

Çevre Vergilerinin CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkisi Üzerine Bir Uygulama

An Application on the Effect of Enviromental Tax on CO2 Emissions

Efe Can KILINÇ¹
Hande ALTIPARMAK²

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Gönderim Tarihi: 17.04.2019 | Kabul Tarihi: 23.03.2020

Özet

Birincil enerji kaynaklarının tüketimi sonucunda açığa çıkan CO2 emisyonu sera gazı emisyonları içerisinde en yüksek paya sahiptir. Sera gazı bileşikleri atmosferde ısı tutma özelliğine sahip oldukları için açığa çıkan sera gazı emisyonları atmosferdeki sıcaklığı arttırmakta ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. CO2 emisyon miktarını azaltmak için uluslararası düzeyde karbon vergisi uygulaması başlatılmıştır. Bu çalışmada, Avrupa Birliği'ne üye 21 ülke ve Türkiye özelinde; kişi başına düşen GSYH, nüfus, birincil enerji tüketimi, sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları, çevre vergileri ile CO2 emisyonu arasındaki ilişki 2005-2014 dönemi için dinamik panel veri tahmin yöntemleriyle analiz edilmektedir. Analiz sonuçlarına göre seçilmiş 21 Avrupa Birliği ülkesinde ve Türkiye'de, çevre vergileri ve sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları CO2 emisyonunu negatif, kişi başına düşen GSYH ve birincil enerji tüketimi ise CO2 emisyonunu pozitif yönde etkilemektedir. CO2 emisyonu ile nüfus arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Anahtar Sözcükler: Karbon Vergisi, CO2 Emisyonu, Panel Veri Analizi. Jel Kodları: H23, Q50, C23.

Abstract

CO2 emissions, which are the result of consumption of primary energy sources, have the highest share in greenhouse gas emissions. Since greenhouse gas compounds have heat retention properties in the atmosphere, greenhouse gas emissions increase the temperature in the atmosphere and cause global warming. In order to reduce CO2 emissions, international carbon tax practice was initiated. In this study, the relationship between GDP, population, primary energy consumption, R&D energy expenditures according to socio-economic targets, environmental taxes and CO2 emissions is analyzed by dynamic panel data estimation methods for the period 2005-2014 in particular 21 member countries of the European Union and Turkey. According to the results, environmental taxes and R&D expenditures by socio-economic targets have negative, while GDP per capita and primary energy consumption have positive effects on CO2 emissions in 21 European Union countries and Turkey. There was no significant relationship between CO2 emissions and population.

Keywords: Enviromental Tax, CO2 Emissions, Panel Data Analysis. Jel Codes: H23, Q50, C23.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Kırıkkale, Türkiye. E-mail: efecankilinc@kku.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-3139-0684

2 Yüksek Lisans Öğrencisi, Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Kırıkkale, Türkiye. E-mail: hande6p@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8265-7297

Giriş

Toprağın altında kalan ölmüş bitki ve hayvan artıklarının milyonlarca yıl sonra çözülmesi fosil yakıtları oluşturmaktadır. Fosil yakıtlar yenilenebilir enerji kaynakları değildir. Ülkelerin her gün gelişen bir yapıya sahip olması beraberinde enerjiye duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Küresel enerji talebinin büyük bir bölümü hidrokarbon ve yüksek oranlarda karbon içeren petrol, kömür ve doğalgaz tarafından karşılanmaktadır. Artan enerji talebiyle birlikte sera gazı emisyonlarının çevreye verdikleri zarar git gide artmaya başlamaktadır.

Sanayileşme süreci ile birlikte fosil yakıtların kullanımı yoğunlaşmıştır. Bu durum çevre kirliliğini ve sera gazı emisyonlarındaki artışı beraberinde getirmiştir. Sera gazı bileşikleri; Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitroz oksit (N₂O), Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbon (PFC) ve Kükürt hekzaflorid (SF₆)'dir. Karbon içeren maddeler yüksek sıcaklıkta oksijenle birleştiğinde ya da yandığında atmosfere geçmektedirler. Fosil yakıtların yanmasıyla birlikte ortaya çıkan sera gazları içerisinde, %80'lik paya sahip olan karbondioksit oranının açığa çıkması doğada karbondioksitin yarattığı dengeyi bozmakta ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Sera gazı bileşikleri atmosferde ısı tutma özelliğine sahip oldukları için açığa çıkan sera gazı emisyonları atmosferdeki sıcaklığı arttırmakta ve küresel ısınmaya neden olmaktadır.

