T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDE ALTERNATİF POLİTİKALARIN ETKİNLİĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Figen Eda AKBULUT

Ankara- 2009

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDE ALTERNATİF POLİTİKALARIN ETKİNLİĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Figen Eda AKBULUT

Tez Danışmanı
Doç. Dr. A. Burça KIZILIRMAK

Ankara- 2009

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDE ALTERNATİF POLİTİKALARIN ETKİNLİĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı : Doç. Dr. A. Burça KIZILIRMAK

Tez Jürisi Üyeleri

Adı ve Soyadı	**İmzası**
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

Tez Sınavı Tarihi .....

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ders aldığım değerli hocalarım Doç.Dr. Hasan ŞAHİN'e, Dr. Oya S. ERDOĞDU'ya, Dr. M. Kadir DOĞAN'a, zaman ve emeğini esirgemeyen danışmanım Doç.Dr. A. Burça KIZILIRMAK'a teşekkürü bir borç bilirim. Bu süreç içerisinde sabır ve anlayış gösteren aileme, desteğini esirgemeyen arkadaşlarıma şükranlarımı dile getirmek isterim. Ayrıca, Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu'na yüksek lisans öğrenimim sırasında sağlamış olduğu burs imkanı için teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR iv

İÇİNDEKİLER v

TABLOLAR DİZİNİ vii

ŞEKİLLER DİZİNİ viii

KISALTMALAR ix

GİRİŞ 1

1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE GELİŞMELER 8

1.1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ 8

1.1.1. İklim, İklim Değişikliği ve Küresel İklim Değişikliği 9

1.1.2. Sera Etkisi ve Sera Gazları 12

1.1.3. Küresel İklim Değişikliğinin Olası Sonuçları 21

1.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ ve ULUSLARARASI ÇÖZÜM ARAYIŞLARI 23

1.2.1. İklim Değişikliğinin Ekonomik Etkileri 23

1.2.2. Küresel İklim Değişikliğine Uluslararası Çözüm Arayışları 26

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI 32

2.1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARININ SINIFLANDIRILMASI 34

2.1.1. Uyarlayıcı Politikalar 35

2.1.2. Önleyici Politikalar 37

a. Piyasa Dışı Araçlar 37
b. Piyasa Temelli Araçlar 39
2.2. TEORİDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ 44
2.3. LİTERATÜRDEKİ AMPİRİK ÇALIŞMALAR 58
2.4. EKONOMETRİK TAHMİN 64
2.4.1. Modelin Tanımlanması 64
2.4.2. Örneklem ve Veriler 68
2.4.3. Modelin Tahmin Edilmesi 69
SONUÇ ve DEĞERLENDİRME 78
ÖZET 82
ABSTRACT 83
KAYNAKLAR 84
EKLER 93
Ek 1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Ek-1 ve Ek-2 Listesi
Ek 2. Kyoto Protokolü Ek-A ve Ek-B Listesi
Ek 3. Ekonometrik Tahminde Kullanılan Veriler

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No:

Tablo 1. Ekosistemlere ve Sektörlere Göre Küresel Karbon Dengesi 20

Tablo 2. Bağımlı Değişken Kişi Başı Fosil Yakıt Tüketimi iken Sabit Etki Modeli Tahmin Sonuçları 73

Tablo 3. Bağımlı Değişken Kişi Başına Düşen Sera Gazı Emisyonları iken Sabit Etki Modeli Tahmin Sonuçları..... 74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No:

Şekil 1. Optimal Vergi Düzeyi ile Optimal Miktar Kotasının Etkinliği 49

Şekil 2. Uzun Dönemde Optimal Fiyat ve Miktar Politikaları..... 57

KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri (United States of America, USA)
AB	:	Avrupa Birliği (The European Union, EU)
Ar-Ge	:	Araştırma Geliştirme
BMİDÇS	:	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)
CCX	:	Chicago Climate Exchange
CFCs	:	Chlorofluorocarbons (Kloroflorokarbonlar)
CH4	:	Metanın Moleküler Formülü
CO_2	:	Karbondioksitin Moleküler Formülü
COP	:	Conference of the Parties (Taraflar Konferansı)
EFTA	:	European Free Trade Area
EKK	:	En Küçük Kareler Tahmin Yöntemi
EU ETS	:	European Union Emission Trading Scheme (Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi)
GEKK	:	Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Tahmin Yöntemi
GHG	:	Greenhouse Gas
Gt	:	Giga Ton (Milyar ton)
GtC	:	Giga Ton Karbon
GOÜ	:	Gelişmekte Olan Ülkeler
GSYİH	:	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
HİDP	:	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)
H_2O	:	Suyun Moleküler Formülü
Kwh	:	Kilo Watt Hour
N_2O	:	Diazotmonoksit Moleküler Formülü
OECD	:	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
O_3	:	Ozonun Moleküler Formülü
ppm	:	Parts per billion (milyar hacimde partikül sayısı)
ppb	:	Parts per million (milyon hacimde patikül sayısı)

SO_2	:	Sülfür Dioksitin Moleküler Formülü
SSÖR	:	Salım Senaryoları Özel Raporu
SEPA	:	Swedish Environmental Protection Agency
UK ETS	:	United Kingdom Emission Trading Scheme
UNCED	:	United Nations Conference on Environment and Development (Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı)
Yy.	:	Yüzyıl
$	:	Amerikan Doları
€	:	Euro

GİRİŞ

Kalkınmak ve büyümek isteyen her ülke, ihtiyaç duyduğu enerjiyi ekonomik olarak en uygun kaynaktan temin etmek zorundadır. Düşük karbon içerikli enerji kaynaklarının ve temiz teknolojilerin pahalı ve kısıtlı olması, enerji ihtiyacının yüksek karbon içerikli ucuz enerji kaynaklarından temin edilmesini gerektirmiştir. Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar, enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil yakıtlar etkin şekilde kullanılmıştır. Bugün iklim değişikliği toplumdaki her bireyin ilgisini çeken önemli bir küresel tehdit olarak gündemdedir. İklim değişikliğinin en belirgin semptomu ise küresel ısınmadır. Küresel ısınmanın en önemli nedeni ise, ekonomik faaliyetlerdeki artışa bağlı olarak artan fosil yakıt kullanımıdır. Artan sıcaklıklar, kuraklık ile gıda fiyatlarının yükselmesine, içilebilir su kaynaklarının azalmasına, buzulların erimesine, en önemli karbon yutağı olan okyanuslardaki ekolojik düzenin bozulmasına, deniz suyunun genleşmesine, buna bağlı olarak deniz seviyesinin yükselmesine sebep olmaktadır. Sıcaklıkların, canlıların adaptasyon sürecinden daha hızlı artması sonucu, bir çok tür yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bunların yanı sıra, her yıl artan miktarda orman alanının yerleşim ve tarım arazisi olarak tahrip edilmesi, orman yangınlarıyla kaybedilmesi, doğanın karbon gazı dönüştürme kapasitesini azaltmaktadır.

İçinde bulunduğu çevre, sürdürülebilir bir ekonomi için korunması gereken en önemli faktördür. Bu bilinçle, özellikle 1980'li yılların sonlarından itibaren iklim değişikliğine çare olması umuduyla uluslararası düzeyde birçok çalışma, konferans ve anlaşma yapılmıştır. Bunlardan iktisadi olarak en önemlisi, öngördüğü esneklik

mekanizmaları ile Kyoto Protokolü'dür. 18 Kasım 2004'te Rusya'nın da Protokol'e taraf olmasının ardından, Ek 1 ülkelerinden en az 55 ülkenin katılmasına ve toplam CO_2 emisyonlarının %55'inin protokole dahil olmasına dair yürürlük şartı gerçekleşmiştir (Kyoto Protokolü, md.25, Çeviri: Arıkan). 2008-2012 yılları arasında geçerli olacak olan Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir. Protokol, "Ortak Yürütme Mekanizması", "Temiz Kalkınma Mekanizması" ve "Emisyon Ticareti" ile ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik taahhütlerini yerine getirmede kolaylık sağlayan üç esneklik mekanizmasına sahiptir. Esneklik mekanizmaları içinde en dikkat çekici olanı emisyon ticaretidir. 1995 yılında Amerika'da kurulan SO_2 ticaret sistemi başarı ile uygulanmış ve Amerika'daki kömür santrallerinde kullanılan teknolojilerin gelişmesine, atmosfere salınan SO_2 gazının azaltılmasına yardımcı olmuştur. 2005 yılında başlatılan Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'nin ise, Avrupa Birliği ülkelerinin Kyoto Protokolü'ndeki taahhütlerini yerine getirmesine ne derece yardımcı olacağı merak edilmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin önem kazanması ile birlikte konuya ilişkin çalışma sayısı da artış göstermiştir. İklim değişikliği, hem atmosfer kimyasının iktisadi faaliyetler sonucunda bozulması hem de iklim değişikliği sürecinin ekonomi üzerinde çok boyutlu etkilere sahip olması sebebiyle, son yıllarda iktisatçıların ilgi gösterdiği bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde, iklim değişikliğini önlemek adına uygulanabilecek politikalarının neler olması gerektiği ve ekonomi açısından hangi iklim değişikliği politikasının daha başarılı bir performans sunacağı tartışılmaktadır. Sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik önleyici politikalar, piyasa dışı ve piyasa tabanlı olarak iki grup içinde sınıflandırılabilir. Performans ya da teknoloji tabanlı standartların belirlenmesi şeklindeki komuta-kontrol araçları,

firmaların gönüllü indirim anlaşmaları ile eğitim, iletişim yoluyla ahlaki ikna piyasa dışı araçlar olarak tanımlanabilir. Piyasa tabanlı politikalar ise, karbon vergisi, harçlar gibi firmaların maliyet fonksiyonuna etki eden kirlilik masrafları, devletin sübvansiyon reformu yapması ve emisyon ticaret sistemidir. Çalışmanın teorik literatür taramasında, performans tabanlı komuta-kontrol aracı olarak sabit miktar kısıtlaması, piyasa tabanlı politikalardan karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemine odaklanılmıştır. Teorik çalışmalara göre, iklim değişikliğini engellemeye yönelik iktisat politikalarından hangisinin tercih edilmesi gerektiği, emisyon indiriminin marjinal yarar ve marjinal maliyet fonksiyonlarının eğimine bağlıdır (Weitzman, 1974, Williams, 2002, McKibbin, 2002). Teorik literatür taraması sırasında, merkezi sistemin belirlediği sabit miktar kotaları ile piyasa tabanlı politika araçlarından karbon vergisi ve ticareti yapılabilir emisyon ruhsatlarının birbirleri üzerindeki göreli üstünlüğünü inceleyen çalışmalara bakılmıştır. Marjinal yarar fonksiyonunun oldukça yatay bir eğime sahip olması, merkezi sistemin belirlediği miktar kotaları karşısında hem karbon vergisi gibi fiyat tabanlı hem de emisyon ticaret sistemi gibi miktar tabanlı politika enstrümanlarının üstün çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, çalışmanın devamında komuta-kontrol araçlarının etkinliğini inceleyen çalışmalar yerine, karbon vergisinin ve emisyon ticaret sisteminin sera gazı emisyonlarını azaltmadaki başarısını analiz eden ampirik çalışmalara yer verilmiştir. Ekonometrik tahmin aşamasında ise, bu iki politikanın sera gazları üzerindeki etkisi incelenmek istenmiştir.

Çalışmanın temel amacı, atmosfere salınan sera gazlarının azaltılmasında, Kyoto esneklik mekanizmalarından biri olan emisyon ticareti ile karbon vergisinden hangisinin daha etkili bir enstrüman olduğunu ortaya koymaktır. Teorik çalışmalardan bazıları, belirsizlik altında emisyon ticareti yapılması yerine, karbon vergisi gibi maliyetlere ve fiyatlara yansıyabilecek bir politikanın, iklim değişikliği sorununa daha etkili çözüm sunabileceğini söylemektedir (Pizer,1997, Nordhaus, 2005 , McKibbin, 2002). Kyoto Protokolü'nün sunduğu miktar kısıtlamasına dayalı iklim değişikliği politikası ile doğrudan üretim maliyetlerini etkileyen karbon vergisinden hangisinin daha iyi bir tercih olduğu, uygulamadaki örneklerden de faydalanarak açıklanmak istenmiştir. Avrupa'da 2005 yılında Avrupa Karbon Borsası (European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS) kurulmuştur. Avrupa'da bazı ülkelerde 1990'lı yıllardan beri karbon vergisi uygulanmaktadır. Bu örneklerden de faydalanılarak, çevresiyle uyumlu sürdürülebilir büyüme isteyen ülkeler için, nasıl bir politikanın daha iyi olabileceğine dair çıkarımlarda bulunmak amaçlanmıştır.

Çalışmadaki temel soru, "Küresel iklim değişikliğinin önlenmesinde hangi politika daha etkilidir?" sorusudur. Hipotezimiz, karbon vergilerinin emisyon ticaret sisteminden daha başarılı sonuçlar verdiği şeklindedir. Çalışmada temel olarak bu görüş test edilmek istenmiştir. Bunun için, 22 Avrupa ülkesinin 1996-2006 yıllarına ait verileri kullanılarak oluşturulan ekonometrik modelde, Sabit Etki Modeli kullanılarak yapılan tahminlerle karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin sera gazı emisyonlarını azaltmada etkili olup olmadığı incelenmiştir.

Fosil yakıt kullanımı, sera gazı emisyonlarını arttıran en önemli faktör olması sebebiyle, çalışmada öncelikle karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin fosil

yakıt tüketimini nasıl etkilediği incelenmiştir. Reel ekonomik büyüme oranları, ısınma ihtiyacı göstergeleri, enerji vergileri bağımsız değişken olarak modele konulmuştur. Ülkelerin uygulamış olduğu politika farklılıklarını yansıtmak için kukla değişkenlerden faydalanılmıştır. Emisyon ticaret sistemi ve karbon vergisi kukla değişkenleri oluşturularak, politikaların kişi başına yakıt tüketimi üzerindeki etkisi tahmin edilmiştir.

Sabit Etki Modeli kullanılarak yapılan tahmin sonuçlarına göre, reel ekonomik büyüme ve ısınma ihtiyacı ülkelerin fosil yakıt tüketimini arttırmaktadır. Devletlerin genellikle gelir elde etmek amacıyla uyguladığı ve karbon içeriğinden bağımsız olarak düzenlediği enerji vergilerinin, kişi başı fosil yakıt tüketimini açıklayamadığı tespit edilmiştir. Kukla değişkenlere bakıldığında ise, her iki değişken de, uygulandıkları süre içinde niteliksel değişim yaratarak, fosil yakıt tüketimini azaltıcı etki yaratmıştır.

İkinci tahminde, politikaların kişi başına düşen sera gazları üzerindeki etkisi incelenmek istenmiştir. İlk tahmindeki bağımsız değişkenlere ek olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke içindeki enerji tüketimine oranı da modele dahil edilmiştir. İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarının en önemli kaynağı fosil yakıtlardır. Dolayısıyla, iki tahmin sonuçlarının birbiri ile uyumlu olması beklenmektedir. Kukla değişkenler dışındaki açıklayıcı değişkenler, bu görüşü destekler nitelikte sonuçlar vermiştir. Ancak emisyon ticaret sistemi kukla değişken katsayısı istatistiki olarak anlamsız çıkmaktadır. İncelenen dönemde uygulayan ülkelerin kişi başına düşen sera gazlarını azaltmada sadece karbon vergisinin başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmektedir. Dolayısıyla, “Karbon vergisi sera gazı emisyonlarının azaltılmasında

emisyon ticaret sisteminden daha başarılı bir politikadır.” şeklindeki hipotez doğrulanmaktadır.

2005 yılında uygulanmaya başlayan EU ETS oldukça yeni bir sistemdir. Sistemin ilk yıllarında enerji yoğun sektörlerin rekabet avantajını kaybetmesini önleyecek şekilde emisyon ruhsatlarının dağıtılması politikanın başarısını etkilemiştir. Emisyon ticaret sisteminde belirlenen karbon fiyatının aşırı dalgalanması belirsizlik yaratarak, firmaların kararlarını olumsuz etkilemiştir. Karbon emisyonu sistem içinde fiyatlandırılsa da, düşük karbon içeriğine sahip fosil yakıt fiyatlarının yüksek seyretmesi, ekonomik birimlerin sistemin maliyetlerini yüklenerek, yüksek karbon içerikli yakıtlar tüketmesine neden olabilir.

Karbon vergisi, hem fosil yakıt tüketimini hem de sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Ancak kukla değişken katsayısının aldığı değer, düzey olarak yarattığı değişimin yeterli olmadığını göstermiştir. Karbon vergisinin kısa dönemde sera gazı emisyonlarını azaltmada başarılı olduğu düşünülmektedir. Karbon vergisinin temel amacının, ekonomik birimlere faaliyetleri sonucu açığa çıkan kirliliğin maliyetini yükleyerek, tercih ve davranışlarını değiştirmektir. Karbon içeriğine bağlı olarak tüm fosil yakıtların vergi kapsamına dahil edildiği, tüm sektörlerin ve tüketicilerin vergilendirildiği bir vergi düzenlemesi ile, politikanın sera gazı emisyonlarının azaltılmasında daha tatmin edici sonuçlar vermesi beklenmektedir.

İlk bölümde, iklim değişikliği tanımlanarak, olası etkileri ile sorunun çözümü için atılan adımlara kısaca değinilmiştir. İkinci bölümde ise, konun iktisat literatüründeki konumu incelenmiştir. İlk önce, iklim değişikliği politikaları sınıflandırılmış, daha sonra bu politikalardan fiyat ve miktar tabanlı olanların teorik ve ampirik etkinliği tartışılmıştır. Bölümün sonunda iklim değişikliği ile mücadelede

Avrupa'da uygulanan karbon vergisi ile emisyon ticaret sisteminin etkinliğini ortaya koyabilmek için panel veri seti kullanılarak ekonometrik model tahmini yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE GELİŞMELER

1.1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İnsan, evrenin sırlarını çözmek ve doğaya hakim olmak için varoluşundan itibaren büyük bir çaba sarf etmiştir. Günümüze kadar birçok alanda oldukça önemli gelişmeler kaydedilmiş, bilimin ve doğanın sınırları zorlanmıştır. Fakat hava ve iklim koşulları insanların hakim olduğu bir alan olmaktan ziyade, yaşamını şekillendiren önemli etmenlerden biri olarak kalmıştır. 1950'li yıllara kadar iklimin durağan bir düzeneğe sahip olduğu varsayılmıştır. "Ancak, iklimdeki değişkenliğin yüksek bir doğrulukla öngörülmesinin henüz olanaksız olduğunu belirtmek yararlı olacaktır." (Türkeş, 2001a: 192). Dolayısıyla, iklim koşullarındaki değişim, sistemin birçok değişkenden etkilenen, çok bilinmeyenli bir yapı arz etmesi nedeniyle, uzun vadede öngörülebilir olmaktan uzak kalmıştır.

Dünyamız var olduğundan bu yana iklim sürekli olarak değişikliğe uğramıştır. Örneğin 65 milyon yıl önce dünyada buzullar yokken, dünyanın soğuma eğilimine girmesi sonucu 55 milyon yıl önce buzullar oluşmaya başlamıştır. 18 bin yıl öncesinde dünyanın büyük bir kısmı buzullarla kaplı ve okyanuslar şimdiki seviyesinden 85 metre daha alçaktır (Kadıoğlu, 2007: 162). Genel olarak buzul devirlerinin ardından sıcaklıklar artış göstermiştir. Hatta bazı bilim adamlarına göre, 3 milyar yıl önce dünyada ortalama hava sıcaklıkları 70C°'yi bulmuştur. Aslında

bilim adamlarına göre, bulunduğumuz dönem içinde dünyanın soğuması gerekmektedir. Ancak ardı ardına kırılan sıcaklık rekorları ve kuraklık küresel ısınmaya ilişkin endişeleri destekler niteliktedir.

Gündemdeki yerini önümüzdeki yıllarda da koruyacak olan küresel iklim değişikliği, dünyanın daha önce yaşamış olduğu iklim değişikliği süreçlerinden oldukça farklıdır. Şimdiye kadar yaşanan hiçbir iklim değişikliği insan faaliyetlerinin bir sonucu olmamıştır. Bu dönemde karşılaştığımız iklim değişikliği ise antropojenik, yani insan kaynaklıdır. Endüstrileşme sonucunda fosil yakıtların büyük miktarlardaki kullanımı, nüfus artışı, şehirleşme ve yanlış arazi kullanımı gibi gelişmeler atmosferin barındırdığı gaz bileşiminde sera gazlarının hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuştur. Sera gazları doğanın dönüştürme kapasitesinin çok üzerinde bir artış kaydetmektedir. Sera gazlarının ekosistemimizde yarattığı değişimlere değinmeden önce iklim, iklim değişikliği ve küresel iklim değişikliği kavramlarına bakmakta yarar vardır. Bu kavramlara açıklık getirdikten sonra küresel iklim değişikliğine neden olan gazlarla ilgili açıklamalar yapılacaktır.

1.1.1. İklim, İklim Değişikliği ve Küresel İklim Değişikliği

İklim, "yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca gözlenen hava koşullarının ortalama durumudur. Ancak iklim, yalnızca ortalamaya yakın koşulları değil, uç değerleri (ekstremleri) ve tüm istatistiksel değişimleri de içerir." (Türkeş,1997; 36). Türkeş, bu tanımlaması ile iklimi sadece hava koşullarında gözlenen genel bir eğilim olarak tanımlamanın yetersiz kalacağını vurgulayarak, "belirli bir alandaki hava koşullarının, atmosferik değişkenlerin varyansları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi (bireşimi)"

biçiminde tanımlanması gerektiğini belirtmiştir (Türkeş,1997; 36). Dolayısıyla, Ankara'nın bir yaz için geçmiş yıl ortalamalarından daha çok yağış almış olması, hava şartlarındaki trendin, yani iklimin değiştiği anlamına gelmeyecektir.

Dünyamızın güneşe olan uzaklığı ve izlemiş olduğu yörüngesi, ekseninin eğikliği ve gündönümü devinimi, güneş ışınlarının dünyaya gelişinde değişiklik yaratarak farklı iklimlerin ve mevsimlerin oluşmasını sağlar. Güneş etkinlikleri, kozmik tozlar ve Dünya-Güneş geometrisi iklimi etkileyen dünya dışındaki faktörlerdir. Yanardağ faaliyetleri, dağların yükselmesi, kıtaların kayması, okyanus ısı alış-verişi, atmosfer yansıtması, yüzey yansıtması ve atmosfer kimyası gibi okyanus, atmosfer ve kara etkenleri de iklimi etkiler. Örneğin, 200 milyon yıl önce kıtaların oluşmaya başlaması, kıtaların farklı okyanus akıntıları ve hava akımları ile çevrelenmesine ve iklimlerinin farklılaşmasına sebep olmuştur. Mesela, yanardağ faaliyetleri sonucunda açığa çıkan ve yüksek atmosferde biriken gazlar, dünyadan yansıyan ışınları tutarak atmosferin ısınmasına sebep olurken, aerosoller[1] de güneşten gelen ışınları yansıtarak dünyanın soğumasına sebep olmaktadır. Görüldüğü gibi iklim birçok değişkenden etkilenmektedir. Bunlardan atmosfer kimyası dışındakiler doğal olarak, atmosfer kimyası ise, hem doğal hem de insan kaynaklı olarak değişkenlik arz etmektedir (Uzmen, 2007; 36-43,73).

İklim değişikliği, "nedeni ne olursa olsun, iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler" biçiminde tanımlanmıştır (Türkeş, 1997; 37). Dünyamız tarihi boyunca birçok kez iklim değişikliği ile karşılaşmıştır. Ancak son yaşanan iklim değişikliği, yerküremizin yaklaşık 4,6 milyar yıllık tarihinde daha önce karşılaşmadığı bir süreci

[1] Aeroseller, havada asılı duran 0,1 ve 0,3 mikron büyüklüğündeki katı taneciklerdir.

yansıtmaktadır. Bu son iklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 1. maddesinde, "karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin birleşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" olarak tanımlanmıştır. Yine aynı maddede iklim değişikliğinin zararlı etkileri, iklim değişikliğine bağlı olarak doğal halindeki ekosistemlerin kendilerini yenileme yeteneğinde, fiziksel çevrede, sosyo-ekonomik işleyişlerinde veya insan sağlığı ve refahı üzerinde ortaya çıkan olumsuz ve zararlı gelişmeler olarak açıklanmıştır (BMİDÇS, md.1, Çeviri: Arıkan). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde yer alan bu tanım, aslında insan faaliyetleri sonucunda yaşanan yapay iklim değişikliğini, yani küresel iklim değişikliğini tanımlamaktadır.

Küresel iklim değişikliği genellikle küresel ısınma ile gündeme gelmektedir. Ancak küresel ısınma, küresel iklim değişikliğinin birçok olumsuz etkisinden yalnızca bir tanesidir ve konuyu hava sıcaklıklarında yaşanan bir artışa indirgemek, süreci tek boyutlu algılamak anlamına gelmektedir. "Küresel ısınma, atmosferde artan sera gazlarının potansiyel etkilerinden sadece birini ifade eden bir terimdir. Diğer bir deyişle, şu anki yapay iklim değişiminin en belirgin semptomlarından biri ısınmadır. Semptom ile gerçek hastalığı bir birine karıştırmamak çok önemlidir." (Kadıoğlu, 2007: 253). Küresel iklimde gözlenen değişiklikler aşağıdaki gibi sıralanabilir (DMİ, Şensoy, 2006):

1. Küresel sıcaklıklarda ortalama 0.6- 0.2°C artış olmuştur, fakat bu artış homojen değildir.
2. Orta ve yüksek enlemlerde yağışlarda artış olmuştur.
3. Küresel ortalama deniz seviyesi yükselmektedir. (1.0 -2.0 mm/ yıl)

4. Kar örtüsü ve buz hacminde azalma olmuştur. (Kuzey Kutbu buz hacminde 1950'den bu güne kadar %10 -15 azalma olmuştur.)
5. Kuzey yarım kürede atmosferik su buharı miktarı artmıştır.
6. Alt stratosferde Ozon kayıpları olmuştur.
7. Troposferde ozon artışı gerçekleşmiştir.
8. 1970'lerin ortalarından beri olağan olmayan ENSO (El Nino) olayları; serin evrenin tersine, sıcak evre ile daha sık, sürekli ve şiddetli olmaya başlamıştır.

Sanayi Devrimi'nden bugüne insan faaliyetleri sonucunda dünyamızın ısısı artmıştır. Ortalama hava sıcaklıklarında meydana gelen bu artışın ardında, ormansızlaşma ve toprağın yanlış kullanımı, artan şehirleşme, artan tarımsal üretim ve hayvancılık faaliyetleri ile enerji ihtiyacının karşılanması için fosil yakıt tüketimi etkili olmuştur. Günümüze kadar atmosferdeki karbondioksit ve diğer sera gazları sürekli artış göstermiştir. Sera gazları ve aerosoller, dünyanın ısınmasında karmaşık geri besleme mekanizmalarına sahiptir. Önümüzdeki yıllarda karşılaşacağımız iklim koşullarını bu negatif ve pozitif geri besleme mekanizmaları şekillendirecektir.

