *Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolünün Değerlendirilmesi: Enerji Sektörü Örneği*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Anabilim Dalı: Ankara.
- Çelikkol H. ve Özkan, N. (2011) "Karbon Piyasaları ve Türkiye Perspektifi" *Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi* 31, ss. 203-222.
- Çılgın, Y. G. (2006) *Türkiye'de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolü*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı: Ankara.

- Çınar, S. (2011) “Gelir ve CO<sub>2</sub> Emisyonu İlişkisi: Panel Birim Kök ve Eşbütünleşme Testi”, *Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (Uludağ Journal of Economy and Society) Cilt/Vol.XXX, Sayı/Nu.2 ss. 71-83.
- Çınar, S., Yılmaz, M. ve Fazlılar, T.A. (2012) “Kirlilik Yaratan Sektörlerin Ticareti ve Çevre: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Karşılaştırması” *Doğuş Üniversitesi Dergisi 13*, ss. 212-226.
- ÇOB, (2008) Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslar arası Emisyon Ticareti Sistemleri, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara. [www.iklim.cevreorman.gov.tr/belgeler/03.pdf](http://www.iklim.cevreorman.gov.tr/belgeler/03.pdf), (17.01.2013).
- Deacon, Robert and Catherine S. Norman (2004), “Does the Environmental Kuznets Curve Describe How Individual Countries Behave?”, UCSB Working Papers.
- Dinda, S. (2004) “Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey”, *Ecological Economic 49*, ss. 431-455.
- Dişbudak, K. (2008) *Avrupa Birliği’nde Tarım-Çevre İlişkisi ve Türkiye’nin Uyumu*, AB Uzmanlık Tezi, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı: Ankara.
- Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011) “Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri” *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 12, Sayı 1.
- DPT (2000) İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Duru, B. (2008) “Kyoto Protokolü’nden Halkların Protokolüne”, *Mülkiye*, CXXXII, s.259, ss. 205-214
- EC (2009) “The EU Emission Trading Scheme”, European Commission, 2009 Edition, Belgium.
- EEA (2004) Impact of Europe’s Changing Climate: An Indicator-Based Assessment, Copenhagen, European Environmental Agency, ss.67.
- Ellerman, A.D. and Harrison, J.D. (2003) “Emission Trading in the U.S.: Experience, Lessons, and Consideration for Greenhouse Gases” Pew Center on Global Climate Change, Arlington, USA.
- Ellerman, A.D. (2008) “The EU Emission Trading Scheme: A Prototype Global System?”, Harvard Kennedy School, John F. Kennedy School of Government, Discussion Paper 08-02.
- Engin, B. (2010) “İklim değişikliği ile Mücadelede Uluslararası İşbirliğinin Önemi”, *Sosyal Bilimler Dergisi 2*, ss. 71-82.
- EPA, (2010) Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources, *United States Environmental Protection Agency*, Washington, DC.
- Eskeland, G.S. and Harrison, A.E. (2003) “Moving to Greener Pastures? Multinationals and The Pollution Haven Hypothesis”, *Journal of Development Economics 70*, ss. 1-23.
- FAO, (1990). Forest Resources Assessment, Global Synthesis, FAO Forestry Paper, Rome.