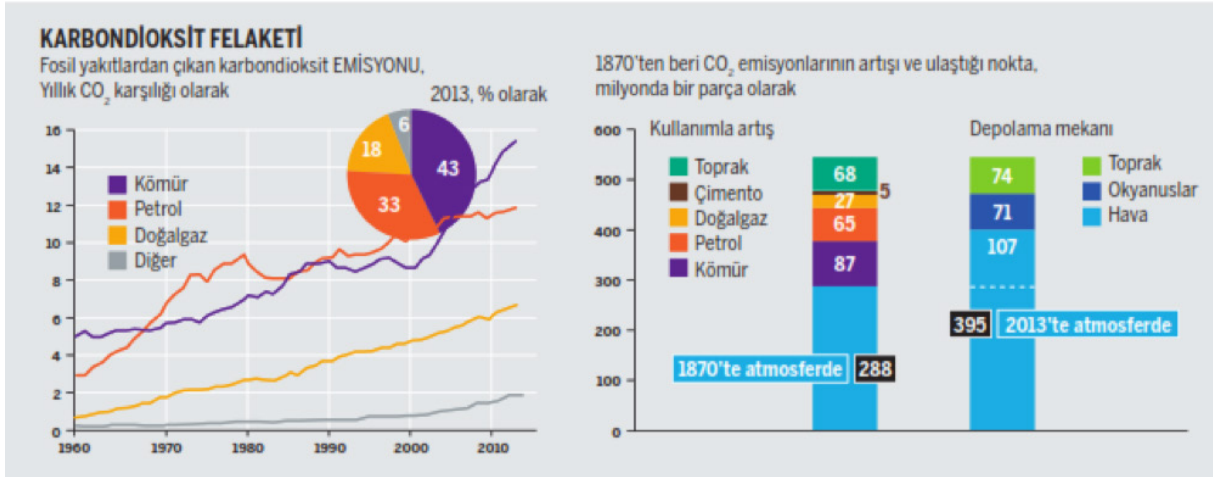
Sera gazı emisyonlarının etkilerini azaltabilmek için sanayileşmiş ülkelere yönelik küresel girişimlerde bulunulmuştur. Kyoto Protokolü, uluslararası bir anlaşma niteliği taşımakta ve küresel ısının yeryüzündeki hayatı tehdit etmeden önce uygulanabilecek hedefler doğrultusunda sera gazı emisyonlarını yeterli derecede azaltılabilmek için oluşturulmuş bir yapıdır. Anlaşmada yer alan 25. Maddede, 1990 yılında küresel ısınmaya sebep olan sera gazı salınımlarının en az %55'inden sorumlu olan ülkelerin Kyoto Protokolünü onaylaması ve anlaşmada imzasının bulunması gerektiğini söylemektedir. Sera gazı emisyonlarının azaltılabilmesi için ayrıca; çevre vergileri, karbon yakalama ve depolama, karbon fiyatlandırma ve karbon ticareti gibi uygulamalara başvurulmaktadır. Bu uygulamalardan en yaygın olanı çevre vergileridir. Çevre vergileri; çevreyi korumaya yönelik ve çevre sorunlardan kaynaklanan ekonomik kayıpları en aza indirmek için geliştirilmiş bir araçtır.

Bu çalışmada; çevre vergisi, nüfus, kişi başına düşen GSYH, birincil enerji tüketimi, sosyo-ekonomik hedeflere göre enerji Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi 2005-2014 döneminde seçilmiş Avrupa ülkelerinde panel veri yöntemi ile analiz edilecektir. Bu kapsamda çalışmada öncelikle CO₂ emisyonu ve çevre vergisi konusuna, ardından ampirik literatüre yer verilecektir. Ampirik uygulamanın yer aldığı üçüncü bölümü, sonuç ve değerlendirme kısmı takip edecektir.

2. CO₂ Emisyonu ve Çevre Vergisi

Karbondioksit, sera gazı emisyonları içerisindeki en önemli bileşiktir. Karbondioksit içeren maddeler yüksek sıcaklıkta oksijenle birleştiğinde ya da yandığında atmosfere geçmektedirler. Karbondioksit; yer altı kaynaklarından, fabrikaların atık işlemlerinden, akaryakıt ve kömür gibi fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmaktadır. Karbondioksit kömür, petrol ve doğalgaz tüketimindeki yoğunluk ile birlikte paralel olarak artmaktadır. Bu da karbondioksitin birincil enerji tüketimi ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 1'de karbondioksit salınımının kaynaklarına göre dağılımı görülmektedir. Buna göre, 2013 yılında Dünya'daki karbondioksit salınımının %43'ü kömür, %33'ü petrol ve %18'i doğalgaz kaynaklıdır. Diğer taraftan, Dünya genelinde havadaki karbondioksit oranı ise 1870 yılında milyonda 288 iken, 2013 yılında 395 parçacığa yükselmiştir.