1.1.2. Sera Etkisi ve Sera Gazları

Dünyamızı tüm canlılar için yaşanabilir bir gezegen yapan atmosfer, birçok gazın karışımından meydana gelmiştir. Bu gazlarının her birinin canlılar üzerinde ayrı bir etkisi söz konusudur ve atmosferdeki miktarları da farklıdır. Nitrojen, oksijen, helyum, hidrojen gibi gazların atmosferdeki miktarları sabittir. Atmosferimizin %78.08'ni azot ve %20.95'ni de tüm canlıların yaşayabilmesi için gerekli olan en önemli gaz olan oksijen oluşturmaktadır. Asal gazlardan olan ve diğer

gazlarla herhangi bir etkileşim içine girmeyen argon gazı da atmosferin %0.93'nü oluşturmaktadır. Azot, oksijen ve argon gazlarının miktarı atmosferdeki gazların yaklaşık %99.9'una tekabül etmektedir. Kalan kısım ise, karbondioksit, su buharı, kloroflorokarbon, metan ve ozon gibi atmosferdeki miktarı değişen gazlardan oluşmaktadır. Atmosferde bu kadar az bir paya sahip olan bu gazlar, yeryüzündeki canlılar için hayati öneme sahiptir. Ancak bu gazların atmosferdeki yoğunluklarının artması tüm canlılar ve ekolojik denge için bir tehdit oluşturabilir. Örneğin, ozon gazı (O3)'nın atmosfer içindeki hacmi yüzdesel olarak oldukça küçüktür (%0,000004). Aslında dünyamızda canlı hayatının sürebilmesi için gerekli olan ozon gazının miktarındaki en ufak bir artış, yansıma yoluyla ısının atmosfer dışına çıkmasına engel olacağı için dünyanın ısısının artmasına sebep olacaktır. Benzer bir etki su buharının artması ile de yaşanmaktadır. Örneğin, atmosferin daha yüksek katmanlarında su buharının yoğunlaşması yeryüzünden yansıyan uzun dalga boylu ışınımların uzaya yansımasını engelleyerek, yeryüzü sıcaklıklarının artmasına neden olurken, alt katmalarda artan su buharı tam tersi bir etki yaratarak güneşten gelen ışınların büyük kısmını yansıtarak atmosferi soğutacaktır. Küresel iklim değişikliğinin geleceği konusunda, su buharının bu iki etkisinden hangisinin daha baskın olacağı bilinememektedir. Bu belirsizlik iklim değişikliği modellemelerinin en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır.

Cisimler, bazı dalga boylarındaki enerjiyi yutar ve bazılarını da yayarlar. Fizikteki "Kirchhoff Kuralı"na göre, eğer bir cisim seçici ışınım yutucu ise, aynı zamanda seçici yayıcı da olacaktır. Buna göre cam seçici yutucudur ve seçici yayıcıdır. Kırmızı altı ve mor ötesi ışınımları yutar ve kısa dalga boylu ışınımın içeri girmesine izin verir. Bitki seralarındaki cisimler bu ısıyı uzun dalga boylu ışınım

olarak tekrar yansıtır. Ancak cam uzun dalga boylu ışınımların geçmesine izin vermez ve böylece sera içindeki havanın sıcaklığı dışarıya göre daha yüksek olur (Kadıoğlu, 2007: 61-62).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde, "Sera gazları, hem doğal, hem de insan kaynaklı olup atmosferdeki, kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" şeklinde tanımlamıştır (BMİDÇS, md.1, Çeviri: Arıkan). Atmosferimiz içinde %0.1'lik paya sahip olan eser gazlar, dünyamız için bitki seralarındaki camlara benzer bir işlev görmektedir. Bu nedenle "eser gazlar" olarak tanımlanan ve atmosferin sera etkisinin oluşmasına neden olan gazlar, "sera gazları" olarak da nitelendirilmektedir. Sera gazları, Güneşten gelen ve enerjisi yüksek kısa dalga boylu ışınımların geçişine izin verirken, yeryüzünden uzaya yansıyan uzun dalga boylu ışınımların geçişine izin vermez. Bunun sonucunda atmosferin sera etkisi dediğimiz süreç yaşanır ve atmosfer ısınır.

Sera etkisi, dünyanın yaşanabilir bir yer olması için oldukça önemlidir. Atmosferdeki %0.1'lik sera gazlarının varlığı, ortalama sıcaklıkları -18°C yerine 15°C'e çıkararak, canlılar için yaşanabilir bir gezegen sunmuştur. Ancak sera gazlarının atmosfer içindeki değeri sabit değildir. Örneğin, 3 milyar yıl önce Güneşin ışıma gücünün %75 daha az olmasına rağmen, özellikle karbondioksit ve su buharı gibi sera gazlarının artış göstermesi, dünyayı bir ateş topuna dönüştürmüştür ve bazı kaynaklara göre dünyada ortalama sıcaklıklar 70C°'yi bulmuştur (Uzmen, 2007: 27).

Yapılan çalışmalar 1780'den itibaren atmosferdeki sera gazlarının miktarının sürekli arttığını göstermektedir. "Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, Yerküre'nin uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, Yerküre'yi daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlamaktadır.

Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı, kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır. Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (H_2O, CO_2, CH_4, N_2O ve O_3) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan bir etkinin, bir başka sözle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşımaktadır." (Türkeş, 2001a: 191).

Günümüzde doğal sera etkisinin kuvvetlendiği ve dünyanın ortalama sıcaklık değerlerindeki artışın hızlandığı gözlenmektedir. 1850-1899 yılları sıcaklık ortalaması 2001-2005'na kadar toplamda 0.76°C artmıştır. Ancak son 50 yıl içindeki artış, son 100 yılın artış hızını ikiye katlamaktadır (HİDP, 2007a: 5). Bazı iklim modellerine göre, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 dönemi için 1.4°C ile 5.8°C arasında bir artış beklenmektedir. Sera gazlarının artmaya devam etmesi halinde, sera etkisi daha da şiddetlenebilir. Bu aşamada küresel ısınmanın büyüklüğünü anlayabilmek için, bazı önemli sera gazlarının ışınımsal özelliklerine, birikimlerindeki artışa, atmosferik yaşam sürelerine bakılmalıdır.

Metan, atmosferimizin %0,00014'ünü oluşturmaktadır. Biyolojik maddelerin oksijensiz ortamda çürümesi, geviş getiren hayvan metabolizmaları ve doğal gaz, petrol, kömür gibi fosil yakıtların yeraltından çıkarılması sonucunda açığa çıkmaktadır. CO_2 ile kıyaslandığında atmosferde kalış süresi daha kısa olmasına rağmen, küresel ısınmanın artmasına sebep olan oldukça etkili bir sera gazıdır. Sanayileşme öncesinde atmosferdeki metan gazı yaklaşık 715 ppb iken, 1990'ların başında bu değer 1735 ppb'e ve 2005 yılında da 1774 ppb'e ulaşmıştır. Buzullarda yapılan ölçümlere göre, 2005 yılında atmosferdeki metan gazının aldığı değer, bundan önceki 65,000 yıl içindeki en yüksek değeridir (HİDP,2007a: 3). Buzulların erimesiyle birlikte, bu zamana kadar buzullarda depolanan ve karbondioksitten çok

daha kuvvetli sera etkisine sahip olan metan gazının atmosferdeki değeri de artacaktır.

Diazot monoksit, atmosferde oldukça az bulunan bir gazdır. Topraktaki nitrit ve nitratların bozulması ile oluşur. Suni gübreleme gibi tarımcılık ve hayvancılık faaliyetlerinin yanı sıra, biokütle ve fosil yakıtların kullanımı sonucunda açığa çıkar. Atmosferde kalış süresi 150 yılı bulmaktadır. Karbondioksitle kıyaslayacak olursak, 1kg N_2O, 296 kg CO_2'e eş sera etkisine sahiptir (Uzmen, 2007: 65-66). Sanayileşme öncesindeki değeri yaklaşık 270 ppb iken, 2005 yılında atmosferdeki değeri 319 ppb'a ulaşmıştır. 1980 yılından itibaren büyüme hızı sabittir (HİDP, 2007a: 3).

Ozon, atmosferin sera etkisinin %8'inden sorumlu olan bir gazdır. Ozon gazını, troposferik ve stratosferik ozon olarak incelemek gerekmektedir. Nitekim stratosferdeki ozon güneşten gelen zararlı ışınlara karşı koruyucu bir kalkan görevini üstlenirken, troposferdeki ozon sera etkisine sahiptir ve yeryüzünden yansıyan uzun dalga boylu ışınların uzaya çıkışını engeller. Bu zamana kadar bu iki etki birbirini dengelemiştir. Ancak ozon çabuk bozulan moleküler yapıya sahiptir ve klor, brom, azot, hidrojen gibi gazlar tarafından moleküllerinin parçalanması sonucunda ozon tabakası incelmektedir. Ozon tabakasının incelmesi ile iki farklı etki söz konusu olmaktadır. Stratosferdeki ozon azalması ile güneşten gelen zararlı ışınların daha fazlası yeryüzüne ulaşacaktır. Bunun sonucunda, yutulan ışınım oranı azalacak, sera etkisi zayıflayacak ve atmosfer soğuyacaktır.

Troposferdeki ozon, hem stratosferdeki ozon gazının yer değiştirmesi hem de troposferdeki diğer gazların tepkimeye girmesi ile oluşur. Troposferik ozonun miktarındaki artış, fotosentez yapan canlıların zarar görmesine ve fotosentez sürecinin yavaşlamasına, dolayısıyla atmosferde daha fazla CO_2 birikmesine sebep

olur. Bu etkilerden hangisinin baskınlık göstereceğine bağlı olarak, ozon gazının küresel ısınmaya olan etkisi de değişecektir.

Kloroflorokarbonlar (CFCs), doğada bulunan bir kimyasal değildir, sanayileşme ile atmosferdeki değerleri artış göstermiştir. 1974'te CFCs ozon tabakasının yoğunluğunu azaltıcı etki yaptığı iddia edilmiştir. Klor atomları ozon moleküllerini parçalayabilmektedir. Bir klor atomu bir takım seri kimyasal reaksiyonlar sonucu stratosferden çıkmadan önce 100.000 kadar ozon molekülünü yok edebilir. Kutuplarda yaşanan uzun ve karanlık kış ayları klorun özellikle bu bölgede birikmesine neden olmakta, mevsimin değişmesi ile birlikte CFCs güneş ışığıyla tepkimeye girmektedir. Bu tepkime sonucunda, ozon molekülünü parçalayan klor açığa çıkmaktadır. 1985'te Antarktika'da Kanada'nın yüzölçümüne eş büyüklükte, "ozon tabakasında incelme" keşfedilmiştir (Kadıoğlu, 2007: 51-59). 1987 yılında Montreal Protokolü'ne göre CFCs'ın üretimine engelleme getirilmiştir. Ancak bu gazların atmosferde kalış süreleri oldukça uzundur ve oldukça kuvvetli sera etkisine sahiptir. "Özellikle freon grubuna girenlerin 1 kg'ı 10.000 ila 30.000 kg karbondioksitin sera etkisine denk bir güce sahiptir." (Uzmen, 2007: 69). Bu anlaşmalara uyuluyor olsa bile, CFCs'ın uzun ömürlü kimyasallar olması sebebiyle, 2010 yılına kadar atmosferdeki miktarlarında azalma beklenmemektedir.

Su Buharı, yeryüzünden yansıyan uzun dalga boylu kızılaltı ışınları en fazla tutma özelliğine sahip olan gazdır. BMİDÇŞ'ne göre sera gazı olarak gösterilmemiştir, ama karbondioksitten daha fazla sera etkisine sahiptir. Havadaki su buharı nem demektir. Karasal bir iklim, denize kıyısı olan bir bölge iklimine kıyasla daha soğuktur. Bunun en önemli sebebi nemdir.

Su buharının etkilerini anlatırken sera etkisine sahip olan aerosollere de değinmek gerekir. Aerosoller, havada asılı duran sıvı ve katı parçacıklar olarak nitelendirilebilir. Volkanik faaliyetler sırasında açığa çıkan kül ve tozlar, rüzgarlarla taşınan kumlar, orman yangınlarında havalanan küller aerosollere örnektir. İnsan faaliyetleri sonucu havalanan kül ve tozlar da aerosolleri oluşturmaktadır. Su buharının aerosoller üzerinde tutunarak yoğunlaşması ile bulutlar oluşur. Dolayısıyla, aerosoller arttıkça daha fazla bulut oluşacaktır. Bulutların uzun dalga boylu kızılaltı ışınları emmesiyle de sera etkisi artacaktır. Ancak bulutların albedosu yüksektir. Yani güneşten gelen ışınların daha fazlasını yansıtarak, daha azının yeryüzüne ulaşmasına neden olur. Buradaki birbirine zıt iki etkinin hangisinin baskın geleceği iklim değişikliğinin öngörülebilmesi açısından önemlidir.

Metan gazının potansiyel olarak küresel ısınma etkisi karbondioksitten 23 kat, diazot monoksit gazının etkisi ise 300 kat fazladır. Hidroflorokarbonların grubuna göre değişmekle birlikte 120 ile 12000 arasında değişen düzeyde sera etkisine sahiptir. Diğer sera gazlarının potansiyel küresel ısınma gücü karbondioksitten fazla olmasına rağmen, miktarı nedeniyle küresel ısınma probleminde en etkili olan gaz karbondioksit gazıdır. Bu nedenle iklim değişikliği incelenirken genellikle karbondioksit ve karbondioksitin azaltılması odak noktası olmaktadır.

Karbondioksit, oksijenin olduğu bir ortamda organik bileşiklerin yanmasıyla birlikte açığa çıkmaktadır. Burada yanma için ateş gerekmez. İster canlıların soluması ister ısınmak için sobanın yakılması olsun, sonuç olarak karbondioksit açığa çıkar. Ancak küresel ısınmaya sebep olan asıl faaliyetler enerji üretimi ve tüketimi aşamasında kullanılan fosil yakıtlardır. Özellikle endüstrileşmenin 19. yüzyılda hızlanması ile enerji ihtiyacı petrol, kömür gibi fosil yakıtlardan

karşılanmıştır. Bu tercih günümüzde de devam etmektedir. Ancak son zamanlarda yaşanan gelişmeler göstermektedir ki, küresel iklim değişikliğinin maliyeti bu tercihleri değiştirecek zorlayıcı mekanizmalara sahiptir.

Sanayi devriminden itibaren en kuvvetli artış gösteren sera gazı olması nedeniyle, küresel iklim değişikliği politikalarında en önemli rolün atfedildiği gaz karbondioksittir. Karbondioksitin küresel atmosferik konsantrasyonun, sanayi öncesi dönemdeki değeri yaklaşık 280 ppm iken, 2005 yılında 379 ppm'e yükselmiştir. 2005 yılındaki bu değer, buzul kesitlerine göre son 650,000 yıllık doğal aralığının (180 ile 300 ppm) oldukça üzerinde gerçekleşmiştir. Özellikle son 10 yıl içinde yıllık karbondioksit konsantrasyondaki büyüme, her ne kadar yıldan yıla farklılık gösterse de, daha önceki dönemlerle kıyaslandığında artmaktadır. Karbondioksitin ışınımsal gücü 1995'ten 2005'e %20 artarak, kendisinden önce gelen 200 yıl içindeki en büyük yükselişi kaydetmiştir (HİDP, 2007a: 2-3).

Normal koşullarda karbon dengesinin sağlanmasında ekosistemin kendine ait bir düzeneği vardır. Ancak enerji için fosil yakıt kullanımı, çimento gibi bazı sanayi dallarının yapmış olduğu üretim, ulaştırma, arazi kullanımındaki değişiklik, çeltik ekimi, gübreleme ve hayvancılık gibi faaliyetler sonucunda atmosferdeki diğer sera gazları gibi karbon dengesi de değişime uğramıştır. Tablo 1'den de görüldüğü gibi, dengenin bozulmasında en etkili olan faaliyet alanları, enerji üretimi için fosil yakıt kullanımı ve sanayi üretimidir. Her yıl insan kaynaklı olarak net 3,2 Gt karbon atmosfere salınmaktadır. Devlet Planlama Teşkilatı'nın İklim Değişikliği Özel İhtisas Raporu'na göre, son 150 yıl içinde, fosil yakıt kullanımı, çimento üretiminden ve arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanan 389 Gt karbon atmosfere salınmıştır. Bunun 214 Gt'u karasal ekosistemler ve okyanuslar tarafından geri alınabilmiştir.

Sonuç olarak, atmosferde 175 Gt karbon fazlalığı oluşmuştur (İklim Değişikliği Özel İhtisas Raporu, 2000: 2).

Tablo 1. Ekosistemlere ve Sektörlere Göre Küresel Karbon Dengesi (salım ve alım, GtC)

Ekosistem ve Sektör	Atmosfere/ Atmosferden (Yıllık)	
	Salım	Alım
Karasal ekosistemler (Bitki örtüsü, toprak, çürüntü materyali, bataklıklar, sulak alanlar, meralar, tarım alanları)	60,0	61,4
Arazi kullanım değişikliği (Ormansızlaşma, tarım, turizm, yerleşim vb.)	1,6	0,5
Okyanuslar	90,0	92,0
Fosil yakıt yakılması ve çimento üretimi (Enerji, sanayi, ulaştırma, inşaat)	5,5	0,0
Toplam	157,1	153,9
Fark (Atmosferde kalan net insan kaynaklı karbon tutarı)	3,2	

Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, 2000

Karbon döngüsü hakkında bilgi sahibi olmak, karbon yönetim stratejilerinin başarı ile uygulanabilmesi için temel gereksinimdir. Karbon döngüsünde, denizler ve bitki örtüsü önemli birer karbon yutağıdır. Kireçtaşı hariç, en önemli karbon rezervine okyanusların ara ve derin sularında rastlanmaktadır ve 38,000 GtC tutmaktadır. Karbondioksit, çeşitli kimyasal tepkimelere girmekte ve bikarbonat ya da karbonat asidi olarak suda çözünmüş halde bulunmaktadır. Sıcaklıklarla gazların sıvılar içinde çözünmesi arasında ters yönlü bir ilişki vardır. Sıcaklıklar yükseldikçe, sıvılar içindeki gaz moleküllerinin kaçışı da kolaylaşmaktadır. Sıcaklık artınca, bikarbonat ya da karbonat asitleri hemen bozulur ve atmosfere salınır.

Okyanuslardan her yıl 90 Gt karbon açığa çıkmaktadır. Buna karşılık her yıl 92 Gt karbonu da atmosferden almaktadır. Ancak önümüzdeki dönemlerde sıcaklıkların artışına bağlı olarak, okyanusların karbon barındırma miktarında önemli azalmalar gözlenebilir. Bu da atmosferdeki karbon miktarını arttırarak, iklim

değişikliğinin kuvvetlenmesine sebep olabilir. Bir başka sorun da, suda çözünen bu asitlerin artması ile yüzey sularının asit dengesinin bozulmasıdır. Böyle bir durumla karşılaşılması halinde, planktonların çoğalmalarında sıkıntılarla karşılaşılacak ve fotosentez yaparak karbon çevrimine sağladıkları katkı azalacaktır.

Karasal ekosistemler atmosfere 60 Gt karbon salarken, atmosferden 61,4 Gt karbon almaktadır. Tortul kayaçlar dışında, ormanlar, karasal sistemin karbon tutma kapasitesinin %67'ine sahiptir. Okyanusların ardından gelen en önemli karbon yutağı ormanlardır. İnsan eliyle yok edilmesi ve sıcaklıklarla birlikte artan orman yangınları karbon döngüsünün devamlılığında sıkıntı yaratmaktadır. Dolayısıyla bitki örtüsünün korunması, gençleştirilmesi ve geliştirilmesi küresel ve bölgesel iklimin korunması için oldukça önemlidir.

1.1.3. Küresel İklim Değişikliğinin Olası Sonuçları

Bugün küresel iklim değişikliği etkilerinin bir kısmı gözlemlenmektedir. Ancak iklimin kaotik yapısı gelecek için tahminde bulunmayı zorlaştırmaktadır. İklim değişikliği modelleri birçok parametreyi dikkate almak, bu değişkenlerin pozitif ve negatif geri etkilerini iyi analiz etmek zorundadır. Modellerin sonuçları, nüfus, ekonomideki üretim ve hizmet sektörlerinin payı, teknolojik gelişmeler ve enerji ihtiyacının hangi kaynaklardan sağlanacağı varsayımlarına göre değişiklik arz etmektedir. Yine de gelecekle ilgili çıkarımlarda bulunmak mümkündür. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (HİDP), iklim değişikliği sorunun gelecekte ne düzeyde olacağını öngörebilmek adına çeşitli emisyon senaryoları geliştirmiştir. Her biri farklı belirleyici etkenlere göre oluşturulan bu senaryoların

amacı, gelecekte karşılaşılması olası sosyal, ekonomik ve siyasi gelişmelere şekil verebilecek politikaların bugünden oluşturulmasını sağlamaktır.

HİDP'in Salım Senaryoları Özel Raporu (SSÖR) projeksiyonlarına göre, fosil yakıtların 2030 ve sonrasında küresel enerji kompozisyonunda dominant pozisyonunu sürdürmesi halinde, 2000 ve 2030 yılları arasında sera gazlarının %25 ila %90 arasında artması beklenmektedir. Ancak sera gazı emisyonları 2000 yılında değerlerinde sabit kalsalar dahi, önümüzdeki 20 yıl içinde sıcaklık artışlarının her on yıl 0.2°C artacağı tahmin edilmektedir (HİDP, 2007b: 7). En iyi beklentilerle kurulan modellerde bile 2100 yılına ulaşana kadar küresel sıcaklıkta en az 1°C'lık artış öngörülmektedir. Sıcaklık artışına ek olarak, iklim kuşakları ötelenecek, bölgesel ve global yağış rejimleri değişecek, daha şiddetli hava olayları yaşanacaktır. Hava koşullarında ekstrem değişikliklerle daha sık karşılaşılacaktır. Bazı bölgelerde kuraklığın artmasına karşılık, dünyanın bir başka bölgesinde yaz aylarında aşırı yağış, kasırga ve seller önemli sıkıntılara sebep olacaktır.

Buzullar eriyerek kutuplara doğru çekilmektedir. Buzullarda karla kaplı alanlardaki çözülme artacak ve deniz buzlarının genişliği azalacaktır. Hatta bazı SSÖR projeksiyonlarında, 21.yy'ın sonlarına doğru yaz aylarında Antarktika'daki deniz buzlarının neredeyse tamamının yok olacağı düşünülmektedir (HİDP, 2007b: 8). Buzulların erimesi ile deniz suyu seviyesi de yükselecektir. HİDP'in Üçüncü Değerlendirme Raporu sonrası senaryolarına göre, 2000 yılına kıyasla, 2050 yılındaki karbondioksit salım miktarı %80-50 azalsa bile, 2000- 2015 döneminde zirve yapan sıcaklıklar 2050 yılında ortalama 2.0- 2.4°C aralığında artacak ve deniz suyu seviyesinin de 0.4- 1.4 m yükselecektir.

Küresel ısınmaya, buzulların erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine, iklim kuşaklarının kaymasına ek olarak, şiddetli fırtına, kuvvetli yağış ve seller, uzun süreli kuraklık ve çölleşme gibi doğal afetlerin sıklığında ve şiddetinde artışlar da beklenmektedir (Türkeş, 2000a: 16). Şiddetli hava koşullarının yaşanması, birçok ülke ekonomisinin, özellikle tarıma ve doğal kaynaklara dayalı ekonomilerin zarara uğramasına sebep olacaktır.

Kuzeydeki donmuş toprakların ısınmasına bağlı olarak tarıma elverişli toprak alanlarının genişlemesi beklenmektedir. Ancak deniz seviyesindeki yükselme ile genelde en verimli toprakların bulunduğu kıyı kesimlerinin sular altında kalması, ekilebilir tarım alanlarının miktarının azatlaması da büyük bir olasılıktır.

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

1.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ ve ULUSLARARASI ÇÖZÜM ARAYIŞLARI

1.2.1. İklim Değişikliğinin Ekonomik Etkileri

İktisadi büyümenin ve kalkınmanın sağlanabilmesi için gerekli olan en önemli girdilerden biri enerjidir. Sanayi devriminden itibaren, enerji talebi sürekli artış göstermiştir. Ülkeler ekonomik kalkınma yarışında çevreyle uyuma gereken özeni gösterememiştir.

Ekonomik büyüme hedefi, enerji ihtiyacının temiz enerji kaynaklarından sağlanmasından ziyade, daha az maliyetli, ancak karbon dioksit içeriği yüksek fosil yakıtlardan karşılanmasını gerektirmiştir. Yenilenebilir temiz enerji kaynakları, ekonomilerin güçlü büyüme iştahını tatmin edecek ucuz maliyet düzeyine ve yeterliliğe ulaşamamıştır. Küresel ısınma sorununa çözüm olabilecek, çoğunluğun kullanıma uygun, ucuz ve yeterli kaynaklar henüz keşfedilmemiştir. Bu nedenle, önümüzdeki yıllarda da kalkınmak ve büyümek isteyen ülkelerin artan enerji ihtiyacını fosil yakıtlardan karşılamaya devam etmesi beklenmektedir. Bu sürecin devam etmesiyle önemli enerji kaynakları tükenebilir. Ancak bundan daha önemlisi, ekonomik büyüme ve kalkınma için önemli olan çevre faktörünün iflası ile sonuçlanabilir.

Ekonomik büyüme ve kalkınma hedefinden vazgeçmek istemeyen gelişmekte olan ülkelerin (GOÜ), çevre ile uyumlu alternatif enerji kaynaklarına yönelmemeleri, önümüzdeki yıllarda atmosferdeki sera gazı salımını arttıracaktır. Ancak şu an için, zaten kaynak sıkıntısı içinde olan GOÜ'lerden farklı bir tutum beklemek anlamlı değildir. Çünkü günümüze kadar atmosferde biriken CO_2'nin büyük bir bölümünden sanayileşmiş ülkeler sorumludur.

Önümüzdeki yıllarda kaynakların kıtlaşması ile birlikte, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde dayanışmayı ortadan kaldıran gelişmelerin yaşanması mümkündür. Ucuz ve kolay erişilebilir enerji kaynaklarının tükenmesinin yaratacağı çatışmaya ek olarak, ağırlaşan doğa koşulları ile dünya ekonomisinde daralma yaşanması muhtemeldir.

Seller, kasırgalar, kuraklık, aşırı sıcak ya da soğuk hava koşulları gibi, hem insan sağlığı için büyük tehlike hem de ekonomiler için büyük zararlar yaratacak

gelişmelerin yaşanma olasılığı, küresel iklim değişikliği ile artış gösterecektir. Doğal afetlerin boyutlarının ve sıklığının artması, devletlerin bütçelerinde olağanüstü harcamaların payının artmasına sebep olacaktır. Özellikle küresel iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmesi beklenen ülkeler için bu gelişmeler, hem kalkınmanın sürdürülmesinde hem de finans kaynaklarının etkin kullanımında sıkıntı yaratacaktır.

İklim değişikliğinin yaratacağı dengesizlikler, en çok gelişmemiş ülkeler ve yoksul kesimler için tehdittir. Özellikle, ekonomisi tarıma ve doğal kaynaklara dayalı ülkelerin yaşanan gelişmelerden olumsuz etkilenmesi beklenmektedir. Kuraklığa ve ekstrem hava olaylarına bağlı olarak tarım ürünleri rekoltesindeki istikrarsızlıklar, bu ülke ekonomilerini sıkıntıya sokacaktır. Bugün aşırı sıcakların ve kuraklığın da etkisiyle gıda krizi küresel bir sorun olarak konuşulmaktadır. Dolayısıyla yoksulluğun artması, sosyal refahın azalması ve adaletsiz gelir dağılımı önemli ekonomik sorunlar olarak daha geniş kitleleri ilgilendiren bir konu olarak karşımıza çıkacaktır.