- FAO, (2001) Global Forest Resources Assesment 2000, ISSN 0258-6150, FAO Forestry Paper:140.
- Field, B. C. and Field M. K. (2002) *Enviromental Economics: An Introduction*, Boston, Mc Graw Hill.
- Frankel J.A. and Romer, D. (1999) “Does trade cause growth?” *American Economic Review* 89, 3, ss. 379-399.
- Frees, E.W. (2004) *Longitudinal and Panel Data: Analysis and Applications for the Social Sciences*, Cambridge University Press, New York.
- Freestone, D. and Streck, C. (2005) “Legal Aspect of Implementing the Kyoto Protocol Mechanism”, Oxford University Press, New York.
- Fodha, M. and Zaghoud, O. (2010) “Economic Growth and Pollutant Emissions in Tunisia: An Emprical Analysis of the Environmental Kuznets Curve”, *Energy Policy* 38, ss. 1150-1156.
- Greening, L.A., Davis, W.B., and Schipper, L., (1998) “Decomposition of Aggregate Carbon Intensity for The Manufacturing Sector: Comparison of Declining Trends from 10 OECD Countries for The Period 1971–1991”. *Energy Economics* 20, ss. 43–65.
- Greene, W. H., (2003), *Econometric Analysis*, Fifth Edition, New York: Prentice- Hall International, Inc.
- Grossman, G.M., Kruger, A.B., (1995) “Economic Growth and the Environment”. *Quarterly Journal of Economics* 110 (2), ss. 353–377.
- Goulder, L.H. (1995) “Enviromental Taxation and the Double Divident: A Reader’s Guide”, *Intarnational Tax and Public Finance*, Kluwer Academic Publishers, s.2, ss. 157-183.
- Göçer, İ. (2013a) “Küresel Ekonomik Krizin Etkileri: Panel Veri Analizi”, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16, ss. 163-188.
- Göçer, İ. (2013b) “Ekonomik Analizlerde İstatistiksel Verilerin Yeri ve Önemi”, Resmi İstatistiklerde İdari Kayıtların Önemi ve Ekonomik Analizlerde İstatistiksel Veriler: TUIK Paneli, 17.12.2013 Aydın.
- Gujarati, D. N. (1999) *Temel Ekonometri*, Çev. Ümit Şenesen, Gülay Günlük Senesen, Literatür Yayıncılık, 7. Basım, Eylül 2010, İstanbul.
- Güloğlu, B. ve İspir, S. (2009) “Yeni Gelişmeler Işığında Türkiye’de Satın Alma Gücü Paritesi Önsavının Panel Birim Kök Sınaması”, Pamukkale Üniversitesi İİBF Salı Seminerleri.
- Güloğlu, B. and İvrendi, M. (2008) “Output fluctuations: transitory or permanent? the case of Latin America”, *Applied Economic Letters* 17, 4, ss. 381-386.
- Güriş, S., Çağlayan, E. ve Güriş, B., (2011) “Eviews ile Temel Ekonometri”, Der Yayınları, Çağaloğlu - İstanbul.
- Hadri K. (2000) “Testing for Stationarity in Hetetogenous Panels” *Econometrics Journal*, 3, ss. 148-161.
- Halicioglu, F (2009) “An Econometric Study of CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey”, *Energy Policy* 37, ss. 1156-1164.