Şekil 1: Fosil Yakıtlardan Çıkan CO₂ Emisyonu

Kaynak: Heinrich Böll Stiftung Derneği, 2017: 17.

Sanayi devrimi ile birlikte kömür ve demirin önem kazandığı makineleşme çağı başlamıştır. Enerji kaynağı ve hammadde olarak kullanılan doğal kaynakların tüketiminde ciddi bir artış meydana gelmiştir. Doğal kaynak tüketiminde ki bu artış kısa bir sürede kirliliğin küresel düzeyde artmasına ve yayılmasına neden olmuştur. Çevre kirliliğine neden olan, teknolojik gelişmeler ile birlikte kullanımı yoğunlaşan fosil yakıtlardaki artış sonucunda çevre kirliliği uluslararası bir sorun haline gelmiştir. BM Stockholm Çevre ve Kalkınma Konferansı ile 1972 yılında çevre sorunları ilk kez gündeme gelmiştir. 1973 yılında çevre politikalarının temeli, uygulamaya konulan çevre eylem planları çerçevesinde şekillenmiştir. 1987 yılında Avrupa Tek Senedi ve 1993 yılında Maastricht Antlaşması içinde yer alan çevre eylem planları, Avrupa Birliği'nin birincil mevzuatında anayasa niteliğinde temel hükümleri oluşturmuştur. Anlaşma'nın 130r maddesinde belirtildiği gibi, topluluğun çevreyi korumayı hedef ve ilke alan önlemleri çevre kirliliğini azaltmaya ve doğayı korumaya yöneliktir. "Çevreyi kirleten öder" ilkesi üzerine kurulmuş ve kaynakların doğru ve akılcı kullanımı vurgulanmıştır.

Avrupa Birliği çevre mevzuatında yer alan; sanayi tesislerinden kaynaklanan kirliliğin önlenmesi ve kontrolü için 28 Haziran 1984 tarihli 84/360/EEC Konsey Yönergesi, hava kirliliğine neden olabilecek sanayi tesislerine yönelik genel bir çerçeveyi ortaya koymuştur. Su kirliliğine neden olan deşarj standartlarına göre, fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal veya biyolojik işlemlerin önlenmesi için 4 Mayıs 1976 tarihli 76/464/EEC Konsey Yönergesi, su kirliliğine neden olabilecek deşarjlara yönelik genel bir çerçeveyi ortaya koymuştur. Toprağa karışan emisyonların önlenmesi veya en aza indirilmesine ilişkin herhangi bir yapılandırma bulunmamaktadır.

"Çevre vergisi kısaca, çevreye olumsuz etkileri olduğu saptanan fiziksel bir birim ya da ürünün vergilenmesidir. Verginin tabanını, çevreyi olumsuz etkilediği kanıtlanan fiziksel birimler oluşturmaktadır. Çevre vergileri, vergi tabanını oluşturan fiziksel birimler dikkate alındığında enerji vergileri, ulaştırma vergileri, kirlenme vergileri ve kaynak/hammadde vergileri olmak üzere dört temel kümeye ayrılabilir" (OECD, 2005).

Enerji vergileri sınıfına giren karbon vergisi ise karbon bazlı fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan karbon emisyonlarını azaltmak için uygulanan spesifik bir vergidir. Karbon vergisi, küresel ısınma problemini ortadan kaldırabilmek için alınan önlem politikalarından biridir. Karbon vergisi İskandinav ülkelerinin öncülüğünde 1990 yılında ilk kez Finlandiya'da uygulanmıştır.

Emisyon vergileri, salınan sera gazı emisyonu birimi başına ödenen vergilerdir. Emisyon vergilerini üç ana başlıkta incelemek mümkündür.