İklim değişikliğinin, insan sağlığı için önemli tehditler yaratması beklenmektedir. Aşırı sıcak ya da aşırı soğuk hava koşulları, seller, kuraklık ve açlık insan sağlığı için önemli tehlikelerdir. Özellikle sıcak hava, salgın hastalıkların hem artmasına hem de salgın hastalıklarla mücadelenin zorlaşmasına sebep olacaktır. Hava kirliliği solunum yolları hastalıklarını artıracaktır. Hastalıklara çare bulmak adına daha çok harcama ve kaynak kullanılacaktır (Swart et al, 2003: 24).

Ekolojik dengenin bozulmasına, kuraklığa ve deniz suyu seviyesinin yükselmesine bağlı olarak, insanlar yaşamlarını sürdürebilecekleri yerlere göç etmek zorunda kalacaktır. Mülteci sayısındaki artışa bağlı olarak, konuk ülkenin kaynakları

yetersiz kalabilir. Özellikle gelişmemiş ülkelerin, toplu göçlerin altından kalkabilecek ekonomik güçleri bulunmamaktadır. İklim değişikliğinden, ülkelerin ekonomik ve siyasi olarak olumsuz etkilenmesi beklenmektedir.

"Ekolojik kıtlıklar ekonomiye yansıdığı zaman, enflasyon, işsizlik ve durgunluk, yaşam standartlarının kötüleşmesi ve daha sonra da göçler sonucunda siyasi huzursuzluklar baş gösterecektir." (Tuna, 2003: 141). Doğal kaynaklar üzerindeki bölgesel ve küresel mücadele artacaktır.

1.2.2. Küresel İklim Değişikliğine Uluslararası Çözüm Arayışları

Tüm insanlığın geleceğini ilgilendiren iklim değişikliği sorunun siyasi sınırlardan bağımsız yapısı, uluslararası işbirliğini mecburi kılmaktadır. Bu konuda yapılacak olan çalışmaların başarılı olabilmesi için de tüm ülkelerin katılımı gereklidir. İklimin korunmasının hedeflendiği bir sistem içerisinde, kurallara uymayan tek bir ülkenin dahi bulunması uluslararası rejimin işlemesine engel olacaktır. Tam katılımın gerekliliği ise karar alma ve eyleme geçilmesi aşamalarında sıkıntı yaratmaktadır. Her ülkenin kendi çıkarlarına uygun hareket etme arzusu, müzakere sürecini uzatmaktadır. Özellikle ekonomik büyüme ve kalkınmanın sekteye uğrayacağı endişesi, tüm ülkelerin küresel ısınmaya karşı ortak hareket etmesini zorlaştırmaktadır. "Hem hukuki yaptırımların zayıflığı ve eksikliği, hem de ulusal ekonomik çıkarların çatışması, uluslararası çevresel işbirliğine engel olan en önemli faktörlerdir." (Tuna, 2008: 131).

1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü Birinci Dünya İklim Konferansı'nda uluslararası düzeyde ilk kez iklim değişikliğinde insan faaliyetlerinin etkisi olabileceği konuşulmuştur. 1980'lerde iklim değişikliğine insanların sebep olduğuna

dair bilimsel kanıtlar ortaya atıldıkça, çözüm için uluslararası işbirliği çabaları da artmıştır. 1990 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü İkinci Dünya İklim Konferansı'nda sera gazlarının azaltılması gerekliliği vurgulanmış ve sonuç bildirisinde Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (UNCED) imzaya sunulmak üzere bir iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi hazırlanmasına karar verilmiştir. 4 Haziran 1992 tarihinde Birleşmiş Milletlerin Rio'daki Yeryüzü Zirvesi'nde İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanarak, 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Türkeş, 2001b: 15). Sözleşmeye göre "…atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmaktır. Böyle bir düzeyde ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretiminin zarar görmeyeceği ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman dahilinde ulaşılmalıdır." (BMİDÇS, md.2, Çeviri: Arıkan). Sözleşmenin amacına ulaşmak isteyen taraflar, bunun için eşitlik temelinde ortak, fakat sorumluklarına ve güçlerine uygun olarak hareket etmelidir. Bu nedenle gelişmiş ülkelerin, geçmişteki ve günümüzdeki sera gazı salımında büyük pay sahibi olduğu kabul edilerek, söz konusu sözleşmede taraflar arasında daha etkin katılım göstermeleri istenmiştir. OECD ve Doğu Avrupa ülkeleri sözleşmenin EK I listesinde yer almıştır. EK I'de yer alan ülkelerin 2000 yılına kadar sera gazı salımını 1990 yılındaki düzeyine indirmeleri istenmiştir. EK II listesinde sadece OECD ülkeleri bulunmaktadır. EK II'de yer alan ülkelere, gelişmekte olan ülkelere (GOÜ) sera gazı salımını azaltmaya yardımcı teknoloji ve finansal kaynak transferinde bulunma sorumluluğu getirilmiştir (Türkeş, 2001b: 14-16). Ancak, BMİDÇS tarafların sorumluluklarını yerine getirmemesi halinde herhangi bir yaptırımda bulunmamıştır.

1997 yılında Kyoto'da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler'in 3. Taraflar Konferansı'nda imzalanan Kyoto Protokolü ile İDÇS'nin hedeflerini bir adım ileri götürmek istenmiştir. Protokol ile taraflara sera gazı salımını azaltma ve sınırlandırma yükümlülüğü getirilmiştir. Ek I Tarafları, CO_2'ye eşdeğer sera gazları ile birlikte insan kökenli toplam CO_2 salımını, 2008- 2012 yılları arasındaki dönemde 1990 yılındaki düzeyinin en az %5 aşağısına çekmeyi taahhüt etmektedir (Kyoto Protokolü md.3, Çeviri: Arıkan). Taraflar, hedeflere ulaşamamaları halinde, ilerleyen dönemde maddi yaptırımlarla karşılaşmaktadır. Ancak protokole sanayileşmiş ülkelerin salım yükümlülüklerini kolaylaştırmak için bazı esneklik mekanizmaları da eklenmiştir. Kyoto Protokolü'nü iktisadi açıdan ilgilendiren en önemli konulardan biri de bu esneklik mekanizmaları olmuştur. 6.Madde'de Ortak Yürütme Mekanizması anlatılmaktadır. Emisyon hedefi belirlenmiş bir ülke (Ek I), emisyon hedefi belirlenmiş bir diğer ülkede sera gazlarının salımını azaltan ya da yutaklarca sera gazlarını uzaklaştıran projeye yatırımı yaparsa, bunun karşılığında "Emisyon Azaltma Kredisi" kazanır. Benzer bir proje yatırımını emisyon hedefi belirlenmemiş bir ülke için yaparsa, bu durumda Protokol'ün 12. Maddesi'nde yer alan Temiz Kalkınma Mekanizması'na göre "Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma" kredisi kazanır. Bu krediler ülkelerin kendi emisyon hedeflerine ulaşmasında kolaylık sağlamaktadır.

Protokolün en önemli esneklik mekanizması 17. Maddesi'nde yer alan Emisyon Ticareti'dir. Bu mekanizma tarafların hedeflenen emisyon indirimlerine ulaşabilmesi için, kendi aralarında emisyon ticareti yapmalarına olanak tanımaktadır. Sera gazı emisyonunu taahhüt ettiğinden daha çok indiren ülke, fazladan indirdiği miktarın satış hakkını da kazanmış olur. Bu mekanizma ile emisyon hedefini

tutturmakta sıkıntı çeken bir diğer ülke, alım gerçekleştirerek taahhüdünü yerine getirebilir (Birol, 2008: 11-12, Kyoto Protokolü md.3, md17, Çeviri: Arıkan). Görüldüğü üzere Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkelere hedeflerini tutturmayı kolaylaştıran, diğer ülkelerle arasındaki iktisadi ilişkileri arttıran mekanizmalar sunmaktadır.

2008-2012 yılları arasında, emisyon azaltımı yükümlülüğü altına giren ülkelerin 1990 yılındaki emisyon seviyelerini yakalamasını istemesi, Kyoto Protokolü'nünün en çok tartışılan konusu olmuştur. 22 yıl içerisinde ülkelerin ekonomik ve teknolojik olarak yaşadığı dönüşüm göz önüne alınmamıştır. Buna göre bazı ülkelerin herhangi bir indirim yapmasına gerek kalamamaktadır, bazı ülkeler ise atmosfer kimyasını en çok etkileyen faaliyetlerden sorumlu olmasına rağmen herhangi bir yükümlülük altına girmemektedir.

Diğer bir eleştiri konusu Kyoto Protokol'ünün hakkaniyete uygun düzenlenmediğidir. Türkiye, Protokol'ü yürürlüğe girmeden önce imzalamamıştır. Bu nedenle Protokol'de taahhütte bulunan ülkeler arasında yer almamıştır ve 2008-2012 yılları için herhangi bir sayısal hedefi ya da yükümlülüğü bulunmamaktadır. Ancak 2005 yılında taraf olsaydı, 2004 yılı için dünyadaki karbondioksit salımının %1,62'sine neden olan bir ülke olarak, emisyonlarını 1990 yılı seviyesine çekme yükümlülüğü altına girecekti. Burada sorun dünyadaki sera gazı salımının %18'nden sorumlu olan Çin gibi diğer bir GOÜ'nin herhangi bir yükümlüğünün olmamasıdır (Tüzüner, 2008: 16-17).

Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmalarıyla ülkelere kolaylık sağlanmasının, temiz teknolojilerin geliştirilmesine engel olacağı endişesi getirmektedir. Ama belki de protokol ile birlikte en çok tartışılan ekonomik

büyümenin ve kalkınmanın devam ettirilebilmesi konusudur. Ülkeler küresel ısınmaya karşı bir çözüm bulmak istemektedir. Ancak çözümün ulusal ekonomiye en az maliyeti getirmesi önem taşımaktadır. Ulusalararası politikalar ulusal çıkarlara uygun olmayabilir. Bu da uluslararası işbirliğinin sağlanmasındaki en önemli sorunlardandır.

Diğer bir eleştiri konusu olan emisyon ticaretidir. Odak noktasını dünyanın geleceğini korumak olmaktan çıkarıp, konuyu ticari bir alana çekmesi sebebiyle eleştirilmektedir. "Karbon ticareti sisteminin gerisinde kapitalizmin her şeyi metaya indirgeme anlayışı yatmaktadır. Firmalara verilen tahsisler, bir başka açıdan kirletme hakkı anlamına gelmekte olup, alınıp satılabilen bu tahsisler ile dünyanın karbon çevrim kapasitesi bir bakıma özelleştirilmektedir." (Ercan, 2008: 6). Ülkeler ve firmalar arasında atmosferi kirletmek için dağıtılan mülkiyet hakkı ile mevcut zenginlik ve refah düzeyi tekrar paylaştırılmaktadır.

Aldy, Barett ve Stavins (2003), Kyoto Protokolü ile protokole alternatif olabilecek farklı yaklaşımları karşılaştırmıştır. Analizlerinde Protokolü hazırlayanlar, bazı sanayileşmiş ülkelere yüksek maliyetle ve haksız yükümlülükler getirirken, GOÜ'lerin herhangi bir emisyon indirimi zorunluluğunun olmaması; Protokol'ün hırslı bir emisyon indirimini hedeflemesi; kısa dönemde yararlar sağlayan mekanizmalara karşılık uzun vadeli çözüm üretememesi; ülkelerin etkin katılımını sağlayacak teşvik mekanizmalarının zayıf kalması konularında eleştirilmektedir (Aldy et al., 2003: 6-11).

Kyoto Protokolü'nün 2012 hedefine ulaşacağı konusunda şüpheler mevcuttur. İmzalandığı tarihten itibaren sürekli tartışılan ve başarısından şüphe duyulan Kyoto Protokolü, sadece hükümetlerin değil her yaştan insanın iklim değişikliği ve küresel

ısınma konularına dikkatini çekmeyi başarmıştır. Artan ilgiye paralel olarak iklim değişikliğine ilişkin bilimsel ve siyasal çalışmalar da hız kazanmıştır. Her yıl Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı "Taraflar Konferansı" (COP) ile toplanmaktadır. Son olarak 1-12 Aralık 2008 tarihleri arasında COP14 Polonya'nın Ponzan kentinde toplanmıştır. Konferans, 2009 yılında Kopenhag'da kabul edilmesi beklenen ve 2012 yılından sonra yürürlüğe girecek yeni bir anlaşmanın müzakere çerçevesinin belirlemesi açısından önem taşımaktadır. Yeni anlaşmayla ülkelerin daha adil bir şekilde katılımının sağlanması, gelişmekte olan ülkelerin finansman ihtiyacının giderilmesi, iklim değişikliğine adaptasyon sorunun çözümlenmesi, iklim değişikliğiyle savaşımda yeni teknolojilerin geliştirilmesi beklenmektedir.

Sera gazı emisyon azaltımı için, protokollerde belirlenen hedef düzeyi ve esneklik mekanizmaları ne olursa olsun, ülkeler söz konusu sistemin getireceği maliyetleri minimize eden ve ekonomileri için en avantajlı konumu sağlayabilen politika araçlarını tespit etmek ve uygulamak zorundadır. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak ve gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakmak amacıyla, hükümetler emisyon seviyesini azaltmak istiyorlarsa belirli politikaları uygulamaları gerekmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde iklim değişikliği ile mücadelede politikaların iktisadi etkinliği incelenmeye çalışılacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARI

Yeni kıtaların ve kaynakların keşfedilmesi, Aydınlanma Dönemi ile akılcı görüşün kuvvetlenmesi, bu gelişmeleri takiben yaşanan Sanayi Devrimi ile üretimin artması, insanlara doğanın sunduklarından daha fazlasını elde edebileceklerini göstermişti. Bundan sonra, çevresel faktörler insanların gelişimini engelleyecek bir kısıtlılık yaratmayacaktı. Bu bakış açısıyla, 200 yıl içerisinde doğa, insanların ihtiyaçlarına amade bir varlık olarak son derece bilinçsiz bir şekilde tüketildi ve yıpratıldı. Bilimdeki ilerleyişle doğa artık bir kısıt olarak algılanmamaktaydı. Sosyal, ekonomik ve siyasal alanlarda sayısal değerleri korumak adına doğaya karşıt bir düzen kuruldu. Ancak, ekonominin, ev sahibi ekosistemin sınırlarını zorlayacak şekilde büyüyemeyeceği zamanla anlaşıldı. Ekonomi, bulunduğu ekosistemin bir alt sistemi olarak, sisteme vereceği her zarardan kendi payına düşeni almaktaydı (Gardner et al., 2008: 3-11).

Ekonominin gelişmesinde, toplumun refah düzeyinin artmasında, bugünkü ve gelecek nesillerin daha kaliteli bir yaşam olanağına sahip olmasında, doğanın ne derece önemli bir faktör olduğu artık daha iyi bilinmektedir. İnsanların doğaya karşı üstünlüğünü iddia ettiği bir dönemin geride kaldığı ve doğanın tekrar insanlar üzerinde üstünlüğünü vurguladığı bir dönem yaşanmaktadır. Elbette varoluşundan bu yana doğaya karşı mücadele eden insanoğlu, yeni farkına vardığı bu durumu, şüpheyle ve endişeyle beklemek yerine, koşulları kendi lehine değiştirmek için mücadele edecektir. Nitekim denizlerde son balığın kaldığı, nehirlerde akan son

damla suyun çekildiği gün, bir şeylerin yapılması gerektiğinin farkına varıldığı gün olmayacaktır. Toplumlar çevresel sorunları bizzat yaşar hale geldikçe, bu sorunlara karşı çözüm talep edeceklerdir. Bundan sonra hükümetlerin politikaları yalnızca işsizliği ortadan kaldırmak, enflasyonla mücadele etmek ve büyümeyi sağlamak olmayacaktır. Tüm bu politik amaçlara ek olarak, çevresel politikaları ve maliyetlerini de düşünmek zorundadırlar.

Politikacıların amacı bir dahaki döneme tekrar iktidara gelebilmektir. Bunun için ürettikleri politikalarla oylarını maksimize etmek isterler. Yüzyılın en önemli sorunlarından biri olarak kabul edilen iklim değişikliğine karşı da politika üretmek gerekecektir. İktidara gelmek isteyen hükümetler politikalarında, milli gelire, istihdama, büyüme ve kalkınmaya, dış ticaretteki rekabet güçlerine en az maliyeti yükleyecek olan uygulamayı tercih etmek zorundadır. Seçilecek politika ne olursa olsun ekonomik birimlerin üretim, tüketim ve yatırım kararlarında etkili olacaktır. Bu nedenle, her bir politikanın yükleyeceği maliyet ve getiriler iyi analiz edilmelidir.

Bu bölümde öncelikle iklim değişikliği politikalarının sınıflandırılması yapılacaktır. Teorik çalışmalardan da yararlanarak, belirsizlik altında komuta-kontrol araçlarından, karbon vergisinden ve emisyon ticaret sisteminden hangisinin daha başarılı sonuçlar vereceği incelenecektir. Teorik çalışmaları takiben, konuya ilişkin ampirik çalışmalara bakılacaktır. Bölümün sonunda, karbon vergisi ve ticareti yapılabilir ruhsatların sera gazı emisyonları üzerindeki etkinliğini tespit edebilmek için panel veri seti kullanılarak ekonometrik model tahmin edilecektir.

2.1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARININ SINIFLANDIRILMASI

Literatür taraması sırasında çevre politikalarının ve iklim değişikliği politikalarının sınıflandırılması konusunda ortak bir yaklaşımla karşılaşılmamıştır. Bu nedenle, iklim değişikliği politikalarının sınıflandırılması için Güldoğan'ın (2007) ve Stavins'in (2003) kaynaklarından yararlanılarak genel bir sınıflandırma yapılmıştır. İlk olarak izlenebilecek iklim değişikliği politikaları uyarlamaya ve önlemeye yönelik olup olmadığına bakılarak iki gruba ayrılmıştır.

Nordhaus iklim mühendisliğini, sera gazı salımını önleme ve iklim değişikliğine uyarlama politikaları dışında üçüncü bir yol olarak sunmuştur. İklim mühendisliğinin amacı, atmosferin kimyasını ve moleküler yapısını değiştirerek veya dünyanın albedosunu etkileyerek küresel ısınma sorununa çözüm bulmaktır (Nordhaus, 1991: 51-52). İklim mühendisliği, önemli bir alternatif politika olarak değerlendirilebilir. Nitekim, hızlı ve etkili çözümler üretebilecek, gelecek vaat eden bir alan olarak zaman içinde daha etkin bir konum elde edebilir. Ancak küresel ısınmaya kalıcı ve akılcı çözümler üretmek hedeflenmelidir. Bazı Rus bilim adamları ve Nobel ödüllü atmosfer kimyacısı Paul Josef Crutzen, canlı yaşamı için son derece tehlikeli olan sülfat taneciklerini, güneş ışınlarını yansıtıcı özelliği bulunduğu gerekçesi ile atmosfere serpmeyi teklif etmiştir (Filinte, 2007 :123). Böyle bir tedavi, küresel ısınma sorunu için daimi bir çözüm yolu sunmamaktadır. Bu nedenle, asıl çıkış yolunu gösterecek olan uyarlama ve önlemeye yönelik politikaların birlikte ya da tek başına uygulanması olacaktır.

Teknoloji, iklim değişikliği sorununun çözümünde en kilit rolü oynayacak faktördür. Hem mevcut sistemin iklim değişikliğine uyarlanmasında, hem de küresel ısınmanın önlenmesinde teknolojiden çok şey beklenmektedir. Enerjinin etkin

kullanılması, yenilenebilir temiz teknolojilerin geliştirilmesi, üretimde ve ulaşımda düşük karbonlu teknolojilerin kullanılması halinde, uygulanabilecek tüm politikalardan daha etkili sonuçlar elde edilebilir. Ancak sınıflandırmalarımızda teknoloji bir politika aracı olarak ele alınmamış, uygulanan politikalar sonucunda yaşanan bir gelişme olarak düşünülmüştür. Piyasa tabanlı politika uygulamaları sonucunda firmaların maliyetlerini azaltmaya yönelik arzunun, yeni ve temiz teknolojilerin üretimini teşvik etmesi beklenmektedir. Nitekim günümüzde birçok firma, yenilenebilir ve düşük karbonlu teknolojilerin üretimini oldukça karlı bulmaktadır. Zamanla Ar-Ge'ye yapılacak olan harcamalar artacak ve teknolojiye yatırım yapmak, yeni teknolojiler üretmek ve yeni teknolojileri kullanmak karlı bir hal alacaktır.

2.1.1. Uyarlayıcı Politikalar

Bugüne kadar iklim değişikliğine karşı yürütülen çalışmalarda, küresel ısınmayı engelleyebilecek düzeyde önemli bir gelişme sağlanamamıştır. Sera gazı emisyonları azaltılsa bile, atmosferde varolan mevcut sera gazlarının stok değerleri ve atmosferde kalış sürelerinin uzunluğu, küresel ısınmanın bu yüzyılda da devam etmesi için yeterli bulunmaktadır. Dolayısıyla, bundan sonra atılacak adımlar yalnızca iklim değişikliğini önlemeye yönelik olmamalıdır. Tüm canlıların ve ekonomilerin iklim değişikliğine en az zarar ve kayıpla, etkili bir şekilde uyum sağlamasına yardımcı uygulamaların yürürlüğe konulması gerekmektedir. Bu nedenle, önümüzdeki günlerde, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için uyum politikalarına daha fazla ağırlık verilmesi beklenmektedir.

İklim değişikliğinin etkileri her yerde ve her sektörde aynı olmayacaktır. Gelir düzeyinin düşük olduğu ülke ve bölgeler, kıyı kesimleri, karasal iklimin yaşandığı alanlar daha fazla etkilenecektir (Swart et al, 2003: 33-34). Finans sektörü ile tarım sektörünün sıcaklık artışından aynı düzeyde etkilenmesi beklenemez. Bu nedenle, daha fazla etkilenmesi beklenen bölgelerin ve sektörlerin küresel ısınmaya uyum sürecini hızlandıran, destekleyen proje ve yatırımların yapılması, ihtiyaç duyulan finansal desteğin sağlanması gerekmektedir. Canlı çeşitliliğinin korunması, yükselen deniz suyu seviyesinin de hesaba katılarak yerleşim yerlerinin yeniden düzenlenmesi, artan sıcaklıklara paralel artış gösterecek kronik ve salgın hastalıklara karşı bilinçli hareket edilmesi gibi çok boyutlu iklim değişikliği sorununa uyumu kolaylaştıran çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bazı görüşlere göre, iklim değişikliği yavaş işleyen bir süreçtir ve birçok alanın adaptasyonu için yeterli süre mevcuttur. Atmosferdeki karbondioksitin ikiye katlanması, bu yüzyılın sonuna doğru gerçekleşecektir. Finansal piyasaların ve fiyatların bu süre içerisinde iklim değişikliğine uyum sağlaması mümkündür. Bu nedenle, bugünden uygulamaya konulacak olan projeler için belirli kıstaslar gerekir. Olumlu sonuç alınması uzun zaman isteyen, iklim değişikliği olmasa bile uygulanmasından açık yarar sağlanan, ya da riske atılması halinde geri dönüşü olmayan sonuçlar sunan konulara ilişkin projelere onay verilmelidir. Bu üç kriterden birini sağlamadıkça, iklim değişikliğine uyum için pahalı politika tercihlerinin yapılması mantıksızdır (Nordhaus, 1991: 54).

2.1.2. Önleyici Politikalar

İklim değişikliğini önleyici politikaların temel amacı, atmosferde varolan karbondioksit ve diğer sera gazları emisyonunu azaltmak ya da en azından emisyon artışını engelleyebilmektir. Bunun için enerji verimliliğini arttırmak, nükleer enerji dahil alternatif enerji kaynaklarını kullanmak, yeniden ağaçlandırma yapmak, firmaların maliyet fonksiyonlarına etki eden düzenlemelere gitmek gibi bir çok araç kullanılabilir (Nordhaus, 1993: 18). Bu aşamada önleyici politikalar için ikinci bir sınıflandırma yapmak yararlı olacaktır. Nitekim iklim değişikliğini önleyici politikaların hepsi piyasa temelli bir yaklaşım içermemektedir. Bu yüzden, piyasa dışı araçlar ve piyasa tabanlı araçlar olarak politikaları inceleyebiliriz.

a. Piyasa Dışı Araçlar

Piyasa dışı yaklaşımların içine bilgi, eğitim ve iletişim yoluyla ahlaki ikna (Verbruggen, 1991), komuta-kontrol araçları (Güldoğan, 2007) dahil edilebilir.

Teşhisin zamanında konması ve iyi bir tedavinin uygulanabilmesi için, küresel ısınmayla ilgili yeterli bilginin elde edilmesi ve doğru analizlerin yapılabilmesi gerekmektedir. Elde edilen bulguların toplumdaki her bireyin bilgisine sunulması ekonomik birimlerin davranışlarını şekillendirmesini kolaylaştırır. Toplumda temel olarak, tüketici tercihlerinin oluşmasında eğitimin ve iletişim kanallarının büyük etkisi vardır. Toplumsal bilinç düzeyinin artması, temiz teknolojilerin yaygınlaşmasına yardımcı olacaktır. Tüketici tercihlerinin bu yöne kayması, firmaların yeni teknoloji ve kaynaklar kullanarak, üretim süreci sonunda atmosfere salınan sera gazlarını azaltacaktır.

1970'li yıllarda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için çevresel politikalar önem kazanmış ve hedeflere ulaşmak için genellikle komuta-kontrol araçları tercih edilmiştir. Komuta-kontrol politikalarında, bazı aktivitelerin yasaklanması, kısıtlanması ya da belirli standartlar çerçevesinde düzenlenmesi yoluyla firma davranışları kontrol edilmektedir.

Komuta-kontrol araçları, teknoloji tabanlı ve performans tabanlı standartlar şeklinde olabilir (Stavins, 1997: 8). Teknoloji tabanlı standartlarda üretici ve tüketicilere ne tür araçların kullanılması gerektiği söylenmektedir. Kamu otoritelerinin belirlemiş olduğu standartlara uygun üretim tesislerinin kurulması, taşıtların kullanılması istenebilir. Performans tabanlı yaklaşımlarda ise, emisyon miktarı ya da emisyona sebep olan faaliyet sınırlandırılmaktadır.

Merkezi sistemin belirlediği idari ve hukuksal düzenlemeler doğrultusunda üretim yapmak, firmalara yeterli esnekliği sunmamaktadır. Ayrıca, kaynakların etkin kullanımı ve yeni teknolojilere talep yaratılması için gereken teşvik mekanizmasını kısıtlamaktadır. Komuta-kontrol araçları, firmaların temiz teknolojilere yönelmelerini sağlayacak teşvik mekanizmalarından yoksun olmaları nedeniyle eleştirilmektedir (Verbruggen, 1991: 142). İstenilen standartlara uyulduğu ya da belirlenen alanlarda faaliyet gösterildiği sürece firmaların, kirlettiği atmosfere karşılık herhangi bir yükümlülüğü bulunmamaktadır. Dolayısıyla, yeni bir düzenleme olmadan firmaların düşük karbonlu teknolojilere yatırım yapmasının, firmaya sağlayacağı herhangi bir kazançtan söz edilemez.