- Halkos, G.E. (2003) “Environmental Kuznets Curve for Sulfur: Evidence Using GMM Estimation and Random Coefficient Panel Data Models”, *Environment and Development Economics*, 4, ss. 581-601
- Hamilton, C. and Turton, H. (2002) “Determinant of Emissions Growth in OECD Countries”, *Energy Policy* 30, ss. 63-71.
- Hansen, J. (2004) “Defusing the Global Warming Time Bomb”, *Scientific American* 290, n.3, ss. 68-77.
- Harbaugh, W.T., Levinson, A. and Wilson, D.W., (2002) “Reexamining The Empirical Evidence for An Environmental Kuznets Curve”. *The Review of Economics and Statistics* 84 (3), ss. 541–551.
- Herring, H. (2006) “Energy Efficiency – A Critical View”, *Energy* 31, ss. 10-20.
- Hsiao, C. (2003) “Analysis of Panel Data”, Second Edition, Econometric Society Monograph 36, New York: Cambridge University Press.
- Hsiao, C. (2005) Why Panel Data? Institute of Economic Policy Research University of Southern California, IEPR Working Paper 05.33.
- Hotunluoğlu, H. ve Tekeli R.(2007) “Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltıcı Etkisi Var mı?”, *Sosyoekonomi Dergisi* 2 ,6, ss. 107-126.
- IEA (2003) “Key World Energy Statistics 2003”, International Energy Agency, (IEA) OECD/IEA, Paris.
- Im, K.S., Pesaran, M. H. and Shin, Y. (1997). “Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels”, *Mimeo, Department of Applied Economics*, University of Cambridge.
- Im K.S., Pesaran M.H. and Shin Y. (2003) “Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels” *Journal of Econometrics* 115, ss. 53-57.
- IPCC, (1996) Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., vd. Cambridge University Press, New York.
- IPCC (2001a) “Climate Change 2001: Synthesis Report”, TAR, Cambridge University Press, UK. ss: 398.
- IPCC (2001b) “Climate Change: The Scientific Basis - Summary for Policy Makers”, Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report, Editors: J.T. Houghton et al., Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC, (2001c) Climate Change 2001: Mitigation - Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (Metz, B., et al., eds). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007) “Climate change 2007: Mitigation.”, Contribution of Working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC (2007a) “The Physical Science Basis”, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC (2013) “Climate Change 2013: The Physical Science Basis”, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), Twelfth Session, Stockholm, 23-26 September.
- İDEP (2011) İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2020, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Temmuz 2011, Ankara.
- Jaunky, V.C. (2011) “The CO<sub>2</sub> Emissions-Income Nexus: Evidence from Rich Countries”, *Energy Policy* 39, ss. 1228-1240.
- Karaca, C. (2012) “Ülkeler Tarafından Uygulanan Çevre Politikalarının Uluslararası Doğrudan Yatırımlar Üzerindeki Etkileri: Kirlilik Sığmağı Hipotezinin Test Edilmesi” *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi* 47, ss. 181-200.
- Karakaya, E. (2008) “AB Emisyon Ticareti Sistemi EU ETS”, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ve ÇOB, Türkiye ve İklim Değişikliği Çalıştayı, 30 Ekim, Ankara.
- Karakaya, E. ve Özçağ, M. (2003) “Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi İle CO<sub>2</sub> Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi”, VII. ODTÜ İktisat Konferansı, Ankara [http://www.econturk.org/Turkiyeekonomisi/odtu\\_paper.pdf](http://www.econturk.org/Turkiyeekonomisi/odtu_paper.pdf)
- Karakaya E. ve Özçağ M. (2004), “Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi”, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, I. Maliye Konferansı, Geçiş Ekonomilerinde Mali Politikalar, Yazılı.
- Karanfil, F. (2009) “Enerji-Büyüme-Çevre: Türkiye Üçgenin Neresinde?”, *Uluslar Arası İlişkiler*, Cilt 5, Sayı 20, ss. 1-26.
- Kavak, K. (2005) *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, DPT Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü: Ankara.
- Kaygusuz, K. (2009) “Energy and Environmental Issues Relating to Greenhouse Gas Emissions for Sustainable Development in Turkey”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, ss. 253–270.
- Keating, M. (1993) Yeryüzü Zirvesinde Değişimin Gündemi: Gündem 21 ve Diğer Rio Anlaşmalarının Poğüler Metinleri, Türkiye Çevre Vakfı: UNEP Türkiye Komitesi Yayını, s.127, Ankara.
- Keleş, R., Hamamcı, C. ve Çoban, A. (2012) Çevre Politikası(7. Baskı), İmge Kitabevi Yayınları, Ankara.
- Keleş, R. ve Hamamcı, C. (2002) “Çevrebilim”, İmge Kitabevi, 4. Baskı, Ankara.
- Korkmaz, K. (2007) “Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi” *Alatırım Dergisi*, 6, (2): ss. 43-49.
- Kovancılar, B. (2001) “Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği”, *Yönetim ve Ekonomi* 8, 2, ss. 7-19.