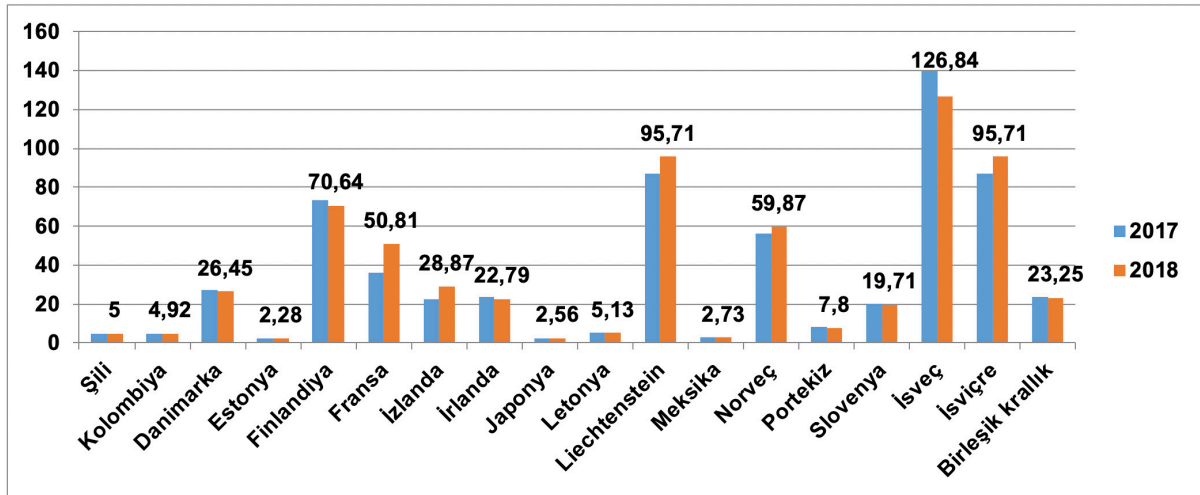
* Her bir fosil yakıt başına alınan karbon vergisi (Kömür tonu başına, Petrol varili başına)

* Havaya bırakılan karbondioksitin tonu başına, salınan karbon miktarı ile orantılı olarak ödenen karbon vergisi

* Belirli bir enerji birimi (terajoule, İngiliz Isı Birimi-BTU veya kilowatt-saat) başına alınan enerji vergisi

Fosil yakıt kullananların yol açtığı küresel ısınma problemini teşkil eden sera gazı emisyonlarından kaynaklanan olumsuz dışsallıkların içselleştirilmesini sağlayan karbon vergisi, aynı zamanda olumsuz dışsallıkların fiyat mekanizması yoluyla içselleştirilmesini savunan ve “kirleten öder” ilkesi olarak da tanımlanan Pigouvian vergi yaklaşımı altında tasnif edilmektedir (Hotunoğlu ve Tekeli, 2007: 111).

Seçilmiş ülkelerde, 2017 ve 2018 yılı için karbon fiyatlandırma araçları kapsamı alanındaki küresel sera gazı emisyonlarının payı olarak Şekil 2’de sunulmuştur. Karbon fiyatları [(tCO)₂e başına 2.28\$’dan başlayarak [(tCO)₂e başına 126.8\$ arasında değişkenlik göstermektedir. 2018 yılı incelendiğinde, [(tCO)₂e başına karbon fiyatlamasının en yüksek olduğu ülkeler sırasıyla; İsveç, İsviçre, Liechtenstein, Finlandiya, Norveç iken, en düşük olduğu ülkeler ise Estonya, Japonya, Meksika, Kolombiya ve Şili’dir. Karbon fiyatlaması konusunda özellikle İskandinav ülkelerinin önplanda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2: Karbon Fiyatlandırma Panosu

Kaynak: World Bank Data, WDI, Carbon Pricing Dashboard

3. Ampirik Literatür

Literatürde çevre vergisi ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiye yönelik teorik ve uygulamalı çalışmalar yapılmıştır. CO₂ emisyonunu konu edinen çalışmaların sayısının arttığı, buna karşın, spesifik olarak çevre vergilerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini konu edinen çalışmaların sayısının fazla olmadığı söylenebilir. Bu çalışmada; çevre vergilerinin yanı sıra sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamalarının sera gazları emisyonu üzerindeki etkileri ele alınmaktadır. Tablo 1’de, çevre vergisi ve CO₂ emisyonunu inceleyen çalışmalardan bazılarının özetlerine yer verilmiştir.