Firmaların, devletin yapacağı hukuksal ve idari düzenlemeler sonucunda daha fazla maliyetle karşılaşacakları yönünde endişeleri varsa, sera gazlarını azaltmak için

gönüllü olabilirler. Dolayısıyla, daha ağır koşullarda üretim yapmak yerine gönüllü olarak firmaların emisyonlarını indirmesi mümkündür (Stavins, 1997: 10).

b. Piyasa Temelli Araçlar

Piyasa temelli yaklaşımlarda, firma davranışları piyasa sinyalleri doğrultusunda şekillenir. Hükümetlerin piyasaya doğrudan müdahalesi olmadan, firmaların maliyetlerini azaltmak ya da kazançlarını arttırmak için çevresel sorunlara çözüm üretmesini ve yeni teknolojilerin gelişmesini teşvik eden politikalardır. Asıl arzulanan, "kirleten öder" prensibi çerçevesinde firmaların üretim maliyetlerini etkileyerek, enerji tasarrufu, kaynak verimliliği ve yenilikler konusunda emisyon üreten kaynakların aktif bir yaklaşım sergilemesini sağlamaktır.

Piyasa temelli yaklaşımları, kirlilik masrafı, ticareti yapılabilir emisyon ruhsatları, piyasa engellerini azaltma ve devlet sübvansiyon reformu şeklinde dört alt başlık altında sınıflandırabiliriz (Stavins, 2002: 3-4). Stavins, piyasa engellerini azaltmaya yönelik politika araçlarını piyasa yaratıcı, mükellefiyet kuralları ve bilgilendirme programları şeklinde açıklamıştır (Stavins, 2002: 33). Üretici ve tüketicileri doğaya vermiş oldukları zararlar konusunda bilgilendirerek, vermiş oldukları kararların doğal kaynakların etkin kullanımını sağlamak hedeflenmektedir. Ekonomik birimlerin bilgilendirilmesi piyasa dışı yaklaşımların içinde sınıflandırıldığı için piyasa temelli yaklaşımları incelerken, kirlilik masrafı, ticareti yapılabilir emisyon ruhsatları ve devlet sübvansiyon reformu şeklinde üç başlık altında sunmak daha uygun olacaktır. Bu politikaların her biri dinamik etkinlik sağlayarak, firmaların emisyon indirimi için daha iyi teknolojilerin kullanma gerekliliğine olan dürtüyü sürekli canlı tutmasını sağlar.

Kirlilik masrafı ile amaçlanan vergi ve harçlar gibi iktisadi araçlarla, ekonomik birimlerin maliyetlerini arttırarak karbon emisyonu düşük faaliyetlerin ya da teknolojilerin yaygınlaşmasını sağlamaktır. Çevre ile ilgili diğer sorunlarda olduğu gibi sera gazlarının atmosfere salımı sonucunda olumsuz dışsallık yaratılmaktadır. Bu durumda, bir ekonomik faaliyet sonucunda topluma yansıyan maliyet, bu faaliyeti gerçekleştirenlerin üstlendikleri maliyetinden daha yüksek olmaktadır. Özel marjinal maliyetler atmosfere salınan sera gazlarının etkisini içermemekte, toplumsal marjinal maliyetlerden daha düşük gerçekleşmektedir. Bu yüzden, özel ve sosyal maliyetleri düzenlemek amacıyla Pigovian vergiler kullanılabilir (Özsoy, 1994: 39-41). Böylece, dışsal maliyet yaratan ekonomik faaliyetler vergilendirilerek fiyat mekanizması yoluyla içselleştirilmesi sağlanabilir.

Karbon vergisi, karbondioksit emisyonunu azaltmak amacıyla tüketilen fosil yakıtın içerdiği karbon miktarına bağlı olarak alınan bir vergidir. Örneğin, 1 ton kömür 0.65 ton karbon içermektedir. Atmosfere salınacak olan her bir ton karbon için konulan 1$'lık karbon vergisi, 1 ton kömür için 0.65 $, varil başına ham petrol için 0.14$ ve bin metreküp doğal gaz başına da 0.02 $ vergi konulması demektir (McKibbin et al., 2002: 114). Karbon vergisi uygulaması ile hem üretici maliyetleri artacak hem de verginin yansıtılması ile artan fiyatlardan etkilenen tüketiciler tercihlerini değiştirecektir. Böylece, karbon yoğunluğu daha düşük enerji kaynaklarına yönelik talebin artması, enerji verimliğini arttırıcı teknolojik gelişmelerin yaşanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması gibi ekonomide dinamik etkiler yaratacaktır.

Karbon vergisinin tek ve asıl hedefi küresel ısınma ile mücadele etmek olmayabilir. Hatta Danimarka'da olduğu gibi verginin uygulamaya konulmasındaki

öncelikli hedef, işsizlik gibi ekonomideki yapısal sorunları ortadan kaldırmak bile olabilir. Karbon vergisi ile elde edilen gelir bir kamu geliridir. Karbon vergisinden elde edilen gelir, kamunun bütçe açığının finansmanına, devlet borçlanmasının azaltılmasına yardımcı olabilir. Ancak belki de literatürde en çok tartışılan etkisi, "çifte kar" (Double Dividend) beklentisidir. Sera gazı emisyonlarının azaltılmasının yanı sıra karbon vergisi, gelir adaletsizliğine sebep olan dolaylı vergilerin azaltılması, istihdamı arttırmak için işverenlerden alınan vergilerin azaltılması ya da gelir vergisi oranlarının düşürülmesi için kullanılabilir, ekonomide yer alan yapısal sorunların çözümlenmesine yardımcı olabilir. Karbon vergisi gelirleri kamunun genel bütçesine dahil edilebileceği gibi, ekonomide enerji verimliliğini arttırmaya yönelik proje ve yatırımların finansmanı için ayrı bir fon olarak da toplanabilir. Böylece, ekonominin teknolojik devinimi hızlandırılabilir, ekonomik birimler için karbon vergisinin yaratacağı maliyetlerin bugünkü değeri azaltılabilir (Cuervo et al., 1998: 19).

1990'lı yıllardan günümüze kadar küresel ısınmanın engellenmesi için birçok ülke ve bilim adamı tarafından önerilen bir politikadır. Ancak 1999 yılında sadece altı OECD ülkesinin karbon vergisini uyguladığı görülmektedir (Stavins, 2002: 7). Ülkenin sosyal ve ekonomik sorunlarına cevap veremeyecek şekilde düzenlenmesi halinde, eşitsizlik ve gelir dağılımında adaletsizlik getireceği, ekonominin büyüme hızını azaltacağı, uygulayan ülkenin uluslararası ticaretteki rekabet gücünü kaybedeceği korkusu, verginin yaygınlaşmasını engellemiştir. Karbon vergisinde önemli olan, beklentiler doğrultusunda vergi oranının belirlenmesi, gerçek kirlilik kaynaklarının hedef alınması ve elde edilen gelirin ülke ekonomisinin gerçeklerine uygun şekilde kullanılmasıdır. Ülkelerin ekonomik ve sosyal yapılarına göre farklılık

göstermesi verginin uygulanmasını ve elde edilen sonuçları farklılaştırmaktadır. Ancak uygulamadaki enerji/ karbon vergilerine bakıldığında potansiyel negatif etkileri beklenenden daha az olmuştur (Baranzini, 2000: 410).

Ticareti yapılabilir emisyon ruhsat sistemleri (emisyon ticaret sistemi), kredi programları ile emisyon üst sınır ve ticaret (cap-and-trade) sistemi şeklinde ikiye ayrılabilir. Temelde iki sistem arasındaki fark, emisyon ruhsatının elde ediliş şeklindedir. Kredi programlarında firmanın kredi elde etmesi için öncelikle belirli koşullarda emisyon indirimini gerçekleştirmesi gerekir. Emisyon üst sınır ve ticaret sisteminde ruhsat mülkiyeti firmalara belirlenen sınırlar çerçevesinde açık artırma usulü ile ya da devlet eliyle dağıtılmaktadır.

Kredi programlarında, emisyon indirimi yapan üretim birimine, yapmış olduğu indirim karşılığında kredi tahsis edilir. Kendisine kredi tahsis edilen firma, elde ettiği krediyi bir başka firmaya satabileceği gibi biriktirme (banking) ve ödünç alma (borrowing) sisteminin bulunması halinde ileriki yıllarda ihtiyaç duyduğu bir dönemde de kullanabilir. 1974 yılında ABD'deki Çevre Koruma Ajansı'nın karbonmonoksit, sülfürdioksit ve aerosollerin kontrolünü sağlamak için benzer bir sistem kullanılmıştır. Ancak belirsizlikler nedeniyle, firmaların geleceğe yönelik beklentilerini oluşturmada yaşadığı sıkıntılar sistemin gelişmesine engel olmuştur (Stavins, 2002: 20).

Emisyon üst sınır ve ticaret sisteminde, özellikle enerji santralleri ve belirli sektörlerde yer alan üretim tesisleri için emisyon sınırlamaları getirilmektedir. Eğer firma sınırlamanın öngördüğünden daha fazla emisyon indirimi gerçekleştirirse, elindeki ruhsatı satarak, emisyon indirimi için katlandığı maliyetlerin bir kısmını telafi edebilir. Eğer firmanın faaliyetleri sonucunda emisyon sınırının üzerine

çıkması gerekirse, ek emisyon limiti satın alması gerekir. Böylece, sistem içerisinde bazıları ruhsat satarken bazılarının satın alması, piyasada arz ve talebe bağlı olarak emisyon fiyatlarının oluşmasını sağlar. Firmaların, emisyon indirimi için katlandığı maliyetlerin bir kısmını karşılamak ya da ek emisyon ruhsat maliyetine katlanmamak için daha fazla emisyon indirimi yapmak istemesi, enerji verimliliği yüksek yeni teknik ve teknolojilere yönelmelerini sağlayacaktır (Chafe et al., 2008: 107-112).

Emisyon üst sınır ve ticaret sistemi, günümüzde Kyoto Esneklik Mekanizmaları'ndan biri olarak uygulanmaktadır. 1995 yılında ABD'de kurulan SO_2 piyasasına, ilk aşamada Amerika'daki SO_2 emisyon yoğunluğu en çok olan 263 enerji tesisi dahil edilmiştir. Sistem oldukça başarılı işlemiş, hedefler tutturulmuş ve hatta aşılmıştır. 2000 yılında ikinci aşamaya geçilmiş ve ABD'deki SO_2 emisyonlarının %70'ne denk gelecek şekilde sistem yaygınlaştırılmıştır. ABD'deki SO_2 ticaret sisteminin başarısından etkilenerek Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarında, hedeflerin tutturulabilmesi için emisyon ticaret sistemi düzenlenmiştir. 2002 yılında İngiltere'de İngiltere Emisyon Ticaret Sistemi (UK ETS) kurulmuştur. 2005 yılında ilk uluslararası emisyon ticaret sistemi olan Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sisteminin (EU ETS) kurulmasının ardından, 2006 İngiliz emisyon ticaret sistemi kaldırılmış ve iklim değişikliği ile mücadeleye EU ETS içinden devam edilmiştir. Günümüzdeki en önemli emisyon ticaret sistemi olan ve 1 Ocak 2005'te faaliyetlerine başlayan EU ETS 2007 yılında tamamlanan ilk aşamasında, 11.000'nin üzerinde kayıtlı kuruluşuyla 27 AB üyesi ülke 2.1 milyar ton CO_2 emisyon ticareti yapmıştır (Convery et al., 2008: 13).

Sübvansiyon reformu ile, devletin vermiş olduğu sübvansiyonların çevresel problemlerle uyumlu hale getirilmesi hedeflenmektedir. Devletin sübvanse ettiği

sektörün ya da firmanın önemli bir sera gazı üreticisi olması halinde, verilen sübvansiyonların azaltılması ya da tamamen kaldırılması önerilmektedir. Pozitif bir ayrımcılık yapılarak, temiz teknoloji kullanan sektörlerin teşvik edilmesi de sübvansiyon politikaları ile sağlanabilir.

Uygulamada bir ya da birden fazla politika tercih edilebilir, beraber uygulanabilir. Ancak, tercih edilecek politika ya da politika bileşimleri ne olursa olsun, politika uygulayıcılar her bir politikanın maliyet ve getirilerini bilmelidir. Bu açıdan bakılarak, bir sonraki aşamada firma performansına standartlar getirilmesi, firma maliyetlerini etkileyecek şekilde karbon vergisi alınması ve emisyon ticaret sisteminin uygulanması şeklindeki politikaların hangisinin daha etkili olduğunu incelenecektir.

2.2. TEORİDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ

Literatür taramasında L. Weitzman'ın "Prices vs. Quantities" (1974) adlı makalesinin iklim değişikliği ile mücadelede izlenecek politikaların göreli üstünlünün tespit edilmesinde önemli bir yer sahibi olduğu görülmüştür. Makalede hükümetlerin bir komuta kontrol aracı olarak firmalara sabit emisyon ruhsatı vermesi ya da karbon vergisi düzenleyerek emisyon artışını engellemeye çalışması halinde hangi politikanın daha etkili olduğunu ortaya konulmaktadır.

Modelde ilk önce tek bir firmanın ve tek bir malın bulunduğu durumda miktar ve fiyat tabanlı politikalar incelenmiştir. Firmanın üretimi sonucunda katlanmak zorunda olduğu maliyet fonksiyonu C (.)'dur. q, üretimi istenilen bir maldır. Dolayısıyla, q hava kirliliğinin azaltılması, C (q)'u da hava kirliliğinin azaltılmasının maliyeti şeklinde düşünülebilir. Firmaların amacı, karşılaştıkları politika kısıtlamaları

altında maliyetlerini minimize etmektir. B (.) fonksiyonu ise, emisyon indirimi ile toplumun elde edeceği yararlar gösterilmektedir. Maliyetler gibi yarar fonksiyonunun da parasal olarak ifade edilebildiği düşünülmektedir.

Her iki fonksiyon da sürekli ve iki kez türevi alınabilen fonksiyonlardır. C (.), q ile artan ve kesin konvekstir. B (.), ise q ile artan ve konkavdır. Fonksiyonlarla ilgili varsayımlar B″ (q) < 0< C″ (q) ve B′ (q) < C′ (q) ile B′ (0) > C′ (0).

Politika belirleyicilerinin asıl amacı, emisyon indirimlerinden elde edilecek yarar ile karşılaşılacak olan maliyetler arasındaki farkı maksimize eden politikayı uygulayabilmektir. Maksimizasyon problemini aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

Maksimizasyon problemi: B (q) – C (q)

Tam bilginin olduğu ve belirsizliğin olmadığı bir ekonomide politika belirleyici ister miktar, ister fiyat tabanlı politika tercihinde bulunsun, aynı sonuçları elde edecektir.

q = $\hat{q}$ maksimizayon probleminin çözümü ise, B′ ($\hat{q}$) = C′ ($\hat{q}$) eşitliğini sağlayacaktır. Birinci sıra koşulunun sağlandığı ($\hat{q}$) optimal miktar tespit edildiğinde, optimal fiyat düzeyi ($\hat{p}$) de belirlenmiş olacaktır.

Fiyat düzeyi p olarak açıklanırsa, firmalar üretim düzeyini belirlenen fiyat doğrultusunda şekillendirecektir. Bu durumda reaksiyon denklemi q = h (p) olacaktır. Firmalar karlarını maksimize etmek için üretim düzeyini, marjinal maliyetlerini fiyatlara eşitleyen değere göre ayarlayacaktır. Planlamacı, maksimizasyon probleminin çözümü olan optimal fiyat düzeyini belirlemek için, q = h (p) reaksiyon denklemini kullanacak ve birinci sıra koşulunu sağlayan p = p̃ optimal fiyat düzeyini tespit edecektir.

Firma maliyetlerini etkileyen birçok faktör mevcuttur. Hükümetler ise, firmaların maliyet fonksiyonları hakkında tam bilgi sahibi değildir. Yani modelde, asimetrik bilginin olduğu varsayılmaktadır. Asimetrik bilginin yanı sıra, gelecekte yaşanması muhtemel teknolojik atılımların maliyet fonksiyonlarını etkilemesi gibi bugünden öngörülemeyen birçok etkenin varlığı, planlamacının herhangi bir politikayı seçmesini engellemektedir. Dolayısıyla, maliyet fonksiyonundaki belirsizlikleri ve mevcut bilgi eksikliğini yansıtacak şekilde maliyet fonksiyonunu $C(q,\theta)$ olarak tanımlamak gerekir. θ, bugün için maliyet fonksiyonundaki belirsizlikleri ifade eden rassal değişkenleri temsil etmektedir.

Planlamacı, sera gazlarının azaltılmasından elde edilecek yararların tespit edilmesinde sıkıntı çekmektedir. Bugün uygulamaya konulacak politikaların, getireceği faydanın boyutu bilinememektedir. İklim değişikliği politikalarının tespit edilmesi ve uygulamaya konulmasında asıl sorun, katlanılacak maliyetler karşısında belirsiz olan getirilerin yarattığı kararsızlıktır. Bugün iklim değişikliği sorunu tartışılmaktadır, yarın dünyanın soğuma eğiliminin baskın çıkması mümkündür. İklimin kaotik yapısı en büyük belirsizlik sebebidir. Dolayısıyla, iklim koşulları ve hava şartlarının yarar fonksiyonu üzerinde yarattığı belirsizliği yansıtmak için fonksiyon $B(q,\eta)$ olarak tanımlanmaktadır. η, yarar fonksiyonundaki belirsizlikleri ifade eden rassal bir değişkendir.

Bugün için tam olarak bilinmesi mümkün olmayan değişkenlerin varlığı q ile B (.) ve C (.) fonksiyonları arasında stokastik bir ilişkiye neden olmuştur. Ancak, B(.) ve C (.) fonksiyonlarında belirsizliğe sebep olan η ile θ değişkenlerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayılmıştır.

Belirsizlik sebebiyle, planlamacının maksimizasyon probleminin çözümünde beklenen değer operatörü E[.] kullanılması gerekir. Bu durumda maksimizasyon problemi E[B (q,η) – C (q,θ)] şeklinde yazılabilir.

Belirsizlik altında maksimizasyon problemini çözen, optimal miktar düzeyi q = $\hat{q}$'dir. Hükümetlerin *ex ante* olarak belirlediği optimal fiyat düzeyi ($\tilde{p}$) ile *ex post* olarak firmaların karlarını maksimize etmek için belirlediği $\tilde{q}$ arasındaki ilişkiyi θ'nın da etkilediğini gösteren reaksiyon fonksiyonunu $\tilde{q}$ (θ) ≡ h ($\tilde{p}$,θ) olarak tanımlanmıştır.

Belirsizlik altında her iki politika tercihi birbirinden farklı sonuçların elde edilmesine sebep olmaktadır. Ancak mevcut bilgiler ışığında hangi politika enstrümanının, optimal değerlere daha çok yaklaştığını belirlemek gerekir. İki politika tercihinden hangisinin beklenen değerinin daha büyük olduğunu tespit etmek için, aşağıdaki gibi Δ denklemi tanımlanabilir.

$$\Delta \equiv E[\{B(\tilde{q}(\theta),\eta) - C(\tilde{q}(\theta),\theta)\} - \{B(\hat{q},\eta) - C(\hat{q},\theta)\}] \qquad \ldots (1)$$

Yukarıdaki denklemde Δ, fiyat politikalarının uygulanmasının miktar politikaları üzerindeki karşılaştırmalı üstünlüğünü tanımlamaktadır. Δ'nın pozitif değer alması, belirsizlik altında fiyat tabanlı politikaların miktar tabanlı politikalardan daha üstün olduğunu gösterir. Negatif değer alması halinde ise, politikada miktar tercihinin fiyat enstrümanları karşısında göreceli olarak daha iyi sonuçlar vereceğini ifade etmektedir.

Maliyet ve yarar fonksiyonları stokastik faktörlerden etkilenmektedir. α (θ) ve β (η) modeldeki stokastik değişkenleri tanımlayan fonksiyonlardır. Stokastik fonksiyonların beklenen değeri sıfıra eşittir (E[α (θ)]=E[β (η)]=0). Ayrıca, yarar ve maliyet fonksiyonlarında belirsizliğe sebep olan faktörler birbirinden bağımsızdır (E[α (θ). β (η)]=0). Marjinal maliyetlerin varyansı, maliyetleri etkileyen α (θ)

belirsizlik fonksiyonunun karesine eşittir ($\sigma^2 \approx E[\alpha\ (\theta)^2]$). Benzer şekilde, yarar fonksiyonunun varyansı da β (η) fonksiyonunun karesi olarak yazılabilir.

$$\Delta = \left(\frac{\sigma^2}{2C''^2} \right) \left(B'' + C'' \right) \qquad \ldots (2)$$

Varsayımlar doğrultusunda (1) numaralı denklem çözüldüğünde, (2) numaralı denkleme ulaşılmaktadır. (2) numaralı denklemde yer alan B″, C″ ve σ^2'a ait değerlerinin bilinmesi politikacıların tercihlerini belirlemesine yardımcı olacaktır. B″, yarar fonksiyonunun ikinci türevini göstermektedir. Bir başka ifade ile, marjinal yarar fonksiyonunun eğimidir. C″ ise, maliyet fonksiyonunun ikinci türevi ve marjinal maliyetin eğimidir.

Maliyet fonksiyonundaki belirsizlikler σ^2 aracılığı ile (2) numaralı denklemde yer almaktadır. Fakat fonksiyonlardaki belirsizliklerin birbirinden bağımsız faktörler olarak tanımlanması sebebiyle, yarar fonksiyonunu etkileyen belirsizlikler denklemde yer almamaktadır.

Marjinal maliyet fonksiyonunun varyansı σ^2 sıfıra yaklaştıkça, ekonomik olmayan faktörlerin ve belirsizliğin etkisi azalacaktır. Böylece, iki politikanın performansları birbirine yakın olacaktır. $\sigma^2=0$ olduğu zaman ise, planlamacı miktar ya da fiyat tabanlı politika tercihlerinden herhangi birini seçebilecektir. σ^2'ın değeri arttıkça, politikaların performansı birbirinden farklılaşacaktır.

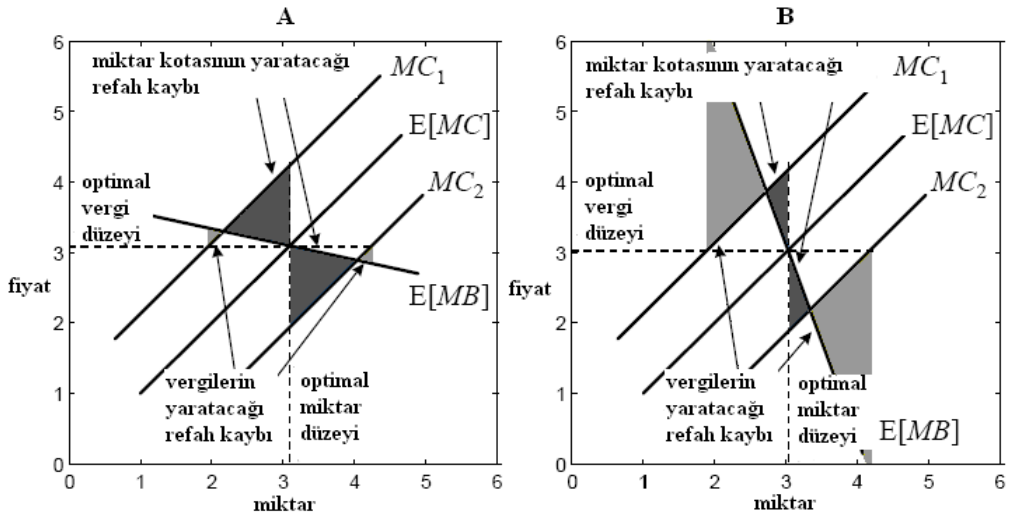
$B''(q) < 0 < C''(q)$ varsayımı geçerli iken, marjinal yarar ve marjinal maliyet fonksiyonunun eğimleri birbirine eşit olursa, iki politikadan birinin tercih edilmesi sonuçlarda bir farklılık yaratmayacaktır. ($|B''|=|C''| \rightarrow \Delta=0$)

Mutlak değer olarak marjinal yarar fonksiyonunun marjinal maliyet fonksiyonundan daha yatay olması durumunda, Δ pozitif değer alacaktır. Bu

durumda, fiyat tabanlı politikaların uygulanması miktar politikalarından daha avantajlı olacaktır. ($|B''|<|C''| \rightarrow \Delta>0$)

Marjinal yarar fonksiyonunun eğimi, marjinal maliyet fonksiyonunun eğiminden daha dik ise, miktarı belirlemeye yönelik politikalar, fiyat tabanlı politikalara kıyasla daha güçlü bir politika tercihi olacaktır. ($|B''|>|C''| \rightarrow \Delta<0$)

Şekil 1, belirsizliğin söz konusu olması halinde, uygulanacak olan miktar ya da fiyat tabanlı politikaların birbirleri üzerindeki etkinliğini göstermektedir. MC, marjinal maliyet fonksiyonunu ifade etmektedir. MB ise, marjinal yarar fonksiyonudur. Her iki fonksiyonda belirsizlik içermektedir. Bu yüzden belirsizlik altında fonksiyonların beklenen değeri E[MC] ve E[MB] ile gösterilmiştir. Uygulanan politika sonucunda gerçekleşen marjinal maliyet fonksiyonları ise MC1 ya da MC2 olacaktır.



Şekil 1: Optimal Vergi Düzeyi ile Optimal Miktar Kotasının Etkinliği (Kaynak: William A. Pizer, 1997)

A'da marjinal yarar fonksiyonunun eğimi marjinal maliyet fonksiyonunun eğimine göre daha azdır. Bu durumda, eğer politikacıların amacı optimal miktarı belirlemek olursa, karşılaşılan refah kaybı optimal fiyatları belirlemeye yönelik bir verginin uygulanması halinde karşılaşılacak olan refah kaybından çok daha büyük olacaktır. B'de ise marjinal yarar fonksiyonunun eğimi daha diktir. Bu koşullarda ise miktar kotasının uygulanması daha iyi sonuçlar verecektir.

Williams (2002), Weitzman'ın (1974) analizini birden fazla malın olduğu (N>0) durum için, miktar kısıtlaması, karbon vergileri ve ticareti yapılabilir emisyon ruhsatlarının etkinliğini de içerecek şekilde genişletmiştir. Analiz birden fazla mal için yapılırken q, fiziksel olarak birbirinden farklı malları ya da farklı üretim birimlerinden kaynaklanan aynı malı içeren N elemanlı bir vektör olarak tanımlamıştır.

$$\Delta_{FM} = \left(\frac{1}{2C^{"2}}\right)\left(B^{"} + C^{"}\right)\sum_{i}^{n}\sigma_{ii}^{2} \qquad \ldots (3)$$

(3) numaralı denklemde yer alan Δ_{FM} ile fiyatların miktar karşındaki üstünlüğü incelenmektedir. Aslında (3) numaralı denklem, (2) numaralı denklemin N tane mal için genelleştirilmiş halidir. Marjinal maliyet fonksiyonunun eğimi marjinal yarar fonksiyonun eğimine göre daha yatay ise, iklim değişikliği ile mücadele için kota uygulanması fiyat tabanlı politika uygulamalarından daha etkili olacaktır. Marjinal maliyet fonksiyonunun eğiminin daha dik olduğu durumlarda ise, firmalara kirlilik maliyetini yükleyen karbon vergisi gibi fiyat enstrümanlarının kullanılması daha iyi sonuçlar verecektir. Fiyatlara yönelik politikalar, beklenen maliyetleri azaltmada firmalara daha fazla esneklik tanıyacaktır.