- Lal, R., (2003) "Offsetting Global CO<sub>2</sub> Emissions by Restoration of Degraded Soils and Intensification of World Agriculture and Forestry". *Land Degredation and Development* 14, 3, ss. 309-322.
- Lean, H. H. and Smyth, R. (2010). "CO<sub>2</sub> Emissions, Electricity Consumption and Output in ASEAN". *Applied Energ* 87, 1858-1864.
- Lee, C.C., Chiu, Y.B. and Sun, C.H. (2009) "The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Water Pollution: Do Regions Matter?", *Energy Policy* 38, ss. 12-23.
- Levin A. Lin C. and Chu J. (2002) "Unit Roots Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties", *Journal of Econometrics*, ss. 108, 1-24.
- Lise, W. (2006) "Decomposition of CO<sub>2</sub> Emissions over 1980-2003 in Turkey" *Energy Policy* 34, ss. 1841-1852.
- Luintel, K. (2001) "Heterogeneous Panel Unit Root Tests and Purchasing Power Parity" *The Manchester School* 69, ss. 42-56.
- Maddala G.S. and Wu S. (1999) "A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, ss. 631-652.
- Madra, Ö. (2007) "Küresel Isınma ve İklim Krizi", İdil Yayıncılık, İstanbul, ISBN:978-9944-93-6.
- Magnani, E. (2001) "The Environmental Kuznets Curve: Development Path or Policy Result?", *Environental Modelling & Software*, 16, ss. 157-165.
- Marrero, G.A. (2010) "Greenhouse Gases Emissions, Growt and The Energy mix in Europe" *Energy Economics* 32, ss.1356-1363.
- Mercan, M. (2013) *Türkiye İçin Alternatif Mitigasyon Politikası Uygulamalarının Ekonomik Analizi: Genel Denge Analizi*, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Aydın.
- Mielnik, O. and Goldemberg, J. (2002) "Foreign Direct Investment and Decoupling between Energy and Gross Domestic Product in Developing Countries" *Energy Policy* 30, ss. 87-89.
- Narayan, P.K. and Narayan, S. (2010) "Carbon Dioxide Emissions and Economic Growt: Panel Data Evidence from Developing Countries", *Energy Policy* 38, ss. 661-666.
- Narin, M. (2013) "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizması: Emisyon Ticareti", International Conference on Eurasian Economies 2013, 17-18 September 2013 – St. Petersburg, RUSSIA.
- Neale, J. (2008) *Stop Global Warming: Change the World*, Londra, Bookmarks, s.36
- Özçağ, M. (2011) *İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği ve Ekonomik Büyüme Türkiye Üzerine Bir Analiz*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: Aydın.
- Öztürk, İ. and Acaravci, A. (2012) "The Long-run and Causal Analysis of Energy, Growt, Opennes and Financial Development on Carbon Emission in Turkey", *Energy Economics*, online, 31 August.



- Öztürk, H. (2007) “Küresel Isınmada Ruminantların Rolü” *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, Cilt: 78 Sayı: 1
- Öztürk, K. (2002) “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri” *G.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt, 22 . Sayı I, ss: 47-65
- Pamukçu, K. (2007) “Küresel Emisyon Ticareti Sistemi için Bir Model: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı”, *I.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 37.
- Panayotou, T. (1993) “Empirical Test and Demand for Encironmental Degradation at Different Stages of Economic Development”, Working Paper WP238, Techology and Employment Programme, Internarional Labour Office, Genova.
- Pesaran, M.H., (2004), “General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels”, *Cambridge Working Papers in Economics*, 435.
- Pesaran M.H., (2006a) “A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence”, *Cambridge University, Working Paper*, No: 0346
- Pesaran, M.H., (2006b) “Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error Structure”, *Econometrica* 74, ss. 967-1012.
- Pesaran M.H., (2007) “A Simple Panel Unit Root Test In The Presence Of Cross-Section Dependence”, *Journal of Applied Econometrics* 22, ss. 265-312.
- Pesaran, M.H., Ullah, A. and Yamagata, T., (2008), “A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence”, *Econometrics Journal* 11, ss. 105-127.
- Roca, J. and Alcantara, V., (2001) “Energy Intensity, CO<sub>2</sub> Emissions and The Environmental Kuznets Curve. The Spanish case”. *Energy Policy* 29, ss. 553–556.
- Sadorsky, P., (2010) “The Impact of Financial Development on Energy Consumption in Emerging Economies”. *Energy Policy* 38, ss. 2528–2535.
- Sarno, L. and Taylor, M.P. (1998). “Real Exchange Rates Under the Recent Float: Unequivocal Evidence of Mean Reversion”, *Economics Letters* 60, ss. 131-137.
- Say, N.P. and Yücel, M. (2006) “Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on An Economic Growth”. *Energy Policy* 34, ss. 3870–3876.
- Sayyan, H. (2000), “Dinamik Panel Veri Modelleri ve OECD Ülkeleri Para Talebi Uygulaması”, *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bil. Enst., Yayınlanmamış Doktora Tezi*, İstanbul.
- Schipper, L., Ting, M., Khrushch, M. and Golove, W. (1997). “The Evolution of Carbon Dioxide Emissions from Energy use in Industrialized Countries: an end-use Analysis”. *Energy Policy* 25, ss. 651–672.
- Scrimgeour, F., Les, O. and Fatai, K. (2005) “Reducing Carbon Emissions? The Relative Effectiveness of Different Types of Environmental Tax: The Case of New Zealand”, *Environmental Modelling & Software* 20, ss. 1439-1448.
- Scowcroft, J. (2010) “Kopenhag Kaosundan Sonra Meksika Mucizesi ya da COP’un Yapılabilirliği”, *Electricity for Europe Letest News*, 15 Aralık.
- Selden, T.M. and Song, D. (1994) “Environmental Quality and Development: Is There