Tablo 1: Literatür

Yazar/lar	Örneklem	Analiz Dönemi	Kapsam	Yöntem	Bulgular
Pabuçcu ve Bayramoğlu (2006),	AB-ülkeleri ile Türkiye	1990-2030	Nüfus, GSYH, enerji üretimi ve tüketimi, ulaşım için enerji kullanımı ve sera gazı salım miktarları arasındaki ilişki	Yapay Sinir Ağları	Türkiye'nin 2020-2025-2030 yılları için CO ₂ eş değeri salım miktarları sırasıyla 740.33 Milyon Ton (Mt), 1039.32 Mt ve 1244.13 Mt olarak tahmin edilmiştir.
Hatunluoğlu ve Tekeli (2007)	Avrupa Birliği'ne Üye 18 Ülke	1995-2003	CO ₂ emisyonu üzerinde; çevresel vergilerin, enerji ve ulaşım vergilerinin, petrol, doğal gaz ve kömür tüketiminin, GSYH ve şehirleşmenin etkisi	Panel Veri Yöntemi	Kömür, petrol ve doğalgazın emisyon üzerinde pozitif etkisi varken, çevresel vergilerin yanı sıra enerji ve ulaşım vergilerinin karbondioksit emisyonu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.
Morley (2012)	Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ve Norveç	1995-2006	Çevre vergilerinin çevre kirliliği ve enerji tüketimleri üzerindeki etkisi	Panel Veri Yöntemi	Çevre vergileri ile çevre kirliliği arasında negatif ve anlamlı bir ilişki varken, çevre vergileri ile enerji tüketimi arasında bir ilişki yoktur.
Kotnik vd., (2014),	Avrupa Birliği'ne Üye 19 Ülke	1995-2010	Çevresel vergilerin sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi	Panel Veri Yöntemi	Çevresel vergilerin hem doğrudan hem de dolaylı yoldan sera gazı emisyonlarını negatif etkilemektedir.
Bayar ve Şaşmaz (2016)	Danimarka, Finlandiya, Hollanda ve İsveç	1996-2011	Karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme ve çevre vergileri arasındaki nedensellik ilişkisi	Panel Veri Yöntemi	Çevre vergileri ile karbondioksit emisyonu arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur. Diğer taraftan, ekonomik büyümeye karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik vardır.
Zaghdoudi ve Maktouf (2017),	OECD ülkeleri	1994-2014	Çevresel vergiler ile karbon emisyonları arasındaki ilişki	Panel Eşik Değer Regresyonu	<u>%2.67</u> eşik seviyesinin üstünde çevresel vergiler ile CO ₂ emisyonları arasında pozitif bir ilişki vardır. Ayrıca, CO ₂ emisyonları ile ekonomik büyüme arasında Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir.
Saucedo vd., (2017),	OECD ülkeleri	1994-2014	Kişi başına CO ₂ emisyonları, kişi başına GSYH, enerji tüketimi ve çevre vergileri arasındaki ilişki	Statik ve Dinamik Panel Veri Yöntemleri	Sabit etkiler modeline göre, Çevresel Kuznets Eğrisi geçerlidir ve çevresel vergiler kişi başına CO ₂ emisyonları üzerinde negatif, enerji tüketimi ise pozitif etkiye sahiptir. Dinamik panel veri tahminlerinde ise Çevresel Kuznets Eğrisi ve enerji tüketimleri açısından benzer sonuçlar varken, çevre vergileri bakımından anlamlı sonuçlar yoktur.
Alper (2018),	18 Avrupa Birliği üye ülkesi	1995-2015	Karbon vergilerinin CO ₂ emisyonu, kentleşme, doğalgaz ve petrol kullanımı üzerindeki etkileri	Panel Veri Yöntemi	Çevre vergilerindeki ve kentleşmedeki artış CO ₂ emisyonunu <u>%0.9</u> oranında azaltmakta, buna karşın, doğal gaz tüketimindeki ve petrol tüketimindeki %1'lik artışın sırasıyla; % 0.1 ve %0.7 oranlarında artırmaktadır.
Polat ve Polat (2018)	25 Avrupa Birliği ülkesi	1995-2014	Çevre vergilerinin CO ₂ emisyonu üzerindeki etkileri	Statik ve Dinamik Panel Veri Yöntemleri	Sistem GMM tekniği ile yapılan tahminlere göre, çevre vergileri ile CO ₂ emisyonu arasında anlamlı bir ilişki yoktur, buna karşın kişi başına gelir ile enerji tüketimi CO ₂ emisyonunu pozitif etkilemektedir. Eşbütünleşme testi çevre vergileri ile CO ₂ emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermişken, Panel DOLS tahmincisi uzun dönemde CO ₂ emisyonu ile çevre vergileri arasında anlamlı bir katsayı türetmemiştir.

4. Veri, Model ve Yöntem

Bu kısımda, seçilmiş 21 Avrupa Birliği ülkesi ve Avrupa Birliğine aday ülke olan Türkiye özelinde çevre vergilerinin karbon salımları üzerindeki etkilerini test etmeye yönelik yapılan ekonometrik analizlere yer verilmiştir. Analizlerde kullanılan, CO₂ emisyonu ve nüfusa ait veriler World Bank'tan, kişi başına düşen GSYH, birincil enerji tüketimi, sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları ve çevre vergilerine ait veriler Eurostat'dan derlenmiştir ve değişkenlerin logaritması alınmıştır. Türkiye ve Polonya ülkeleri için eksik gözlem değerleri olduğundan dengesiz panel veri süreci işletilmiştir.