N tane malın olduğu bir ekonomide politikacıların karar almadan önce emisyon ticaret sisteminin, fiyat ve miktar tabanlı politikalar karşısındaki üstünlüğüne de bakması gerekir.

Emisyon ticaret sisteminin olması halinde, firmalar için optimal emisyon indirim düzeyi, ∑ri.qi = Q kısıtı altında (∂Ci (q,θ)/∂qi=riλ) eşitliğini sağlayan q düzeyidir. Q, ekonominin geneli için belirlenen emisyon indirim miktarıdır. r, i malının satılması karşılığında ne kadar j malı alınabileceğini gösteren ticaret rasyosudur. Q ve r, birer vektördür ve politikacılar tarafından belirlenir. λ ise, ekonomi geneli için belirlenen toplam emisyon kısıtlaması altında oluşan gölge fiyatları simgeler.

Emisyon ticaret sistemini uygulamak isteyen politikacılar r'yi, her bir malın marjinal yararına eşitlemeye çalışacaktır. Böylece, toplamda optimal indirim miktarını belirlemiş olacaktır.

$$\Delta_{TM} = \left(\frac{N-1}{2NC^{"2}} \right) \left(B^{"}(1-\rho) + C^{"} \right) \sum_{i}^{n} \sigma_{ii}^{2} \qquad \ldots (4)$$

(4) numaralı denklemde Δ_{TM} ile ticareti yapılabilir ruhsatların sabit miktar kotası karşısındaki üstünlüğü incelenmektedir. Denklem göstermektedir ki, emisyon ticaret sisteminin sabit ruhsat uygulaması üzerindeki göreli üstünlüğünü, B″, C″, σ^2 ve ρ'nın alacağı değerler belirlemektedir.

Farklı malların marjinal maliyetleri arasındaki korelasyonu ρ göstermektedir (−1≤ ρ≤ 1). Aynı malın üretimini yapan farklı üretim birimlerinin maliyet fonksiyonları ve kullandıkları teknoloji birbirine yaklaştıkça ρ, 1'e yaklaşacaktır. Üretim birimlerinin maliyet yapısı birbirinden tamamen farklı ise ρ, sıfıra yaklaşacaktır. Eğer fiziksel olarak birbirinden farklı mallar üretiliyorsa, üretilen

mallar birbirini ikame ediyorsa ρ >0, birbirini tamamlıyorsa ρ <0, birbiri ile ilişkisiz mallar ise ρ =0 olacaktır.

Δ_{TM} pozitif değer alırsa, emisyon ticaret sisteminin sabit miktar kısıtlaması karşısında tercih edilmesi rasyoneldir. Bunun için, malların birbirini kısmen ikame ettiği durumda (0<ρ<1), |B″ (1− ρ)| <|C″| koşulunun sağlanması gerekir. Planlamacının miktar kotasını tercih etmesi için ise, |B″ (1− ρ)|>|C″| olması ve Δ_{TM}'nın negatif değerli gerçekleşmesi gerekmektedir.

Malların birbirini tam ikame etmesi (ρ=1) halinde, B″'nin alacağı değer ne olursa olsun Δ pozitif değer alacaktır. Bu durumda, emisyon ticaret sisteminin uygulanması her zaman için en iyi tercih olacaktır. Dolayısıyla, ρ'nin değeri 1'e yaklaştıkça emisyon ticaret sisteminin performansının daha etkili olması beklenebilir.

Mallar birbirinden bağımsız mallar (ρ=0) ise, sonuçlar (3) numaralı denklem olan Δ_{FM}'e benzer şekilde B″ ve C″'nin alacağı değerlere bağlı olarak farklılaşacaktır. |B″|=|C″| ise, Δ_{TM} =0 olacak ve iki politika arasında bir farklılığın olmadığını gösterecektir. |B″|>|C″| ise, Δ_{TM} <0 gerçekleşecek ve emisyon ticaret sisteminin uygulanması rasyonel olmayacaktır. |B″|<|C″| olması durumunda, Δ_{TM} >0 olacak ve miktar kotasının uygulanması ile istenen sonuçlar elde edilemeyecektir.

Emisyon ticaret sisteminin, vergi, harçlar gibi firmalara kirlilik maliyetini yükleyen fiyat enstrümanlarına göre üstünlüğünü karşılaştırmak için (3) ve (4) numaralı denklemlerden faydalanmak mümkündür:

$$\Delta_{TF} = \Delta_{TM} - \Delta_{FM} = \left(\frac{-1}{2NC^{"2}}\right)\left(B^{"}(1+\rho(N-1)+C^{"}\right)\sum_{i}^{n}\sigma_{ii}^{2} \quad \ldots (5)$$

(5) numaralı denklemdeki Δ_{TF} ile emisyon ticaret sisteminin karbon vergisi gibi fiyat enstrümanları karşısındaki göreli üstünlüğü incelenmektedir. (3) ve (4)

numaralı denklemlerde olduğu gibi, Δ_{TF}'nin pozitif ya da negatif değer alması B″, C″, σ^2 ve ρ'nın alacağı değerlere bağlıdır.

$0 \leq \rho < 1$ iken, $|B'' (1+\rho (N-1))| > |C''|$ olursa, Δ_{TF} pozitif değer alır ve emisyon ticaret sisteminin uygulanması daha etkin bir politika tercihi olur. $|B''(1+\rho(N-1))| < |C''|$ olarak gerçekleşirse, Δ_{TF} negatif değer alır ve fiyatlara yönelik politikaların tercih edilmesi mantıklıdır.

Mallar birbirinin mükemmel ikamesi ($\rho=1$) ve $|B''N| > |C''|$ ise, Δ_{TF} pozitif değer alır. Emisyon ticaret sistemi uygulanması halinde, marjinal yarar ile marjinal maliyetler arasındaki farkın beklenen değeri, fiyatlara yönelik politikaların uygulandığı durumdan daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla, mallar birbirini mükemmel ikame ediyorsa, emisyon ticaret sistemi tercih edilmelidir. ($\rho=1$) iken, $|B''N| < |C''|$ ve $\Delta_{TF}<0$ ise, karbon vergisi gibi fiyat tabanlı politika araçlarının tercih edilmesi daha etkin bir politika tercihi olacaktır.

Aynı makalede Williams, dönemlerarası emisyon kredi sistemi uygulanmasının, sabit miktar kotaları ve karbon vergileri karşısındaki politik üstünlüğünü emisyonlar için akım ve stok değişken ayrımı yaparak incelemiştir. Buna göre, sera gazlarının yaratacağı zarar sadece mevcut dönem içinde etkili ise, emisyon kredi sistemi hem sabit miktar kotalarına hem de karbon vergilerine üstünlük göstermektedir. Sera gazlarının yaratacağı zarar geçmiş dönemin sera gazlarının da bir sonucu ise, B″ ve C″'nin alacağı değerler dışında iskonto oranı da önemli olacaktır. Marjinal maliyet eğrisinin yatay, iskonto oranının da düşük olduğu durumda sabit miktar kotaları emisyon kredi sisteminden daha etkili olabilir (Williams,2002: 22).

Marjinal yarar fonksiyonu marjinal maliyet fonksiyonuna kıyasla daha yatay bir doğru olarak kabul edilmektedir. Pizer (1997), küresel ısınmanın yaratacağı zarar fonksiyonunu sıcaklığın kuadratik fonksiyonu olarak tanımladığı modelinde, marjinal yarar fonksiyonunu oldukça yatık bir doğru olarak bulmuştur. Marjinal yarar fonksiyonunun yatık olması, kısmen kuadratik olarak tanımlanan zarar fonksiyonun, kısmen de atmosferdeki sera gazlarında stok değerinin zarar fonksiyonunu etkilemesinden kaynaklanmaktadır (Pizer, 2002: 420). Sera gazlarında belirli bir döneme ait akım değerinde yapılan emisyon indirimi, atmosferdeki stok değeri düşürememektedir. İlk bölümde de anlatıldığı gibi, sera gazlarının atmosferde kalış süreleri oldukça uzundur. Bu durumda, emisyon indiriminin getireceği yararlar kısa dönemde oldukça sınırlı olmaktadır.

Eğer Pizer (1997)'ın makalesinde bulduğu gibi marjinal yarar fonksiyonunun eğimi, marjinal maliyet fonksiyonun eğiminden daha az ise, $\Delta_{FM} > 0$ olacak ve miktar kısıtlaması yerine, fiyatları etkileyen karbon vergisi gibi araçlarının kullanılması daha iyi sonuçlar sunacaktır.

Malların mükemmel ikame olması halinde, emisyon ticaret sistemi emisyon miktarını belirlemeye yönelik politikalardan her zaman için üstün olacaktır. Ancak malların kısmen ikame edebildiği durumda, fonksiyonların eğimi önem kazanmaktadır. Mallar kısmen ikame edilebilir ya da bağımsız mallar iken $B'' < C''$ olursa, Δ_{TM}'nin pozitif değer alır ve emisyon ticaret sistemi daha etkili olur.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda, emisyon kaynaklarına getirilecek miktar kısıtlamasının, karbon vergisi ya da emisyon ticaret sistemi karşısında daha etkin bir performans sergilemesi beklenemez. Bu durumda diğer iki politikanın birbiri üzerindeki etkinliğine bakmak gerekir. Malların birbirini ikame etme gücü

azaldıkça ρ sıfıra yaklaşır, Δ_{TF} negatif bir değer alır ve emisyon ticaret sistemi yerine karbon vergisi daha uygundur. Mallar birbirinden bağımsız ise (ρ=0), $\Delta_{TF}<0$ çıkar ve karbon vergisinin daha etkili olması beklenebilir. Malların ikame etme gücünün artması halinde emisyon ticaret sisteminin karbon vergisine üstün olması ihtimali vardır. Ancak, kesin bir yargıya varabilmek için (5) numaralı denklemde yer alan değişkenlerin değerlerini tam olarak bilmek gerekir. Örneğin, B″=0 olması halinde mallar tam ikame olmasına (ρ=1) rağmen, karbon vergisinin beklenen getirisi emisyon ticaret sisteminden daha fazla olabilir.

Nordhaus, miktar kısıtlaması uygulanması halinde, problemin kontrol altına alındığı yanılgısı yaşanacağını söylemektedir. Belirsizliğin büyük olduğu bir ortamda, miktar kısıtlaması yapılması fiyatlarda büyük dalgalanmalara sebep olacaktır ki, bu da öngörülemez bir ortamda ekonomik birimlerin davranışlarını olumsuz etkileyecektir. Nitekim Nordhaus'un belirttiği şekilde büyük fiyat dalgalanmaları hem ABD'deki SO_2 piyasasında hem de EU ETS'de yaşanmıştır. 2005 yıllında ulusal tahsisat planlarının düşük belirlenmesi ve emisyon ruhsatlarında yaşanan kısıtlılık karbon fiyatlarının ± %50 dalgalanmasına sebep olmuştur. Benzer durum ABD'deki SO_2 piyasası için de söz konusudur. 1996 yılında ton başına 70$ olan SO_2, 2005 yılı sonlarında tonu 1500$'a ulaşmıştır. SO_2 fiyatları, ham petrol fiyatlarından daha çok dalgalanma göstermektedir (Nordhaus, 2005: 15-23). Hızlı fiyat değişimlerinin firmalar üzerinde olumsuz etki yaratmasını önlemek için her iki sistemde de biriktirme ve ödünç alma sistemleri uygulamaya konmuştur.

Nordhaus'un karbon vergisini önermesinin bir diğer nedeni, miktar tabanlı rejim uygulamalarının yolsuzluklara daha yatkın olmasıdır. Bir önceki bölümde örnek olarak sunulduğu üzere, atmosferin kirlenmesinde diğer kuruluşlardan daha

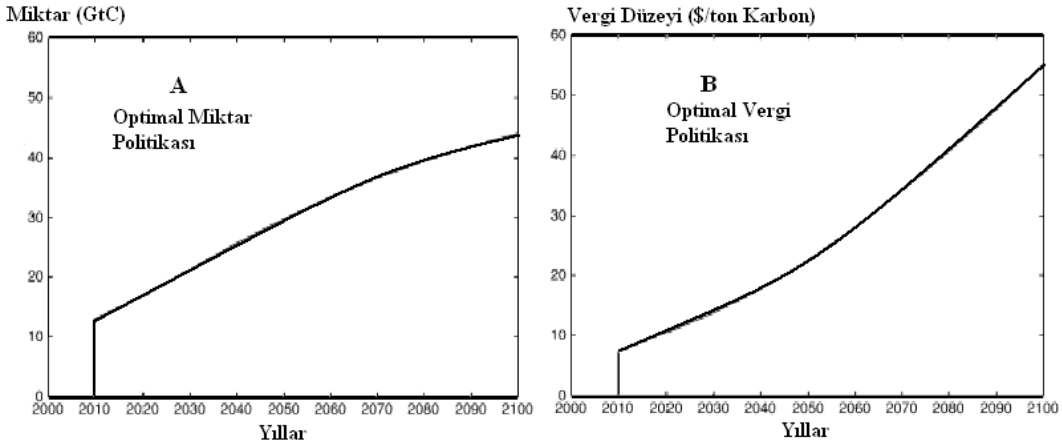
büyük sorumluluğu bulunmasına rağmen enerji sektöründeki bazı şirketlerin hükümetlere olan yakınlığı, sistemden daha çok tahsisat almalarına ve önemli karlar elde etmelerine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle emisyon ticaret sistemlerinin iyi denetlenmesi gerekmektedir.

Literatürde, karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin birlikte uygulanması daha etkili bulunmaktadır (Pizer,1997:20, Williams, 2002: 23, Mckibbin, 2002: 119, Nordhause, 2005: 12).

Komuta-kontrol araçları, miktar tabanlı piyasa enstrümanları ve karbon vergisi ülke ekonomisine uygun şekilde farklı kombinasyonlarda uygulanabilir. Böylece, bir politika aracının eksik yanları ya da olumsuz etkileri bir diğer politika enstrümanın yardımı ile ortadan kaldırılabilir. Örneğin, emisyon ticaret sisteminin uygulanması sırasında ruhsat fiyatlarının doğru tespit edilememesi ve ham petrol fiyatları gibi karbon fiyatlarının da spekülatif hareketlerden etkilenmesi mümkündür. Bu durumda, firma ve tüketici davranışlarını etkilemek için karbon vergisinden faydalanmanın yararı olacaktır. Büyüyen bir ekonomide karbon vergisinin uygulanması, üretimini ve enerji tüketimini arttırmak isteyen ekonomik birimlerin davranışlarını şekillendirmekte yetersiz kalabilir. Bu durumda, karbon vergisine ek olarak emisyon miktarlarına yönelik bir sistemin de uygulamaya konulması ekonomide düşük karbonlu üretim sistemlerinin oluşturulmasına yardımcı olabilir. Hibrit iklim politikalarının daha etkili olacağı düşünülmektedir. Ancak, bazı görüşlere göre hibrit politikaların bu etkinliğinin, karbon vergisinin sunacağı performanstan çok fazla bir fark yaratmayacağı düşünülmketedir (Pizer, 1997: 20).

Yukarıdaki analizler belirli bir dönem için yapılan analizlerdir. Belirli bir dönem için uygulanması rasyonel olan politikalar, birden fazla dönem söz konusu

olduğunda etkinliğini yitirebilir. Bir dönem için tercih edilmeyen bir politika aracı, birden fazla dönem söz konusu olduğunda daha etkin olabilir. Şekil 2'de Pizer (2002), uzun dönemde optimal fiyat ve miktar politikalarının nasıl değişeceğini göstermektedir. Karbon vergisi, ekonomide üretilen sera gazı emisyonlarına bir üst sınır getirmemektedir. Hükümetler ise, ekonomide baskı yaratacağı endişesi ile vergi oranlarını ancak belirli bir seviyeye kadar arttırabilir. Bu durumda, uzun dönemde optimal miktar politikası daha iyi bir sonuçlar sunabilir.



Şekil 2: Uzun Dönemde Optimal Fiyat ve Miktar Politikaları (Kaynak: William A. Pizer, 2002)

Literatür taramasında, marjinal yarar fonksiyonunun göreli olarak marjinal maliyet fonksiyonundan daha yatay olduğu görülmüştür. Bu durumda, sabit miktar kısıtlaması gibi komuta-kontrol araçlarının fiyat ve miktar tabanlı piyasa yaklaşımları üzerinde bir üstünlüğü bulunamayacaktır. Emisyon ticaret sistemi ile karbon vergisinden hangisinin daha etkili bir politika aracı olarak önerilebileceği ise merak edilmektedir. Bu nedenle, uygulanmakta olan sistemlerden hangisinin emisyon indiriminde daha başarılı olduğuna bakmak yararlı olacaktır.

2.3. LİTERATÜRDEKİ AMPİRİK ÇALIŞMALAR

Literatür taramasında iklim değişikliği ile ilgili çalışmaların birbirinden oldukça farklı yöntemlerle ve farklı konularla ilişkili olarak yapıldığı görülmüştür. Geçmişteki değerlerden faydalanarak çeşitli senaryolar altında geleceğe yönelik çıkarımlarda bulunmak için birçok iklim değişikliği modeli kurulmuştur. Bu modellerin temel amacı küresel ortalama sıcaklıkta yaşanacak artışı ve dünya ekonomisinde yaratacağı zararı tahmin edebilmektir. Bir diğer çalışma alanı ise, çeşitli politika araçlarından hangisinin uygulanması gerektiğine ilişkin tavsiye niteliğindedir. Genel olarak yapılan araştırmalarda, genel ve kısmi denge analizleri ile bir politikanın uygulamaya konması halinde yaşanacak ekonomik ve çevresel etkiler incelenmiştir. Diğer bazı çalışmalarda ise, uygulanmakta olan politikaların emisyon indiriminde etkili olup olmadığı analiz edilmiştir. Ex post olarak elde edilen sonuçlarla ex ante olarak yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında, uygulamada politikaların etkinliğini azaltan gelişmeler yaşandığı tespit edilmiştir. Bu bölümde karbon vergisi ile emisyon ticaret sisteminin sera gazı emisyonları üzerindeki etkisini açıklayan bazı çalışmalara yer verilecektir.

Kyoto Protokolü ile Ek B'de yer alan ülkeler istenilen emisyon indirimini gerçekleştireceklerini taahhüt etmiştir. Ancak bu taahhütlerini yerine getirirken, ülkelerin hangi politikayı tercih edeceği yine ülkelerin insiyatifine bırakılmıştır. Taraflardan biri hedefini gerçekleştirirken karbon vergisini tercih edebileceği gibi, bir diğer ülke emisyon ticaret sistemini kullanabilir. Quirion (2002), 9 global modelden[2] faydalanarak Weitzman'ın çalışmasını Avrupa Birliği, ABD ve Japonya için kullanarak, iki sistemden hangisinin daha etkili olacağını incelemiştir. Elde ettiği

[2] AIM, MIT- EPPA, G-cubbed, Abare- GTEM, MERGE3, MS- MRT, The Oxford Model, RICE ve SGM

sonuçlara göre, ülkelerin marjinal yarar fonksiyonun eğimi oldukça az olmasına rağmen, ABD ve Japonya'da emisyon ticaret sistemi daha iyi performans sunacaktır. Emisyon ticaret sisteminden elde edilecek net yarar karbon vergisinden %12 ile %16 daha fazla olacaktır. AB içinse, her iki politikanın birbirine çok yakın performans sergileyeceği tespit edilmiştir (Quirion, 2002:1-17).

Karbon vergisi, iklim değişikliği ile mücadele etmenin yanı sıra kamuya gelir sağlayan önemli bir kaynaktır. Teoride çevreyi kirleten faaliyetlerden vergi alınması ve elde edilen yeni gelirin de ekonomide çarpıklık yaratan sorunların çözümünde kullanılması görüşü çifte kar (Double Dividend) olarak nitelendirilmiştir. Öncelikle konulan vergi ile kirlilik yaratan faaliyetler sınırlandırılacak ve sera gazı emisyonları azaltılacaktır. Bu birinci kardır. İkinci kar ise, çevresel vergi reformu ile çalışanlardan alınan sosyal güvenlik kesintilerinin azaltılması, kişilerin elde ettiği gelirlerden daha az vergi alınması ya da dolaylı vergilerin azaltılması yoluyla işsizlik ve gelir adaletsizliği önlenince elde edilmektedir. Bosquet (2000), çalışmasında çifte karın olup olmadığını incelemek istemiştir. Çevre vergi reformunun CO_2 emisyonu, istihdam, yatırım ve tüketici fiyatları üzerindeki etkisine yönelik 56 çalışmadan yararlanarak çıkardığı 139 simülasyon sonucunu incelemiştir. Bunlardan 67 tanesi CO_2 emisyonlarına ait verileri içermektedir. Çalışma sonucunda, 56 tanesinin çevre vergilerinin CO_2 emisyonlarını azalttığını, birinci karın elde edildiğini tespit etmiştir. Karbon vergisinin, enerji yoğun sektörlere zarar verdiğini, ancak bunun enerji verimliliğinin artmasına ve daha az emisyon üretilmesine sebep olduğunu bulmuştur (Bosquet, 2000: 19-32).

Karbon vergisinin yürürlüğe girdiği ilk yıl Norveç'teki karbondioksit emisyonları %5 azalmıştır. Larsen ve Nesbakken (1996), 1991 yılında Norveç'teki

karbondioksit emisyonlarının %60'nı kapsayacak şekilde uygulamaya konan karbon vergisinin emisyonlar üzerinde etkili olup olamadığını vergi kapsamına alınan çeşitli sektörlerde analiz etmiştir. 1987- 1993 yıllarının incelendiği çalışmada karbon vergisinin etkili olduğu, verginin uygulanmadığı yönündeki senaryo ile kıyaslandığında karbondioksit emisyonunun %3-4 arasında daha az gerçekleştiği bulunmuştur (Larsen et al., 1996: 275-287). Bir başka çalışmada (Bruvoll et al., 2004), 1991 yılında Norveç'te uygulanmaya başlayan karbon vergisinin 1990-1999 yılları arasındaki etkinliği incelenmiştir. 1990- 1999 yılları arasında CO_2, CH_4 ve N_2O gazları Norveç'in sera gazı emisyonlarının %96'sını oluşturmaktadır. Dünyadaki CO_2 tonu başına en yüksek vergiyi Norveç almaktadır. Buna rağmen, araştırmada karbon vergisinin toplam emisyonlar üzerindeki etkisi sınırlı çıkmıştır. 1999 yılı için, sıfır vergi uygulaması ile mevcut vergi uygulaması karşılaştırıldığında, karbon vergisinin, toplam CO_2 emisyonunu %2.3 azalttığı tahmin edilmiştir. Emisyon indirimi yapan sektörlerin, enerjiyi en etkin kullanan ve karbon yoğunluğu daha az olan sektörler olması, emisyonlardan asıl sorumlu olan sektörlerin ise vergi muafiyetinden faydalanması, karbon vergisinin etkinliğini azaltmıştır. Ancak tüm kaynakların ve tüm sera gazlarının vergilendirildiği, sisteminin yükünün daha yaygın, etkili ve adaletli dağıtıldığı durumda, verginin daha az maliyetle daha çok emisyon azaltımına olanak sağlanabileceği vurgulanmıştır (Bruvoll et al., 2004: 493-505).

Karbon vergisi uygulayan bir diğer ülke İsveç'tir. Karbon vergisinin yanı sıra, sülfür ve nitrojen oksit gibi gazlar da vergilendirilmektedir. Karbon vergisi diğer vergilerle birlikte, İsveç'teki sera gazı emisyonlarının azaltılmasında etkili olmuştur. Ancak elektrik üretimi için kullanılan fosil yakıtların vergilendirilmemesi ve

sanayinin kullandığı yakıtlara %50 indirimli karbon vergisi uygulanması sistemin etkinliğini kısıtlamıştır. 1991'de uygulamaya konan vergi reformunun bir diğer etkisi de, daha etkili ısınma sistemlerinin yaygınlaşması olmuştur. Karbon vergisinin uygulanmasıyla birlikte, enerji verimliliğini arttıracak yatırımlarda da artış yaşanmıştır (Johansson, 2000). 2007 yılında İsveç 65.4 milyon ton sera gazı üretmiştir. Bu değer 1990 yılındaki emisyon seviyesinin %9.1 altındadır (SEPA, 2009). İsveç'in uyguladığı çevre stratejisi içinde önemli bir yeri olan vergilerin emisyon indiriminin gerçekleşmesinde etkisi büyük olmuştur. Ancak İsveç Çevre Koruma Ajansı'na (SEPA) göre, karbon vergisi ile mümkün olan indirimler gerçekleşmiştir. Bundan daha fazla indirim gerçekleştirilmek isteniyorsa, bunun için emisyon ticaret sistemi gibi piyasa tabanlı yeni uygulamalara ağırlık verilmelidir. Bunun için firmaları, EU ETS'de işlem yapmaya yönlendirecek çeşitli teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır (SEPA, 2007: 9-11).

1993 yılında Danimarka'da, sanayinin enerji tüketimini ve karbon dioksit üretimini azaltabilmek için gönüllü ticaret anlaşmaları, sübvansiyonlarla birlikte karbon vergisini de içeren bir paket uygulamaya konulmuştur. Bjoner ve Jensen (2002), yaptığı çalışma sonucunda, enerji yoğunluğu yüksek sektörlerin enerji talebinin yeteri kadar esnek olmaması sebebiyle, emisyon indirimi için firmalarla yapılan gönüllü indirim anlaşmalarının karbon vergilerinden daha etkili olduğunu bulmuştur (Bjoner et al., 2002: 243-246).

İtalya'da 1998 yılında kabul edilen yasa ile karbon vergisi yürürlüğe girmiştir. 2000-2004 yılları arasında karbon vergisinin sanayi üzerindeki etkileri incelendiğinde, katı fosil yakıt talebinin karbon vergisinden olumsuz şekilde etkilendiği ve firmaların bu mallara yönelik taleplerini azalttığı tespit edilmiştir.

Doğal gaz tüketiminin de vergi oranlarına duyarlı olduğu bulunmuştur. Ancak karbon vergisi ile birlikte firmaların doğal gaz talebini arttırdığı gözlenmiştir. Vergi oranının düşük tespit edilmesi sebebiyle, verginin imalat sanayi üzerindeki etkinliğinin sınırlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Bardazzi et al.,2007: 20).

Hotunluoğlu (2007), karbon vergisini en iyi şekilde uygulayan Norveç, İsveç, Finlandiya, Hollanda ve Danimarka'nın da içinde bulunduğu 18 Avrupa ülkesinin 1995-2003 yıllarına ait verileri ile yaptığı çalışmada, karbon vergisinin karbondioksit emisyonlarını azaltmada yeterince etkili olmadığını bulmuştur. Etkinsizlik sebeplerini ise, karbon vergisinin tüm karbondioksit emisyonlarını kapsamaması, uygulayan ülkelerin uluslararası rekabet kaybını önlemek için enerji yoğun bazı sektörlere vergi muafiyeti tanıması ve emisyon indirimini hedeflemekten ziyade asıl hedefin kamu geliri elde etmek olması şeklinde sıralamıştır (Hotunluoğlu, 2007: 66).