- a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, Volume: 27, Issue: 2, ss. 147-162.
- Soytaş, U., Sarı, R. and Ewing, B.T. (2007) "Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States" *Ecological Economics* 62, ss. 482-489.
- Stern, D.I., (2002) "Explaining Changes in Global Sulfur Emissions: An Econometric Decomposition Approach". *Ecological Economics* 42, ss. 201-220.
- Stern, D.I. and Common, M.S. (2001) "Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?", *Journal of Environmental Economics and Management* 41, ss. 162-178.
- Swamy, P.A.V., (1970) "Efficient Inference in A Random Coefficient Regression Model", *Econometrica* 38, ss. 311-323.
- Şahin, Y. (2005) *Küresel Isınma Fetişizmi*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Tatoğlu, F. Y. (2012) *İleri Panel Veri Analizi*, Beta Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- Taylor M.P. and Sarno L. (1998) "The Behavior of Real Exchange Rates During The Post-Bretton Woods Period", *Journal of International Economics* 46, ss. 281-312.
- Tienberg, T. H. (2006) "Emission Trading: Principles and Practice", RFF, Washington, DC, USA.
- Tobey, J.A. (1990) "The Effect of Domestic Environmental Policies on Pattern of World Trade: An Empirical Test", *Kyklos* 43, ss. 191-2009.
- Tunahan, H. (2010) "Küresel İklim Değişikliğini Azaltmanın Bir Yolu Olarak Karbon Finansmanı", *Muhasebe ve Finansman Dergisi* 46, ss. 199-215.
- Türkeş, M. (2003) Sera Gazı Salımlarının Azaltılması İçin Sürdürülebilir Teknolojik ve Davranışsal Seçenekler, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: Çevre Bilim ve Teknoloji Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı, ss. 267-285, Ankara.
- Türkeş, M. (2006) Küresel İklimin Geleceği ve Kyoto Protokolü, *Jeopolitik* 29, ss. 99-107.
- Türkeş, M. (2007) "Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler", *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, ss. 38-53.
- Türkeş, M. (2008) "İklim Değişikliğiyle Savaşım, Kyoto Protokolü ve Türkiye", *Mülkiye* 259, ss. 101-131.
- Türkeş, M. (2009) "Kopenhag iklim değişikliği zirvesi ve Türkiye", *Cumhuriyet Bilim ve Teknoloji* 1185, ss. 14-15.
- Türkeş, M. ve Bilir, P. (2012) "Küreselleşme ve kapitalist esneklik düzenekleri kıskacında iklim değişikliğiyle savaşım, toplumsal gönenç(sizlik), uluslararası güvenlik(sizlik) ve iklim etiği", *Kapitalizmin Kıskacında Doğa, Toplum ve Teknoloji*, 7. Karaburun Bilim Kongresi, 5-9 Eylül 2012: Karaburun, İzmir.
- UEP (2010) Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planının Geliştirilmesi Projesi, Mevcut Durum Değerlendirme Raporu, (2. Taslak).