4. 1. Değişkenlerin Tanımlanması

Çalışmada kullanılan değişkenler ve değişkenlerin açıklamaları Tablo 2’de sunulmuştur. Çalışmada, CO2 emisyonu bağımlı değişken, Ekonomik faaliyetlere göre çevre vergisi, Kişi başına düşen GSYH, toplam nüfus, sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları ve birincil enerji tüketimi açıklayıcı değişkenler olarak ele alınmıştır. Analizlerde Stata 14.0 paket programından yararlanılmıştır.

Tablo 2: Veri Seti

Değişkenler	Değişkenin Kısaltması	Değişkenlerin Tanımlanması
CO ₂ emisyonu (kt)	<u>Inco₂</u>	Karbondioksit emisyonları; katı, sıvı ve gaz yakıtların tüketimi sırasında oluşan karbondioksiti ve gaz ısımasını içerir.
Ekonomik faaliyetlere göre çevre vergisi (milyon euro)	<u>Inenvtax</u>	Çevre vergileri; enerji (nakliye için yakıt dahil); enerji ürünleri taşımacılık amaçlı, sabit amaçlar için enerji ürünleri, sera gazları, nakliye (nakliye için yakıt hariç); motorlu araç ithalatı veya satışı, motorlu taşıtların kaydı veya kullanımı, tekrar eden yol kullanımı, tıkanıklık ücretleri ve şehir ücretleri, diğer ulaşım araçları, uçuşlar ve uçak biletleri, araç sigortası, kirlilik; havaya ölçülen veya tahmini emisyonlar, ozon tabakasını inceltelen maddeler, suya ölçülen veya tahmini atık sular, noktasal olmayan su kirliliği kaynakları, atık yönetimi, su soyutlama, biyolojik kaynakların toplanması, ham maddelerin çıkarılması, peyzaj değişiklikleri ve ağaç kesiminin hepsini kapsamaktadır.
Kişi başına düşen GSYH (euro)	<u>Ingd_p</u>	GSYH, pazar fiyatlarında yerleşik üretici birimlerin üretim faaliyetinin nihai sonucudur.
Toplam nüfus	<u>Inpop</u>	Toplam nüfus, yasal statü veya vatandaşlıktan bağımsız olarak o ülkedeki tüm oturanları kapsar.
Sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları (milyon euro)	<u>Inrd</u>	Sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji <u>harcamaları</u> , hem cari maliyetleri hem de sermaye harcamasını içerir ve yalnızca devlet kurumlarında gerçekleştirilen hükümet tarafından finanse edilen Ar-Ge’yi değil, aynı zamanda yurtdışında olduğu kadar ticari işletmelerde, özel kar amacı gütmeyen ve yükseköğrenim sektörlerinde de devlet tarafından finanse edilen Ar-Ge’yi kapsamaktadır.
Birincil enerji tüketimi (Mtoe)	<u>Inencons</u>	Birincil enerji tüketimi; endüstri, ulaştırma, hane halkı, hizmet ve tarım gibi enerji tüketicilerinin enerji tüketimini, enerji sektörünün enerji tüketimini, enerjinin dönüşümü ve dağıtım sırasında meydana gelen kayıpları kapsamaktadır.

Kaynak: World Bank, World Data Bank, Details/Eurostat, Eurostat Metadata.

4.2. Ekonometrik Yöntem

Dinamik panel veri modelleri, içerisinde gecikmeli değişken ya da değişkenler barındıran modellerdir. Dinamik panel veri modelleri; dağıtılmış gecikmeli panel veri modelleri ve otoregresif panel veri modelleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Otoregresif panel veri modellerinde, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri bağımsız değişkenler olarak modelde yer almaktadır. Dağıtılmış gecikmeli panel veri modellerinde ise, bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerleri bağımsız değişkenler olarak modelde yer almaktadır. Otoregresif panel veri modeli şu şekilde gösterilmektedir:

$$y_{it} = [\delta y]_{(i,t-1)} + \beta [x^*]_{it} + \eta_i + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad i:1,2,\dots,N \text{ ve } t:1,2,\dots,T$$

Denklemdede; x_{it} , $K \times 1$ boyutunda bağımsız değişken vektörünü, β , $K \times 1$ boyutunda katsayılar matrisini, $y_{(i,t-1)}$ bağımlı değişken y_{it} ’nin gecikmeli değerini, η_i gözlemlenemeyen bireysel etkileri, λ_i gözlemlenemeyen zamana özgü etkileri ve ε_{it} ise hata terimini göstermektedir.