Amerika'da SO_2 ticaret sistemi 1995 yılında kurulduğunda, amaç SO_2 ve NO_x gazlarının tepkimeye girmesiyle yaşanan asit yağmurlarını önlemekti. Bunun için, SO_2 ticaret sistemi kuruldu ve 1995-1999 yılları arasında Amerika'daki en çok SO_2 üreten 263 elektrik santrali ile sistemin birinci aşaması gerçekleştirildi. Sistem uygulamaya girmeseydi, 1995 ve 1996 yılları için 263 santralin üreteceği sülfür dioksit sırasıyla 0,5 ve 1,2 milyon ton daha fazla olacaktı. 1995 yılındaki toplam sülfür dioksit emisyonun %10'unu (534,000 ton) ve 1996 yılındaki emisyonun %13'ünü (689,000 ton) bazı santrallerin tedarik etmesi gerekirken, diğer bazı üreticiler 1995 ve 1996 yıllarındaki toplam sülfür dioksit emisyonlarının üçte birinden fazlasını daha sonra kullanılmak üzere biriktirdiği görülmüştür (Schmalensee et al., 1998: 59-61). SO_2 ticaret sistemi gibi piyasa tabanlı yaklaşımlar emisyon indiriminde komuta- kontrol araçlarından daha başarılı sonuçlar

sunmaktadır. Sisteme kayıtlı olan üreticilerin, rekabet gücünü korumak için sistemde avantajlı bir konum elde etmesi gerekmektedir. Bunun için sistemin uygulamaya konulması ile santrallerde sülfür dioksit salımını azaltıcı gelişmeler yaşandığı görülmüştür. Firmalar, maliyet avantajı sağlayacak daha üstün teknolojilere yönelmiştir.

İngiletere'nin EU ETS'e dahil olmasının ardından, 2005-2006 yılları için İngiletere'deki enerji sektörünün ürettiği CO_2 emisyonunun yakıt ve karbon fiyatlarından nasıl etkilendiği analiz edilmiştir. EU ETS'de belirlenen karbon fiyatlarının, santrallerdeki kömür kullanımını 2005 yılı için %16 ve 2006 yılı için %18 azalttığı tespit edilmiştir. Santrallerdeki doğal gaz kullanımı ise 2005 yılı içinde %19 ve 2006 yılı için %24 artmıştır. Doğal gaz fiyatlarında artış yaşanması, enerji üretiminde kömür kullanımının daha da azalmasını engellese de, EU ETS'de karbon fiyatının belirlenmesi enerji sektörünün emisyonlarının azaltılmasında etkili olmuştur (McGuinness et al., 2008: 10-15). Simülasyon yöntemi ile EU ETS'de karbon fiyatının belirlenmesinin, kısa dönemde Avrupa'daki enerji sektörünün CO_2 emisyonları üzerindeki potansiyel etkisinin incelendiği çalışmada, yakıt fiyatları ile ilişkisine de bağlı olarak karbon fiyatlarının 2005 ve 2006 yıllarında emisyon indirimine yol açtığı tespit edilmiştir (Delarue, 2008:36-37).

Yukarıdaki çalışmalar göstermektedir ki, her iki politika ampirik olarak incelendiğinde sera gazı emisyonlarının azaltılmasında etkilidir. Ancak her iki politika da uygulamada yaşanan sorunlar ve sistem içinde açık bırakılan kapılar nedeniyle, teorik beklentileri tam olarak karşılayamamaktadır.

2.4. EKONOMETRİK TAHMİN

Fosil yakıt kullanımı, orman alanlarının tahrip edilmesi, çiftçilik ve hayvancılık faaliyetleri, tarımda kullanılan kimyasal ilaçlar önemli sera gazı kaynaklarıdır. Bunlar içindeki en önemli sera gazı kaynağını ise, enerji üretimi ile ulaşım ve sanayide kullanılan fosil yakıtlar oluşturmaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede önerilen en popüler iki piyasa tabanlı politika aracı karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin amacı ise, fosil yakıtlardan kaynaklanan CO_2 emisyonlarını azaltabilmektir. Çalışmada fosil yakıtların sera gazlarının temel belirleyicisi olduğu görüşünden yola çıkılarak, fosil yakıt tüketimini azaltmaya yönelik politikaların sera gazı emisyonlarını azaltmada başarılı olup olmadığı incelenecektir. Fosil yakıtların azaltılması halinde, sera gazı emisyonlarının da azalacağı düşünülmektedir.

Teorik tartışmalara uygun olarak, çalışmadaki beklenti sera gazı emisyonlarının azaltılmasında karbon vergisinin daha etkili olacağı yönündedir. İklim değişikliği ile mücadelede emisyon ticaret sistemlerinin ilgilenilen dönem içerisinde yeterince derinlik kazanmadığı fikrine dayanarak, karbon vergisinin daha etkili sonuçlar vermesi beklenmektedir.

2.4.1. Modelin Tanımlanması

Sera gazı emisyonlarının artmasında karbon içeriği yüksek enerji tüketiminin, tarımda kimyasal ilaç kullanımının, orman alanlarının tahrip edilmesinin etkisi vardır. Ancak incelenen ülkelerde orman alanlarındaki tahribata ve kimyasal ilaç kullanımına ilişkin yeterli verinin bulunmaması sebebiyle, çalışma sadece fosil yakıt tüketimi ile ilişkilendirilebilmiştir.

Modeldeki bağımlı değişken E ile petrol (bin ton) cinsinden ülke içi fosil yakıt tüketiminin ülke nüfusuna bölünmesi ile elde edilen kişi başı fosil yakıt tüketimi gösterilmiştir. Fosil yakıt tüketimini etkileyen bağımsız değişkenler ise, reel büyüme oranı, ısınma ihtiyacı, enerji vergileri ile karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemi olarak ifade edilmiştir. Model değişkenlerin bir önceki yıla göre değişim oranını göstermesi için dlog (x) operatörü kullanılarak tahmin edilecektir. i modelde yer alan grupları (i=1,2,…N) ve t her bir grup için zamanı (t=1,2,…,T) göstermektedir. β'ler eğim katsayısı, α sabit terimi ve u_{it} hata terimi olarak tanımlanmıştır.

Tahmin 1:

$$dlog(E_{it}) = \alpha + \beta_1 BUY_{it} + \beta_2 dlog(ISI_{it}) + \beta_3 dlog(ENV_{it}) + \beta_4 KV_{it} + \beta_5 ETS_{it} + u_{it}$$

BUY, her bir ülkenin reel büyüme oranıdır. Ekonomik büyüme için gereken enerji ihtiyacını ülkeler genellikle fosil yakıtlardan karşılamıştır. Nükleer santraller dışında, ülkelerin enerji ihtiyacının çoğunluğunu karşılayabileceği karbon içeriği düşük teknolojiler yeterli seviyede değildir. Bu nedenle, ekonomik büyüme ile fosil yakıt tüketimi arasında kuvvetli bir ilişki çıkması beklenmektedir.

Bağımsız değişken olarak ISI (Heating degree days, HDD), yıl içerisinde yaşanan sıcaklıkları dikkate alarak evlerin ve işyerlerinin ısınma ihtiyacını tanımlayan göstergedir. Kuzey Avrupa'da yer alan Finlandiya, Norveç gibi ülkeler ile güneydeki Yunanistan, İtalya, Portekiz gibi ülkelerin iklimleri birbirinden oldukça farklıdır. Yıl içinde yaşanan sıcaklıklara göre, ülkelerin ısınma ihtiyacına yönelik enerji tüketimleri de farklılık arz etmektedir. Bu nedenle, ısınma günleri göstergesi

olarak tanımlanan ISI'nın modele konulması gerekmektedir. Isınma ihtiyacı arttıkça, tüketilen enerji miktarı ve sera gazı emisyonunun artması beklenmektedir.

Modeldeki bir diğer bağımsız değişken olan ENV ise, Avrupa ülkelerinin enerji tüketiminden topladığı vergilerdir. Enerji vergileri, temelde gelir elde etmek amacıyla konulan vergilerdir. Bu vergiler konulurken tüketilen enerjinin karbon içeriğine bakılmaz. Ancak verginin, enerji fiyatlarını etkilemesi sebebiyle, fosil yakıt tüketimini azaltması beklenmektedir.

Çalışmada, sanayi sektöründe kullanılan vergisiz ham petrol fiyatları kullanılmak istenmiştir. Ancak ilgilenilen dönem içerisinde 12 Avrupa ülkesine ait verilere ulaşılabilmiştir. Bu verilerle yapılan tahmin sonuçlarında fiyatların fosil yakıt tüketimi üzerindeki ilişkisini gösteren katsayı istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Katsayının anlamsız çıkmasında fiyatların aşırı dalgalanma göstermesinin etkili olabileceği düşünülmüş (Özcan et al., 2008: 19), hem veri kaybına sebep olması hem de fiyatlara etki eden enstrümanların tahmin içinde yer alması nedeniyle, yapılan tahminlerde ham petrol fiyatları kullanılmamıştır.

Modelde, (KV) karbon vergisi için ve (ETS) emisyon ticaret sistemi için oluşturulan kukla değişkenler kullanılmıştır. İlgilenilen dönemde incelenen ülkenin karbon vergisi veya emisyon ticaret sistemini uygulaması halinde kukla değişkenler 1 değerini, uygulamaması durumda ise 0 değerini alacaktır. Modele kukla değişken olarak konan karbon vergisi (KV) ve emisyon ticaret sistemi (ETS)'nin fosil yakıt tüketimini ve sera gazı emisyonlarını düşürmede etkili olması beklenmektedir.

Ülkelerin politika farklılıklarını yansıtmak için Kyoto Protokolü'nün Ek- B listesinden faydalanmak istenmiştir. Güney Kıbrıs Rum Cumhuriyeti ve Malta dışındaki tüm Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kabul edilen Kyoto Protokolü 2005

yılında yürürlüğe girmiştir. Protokolün, EU ETS ile aynı yıl yürürlüğe girmiş olması ve listede 15 Avrupa ülkesinin yer alması, Ek- B kukla değişkeninin etkilerinin ortaya konmasını engellemektedir.

Kişi başı fosil yakıt tüketiminin bağımlı değişken olarak tanımlandığı ekonometrik tahminin ardından, bağımlı değişken olarak kişi başı sera gazı emisyonlarının yer aldığı ikinci tahmin yapılmıştır. Önceki bağımsız değişkenlere ek olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke içi enerji tüketimine oranını gösteren YENR bağımsız değişken olarak dahil edilmiş ve kişi başı sera gazı emisyonlarını azaltmada, açıklayıcı değişkenler ile kukla değişkenlerinin etkisine bakılmıştır.

Tahmin 2:

$$\text{dlog}(SG_{it}) = \alpha + \beta_1 BUY_{it} + \beta_2 \text{dlog}(ISI_{it}) + \beta_3 \text{dlog}(YENR_{it}) + \beta_4 \text{dlog}(ENV_{it}) + \beta_5 KV_{it} + \beta_6 ETS_{it} + u_{it}$$

SG, ülkelerin yıllık sera gazı emisyonlarının ülke nüfusuna bölünmesi ile elde edilen kişi başına düşen sera gazı emisyonlarını göstermektedir. Açıklayıcı değişkenlerin kişi başına düşen sera gazı emisyonları üzerindeki etkileri, kişi başı fosil yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini destekleyici olması beklenmektedir.

YENR, yıl içinde su, rüzgar, güneş gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin ülke içindeki elektrik tüketimine oranını vermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik tüketimindeki payı arttıkça, enerji üretimi için daha az fosil yakıt kullanılacaktır. Dolayısıyla, ülke içinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin payı yükseldikçe ülke içinde kullanılan fosil yakıtlar azalacak ve atmosfere salınan sera gazı miktarı da azalacaktır.

2.4.2. Örneklem ve Veriler

Araştırmada hem karbon vergisi uygulayan hem de en geniş katılımın sağlandığı ilk uluslararası emisyon ticaret sistemine sahip olan Avrupa ülkeleri incelenecektir. Slovakya, Slovenya, Malta, Güney Kıbrıs Rum Cumhuriyeti ile 2007 yılında üye olan Romanya ve Bulgaristan'a ait bazı verilerin eksik olması sebebiyle, bu ülkeler analize dahil edilmemiştir. AB'nin kalan 21 üye ülkesi ve Norveç ile birlikte toplam 22 Avrupa ülkesi incelenecektir.

1996-2006 yıllarına ait veriler kullanılmaktadır. Karbon vergisi uygulayan ülkeler için kukla değişken 1 değerini alacak, vergi sistemi içinde karbon içeriğine bağlı olarak vergilendirme yapmayan ülkelere de 0 değeri verilecektir. Karbon vergisi kukla değişkeninin 1 değerini aldığı ülkeler ve karbon vergisini uygulanmaya başladıkları yıllar şu şekildedir: Finlandiya (1990), Norveç (1991), İsveç (1991), Danimarka (1993), Hollanda (1992), İtalya (1999). İngiltere iklim değişikliği ile mücadele için 2001 yılında yürürlüğe koyduğu vergi reformu ile şirketlerin gaz, kömür ve elektrik kullanımını vergilendirmiştir. Ancak fosil yakıtların karbon içeriğine bakılmadan, ortaya çıkan enerjiye göre (kWh başına) vergilendirme yapıldığı için, İngiltere'deki iklim değişikliği vergisi bir karbon vergisi olarak değerlendirilmemektedir (Pearce, 2003: 378-379).

İngiltere 2002 yılında kendine ait bir emisyon ticaret sistemi (UK ETS) kurmuştur. EU ETS ile uyumlu olmak için 2006 yılında UK ETS kapatılmıştır. 2005 yılında Avrupa Birliği'nde uluslararası emisyon ticaret sistemi kurulmuştur. Sistemin ilk aşaması 2007 yılında tamamlanmıştır. Kyoto Protkolü'ne imza atmayan Malta ve Güney Kıbrıs özel koşullarla sisteme dahil edilmiştir. 2005 yılında 25 AB üyesi sisteme kayıtlıdır. 2007 yılında AB'ne katılan Bulgaristan ve Romanya, 2008 yılında

ise EFTA üyesi olan Norveç, İzlanda ve Liechtenstein'ın sisteme katılımı ile genişleme sağlanmıştır. Ancak Norveç sisteme dahil olmadan önce, EU ETS'e paralel hareket edebilmek için 2005 yılında kendi içinde emisyon ticaret sistemini kurmuştur (Convery, 2008: 23). Bu bilgiler ışığında 1996- 2006 yılları arasında emisyon ticaret sisteminin uygulandığı ülkelerde kukla değişken 1 değerini almakta, sisteme dahil olmayan ülkeler için kukla değişkene 0 değeri verilmektedir.

Ele alınan model kapsamındaki değişkenlere ait veriler, Avrupa ülkeleri için Eurostat[3] veri tabanından elde edilmiştir. Ekonometrik tahmin için Stata9 ekonometrik paket programı kullanılmıştır.

2.4.3. Modelin Tahmin Edilmesi

Ekonometrik tahminler yapılırken, yatay kesit verileri, zaman serileri ve hem zaman hem de kesit boyutu içeren panel verilerden faydalanılmaktadır. Panel veriler, kesit verilerinin zaman içinde uzatılmasından oluşur (Uygur, 2001: 102). Her bir kesitin eşit uzunlukta zaman boyutuna sahip olması halinde dengeli panel, farklı zaman boyutuna sahip olması halinde ise dengesiz panel verileri söz konusu olur. Çalışmada sırasında, 22 ülkeye ait 1996-2006 yıllarını içeren veriler kullanılarak dengeli panel oluşturulmuş ve model panel veri yöntemi ile tahmin edilmiştir.

Panel veri analizlerinde sabit etki (fixed effect) ve rassal etki (random effect) olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Sabit etki, ülkeler arasında değişen ama zaman içinde sabit kalan ve modelde yer almayan açıklayıcı değişkenlerin etkisini göstermektedir. Sabit etki modelinde, eğim katsayıları değişmezken, sabit terim ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Modelde yer almayan bazı

[3] < http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

değişkenler, ülkelere veya ülkelere ve zamana bağlı olarak meydana gelen değişiklikleri hata teriminin bir bileşeni olarak gösterdiği düşünülüyorsa, rassal etki modeli kullanılmalıdır. Rassal etki modelinde, ülkeler için sabit terimlerin tesadüfi bir şekilde değiştiği kabul edilmektedir. Rassal etkilerin bulunması halinde asıl ilgi katsayılarının alacağı değer üzerinde olacaktır (Özer et al, 2009: s.40-41). Modelde, kesitlere veya kesitlere ve zamana bağlı etkilerin olmaması halinde En Küçük Kareler (EKK) (Pooled OLS) yöntemi ile tahmin yapılması uygundur.

Ekonometrik tahmin edicilerden hangisinin kullanılmasının daha doğru olduğunu tespit etmek için, öncelikle sabit etki modeli ile tahmin yapılacaktır. Sabit etki modelinde içsel bağıntı (otokorelasyon) ve değişen varyans (heteroskedasticity) gibi ekonometrik sorunların varlığı incelenecektir. İdeal varsayımlar sağlanamıyorsa, modeldeki sorunlar giderilecek ve sabit etki modeli ile tahmin yapılacaktır. Değişen varyans problemi mevcut ise, model tahmin edilirken White standart hata (heteroskedasticity-robust standart error) düzeltmesi yapmak gerekecektir (Wooldridge, 2002: 57). Modelde içsel bağıntı sorunu da söz konusu ise, Arellano standart hata düzeltmesi kullanılmalıdır (Lund Universitesi, 2004: s49).

İdeal varsayımlar sağlanıyor ise, öncelikle Chow testi ile ekonometrik tahminde EKK (Pooled OLS) tahmin edicisinin mi, yoksa sabit etki tahmin edicisinin mi daha uygun olduğu test edilecektir. Chow testi sonucunda boş hipotez kabul edilirse EKK ile tahmin yapılması uygundur. Test sonucu alternatif hipotez olan sabit etki modelini gösterirse, rassal etki modeli ile sabit etki modelini karşılaştırmak gerekecektir. Bu durumda, ekonometrik tahminde rassal etki modeli ile sabit etki modelinden hangisinin daha uygun olduğunu belirlemek için Hausman testinden faydalanılacaktır (Lund Universitesi, 2004: s52-53).

İdeal varsayımlar sağlanamadığında karşılaşılan içsel bağıntı (otokorelasyon) ve değişen varyans (heteroskedasticity) gibi ekonometrik sorunlar, R^2 ve t istatistiği değerlerinin yukarı sapmalı çıkmasına ve tahmin edilen modelin hatalı yorumlanmasına sebep olur. Bu nedenle, öncelikle modelde değişen varyans ve içsel bağıntı sorunun varlığı araştırılmıştır.

Hata terimleri birbirinden farklı varyansa sahip ise, modelde değişen varyans sorunu var demektir. Değişen varyans sorunu, genellikle yatay kesit verileri ile yapılan tahminlerde karşılaşılan bir sorundur. Panel veri seti, hem kesit hem de zaman verilerine sahiptir. Dolayısıyla, modelde değişen varyans probleminin çıkması muhtemeldir. Değişen varyans problemini test etmek için, Wald Testi kullanılmıştır (Greene,2003: 323-324).

H_0: $\sigma_i^2 = \sigma^2$, her i için

H_1: $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$

Tahmin 1 için Wald Testi sonucu $\chi^2 = 7416{,}06$ olarak hesaplanmaktadır. Bu değer, χ^2 (22) tablo değerinden büyüktür, %1 anlamlılık düzeyi ile boş hipotez reddedilmiştir. Tahmin 2 için Wald Testi sonucu $\chi^2 = 3211{,}76$ bulunmuştur. %1 anlamlılık düzeyi ile alternatif hipotez kabul edilmiştir. Her iki tahminde de değişen varyans sorunu tespit edilmiştir.

Otokorelasyon hata teriminin gecikmeli değerleri ile arasında bir ilişki olması durumda karşılaşılan bir sorundur. Genellikle zaman serileri ile tahmin yapıldığında karşılaşılan bir problemdir. Panel veriler zaman boyutuna da sahip olduğu için, yapılan tahminde hata terimleri arasında otokorelasyon (serail correlation) olup olmadığına bakmak gerekir. Bunun için Breusch-Godfrey LM testi kullanılmıştır. Boş hipotez "Hata terimleri arasında birinci otokorelasyon yoktur" iken, alternatif

hipotez içsel bağıntı sorunun var olduğunu söylemektedir. Tahmin 1 için LM= -3,91 değerini almaktadır. %1 anlamlılık düzeyi ile boş hipotez reddedilmiştir. Tahmin 2 için LM= -1,91 olarak hesaplanmıştır. Her iki tahminde de, içsel bağıntı sorunu dikkate alınarak Arellano standart hata düzeltmesi yapılmıştır.

Panel veri ekonometrik teorisinde, elde edilen tahmin edicilerin asimptotik özellikleri belirli bir T değeri için "N $\rightarrow\infty$" varsayımına göre değerlendirilmiştir. Zaman serisi şeklindeki veriler içinse, belirli bir N değerine karşılık "T $\rightarrow\infty$" durumu dikkate alınır. Çalışmada zaman aralığı 11 yıl ve ülke sayısı 22 ile kısıtlı kalmıştır. Daha uzun bir zaman diliminin incelenmesi halinde, birim kök problemi çıkan değişkenlerin durağan hale geleceği söylenebilir. Yıl sayısı az olduğu için birim kök problemi göz ardı edilmiş ve tahmin sonucunda elde edilecek tahmin edicilerin asimptotik özellikleri sağladığı varsayılmıştır.

Kişi başı yakıt tüketiminin bağımlı değişken olarak tanımlandığı modelde, hem değişen varyans hem de içsel bağıntı sorunu tespit edilmiştir. Arellano standart hata düzeltmesinden faydalanılarak sabit etki modeli ile yapılan tahmin sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tahmin sonucunda elde edilen katsayılar beklentiler doğrultusunda çıkmıştır. Kişi başı fosil yakıt tüketimini açıklamada BUY ve ISI katsayıları 0,01 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur. Diğer değişkenler sabitken, reel büyüme oranı 1 puan arttığında, kişi başı fosil yakıt tüketimi %0,690 artmaktadır. Ülkelerin ısınma ihtiyacında %1'lik değişim yaşandığında, kişi başı düşen fosil yakıt tüketimi aynı yönde %0,233 değişmektedir.

Enerji vergilerinin arttırılması ile karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin uygulanması, fosil yakıt tüketimini azaltmaktadır. ETS kukla değişken katsayısı 0,05

anlamlılık düzeyinde, KV ise 0,10 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur. Kukla değişken katsayılarının sıfırdan farklı çıkması, incelenen dönemde politikaların niteliksel değişim yarattığı anlamına gelmektedir. Ancak katsayıların anlamlılığının test edildiği t istatistikleri sonuçlarına göre, sabit terim ve enerji vergilerinin katsayıları sıfırdan farksızdır.

Tablo 2. Bağımlı Değişken Kişi Başı Fosil Yakıt Tüketimi iken Sabit Etki Modeli Tahmin Sonuçları

Gözlem Sayısı Grup Sayısı Zaman Boyutu	242 22 11	
Değişkenler	Katsayılar	Stand.Hata
BUY	0,690***	0,213
dlog (ISI)	0,233***	0,069
dlog (ENV)	-0,057	0,047
KV	-0,003*	0,002
ETS	-0,020**	0,009
Sabit Terim	-0,010	0,009
R^2	0,1557	
F (5,215)	8,72***	

Not: ***, p<0.01; **, p<0.05 ve *, p<0.10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

F Testi, tahmin edilen modeldeki katsayıların birlikte anlamlı olup olmadığını test etmektedir. H_0: Rβ=0 iken, alternatif hipotez katsayıların sıfırdan farklı olduğu şeklinde kurulduğunda, %1 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi reddedilir. Tahmin edilen model istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur.

Modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkende yaşanan değişikliğin ne kadarını açıkladığını determinasyon katsayısı (R^2) göstermektedir Elde edilen R^2 değerine göre, modeldeki bağımsız değişkenlerin fosil yakıt tüketiminde meydana gelen değişikliğin %15,57'sini açıkladığı görülmektedir.

Sera gazı emisyonlarındaki değişimin en önemli belirleyicisi fosil yakıt tüketimidir. Uygulanan politikaların nihai hedefi sera gazı emisyonlarını azaltmaktır. Yapılan test sonuçlarında, modelde değişen varyans ve içsel bağıntı sorunu tespit edilmiş, Arellano standart hata düzeltmesi kullanılarak sabit etki modeli ile tahmin yapılmıştır.

Tablo 3. Bağımlı Değişken Kişi Başına Düşen Sera Gazı Emisyonları iken Sabit Etki Modeli Tahmin Sonuçları

Gözlem Sayısı Grup Sayısı Zaman Boyutu	242 22 11	
Değişkenler	Katsayılar	Stand.Hata
BUY	0,569***	0,153
dlog (ISI)	0,189***	0,056
dlog (YENR)	-0,048**	0,019
dlog (ENV)	-0,005	0,013
KV	-0,004***	0,001
ETS	-0,005	0,005
Sabit Terim	-0,017**	0,006
R2	0,2567	
F (6,214)	16,37***	

Not: ***, p<0.01; **, p<0.05 ve *, p<0.10 anlamlılık düzeyini göstermektedir**.**

Bağımsız değişkenlerin, kişi başı sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi Tablo 3'de gösterilmektedir. Bağımsız değişken katsayıları beklenilen işaretlere sahiptir. Büyüme oranı, ısınma ihtiyacı değişken katsayıları ve karbon vergisi kukla değişkeni %1 anlamlılık düzeyinde, sabit terim ve YENR değişken katsayısı %5 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur. Enerji vergileri katsayısı ile ETS kukla değişkeninin bağımlı değişkeni açıklamadaki etkisi sıfırdan farksız çıkmıştır. F-testi sonucuna göre, %1 anlamlılık düzeyinde katsayıların tümü birarada istatistiki açıdan anlamlıdır ve bağımlı değişkeni açıklamaktadır. R^2'nin aldığı değere

bakıldığında, modeldeki bağımsız değişkenlerin sera gazı emisyonlarında meydana gelen değişimlerin % 25,67'sini açıkladığı görülmektedir.

Reel büyüme oranında yaşanan 1 puanlık değişiklik, kişi başına düşen sera gazı emisyonlarını aynı yönde %0,569 değiştirmektedir. Diğer değişkenler sabitken, ülkelerin ısınma ihtiyacındaki %1'lik artış, kişi başı sera gazı emisyonlarının %0.189 artmasına sebep olmaktadır. Diğer değişkenler sabit iken, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin ülke içi elektrik tüketimi içindeki payında %1'lik artış, kişi başına düşen sera gazı emisyonlarını % 0,048 azaltmaktadır.

Yapılan tahminlerde, emisyon ticaret sisteminin uygulamasıyla, kişi başına düşen fosil yakıt miktarında azaltıcı etki meydana getirdiği, kişi başı sera gazı emisyonunda ise bir değişiklik yaratmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç, emisyon ticaret sisteminin karbon içeriğinden bağımsız olarak fosil yakıt tüketimini azalttığını düşündürmektedir.

Değişkenlere ait verilerde karşılaşılan zaman kısıtlaması sebebiyle, çalışmada en son 2006 yılına ait veriler kullanılmıştır. 2002 yılı öncesinde emisyon ticaret sistemi Avrupa'da mevcut değildir ve ülkelerin çoğu sistemi 2005 yılında uygulamaya başlamıştır. EU ETS için 2005- 2006, emisyon üst sınırının tespit edilmesi ve dağıtılmasında tecrübesizliklerin yaşandığı, sistemin yeterli derinliğe erişemediği bir dönem olmuştur. Karbon fiyatlarında aşırı dalgalanma gözlenmiştir. Karbon fiyatlarının sistem içinde belirlenmesi, doğal gaz gibi düşük karbon içeriğine sahip fosil yakıtların tüketimini arttırmıştır. Ancak, bu yakıtlara olan talep artışı, fiyatlarının yükselmesine ve sisteme kayıtlı firmaların yüklendiği maliyetlerin artmasına sebep olmuştur. Bu nedenle, karbon fiyatlarının belirlenmesine rağmen, hem karbon fiyatlarının aşırı dalgalanması hem de doğal gaz fiyatlarında gözlenen

artış, talebin kömür gibi yüksek karbon içeriğine sahip yakıtlara yönelmesine neden olmuştur.