- Uğur, A. (2009) *Hisse Senedi Getirilerinin Panel Veri Analizi ile Tahmini: İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında Bir İnceleme*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Malatya.
- UNFCCC (2001) "Proposal to Amend the List in Annexes I and II to the Convention by Removing the Name of Turkey", FCCC/SBI/2001/L.8. Decision 7/CP.7, SBI, Fifteenth Session, Marrakesh, 29 October - 6 November 2001.
- UNFCCC (2012) Executive Board Annual Report 2012, Clean Development Mechanism, <http://unfccc.int/resource/docs/2012/cmp8/eng/03p02.pdf>, (23.10.2013).
- UNFCCC, (2013) United Nations Framework Convention on Climate Change, <http://unfccc.int/2860.php>, (07.10.2013).
- WCI, (1998) Coal Facts, World Coal Institute (WCI), London.
- Westerlund, J. (2008) "Panel cointegration tests of the Fisher effect", *Journal of Applied Econometrics* 23, ss. 193-233.
- WEO, (2010) World Energy Outlook 2010, International Energy Agency, [www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org).
- WEO, (2011) World Energy Outlook 2011, International Energy Agency, [www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org).
- WEO, (2012) World Energy Outlook 2012, International Energy Agency, [www.worldenergyoutlook.org](http://www.worldenergyoutlook.org).
- WMO, (1999) WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998. WMO-No. 896, World Meteorological Organization, Geneva.
- Wooldridge, J. M., (2009), *Introductory Econometrics A Modern Approach*, Forth Edition, USA: South-Western Cengage Learning.
- Yaylalı, B. (2008) *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı İle Bölgesel Ölçekte Sera Gazı Emisyonu Azaltımı İçin Örnek Bir Çalışma*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Yılancı, V. (2012) "Yumuşak Geçişli Panel Regresyon Modelleri ve E7 Ülkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Sınanması", İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Yıldırım, B. (2013) "Ticari Açıklık ve CO<sub>2</sub> Emisyonu: Karşılaştırmalı Ülke Analizi" *International Journal of Social Science* 6, 1, ss. 1611-1621.
- Yılmazer, M. ve Ersoy, B.A. (2009) "Kirlilik Sığınağı Hipotezi, Doğrudan Yabancı Yatırımlar ve Kamu Politikaları" *Ege Akademik Bakış* 9, ss. 1441-1462.
- Zellner, A. (1962) "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Association* 57, ss. 348-368.
- Zhang, F. Q. (2000) "Can China Afford to Commit Itself an Emission Cap? An Econometric and Political Analysis", *Energy Economics*, Vol. 22, ss. 587-614.

Zhang, Y.J. (2011) “The Impact of Financial Development on Carbon Emissions: An Empirical Analysis in China”, *Energy Policy*, 39, ss. 2197-2203.

Xuemei, H., Zhang, M. and Liu, S. (2011) “Research on the Relationship of Economic Growth and Environmental Pollution in Shandong Province Based on Environmental Kuznets Kurve” *Energy Procedia* 5, ss. 508–512.