Dinamik panel veri modellerinde, gecikmeli bağımlı değişkenin modelde bağımsız değişken olarak yer almasının nedeni içsellik probleminde kaynaklanmaktadır. Dinamik modellerde bağımlı değişkenin gecikmeli değeri ile hata teriminin ilişkili olması, EKK tahmincilerinin sapmalı ve tutarsız sonuçlar vermesine neden olmaktadır (Baltagi, 2005: 135). Bu problemlerin giderilmesi için dinamik panel tahminlerinde Genelleştirilmiş Moment Metodunun (Generalized Methods of Moments- GMM) kullanılması önerilmektedir.

Birinci fark modeli araç değişken matrisi kullanılarak dönüştürülmekte ve dönüştürülmüş model genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir. Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi “İki Aşamalı Araç Değişken Tahminci” olarak da bilinmektedir. Arellano ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi (SGMM) de GMM yöntemine dayanmaktadır. Arellano ve

Bond (1991), GMM tahmincisinin otoregresif parametre sayıları çok fazla olduğunda ve birim etkinin varyansının hatanın varyansına oranı çok yüksek olduğunda zayıf kaldığı, birinci fark alındığında bazı birimlere ait verilerin kaybolduğu tespit edilmiş ve tahmin gücünün zayıf olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzden Sistem Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi (Arellano ve Bover, 1995 ve Blundell ve Bond, 1998) birinci fark dönüşümü yerine ileri ortogonal sapmalar ya da ortogonal sapmalar yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntemde, bir değişkenin tüm mümkün gelecek değerlerinin ortalamasının farkı alınmaktadır (Tatoğlu, 2014). Roodman (2006) tarafından Stata programı için geliştirilmiş olan “xtabond2” komutu ile daha fazla araç değişken kullanılabilir ve verimlilik önemli ölçüde artabilir. “xtabond2” komutu ile aynı zamanda aşırı tanımlama kısıtlamalarını yani araç değişkenlerin geçerliliğini test etmektedir.

4.3. Ampirik Sonuçlar

Çalışmanın bu kısmında çevreyi korumaya yönelik vergi kullanan seçilmiş 21 Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye ele alınmıştır. Kişi başına düşen GSYH (Ingdp), nüfus (Inpop), birincil enerji tüketimi (Inencons), sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları (Inrd) ve çevre vergileri (Inenvtax) ile CO2 (Inco2) emisyonu arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla yapılan dinamik panel veri analizinin sonuçlarına yer verilmektedir. Tahminler iki aşamalı ve dirençli standart hatalar kullanılarak yürütülmüştür.

Tablo 3'te değişkenlere ait tanımlayıcı bilgiler yer almaktadır. Jargue-Bera, çarpıklık ve basıklık istatistikleri dikkate alınarak serilerin normal dağılıp dağılmadığı ile ilgili değerlendirme yapmak mümkündür. Çarpıklık değerlerine göre serilerin tamamının negatif yönde çarpık oldukları, basıklık değerlerine göre de 3'ten büyük oldukları için serilerin tamamının basık olduğu ifade edilebilir.

Tablo 3: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	<u>Inco2</u>	<u>Inencons</u>	<u>Ingdp</u>	<u>Inenvtax</u>	<u>Inpop</u>	<u>Inrd</u>
Ort.	22.04732	20.90769	20.61893	21.83191	22.35876	20.82025
Medyan	22.28730	21.13396	21.05751	22.05746	22.66937	21.14966
Max.	22.50024	21.64562	21.38128	22.28529	22.79219	21.86164
Min.	17.65140	18.09810	0.000000	17.38081	15.75048	16.98656
Std. Sapma	0.819955	0.793067	2.159560	0.773941	0.992983	0.947493
Çarpıklık	-2.939210	-1.953002	-8.450902	-3.232820	-3.897041	-1.479855
Basıklık	11.64403	6.113614	80.06864	14.10140	21.43931	4.896973
Jarque-Bera	956.1563	218.3253	54470.91	1444.149	3506.613	108.1359
Olasılık	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Toplam	4629.936	4390.615	4329.976	4584.701	4695.340	4372.252
Top Hata Kareler	140.5161	131.4516	974.7131	125.1879	206.0772	187.6283
Gözlem	210	210	210	210	210	210

Değişken arasındaki Pairwise korelasyonlarının bulunduğu Tablo 4'ten de görülebileceği gibi, sadece kişi başına düşen GSYH düzeyi ile enerji tüketimi ve ar-ge harcamaları ile enerji tüketimi arasında anlamlı ve pozitif ilişki görülmüştür.