Enerji vergileri ve karbon vergisi, ekonomik birimlerin maliyetlerini arttırarak tercihlerinde değişiklik yaratan piyasa tabanlı politikalardır. Enerji vergilerinde, petrol, doğal gaz ve kömür gibi enerji kaynaklarının karbon yoğunluğuna bakılmadan vergilendirme yapılmaktadır. Karbon vergisinde ise, fosil yakıtların içerdiği karbon yoğunluğu göz önüne alınır. Çalışmada fosil yakıt tüketiminde her iki politikanın, iklim değişikliği ile mücadelede ise enerji vergilerinden ziyade karbon vergisinin etkili çıkması beklenmiştir. Yapılan tahminler sonucunda, enerji vergilerinin iklim değişikliği ile mücadelede olumlu etkisi tespit edilememiştir. Karbon vergisinin, hem fosil yakıt tüketimini azaltan hem de kişi başına düşen sera gazı emisyonlarını azaltan bir politika olduğu tespit edilmiştir.

Tahminlerde, karbon vergisi kukla değişken katsayısının düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Karbon vergisinin uygulanması, niteliksel değişim yaratmaktadır. Ancak, teorik ve ampirik literatür taramasında belirtildiği gibi karbon vergisinin uzun dönemde etkinliğini yitirdiği düşünülmektedir. Karbon vergisi uygulanmaya başladığı ilk yıllarda etkili olarak sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Ekonomik birimlerin maliyetlerini arttırarak tercihlerini değiştirmekte, teknolojik atılımların yapılmasında etkili olmaktadır. Uzun dönemde etkisinin devam edebilmesi için vergi oranlarının sürekli arttırılması gerekmektedir. Oy maksimizasyonu yapan siyasi otoritelerin vergi oranlarını sürekli arttırma imkanları ise kısıtlıdır. Vergi uygulamasında karşılaşılan bir diğer sıkıntı ise, ülkelerin rekabet avantajını kaybetmemek için enerji yoğun sektörlere vergi muafiyeti tanınmasıdır. Karbon vergisinin, 1996-2006 yılları arasında kişi başına düşen fosil yakıt tüketimini

ve sera gazı emisyonlarını azalttığı tespit edilmiştir. Ancak vergi uygulamasının beklenilen düzeyde niteliksel farklılık yaratmadığı düşünülmektedir.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Kyoto Protokolü 2012 yılında sona erecektir. 2012 sonrası dönemde uygulamaya konacak yeni bir uluslararası iklim değişikliği sözleşmesinin 2009 yılı sonuna kadar tamamlanması beklenmektedir. Ortaya konulacak olan sözleşme ile, gelişmiş ülkeler kadar gelişmekte olan ülkeler için de yeni yükümlülükler söz konusu olacaktır.

Yeni sözleşme ile bu döneme kadar sera gazı emisyonlarını indirim taahhüdünde bulunmayan ülkeler, 2012 sonrasında sera gazı emisyonlarını azaltmak zorunda kalabilir. Bu durumda, sera gazı emisyonlarını azaltmak için ekonominin yapısında değişiklik yapılması gerekmektedir. Karbon yoğunluğu düşük teknolojilerin ekonomi genelinde yaygınlaştırılması, hem maliyeti yüksek hem de zaman alan bir süreçtir. Dolayısıyla, yeni sözleşmenin koşulları henüz belli olmasa da, bugünden uygulamaya konacak politikalarla ülkelerin yeni dönemde avantajlı bir konum elde etmesi mümkündür. Çalışmanın bu yöndeki araştırmalara yardımcı olması ve literatüre katkıda bulunabilmesi amaçlanmaktadır. Bu açıdan çalışmanın, kuramsal ve ampirik açıdan yararlı olması beklenmektedir.

1990'lı yıllara kadar, ülkelerin büyük çoğunluğu komuta-kontrol araçlarından faydalanarak çevresel sorunlara çözüm üretmiştir. Küresel ısınma tartışmalarının yoğunlaştığı 1990'lı yıllardan itibaren, sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyen farklı politikalar ortaya çıkmıştır. Çalışma sırasında, iklim değişikliği politikaları piyasa tabanlı ve piyasa dışı olarak sınıflandırılmıştır. Alt başlıklar altında enstrümanlar incelenmiştir. Ancak iklim değişikliği politikalarından en çok tartışılan ve kıyaslama yapılan üç araç üzerinde durulmuştur. Teorik çalışmalara göre,

emisyon indiriminin topluma getirisi ve maliyeti arasındaki farkı maksimize etmek isteyen politika uygulayıcı, sabit miktar kısıtlamaları yerine ya karbon vergisi ya da emisyon ticaret sistemi gibi maliyetleri etkileyen piyasa tabanlı enstrümanları tercih etmelidir. Tartışmalar, genel olarak karbon vergisi ile emisyon ticaret sisteminden hangisinin iklim değişikliği politikası olarak daha başarılı olduğu üzerine yoğunlaşmıştır. Kısa vadede, fiyat tabanlı politika aracı olarak karbon vergisinin, emisyon ticaret sisteminden daha üstün bir araç olduğu kabul edilmektedir.

Teorik çalışmalarda, hangi politikanın daha başarılı sonuçlar sunacağı konusunda farklı görüşler bulunsa da, iki politikanın da sera gazı emisyonlarını azaltmada başarılı olduğu düşünülmektedir. Ancak yapılan ampirik çalışmalar incelendiğinde, sonuçlar teorik beklentileri karşılayacak düzeyde değildir. Karbon vergisinin, uygulamaya konması emisyon ticaret sisteminden daha kolaydır. Dolayısıyla, uygulamanın sık sık değiştirilmesi ya da gevşetilmesi mümkündür. Nitekim uygulayan ülkelerde, siyasi ve ekonomik endişelere bağlı olarak, verginin başarısını azaltıcı gelişmeler yaşanmıştır.

Ulusal ya da uluslararası düzeyde uygulanabilen emisyon ticaret sistemi, zaman içinde gittikçe önemi artan bir politika olmuştur. Atmosferi en çok kirleten santrallerin, fabrikaların ve firmaların yer aldığı sistemde, büyüklüğüne ve bulunduğu sektöre göre kirlilik ruhsatı dağıtılmaktadır. Böylelikle ülke genelinde üretilen sera gazı emisyonlarına bir üst sınır konmaya çalışılmaktadır. Firmalar, ellerindeki emisyon ruhsatından daha fazlasına ihtiyaç duyduklarında, emisyon ticaret sistemi içinden ruhsat temin etmeleri gerekmektedir. Sonuçta, sistem içinde yapılan ruhsat arz ve talebine bağlı olarak, karbon fiyatı tespit edilmiş olur. Sistem düzgün işlediği sürece, ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmada başarılı sonuçlar elde edilir. Ancak sistemde aksaklıklar yaşanması halinde, karbon fiyatlarında büyük dalgalanmalar olacaktır. Bu sorun, firmalar için belirsizlik yaratarak, karar almalarını

zorlaştırmaktadır. Fiyatların yaratacağı belirsizliğin yanında, bir diğer sorun ruhsatların adil dağıtılması ile ilgilidir. EU ETS'nin ilk fazında ruhsatlar hükümetler eliyle dağıtılmıştır. Bu durum, ruhsatların siyasi ve ekonomik kaygılar doğrultusunda dağıtılmasına ve enerji yoğunluğu yüksek sektörlerin sistem içinde önemli karlar elde etmesine neden olmuştur. Bu nedenle, açık arttırma usulü ile ruhsatlar temin edilmediği sürece, sisteminin sera gazı emisyonlarını azaltmada başarılı bulunması zordur.

Teorik çalışmalar doğrultusunda oluşturulan, "Karbon vergisi, sera gazı emisyonlarını azaltmada emisyon ticaret sisteminden daha başarılıdır." şeklindeki hipotezi test etmek için 22 Avrupa ülkesinin 1996-2006 yıllarına ait verileri ile dengeli panel oluşturulmuş ve ekonometrik tahmin yapılmıştır. Fosil yakıt tüketiminin insan kaynaklı sera gazlarının artışında en önemli faktör olduğu düşünülmüştür. İlk olarak ilgilenilen politikaların, kişi başı fosil yakıt tüketimi üzerindeki etkisine bakılmıştır. Karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemi kukla değişken katsayıları istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Politikalar uygulandıkları ülkelerin fosil yakıt tüketiminde niteliksel değişim yaratarak, kişi başı fosil yakıt tüketimini azaltmıştır. İkinci olarak, kişi başına düşen sera gazı emisyonları üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Her iki politikanın da kişi başına düşen fosil yakıt tüketimini azaltması nedeniyle, sera gazı emisyonlarında da benzer sonuçların çıkması beklenmiştir. Ancak yapılan tahmin sonucunda, kişi başına düşen sera gazı emisyonlarının azalmasında, emisyon ticaret sistemi kukla değişken katsayısı istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Karbon vergisi kukla değişken katsayısı ise sıfırdan farklı bulunmuştur. Ancak karbon vergisi kukla değişken katsayısının aldığı değer düşük bulunmuştur. Katsayı, vergi uygulamasının ardından kişi başına düşen sera gazı emisyonlarında yaşanan azalmanın düşük düzeyde gerçekleştiğini

göstermektedir. Elde edilen sonuç, ülkelerin vergi düzenlemesinde politikanın asıl hedeflerine uygun olarak uygulanmamasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

1996-2006 yılları arasında 22 Avrupa ülkesinin incelendiği çalışmada, hem karbon vergisinin hem de emisyon ticaret sisteminin kişi başı fosil yakıt tüketimini azalttığı, kişi başına düşen sera gazı emisyonlarını azaltmada ise, sadece karbon vergisinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile, "Karbon vergisi sera gazı emisyonlarını azaltmada emisyon ticaret sisteminden daha başarılıdır." şeklindeki hipotez doğrulanmaktadır. Karbon içeriğine bağlı olarak tüm fosil yakıtların vergi kapsamına dahil edildiği, tüm sektörlerin ve tüketicilerin vergilendirildiği adil bir vergi düzenlemesi sayesinde, ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede olumlu sonuçlar alacağı düşünülmektedir.

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDE ALTERNATİF POLİTİKLARIN ETKİNLİĞİ

Figen Eda AKBULUT

Dünyamız birçok defa küresel iklim değişikliği ile karşılaşmıştır. Ancak son dönemde yaşanan ve yer yüzündeki her canlı için tehdit oluşturan son iklim değişikliği, 150 yılı aşkın bir süredir devam eden insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak diğerlerinden ayrılmaktadır. Sanayileşme ile değişim gösteren insan faaliyetleri, doğanın dönüştürme potansiyelinden daha hızlı bir şekilde sera gazı emisyonlarını arttırmıştır. Son 20 yıldır, daha bilinçli ve etkin bir tutum sergilenmekte ve küresel ısınmayı engellemek için çeşitli politikalar uygulamaya konmaktadır. Çalışma sırasında uygulanan bazı iklim değişikliği politikaları incelenmiştir. Ancak teorik ve ampirik çalışmalar incelenirken, piyasa tabanlı politikalardan karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin başarısı üzerinde yoğunlaşılmıştır. Avrupa ülkeleri içerisinde hem emisyon ticaret sistemi uygulanmakta hem de 1990'lı yıllardan beri karbon vergisi uygulayan ülkeler bulunmaktadır. 22 Avrupa ülkesinin 1996-2006 yıllarına ait verileri kullanılarak, Sabit Etki Modeli ile politikaların kişi başı fosil yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin sonuçlarında, karbon vergisi ve emisyon ticaret sisteminin kişi başı fosil yakıt tüketimini azaltmada başarılı olduğu, ancak sera gazı emisyonlarını azaltmada sadece karbon vergisinin etkili olduğu tespit edilmiştir. İlgilenilen dönemin Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi'nin ilk aşaması olması ve karbon fiyatlarının aşırı dalgalanma göstermesi, politikanın sera gazı emisyonlarını azaltmadaki başarısını etkilemiştir. Karbon vergisi, sera gazı emisyonlarını azaltıcı etki yaratmasına rağmen, vergi politikasının amacına uygun şekilde yürütülememesi sebebiyle, sonuçlar tatmin edici çıkmamıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, piyasa tabanlı politika araçları, karbon vergisi, emisyon ticaret sistemi, panel veri.

ABSTRACT

THE EFFICIENCY OF ALTERNATIVE CLIMATE POLICIES

Figen Eda AKBULUT

The Earth's system has experienced climate change in many times. However, the latest climate change, threatening for all creatures living on the earth, seperates from the others because of the human activities that has been continuing over the last 150 years. As a result of industrialization, changing human activities have increased the greenhouse gas emmissions more than the conversion potential of nature. Especially the last 20 years the more conscious and efficient attitude has been displayed and to prevent the global warming various policies have been applied. During the present thesis, some climate change policies have been studied overcoming the climate change. However, while theorical and empirical researches are analyzed, focus was shifted on success of the carbon tax and emission trading scheme. The emission trading scheme has been implemented among European countries and also there are some countries who have been using carbon tax since the 1990s. By the using the data of 22 European Countries between 1996-2006, the effect of the policies over the per capita consumption of fossil fuels and per capita greenhouse gas (GHG) emissions are estimated through Fixed Effect Model. The results of estimations show that both policies has an effect in decreasing per capita fossil fuels, but only carbon tax is succesful in decreasing per capita GHG emissions. Being in the first phase of the system and fluctuation of the carbon price affected the success of the European Union Emission Trading Scheme over the GHG emissions. Although, carbon tax policy is helpful for decreasing GHG emissions, the results are not satisfying because of the degenerated policy applications.

Keywords: Climate change, market-based policy instruments, carbon tax, emission trading scheme, panel data.

KAYNAKLAR

Agnolucci, P., (2004), "Ex-post Evaluations of CO2- Based Taxes: A Survey", **Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper**, No.52, <http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp52.pdf> (Erişim: 22.04.2009).

Aldy, J. E., Barrett, S., Stavins, R. N., (2003), " Thirteen Plus One: A Comparison of Global Climate Policy Architectures", **The Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) Working Paper,** No. 64.2003, <http://ssrn.com/abstract=385000 or DOI: 10.2139/ssrn.385000> (Erişim: 18.04.2009).

Arıkan, Y., (2006)**, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü Metinler ve Temel Bilgiler**, Bölgesel Çevre Merkezi REC Türkiye Yayını, Ankara.

Azomahou, T., Laisney, F., Van, P. N., (2006), "Economic development and CO2 Emissions: A Nonparametric Panel Approach", **Journal of Public Economics**, S.90, s. 1347-1363.

Baltagi, B.H., (2001), **Econometric Analysis of Panel Data**, Jhon Wiley & Sons Ltd., Second Edition, England

Baranzini, A., Goldemberg, J.,Speck, S., (2000), "A Future For Carbon Taxes", **Ecological Economics**, S. 32, s. 395-412.

Bardazzi, R., Oropallo, F., Pazienza, M. G., (2007), **Industrial CO_2 Emissions in Italy: a Microsimulation Analysis of Energy Taxes**, <http://www.euro.centre.org/ima2007/programme/papers/Pazienza_paper.doc > (Erişim: 25.04.2009)

Birol, Z., (2008), "Kyoto Protokolü Mekanizmaları", **Türkiye Kalkınma Bankası Dergisi**, Türkiye Kalkınma Bankası Yayınları, S. 47, s. 11-14, <http://www.tkb.com.tr/data/file/kalkinma_dergisi/47_dergi.pdf> (Erişim: 18.04.2009).

Bjoner, T., B., Jensen, H., H., (2002), " Energy Taxes, Voluntary Agreements and Investment subsidies- a Micro- panel Analysis of the Effect on Danish Industrial Companies'Energy Demand", **Resources and Energy Economics**, S.24, s. 229-249

Bosquet, B., (2000), "Environmental Tax Reform: Does It Work? A Survey of The Empirical Evidence", **Ecological Economics**, S. 34, s. 19-32

Bruvoll, A., Larsen, B.M., (2004), "Greenhouse Gas Emissions in Norway: Do Carbon Taxes Work?", **Energy Policy**, S.32, s. 493- 505.

Carbon Positive, (2005), "What is the 'global warming potential'of the greenhouse gases?", <http://www.carbonpositive.net/viewarticle.aspx?articleID=247> (Erişim: 21.05.2009)

Chafe, Z., French, H., (2008), "Karbon Piyasalarını Geliştirmek", L. Starke (Ed.), **2008 Dünyanın Durumu, Sürdürülebilir Bir Ekonomi İçin Yenilikler**, Worldwatch Enstitüsü, Çeviri: A. Başçı, Tema Vakfı Yayınları, İstanbul, Yayın No: 54 içinde, s. 107-124

Convery, F., Ellerman, D., De Perthuis, C., (2008), "The European Carbon market in Action: Lessons from the First Trading Period", **MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change Report,** Report No. 62, <http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_Rpt162.pdf> (Erişim:21.05.2009)

Cuervo, J., Gandhi, V.P., (1998), " Carbon Taxes: Their Macroeconomic Effects and Prospects for Global Adoption – A Survey of Literature", **International Monetary Fund Working Paper**, WP/98/73

Delarue, E. D., Ellerman, A. D., D'haeseleer, W. D., (2008), "Short-term CO2 Abatement in the European Power Sector **MIT Center for Enegry and Environmental Policy Research Working Paper**, S.08-008 <http://web.mit.edu/ceepr/www/publications/workingpapers/2008-008.pdf> (Erişim:21.05.2009)

Devlet Planlama Teşkilatı, (2000), **Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, Ankara

Economic Instruments in Environmental Policy, (2007), **A Report by the Swedish Environmental Agency and the Swedish Energy Agency**, S. 5678

Edgerton, D., (2004), **Panel Data Course**, Lund University School of Economics and Management <http://www.nek.lu.se/nekded/Teaching/Panel/lecture_notes.doc> (Erişim:25.04.2009)

Ercan, N., (2008), "İklim Değişikliğine Piyasa Çözüm Mü?", **Cumhuriyet Enerji**, S. 8, s. 6-8, <http://www.emo.org.tr/ekler/78c666d9e6c8aaf_ek.pdf?dergi=532> (Erişim: 18.04.2009).

Filinte, H. M., (2007), **Yaklaşan Küresel İklim Krizi**, Yeni İnsan Yayınevi,Birinci Basım, İstanbul

Gardner, G.,Prugh, T., (2008), "Sürdürülebilir Ekonominin Tohumlarını Atmak", L. Starke (Ed.), **2008 Dünyanın Durumu, Sürdürülebilir Bir Ekonomi İçin Yenilikler**, Worldwatch Enstitüsü, Çeviri: A. Başçı, Tema Vakfı Yayınları, İstanbul, Yayın No: 54 içinde, s. 3-20

Greene, W. H., (2003), **Econometric Analysis**, Fifth Edition, Pearson Education Inc., New Jersey.

Güçlü, S. B., (2006),"Emisyon Ticaret Sistemi Karbon Piyasası", **TMMOB Türkiye Metalurji Mühendisliği Odası Dergisi**, S.142, s. 26-32, <http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi142/d142_2632.pdf> (Erişim: 02.05.2009)

Güldoğan, E., (2007), "İklim Değişikliği Politikasında Emisyon Ticareti ve Bilgi İfşiaatı: İkame Mi, Tamamlayıcı Mı?", A. Öztopal ve Z. Şen (Ed.), **I. İklim Değişikliği Kongresi, TİDEK 2007 Bildiri Kitabı** içinde, s. 212-219

Hamilton, C., Turton, H., (2002), " Determinants of Emissions Growth in OECD Countries", **Energy Policy**, S.30, s.63-71

Hotunluoğlu, H., Tekeli, R., (2007), **Karbon Vergisi Teorisi ve Uygulaması**, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalı, Danışman: Yrd. Doç.Dr. Recep Tekeli.

Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007a), **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Working Group I Report "The Physical Science Basis",** <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm> (Erişim: 21.05.2009)

Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007b), **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Climate Change Synthesis Report**, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm> (Erişim: 21.05.2009)

Johansson, B., (2000), "Economic Instruments in Practice 1: Carbon Tax in Sweden", <http://www.oecd.org/dataoecd/25/0/2108273.pdf> (Erişim: 26.04.2009)

Kadıoğlu, M., (2007), **Küresel İklim Değişimi ve Türkiye**, Güncel Yayıncılık, İkinci Basım, İstanbul

Karakaya, E., Özçağ, M., (2003), "Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma Yöntemi ile CO2 Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi", **VII. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Ekonomi Konferansı**, 6-9 Eylül 2003

Karakaya, E., Özçağ, M., (2004), "Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi", **Kırgızistan- Türkiye Manas Üniversitesi, I. Maliye Konferansı**, 16 nisan 2004, <www.econturk.org/Turkiyeekonomisi/manas.pdf> (Erişim: 02.05.2009).

Kovancılar, B., (2001) "Küresel Isınma Sorunun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği", **Yönetim ve Ekonomi**, C. 8, S. 2, s.7-19.

Larsen, B. M., Nesbakken, R., (1996), "Norwegian Emissions of CO2 1987- 1994, A Study of Some Effects of the CO2 Tax", **Environmental and Resource Economics**, S.9, s. 275-290.

Maddala, G. S., Wu, S., (1999), "A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test", **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, Volume 61, S1, s.631- 652

McGuinness, M., Ellerman, A. D., (2008), " CO2 Abatement in the UK Power Sector: Evidence from the EU ETS Trial Period", **MIT Center for Enegry and Environmental Policy Research Working Paper**, S. 08-010, <http://tisiphone.mit.edu/RePEc/mee/wpaper/2008-010.pdf> (Erişim:25.04.2009)

McKibbin, W. J., Wilcoxen, P. J., (2002), "The Role of Economics in Climate Change Policy", **Journal of Economic Perspectives**, C.16, S. 2, s. 107-129

Nordhaus, W. D., (1991), "Economic Approaches to Greenhouse Warming", R. Dornbusch ve J.M. Poterba (Ed.), **Global Warming: Economic Policy Responses**, The MIT Press. içinde, s. 33-66

Nordhaus, W. D., (1993), "Reflections on the Economics of Climate Change", **Journal of Economic Perspectives,** C.7, S.4, s.11-25

Nordhaus, W. D., (2005), "Life After Kyoto: Alternative Approaches to Global Warming Policies", **Yale University, Department of Economics; National Bureau of Economic Research Working Paper Series**, Vol. W1889, <http://ssrn.com/abstract=872724> (Erişim: 18.04.2009)

Özcan, E. R., Kayman, S., (2008), "Enerji Tüketimindeki Değişimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB Ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması: 1980- 2004", **Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Yayınları**, <http://www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/Ozcan_Kayman.pdf> (Erişim: 18.04.2009)

Özer, M., Çiftçi, N., (2009), "Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, S.23, s.39-49.

Özsoy, I., Yıldırım, U., (1994), "Çevre Kirliliğinin Önlenmesinde Ekonomik Yaklaşımlar ve Çözüm Önerileri", **Çevre Dergisi**, S.11, s. 39-42

Pearce, D., (2003), " The Social Cost of Carbon and Its Policy Implications", **Oxford Review of Economic Policy**, C.19, S.3, s.362-384

Peker, O., Demirci, M., (2008), "İklim Değişikliğinin Bilim ve Ekonomi Perspektifinden Analizi", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, C.13, S.1, s. 239-251,<http://iibf.sdu.edu.tr/dergi/files/2008-1-13.pdf > (Erişim: 18.04.2009)

Pizer, W. A., (1997), " Prices versus Quantities Revisited: The Case of Climate Change", **Resources For The Future Discussion Paper**, No. 98-02, <http://www.rff.org/documents/RFF-DP-98-02.pdf> (Erişim: 21.05.2009)

Pizer, W. A., (1999), " The Optimal Choice of Climate Change Policy In The Presence of Uncertainty", **Resource and Energy Economics**, S. 21, s. 255-287

Pizer, W. A., (2002), "Combining Price and Quantity Controls to Mitigate Global Climate Change", **Journal of Public Economics**, S.85, s.409-434

Quirion, P., (2002), "Complying with the Kyoto Protokol under Uncertanity: Taxes or Tradable Permits?", **The Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) Working Paper,** No. 69.2002, <http://ssrn.com/abstract=334982 or DOI: 10.2139/ssrn.334982> (Erişim: 18.04.2009).

Schmalensee, R., Joskow, P. L., Ellerman, A. D., Montero, J. P., Bailey, E. M., (1998), " An Interim Evaluation of Sulfur Dioxide Emissions Trading", **The Journal of Economic Perspectives**, C. 12, S. 3, s. 53-68, <http://eesc.columbia.edu/courses/w4885/readings/SO2_Emission_Trade.pdf > (Erişim: 25.04.2009)

Stavins, R. N., (2003), "Experience with Market-Based Environmental Policy Instruments", **The Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) Working Paper,** No. 52.2002, <http://ssrn.com/abstract=199848 or DOI: 10.2139/ssrn.199848> (Erişim: 18.04.2009)

Stavins, R.N., (1997), "Policy Instruments For Climate Change: How Can National Governments Address a Global Problem?", The University of Chicago Legal Forum, **Resources For The Future Discussion Paper,** No. 97-11 < http://www.rff.org/documents/RFF-DP-97-11.pdf> (Erişim:21.05.2009)

Stern, N., (2006), "What Is The Economics of Climate Change?", **World Economics The Journal of Current Economic Analysis and Policy**,C.7, S. 2, s.1-10

Swart, R., Robinson, J., Cohen, S., (2003), "Climate Change and Sustainable Development: Expanding the Options", **Climate Policy**, 3S1, s19-40, <http://www.naturvardsverket.se/en/In-English/Menu/Climate-change /Greenhouse-gas-emissions/Emissions-from-1990/> (Erişim: 25.04.2009)

Swedish Environmental Protection Agency, (2008), "Emissions From 1990", <http://www.naturvardsverket.se/en/In-English/Menu/Climate-change /Greenhouse-gas-emissions/Emissions-from-1990/> (Erişim: 25.04.2009)

Şensoy, S., (2006), "İklim Değişikliği", T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, <http://www.dmi.gov.tr/2006/genel/sorular/kureseliklimdegisikligi2.pdf> (Erişim: 20.11.2008)

Tuna, G., (2003), **Küresel Ekonomik, Ekolojik ve Sosyal Tehditler Yeni Güvenlik**, Nobel Yayın Dağıtım, İkinci Baskı, Ankara

Türkeş, M., (1997), " Hava ve İklim Kavramları Üzerine", **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi**, Ankara, S. 355, s. 36-37

Türkeş, M., (2001a) " Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma", Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Ankara, Seminerler Dizisi: 1, s. 187-205

Türkeş, M., (2001b), "Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye", **Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın**, S.61, s. 14-29

Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G., (2000a), "Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri", **Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları**, Hazırlayan: T.C. Çevre Bakanlığı, s.7-24

Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G., (2000b), "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları", **Tesisat Dergisi**, S.52, s. 84-100

Tüzüner, S., (2008), "Kyoto Protokolü Ne Getiriyor?", **Cumhuriyet Enerji**, S. 6, s. 16-17, <http://www.emo.org.tr/ekler/d53b7a44f7aea7e_ek.pdf?dergi=523> (Erişim: 18.04.2009)

Uygur, E., (2001), **Ekonometri: Yöntem ve Uygulama,** İmaj Yayıncılık, Ankara.