## İNTERNET ADRESLERİ

- 1- <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/index.html>, Erişim: 17.12.2012.
- 2- <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html#global>, Erişim: 17.12.2012.
- 3- <http://www.cevreonline.com/kuresel/kuresel%20isinma%20nedir.htm>, Erişim: 28.12.2012
- 4- [http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall12/atmo336/lectures/sec3/anthro\\_increase.html](http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall12/atmo336/lectures/sec3/anthro_increase.html), Erişim: 28.12.2012.
- 5- <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/measured-and-projected-concentrations-of-kyoto-greenhouse-gases>, Erişim: 31.12.2012
- 6- <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/ghg-emission-targets-in-europe>, Erişim: 31.12.2012
- 7- <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/sectoral-trends-and-projections-of-1>, Erişim: 31.12.2012
- 8- <http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/cop13.pdf?sfvrsn=2>, Erişim: 04.01.2013
- 9- [http://www.tesab.org.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=300:15122010-kopengag-kaosundan-sonra-mekska-muczes-ya-da-copun-yapabl&catid=7:eurelectricgunlukhaberler&Itemid=20](http://www.tesab.org.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=300:15122010-kopengag-kaosundan-sonra-mekska-muczes-ya-da-copun-yapabl&catid=7:eurelectricgunlukhaberler&Itemid=20), Erişim: 14.01.2013
- 10- [http://unfccc.int/meetings/cancun\\_nov\\_2010/meeting/6266.php](http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/meeting/6266.php), Erişim: 14.01.2013
- 11- <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-gaps-between-2020-ghg-1>, Erişim: 16.01.2013
- 12- <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>, Erişim: 17.01.2013
- 13- [http://www.fmo.org.tr/\\_yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler), Erişim: 18.01.2012
- 14- <http://www.wri.org/project/carbon-dioxide-capture-storage>, Erişim: 18.01.2013
- 15- [http://www.co2geonet.com/UserFiles/file/Rowena/Turkish\\_protected.pdf](http://www.co2geonet.com/UserFiles/file/Rowena/Turkish_protected.pdf), Erişim: 18.01.2013
- 16- [http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs\\_nedir.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs_nedir.aspx), Erişim: 21.01.2012
- 17- <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/turkish/capture-dioxide-storage-tr/sum-policy-tr.pdf>, 21.01.2013
- 18- <http://www.wri.org/project/carbon-dioxide-capture-storage/ccs-basics>, Erişim: 21.01.2013
- 19- <http://www.globalccsinstitute.com/publications/strategic-analysis-global-status-carbon-capture-storage/online/45381>, Erişim: 21.01.2013
- 20- [http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs\\_teknolojileri.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs_teknolojileri.aspx), Erişim: 25.01.2013
- 21- [http://www.bbc.co.uk/turkce/izlenim/2012/05/120511\\_norway\\_carbon.shtml](http://www.bbc.co.uk/turkce/izlenim/2012/05/120511_norway_carbon.shtml), Erişim: 25.01.2013
- 22- <http://www.alstom.com/press-centre/2012/106505/alstom-awarded-concept-study-for-mongstad-full-scale-co2-capture-project>, Erişim: 25.01.2013
- 23- [http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index_en.htm), Erişim: 23.05.2013

- 24- <http://www.fao.org/docrep/017/i2906e/i2906e00.pdf>, Erişim: 27.09.2013
- 25- <http://climap.net/carbon-sink>, Erişim: 27.09.2013
- 26- <http://www.climatevolunteers.com/?page=gonulluPiyasalar>, Erişim: 03.10.2013  
<http://www.ghgprotocol.org/>
- 27- [http://enerji.comu.edu.tr/calisma\\_gruplari/enerji\\_politikalari/Murat\\_Turkes\\_2010\\_Kopenhag-%C4%B0DZ.pdf](http://enerji.comu.edu.tr/calisma_gruplari/enerji_politikalari/Murat_Turkes_2010_Kopenhag-%C4%B0DZ.pdf), Erişim: 24.12.2012.
- 28- <http://unfccc.int>
- 29- <http://www.pointcarbon.com>

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mehmet Metin DAM  
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya, 15.05.1976

### Eğitim Durumu

Lisans : Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü  
Yüksek Lisans : Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı.  
Doktora : Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : Adnan Menderes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Öğretim Elemanı (2010 - .....)  
Adnan Menderes Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Öğretim Elemanı (2010-.....)  
Aydın Meslek Yüksek Okulu – Öğretim Elemanı (2008-.....)  
Özel Eğitim Kurumları – Müdür Yardımcısı (2005-2007)  
Özel Eğitim Kurumları – Bilgisayar Öğretmeni (2000-2005)

### İletişim

e-posta Adresi : metindam@adu.edu.tr, metindam@hotmail.com  
Web adresi : www.minikyetenekler.com  
Tarih : 28.03.2014