Uzmen, R., (2007), **Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İnsanlığı Bekleyen Büyük Felaket Mi?**, Bilge Kültür Sanat Yayınları,Birinci Basım, İstanbul, Yayın No:221

Verbruggen, H., (1991), "Political Economy Aspects of Environmental Policy Instruments", F. Dietz, F. Van der Ploeg ve J. Van der Straaten (Ed.), **Environmental Policy and The Economy**, Elsevier Science Publishers içinde, s. 141-149

Vural, İ.Y., (2006), "Ekolojik Değişimin Kamu Maliyesine Yansıması: İklim Değişikliği, Sürdürülebilir Kalkınma ve Karbon Vergileri", C. C. Aktan, D. Dileyici ve İ.Y. Vural (Ed.), **Kamu Maliyesinde Çağdaş Yaklaşımlar**, Seçkin Yayınları, Ankara, İkinci Baskı içinde, s.153-168

Weitzman, M. L., (1974), " Prices versus Quantities", **The Review of Economic Studies**, C. 41, S.4, s. 477-491

Williams III, R. C., (2002), "Prices versus Quantities versus Tradable Quantities", **National Bureau of Economic Research Working Paper**, No. W9283, <http://ssrn.com/abstract=341852, 18.04.2009> (Erişim: 18.04.2009)

Wooldridge, J. M., (2002), **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, The MIT Pres, Second Edition, London

EKLER

Ek 1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Ek-1 ve Ek-2 Listesi

EK-1	EK-2
Almanya	Almanya
Amerika Birleşik Devletleri	Amerika Birleşik Devletleri
Avrupa Topluluğu	Avrupa Topluluğu
Avustralya	Avustralya
Avusturya	Avusturya
Belçika	Belçika
Beyaz Rusya (a)	Danimarka
Bulgaristan (a)	Finlandiya
Çekoslovakya (a)*	Fransa
Danimarka	Hollanda
Estonya (a)	İngiltere ve Kuzey İrlanda
Finlandiya	İrlanda
Fransa	İspanya
İngiltere ve Kuzey İrlanda	İsveç
Hollanda	İsviçre
İrlanda	İtalya
İspanya	İzlanda
İsveç	Japonya
İsviçre	Lüksemburg
İtalya	Kanada
İzlanda	Norveç
Japonya	Portekiz
Letonya (a)	Türkiye**
Litvanya (a)	Yeni Zelanda
Lüksemburg	Yunanistan
Kanada	
Macaristan (a)	
Norveç	
Polonya (a)	
Portekiz	
Romanya (a)	
Rusya Federasyonu (a)	
Türkiye	
Ukrayna (a)	
Yeni Zelanda	
Yunanistan	

(a) Piyasa ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler

* Lichtenstein, Monako, Çek Cumhuriyeti, Slovenya, Slovakya, Hırvatistan daha sonra listeye dahil olmuş, Çekoslavakya listeden çıkarılmıştır

** Türkiye'nin adı, 2001 yılında gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda alınan 26/CP7 numaralı karar doğrultusunda Ek-II listesinden çıkarılmıştır

Ek 2. Kyoto Protokolü Ek-A ve Ek-B Listesi

Ek- A

Sera Gazları

Karbondioksit (CO2), Metan (CH4), Nitröz Oksit (N2O), Hidrofluorokarbonlar (HFCs), Perflruorokarbonlar (PFCs), Kükürtheksaflorür (SF6)

Sektörler/ Kaynak Kategorileri

Enerji

Yakıt Yanması

Enerji endüstrileri, imalat endüstrileri ve inşaat, ulaşım, diğer sektörler

Yakıtlardan kaynaklanan kaçak salım

Katı yakıtlar, petrol ve doğal gaz, diğerleri

Endüstriyel İşlemler

Mineral ürünler, kimyasal ürünler, metal üretimi

Diğer Üretimler

Halokarbonlar ve kükürt heksaflorürlerin üretimi, halokarbonlar ve kükürt heksaflorürlerin tüketimi, diğerleri

Çözücü ve Diğer Ürün Kullanımı

Tarım

Bağırsak fermantasyonu, çiftlik gübresi yönetimi, çeltik yetiştiriciliği, tarımsal topraklar, savanaların düzenli bir şekilde yakılması, tarımsal kalıntıların tarlada yakılması, diğerleri

Atık

Katı atıkların arazide depolanması, atık su arıtımı, atık yakma, diğerleri

Ek- B

Taraf	Sayısallaştırılan salım sınırlama ya da azatlım yükümlülüğü(Temel yıl ya da dönem yüzdesi)
Avustralya	108
Avusturya	92
Belçika	92
Bulgaristan*	92
Kanada	94
Hırvatistan*	95
Çek Cumhuriyeti	92
Danimarka	92
Estonya*	92
Avrupa Topluluğu	92
Finlandiya	92
Fransa	92
Almanya	92
Yunanistan	92
Macaristan*	94
İzlanda	110
İrlanda	92
İtalya	92
Japonya	94
Latvia*	92
Liechtenstein	92
Litvanya*	92
İsveç	92
Lüksemburg	92
Monako	92
Hollanda	92
Yeni Zelanda	100
Norveç	101
Polonya*	94
Portekiz	92
Romanya*	92
Rusya Federasyonu	100
Slovakya*	92
Slovenya*	92
İspanya	92
İsveç	92
İsviçre	92
Ukrayna*	100
Büyük Britanya Birleşik Krallığı ve Kuzey İrlanda	92
Amerika Birleşik Devletleri	93

*Piyasa ekonomisine geçiş sürecinde olan ülkeler

Ek 3. Ekonometrik Tahminde Kullanılan Veriler

YILLAR	DEĞİŞKENLER						
	Sera Gazları	Fosil Yakıt	Nüfus	Reel Büyüme Oranı	Isınma İhtiyacı	Enerji Vergileri	Yenilenebilir Enerji Oranı
	AVUSTURYA						
1995	80623,93	21202	7948278		3629407	2587,65	70,6
1996	83694,84	22667	7959017	0,022	3947914	2655,29	63,9
1997	83259,18	22680	7968041	0,021	3499257	3045,29	67,5
1998	82614,39	22995	7976789	0,036	3486400	2965,79	67,9
1999	81017,65	22584	7992324	0,033	3400216	3099,88	71,3
2000	81135,9	22401	8011566	0,037	3163592	3288,2	72,4
2001	85279,15	23690	8043046	0,005	3497253	3634,93	67,2
2002	87165,97	24187	8083661	0,016	3225494	3801,01	66,1
2003	93299,77	25829	8121149	0,008	3464692	4009,3	53,1
2004	91662,54	25933	8173323	0,025	3560452	4330,14	58,7
2005	93259,62	26540	8236225	0,029	3649622	4350,28	57,4
2006	91090,25	26014	8282424	0,034	3487330	4221,27	56,6
	BELÇİKA						
1995	150199,09	42039	10136811		2722868	3303,63	1,2
1996	154480,88	44459	10156637	0,012	3300989	3450,06	1,1
1997	145846,61	44249	10181245	0,035	2756272	3474,55	1
1998	151254,97	45884	10203008	0,017	2732786	3556,54	1,1
1999	144804,8	45539	10226419	0,034	2613427	3598,7	1,4
2000	145511,32	45669	10251250	0,037	2521509	3613,9	1,5
2001	145184,72	44509	10286570	0,008	2729844	3632,2	1,6
2002	143406,21	42703	10332785	0,015	2535422	3664,8	1,8
2003	146295,75	45708	10376133	0,01	2696070	3890,5	1,8
2004	146153,67	45345	10421137	0,03	2797805	4305	2,1
2005	142345,7	44937	10478617	0,018	2668858	4463,6	2,8
2006	136970,02	43828	10547958	0,03	2590588	4389,5	3,9
	ÇEK CUMHURİYETİ						
1995	152913,95	37736	10327253		3591236	976,57	3,9
1996	159644,84	38896	10315241	0,04	4125359	1062,22	3,5
1997	152692,34	38925	10304131	-0,007	3644587	1068,98	3,5
1998	144688,77	37320	10294373	-0,008	3432239	1125,75	3,2
1999	140433,25	34486	10283860	0,013	3302610	1235,71	3,8
2000	146957,24	37165	10272322	0,036	3095820	1320,21	3,6
2001	149044,02	37712	10236491	0,025	3555211	1569,45	4
2002	144727,41	37185	10204853	0,019	3254462	1758,64	4,6
2003	145546,89	38753	10207362	0,036	3441044	1851,47	2,8
2004	146613,92	38567	10216016	0,045	3488372	2131,45	4
2005	145749,37	38066	10235828	0,063	3564195	2495,27	4,5
2006	148203,94	38654	10269134	0,068	3444609	2712,65	4,9
	ALMANYA						
1995	1095010,5	295302	81678051		3250774	37486,18	5
1996	1114680,4	305167	81914831	0,01	3806278	35058,75	5,1
1997	1077371,1	297921	82034771	0,018	3219828	33701,74	4,3
1998	1052305,5	298245	82047195	0,02	3092823	33594,58	4,8
1999	1020611,7	287447	82100243	0,02	2954211	38817	5,5
2000	1019494	287692	82211508	0,032	2781504	42031	6,5
2001	1036334,4	296775	82349925	0,012	3118980	44876	6,5
2002	1017270,3	289246	82488495	0	2960869	46389	8,1
2003	1030099	291256	82534176	-0,002	3124444	50009	8,2
2004	1027583,9	290485	82516260	0,012	3185970	48271	9,5
2005	1005000,4	287895	82469422	0,008	3136936	46459	10,5
2006	1004793,8	286360	82376451	0,03	3012448	46730	12
	DANİMARKA						
1995	76226,84	18811	5233373		3542445	2957,05	5,9
1996	89507,01	22433	5263074	0,028	4032442	3276	6,3
1997	79789,27	20117	5284991	0,032	3487533	3274,17	8,9
1998	75741,02	19293	5304219	0,022	3476935	3729,47	11,7
1999	72548,09	18336	5321799	0,026	3193639	4249,82	13,3
2000	67952,95	17341	5339616	0,035	3106128	4403,49	16,7
2001	69443,27	17917	5358783	0,007	3469974	4750,08	17,3
2002	68654,89	17503	5375931	0,005	3166773	4800,06	19,9
2003	73767,49	18724	5390574	0,004	3315434	4907,07	23,2
2004	67857,84	17362	5404523	0,023	3305221	4957,59	27,1
2005	63553,6	16325	5419432	0,024	3262072	4870,53	28,3
2006	70471,21	18248	5437272	0,033	3074012	4854,88	26

YILLAR	DEĞİŞKENLER						
	Sera Gazları	Fosil Yakıt	Nüfus	Reel Büyüme Oranı	Isınma İhtiyacı	Enerji Vergileri	Yenilenebilir Enerji Oranı
	ESTONYA						
1995	20802,65	5090	1436634		4221936	16,92	0,1
1996	21671,84	5320	1415594	0,05	4815618	34,43	0,1
1997	21173,66	5235	1399535	0,108	4460343	55,53	0,1
1998	19621,13	4889	1386156	0,054	4463511	77,58	0,2
1999	18234,56	4517	1375654	-0,001	4177869	73,48	0,2
2000	18246,01	4566	1369515	0,096	3908069	76,06	0,3
2001	18304,84	4627	1364101	0,077	4345996	111,39	0,2
2002	17904,83	4481	1358644	0,078	4261457	116,69	0,5
2003	19689,86	5039	1353557	0,071	4422363	133,9	0,6
2004	20037,1	5210	1349290	0,075	4287700	173,76	0,7
2005	19313,17	5109	1346097	0,092	4318541	215,28	1,1
2006	18876,18	4954	1343547	0,104	4154075	241,15	1,4
	İSPANYA						
1995	318778,33	82535	39387017		1522167	8160,06	14,3
1996	311282,67	80060	39478186	0,024	1813831	8789,87	23,5
1997	332249,52	86473	39582413	0,039	1481522	8784,36	19,7
1998	342430,87	90100	39721108	0,045	1766406	9958,23	18,6
1999	370660,67	96445	39926268	0,047	1845489	10721	12,8
2000	384981,08	100053	40263216	0,05	1805694	10974	15,7
2001	385462,33	102090	40720484	0,036	1750709	11243	20,7
2002	402620,74	107017	41313973	0,027	1632001	12117	13,8
2003	410137,41	109914	42004522	0,031	1754093	12822	21,7
2004	426039,38	116361	42691689	0,033	1895836	13344	18,5
2005	440887,49	121152	43398143	0,036	1937212	13674	15
2006	433339,36	119424	44116441	0,039	1654864	14096	17,7
	FİNLANDİYA						
1995	71330,1	17244	5107790		5646766	2134,99	27
1996	77274,28	19421	5124573	0,037	5887562	2153,53	25,5
1997	75840,82	19945	5139835	0,062	5732892	2510,13	25,3
1998	72324,15	19833	5153498	0,052	5994318	2541,63	27,4
1999	71715,03	18611	5165474	0,039	5628873	2710,94	26,3
2000	69775,88	17775	5176209	0,051	5218505	2628,44	28,5
2001	74977,65	18806	5188008	0,027	5744070	2720,25	25,7
2002	77054,88	20531	5200598	0,016	5715342	2853,9	23,7
2003	84816,46	22905	5213014	0,018	5659913	2882	21,8
2004	80791,34	22545	5228172	0,037	5529500	2952	28,3
2005	69026,7	19148	5246096	0,028	5293414	2923	26,9
2006	80290,52	22308	5266268	0,049	5425506	2982	24
	FRANSA						
1995	555285,78	131183	59418718		2379726	23902,77	17,8
1996	571250,88	140131	59624342	0,011	2671226	24883,54	15,3
1997	563593,61	134255	59830635	0,022	2255292	24789,59	15,2
1998	576613,04	143239	60046709	0,035	2433027	25836,2	14,4
1999	560563,3	141212	60348255	0,033	2310594	26759	16,5
2000	555560,98	140223	60750876	0,039	2222658	26293	15,1
2001	557619,11	145883	61181560	0,018	2376435	25606	16,5
2002	548672,59	144383	61615562	0,01	2176495	27361	13,7
2003	551888,7	146264	62041798	0,011	2343717	27119	13
2004	552264,98	147819	62444707	0,025	2467066	28265	12,9
2005	555136,37	148364	62818185	0,019	2456640	27802	11,3
2006	541308,13	145116	63195457	0,022	2274986	27993	12,5
	YUNANİSTAN						
1995	110492,21	22833	10634385		1638077	2497,8	8,4
1996	113936,65	23946	10709173	0,024	1739744	2725,59	10
1997	118834,41	24109	10776504	0,036	1755374	2717,36	8,6
1998	123894,69	25471	10834880	0,034	1610591	2523,19	7,9
1999	123959,33	25369	10882580	0,034	1519195	2406,44	9,5
2000	128231,44	26752	10917482	0,045	1580919	2177,02	7,7
2001	129568,33	27490	10949957	0,042	1539262	2261	5,2
2002	129405,11	28177	10987543	0,034	1489650	2166	6,2
2003	133500,11	28551	11023514	0,056	1712619	2280	9,7
2004	133725,7	28942	11061701	0,049	1545333	2343	9,5
2005	133831,23	29369	11103965	0,029	1624180	2407	10
2006	133112,35	29346	11148460	0,045	1685238	2458	12,1

YILLAR	DEĞİŞKENLER						
	Sera Gazları	Fosil Yakıt	Nüfus	Reel Büyüme Oranı	Isınma İhtiyacı	Enerji Vergileri	Yenilenebilir Enerji Oranı
	MACARİSTAN						
1995	79327,21	21446	10328965		2892212	919,13	0,7
1996	81474,41	21971	10311238	0,013	3190357	864,75	0,8
1997	79516,51	21476	10290486	0,046	3034997	970,33	0,8
1998	79255,08	21434	10266570	0,048	2898862	1206,59	0,7
1999	79388,77	21276	10237530	0,042	2819765	1263,24	1,1
2000	77588,06	20551	10210971	0,052	2495262	1254,6	0,7
2001	79373,49	21077	10187576	0,041	2826067	1356,4	0,8
2002	77183,46	21064	10158608	0,041	2669341	1579,1	0,7
2003	80578,85	22691	10129552	0,042	3089414	1699,93	0,9
2004	79444,21	21848	10107146	0,048	2865679	1734,26	2,3
2005	80198,06	22680	10087065	0,04	3029948	1875,32	4,6
2006	78624,96	22321	10071370	0,041	2808534	1917,92	3,7
	İRLANDA						
1995	59367,58	10712	3608841		2682624	887,67	4,1
1996	61401,65	11487	3637510	0,09	2935550	1001,31	4
1997	62954,59	11957	3674269	0,115	2565782	1197,85	3,8
1998	65828,63	12732	3712892	0,084	2648601	1307,98	5,5
1999	67341,38	13501	3754982	0,107	2683772	1434,51	5
2000	69028,42	14118	3805368	0,092	2815961	1500,93	4,9
2001	70734,7	14777	3866425	0,058	2826119	1374,36	4,2
2002	68835,28	14999	3931771	0,064	2734115	1631,27	5,4
2003	68646,2	14689	3995699	0,045	2661584	1701,47	4,3
2004	68700,97	15429	4068453	0,047	2721281	1963,34	5,1
2005	70345,06	14585	4159096	0,064	2632969	2047,89	6,8
2006	69762,35	14948	4260773	0,057	2623768	2144,16	8,5
	İTALYA						
1995	530457,33	150584	56844303		1928662	26964,08	14,9
1996	523426,16	149814	56860281	0,011	1938114	29872,13	16,5
1997	529617,16	151893	56890372	0,019	1807447	31347,62	16
1998	540955,75	156011	56906744	0,014	1901718	30916,42	15,6
1999	546913,57	158032	56916317	0,015	1883142	32548,85	16,9
2000	552274,09	159964	56942108	0,037	1694949	30592,85	16
2001	557979,74	159839	56977217	0,018	1767110	30222,37	16,8
2002	559190,7	160397	57157406	0,005	1710701	29571,67	14,3
2003	574083,73	167744	57604658	0	1913452	31709,21	13,7
2004	578039,47	168091	58175310	0,015	1882810	30880,27	15,9
2005	577944,84	170819	58607043	0,007	2050727	31328,56	14,1
2006	567922,2	169023	58941499	0,02	1824291	31861,74	14,5
	LİTVANYA						
1995	21935,06	5360	3629102		3965811	56,42	3,3
1996	23195,51	5670	3601613	0,051	4587218	73,44	2,8
1997	22691,11	5536	3575137	0,085	4127706	113,11	2,6
1998	23587,02	5750	3549331	0,075	4058067	173,33	3,6
1999	20648,59	4954	3524238	-0,015	3809418	220,09	3,8
2000	19339,82	4365	3499536	0,042	3570032	216,91	3,4
2001	20322,56	4863	3481292	0,067	3936455	249,9	3
2002	20649,91	4846	3469070	0,069	3823114	303,28	3,2
2003	20975,15	4929	3454205	0,102	4079390	328,55	2,8
2004	21715,17	5134	3435591	0,074	4046016	332,91	3,5
2005	22680,74	5446	3414304	0,078	4014178	364,37	3,9
2006	23221,77	5449	3394082	0,078	3873241	393,87	3,6
	LÜKSEMBURG						
1995	10334,81	2865	408625		3136600	446,78	2,2
1996	10428,89	2946	414225	0,015	3632079	451,49	1,7
1997	9793,68	2866	419450	0,059	3082959	461,74	2
1998	9054,81	2766	424700	0,065	3080865	483,17	2,5
1999	9674,04	2925	430475	0,084	2929613	532,53	2,5
2000	10184,97	3087	436300	0,084	2754065	584,56	2,9
2001	10476,5	3240	441525	0,025	3020065	608,46	1,6
2002	11305,5	3638	446175	0,041	2827405	635,24	2,8
2003	11665,12	3830	451630	0,015	2933867	687,95	2,3
2004	13402,55	4257	458095	0,045	3183585	808,24	3,2
2005	13290,62	4361	465158	0,052	3041225	860,65	3,2
2006	13321,9	4327	472637	0,064	2923365	857,37	3,4

YILLAR	DEĞİŞKENLER						
	Sera Gazları	Fosil Yakıt	Nüfus	Reel Büyüme Oranı	Isınma İhtiyacı	Enerji Vergileri	Yenilenebilir Enerji Oranı
	LETONYA						
1995	12492,65	3176	2485056		4100423	38,54	47,1
1996	12561,69	3086	2457222	0,036	4691200	68,42	29,3
1997	11971,78	2970	2432851	0,083	4279675	98,7	46,7
1998	11445,63	2875	2410019	0,048	4265082	159,89	68,2
1999	10666,39	2532	2390482	0,033	3986687	140,15	45,5
2000	10020,72	2401	2372985	0,069	3742096	156,46	47,7
2001	10660,48	2635	2355011	0,08	4155020	153,57	46,1
2002	10667,64	2560	2338624	0,065	4039758	174,27	39,3
2003	10847,01	2730	2325342	0,072	4243604	197,21	35,4
2004	10832,7	2758	2312819	0,087	4195940	238,44	47,1
2005	11130,46	2822	2300512	0,106	4183873	290,81	48,4
2006	11621,45	2973	2287948	0,122	4009869	319,71	37,7
	HOLLANDA						
1995	223980,33	71325	15459006		2817044	5432,33	2,1
1996	231993,16	73831	15530498	0,034	3445798	5874,55	2,8
1997	225040,61	72876	15610650	0,043	2863808	6423,32	3,5
1998	226585,67	72372	15707209	0,039	2660678	6721,34	3,8
1999	214405,9	71192	15812088	0,047	2549569	7462	3,4
2000	213630,44	72356	15925513	0,039	2487724	8139	3,9
2001	215291,75	74479	16046180	0,019	2721201	8576	4
2002	214851,67	75006	16148929	0,001	2596162	8690	3,6
2003	216299,14	77316	16225302	0,003	2759265	9033	4,7
2004	217731,26	79003	16281779	0,022	2804954	9736	5,7
2005	211754,23	77041	16319868	0,02	2657974	10548	7,5
2006	207476,6	74898	16346101	0,034	2573464	11363	7,9
	NORVEÇ						
1995	49764,69	12734	4359184		5699159	1199,05	104,6
1996	52759,43	12430	4381336	0,051	5886076	1225,14	91,4
1997	52760,83	13472	4405157	0,054	5391686	1357,22	95,3
1998	52890,95	14010	4431464	0,027	5664187	1342,33	96,2
1999	53930,66	14957	4461913	0,02	5421968	1157,95	100,7
2000	53493,15	14448	4490967	0,033	5248381	1202,53	112,2
2001	54715,41	14763	4513751	0,02	5807514	1095,99	96,2
2002	53412,12	12560	4538159	0,015	5533377	3017,21	107,3
2003	54108,72	16165	4564855	0,01	5472060	2888,18	92,1
2004	54806,98	16668	4591910	0,039	5295365	2640,95	89,7
2005	53800,3	20282	4623291	0,027	5261100	2992,06	108,4
2006	53511,86	13307	4660677	0,023	5153268	3146,06	98,4
	POLONYA						
1995	440608,05	95493	38594998		3621546	1311,15	1,6
1996	448428,94	99591	38624370	0,062	4143701	1713,17	1,7
1997	442699,93	98348	38649660	0,071	3685974	1801,13	1,8
1998	413586,87	92179	38663481	0,05	3558889	2251,01	2,1
1999	400582,42	90035	38660271	0,045	3341435	2812,13	1,9
2000	389489,65	87107	38453757	0,043	3091958	3265,06	1,7
2001	385509,03	86854	38248076	0,012	3581125	3727,57	2
2002	372584,54	85382	38230364	0,014	3337193	4197,39	2
2003	384557,58	87990	38204570	0,039	3593874	4043,78	1,6
2004	384206,59	88225	38182222	0,053	3510323	4327,56	2,1
2005	386356,89	89571	38165445	0,036	3547423	5548	2,9
2006	400459,34	93490	38141267	0,062	3454257	6167,77	2,9
	PORTEKİZ						
1995	70254,92	17069	10030376		917991	2249,11	27,5
1996	67842,97	16518	10057861	0,036	1250276	2362,63	44,3
1997	71337,1	17689	10091120	0,042	891151	2320,92	38,3
1998	76270,34	19414	10129290	0,049	1166836	2543,61	36
1999	83565,37	21591	10171949	0,038	1294515	2533,48	20,5
2000	81707,39	21172	10225836	0,039	1267807	1977,62	29,4
2001	83420,5	21138	10292999	0,02	1256727	2416,31	34,2
2002	88086,68	22458	10368403	0,008	1159654	2900,71	20,8
2003	82986,23	21084	10441075	-0,008	1248074	3084,72	36,4
2004	84999,46	21949	10501970	0,015	1379995	3133,35	24,4
2005	87420,54	22866	10549424	0,009	1360332	3136,33	16
2006	83181,53	20541	10584344	0,014	1197027	3148,3	29,4

YILLAR	DEĞİŞKENLER						
	Sera Gazları	Fosil Yakıt	Nüfus	Reel Büyüme Oranı	Isınma İhtiyacı	Enerji Vergileri	Yenilenebilir Enerji Oranı
	İSVEÇ						
1995	73699,64	19431	8826939		5486961	4653,7	48,2
1996	77325,63	19823	8840998	0,015	5711436	5838,71	36,8
1997	72744,7	18736	8846062	0,025	5198550	5704,66	49,1
1998	73108,07	18839	8850974	0,038	5531376	5905,39	52,4
1999	69793,24	18491	8857874	0,046	5273208	5983,2	50,6
2000	68284,39	17647	8872109	0,044	4940029	6262,14	55,4
2001	68947,33	18847	8895960	0,011	5402281	6050,72	54,1
2002	69924,76	19559	8924958	0,024	5156375	6503,48	46,9
2003	70709,47	19178	8958229	0,019	5230118	6859,01	39,9
2004	69675,86	19255	8993531	0,041	5240360	7013,69	46,1
2005	66899,64	18330	9029572	0,033	5097061	7099,61	54,3
2006	65748,95	17672	9080505	0,042	4982173	7209,3	48,2
	İNGİLTERE						
1995	706617,76	193791	58019030		2988876	20424,98	2
1996	727233,13	203145	58166950	0,029	3331958	22349,53	1,6
1997	703533,85	196350	58316954	0,033	2888041	27557,26	1,9
1998	698972,99	201477	58487141	0,036	2931464	31499,01	2,4
1999	667771	200914	58682466	0,035	2877001	34201,66	2,7
2000	669869,37	206072	58892514	0,039	2978539	37965,15	2,7
2001	673253,44	205106	59108687	0,025	3092587	36604,11	2,5
2002	652959,57	200199	59327658	0,021	2883896	36529,75	2,9
2003	658932,49	204639	59568776	0,028	2880322	33740,37	2,8
2004	657563,97	207393	59879864	0,028	2881295	35670,29	3,7
2005	655306,84	206611	60242843	0,021	2879371	35248,61	4,3
2006	652289,72	204412	60621244	0,028	2813508	35437,78	4,6

Not: Sera gazları, bin ton CO_2 cinsinden; Fosil yakıtlar, bin ton petrol cinsinden hesaplanmıştır.