Tablo 4: Pairwise Korelasyonları

Değişkenler	<u>Inco2</u>	<u>Inenvtax</u>	<u>Ingdp</u>	<u>Inrd</u>	<u>Inencons</u>	<u>Inpop</u>
<u>Inco2</u>	1.000					
<u>Inenvtax</u>	-0.0344	1.000				
<u>Ingdp</u>	-0.0406	-0.0169	1.000			
<u>Inrd</u>	-0.0498	0.0128	0.0817	1.000		
<u>Inencons</u>	-0.0442	0.0972	0.2304**	0.2890**	1.000	
<u>Inpop</u>	0.0789	0.0408	0.1062	0.0113	-0.0173	1.000

** =%5 düzeyinde anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 5'te GMM ve sistem GMM tahmincilerinin tutarlılığı test edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlerin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığı Wald testi ile sınanmıştır. Modelde kullanılan araç değişkenlerinin geçerli olup-olmadığı Hansen testi, otokorelasyon sorunu olup-olmadığı ise Arellano-Bond testi ile analiz edilmiştir. Bütün modellerde kullanılan araç değişken sayısı, birim boyutunu (N=22) aşmaktadır.

Tablo 5: GMM ve Sistem GMM Tahmincileri Bulguları (İki Aşamalı Dirençli Standart Hatalar İle)

Modeller	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	GMM Inco ₂	SGMM Inco ₂	GMM Inco ₂	SGMM Inco ₂	GMM Inco ₂	SGMM Inco ₂	GMM Inco ₂	SGMM Inco ₂	GMM Inco ₂	SGMM Inco ₂
I. Inco₂	0.205*** (0.0519)	0.961*** (0.0598)	0.222*** (0.0476)	0.969*** (0.0413)	0.256 *** (0.0504)	0.996*** (0.0245)	0.231*** (0.0469)	0.968*** (0.0413)	0.874*** (0.0810)	0.998*** (0.0164)
Inenvtax	-0.0476 (0.0586)	-0.0171*** (0.00498)	-0.0575 (0.0412)	0.00367 (0.0155)	-0.0561 (0.0596)	-0.0145 (0.0401)	-0.0840** (0.0384)	-0.0141 (0.0125)	-0.200** (0.0779)	0.00418 (0.0240)
Inrd	-0.00708 (0.00480)	0.0255 (0.0232)	-0.00601 (0.00415)	-0.0154*** (0.00460)	-0.00827* (0.00470)	-0.0149* (0.00865)			-0.0250** (0.0117)	-0.00507 (0.00534)
Inqgdp	-0.0425 (0.0657)	0.0605 (0.0388)			-0.0717 (0.0682)	0.0157 (0.0129)			0.169** (0.0828)	-0.00692 (0.00547)
Inpop	-0.636 (0.420)	-0.0220 (0.0279)	-0.604 (0.368)	0.0151 (0.0268)			-0.610 (0.415)	0.0239 (0.0273)		
Inencons	1.332*** (0.0722)	0.0232 (0.0418)	1.298*** (0.0766)	0.0300** (0.0138)	1.339*** (0.102)	0.0405*** (0.0111)	1.345*** (0.0789)	0.0224 (0.0158)		
Wald Chi2	672.77 (0.0000)	4.96e+06 (0.0000)	671.03 (0.0000)	6.03e+06 (0.0000)	536.90 (0.0000)	7.89e+06 (0.0000)	598.02 (0.0000)	5.22e+06 (0.0000)	363.00 (0.0000)	1.31e+07 (0.0000)
AR(1)	-2.19 (0.0283)	-3.27 (0.001)	-2.1561 (0.0267)	-3.29 (0.001)	-2.2164 (0.0267)	-3.30 (0.001)	-2.1943 (0.0282)	-3.31 (0.001)	-3.1865 (0.0014)	-3.30 (0.001)
AR(2)	-1.13 (0.2569)	-0.87 (0.386)	-1.1208 (0.2624)	-0.86 (0.392)	-1.1931 (0.2328)	-0.86 (0.387)	-1.1258 (0.2603)	-0.82 (0.414)	-0.75118 (0.4525)	-0.84 (0.403)
Hansen Chi2		19.13 (0.999)		19.98 (0.999)		20.61 (0.998)		21.94 (0.997)		19.53 (0.999)
Araç Değ. Say	41	49	40	48	40	48	39	47	39	47
Gözlem Sayısı	170	193	170	193	170	193	174	196	170	193
Grup Sayısı	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

Not: ** ve ***; sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

İki aşamalı sistem genelleştirilmiş momentler tahmininde araç değişkenlerin geçerliliği yani aşırı belirleme kısıtlarının olup olmadığı Hansen testi kullanılarak analiz edilmiştir. Araç değişkenlerin geçerliliği, araç değişkenler ile hata terimleri arasındaki ilişkiyi gösteren sıfır hipotezi ile test edilmektedir. Elde edilen sonuçlar dâhilinde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde araç değişkenlerinin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Arellano-Bond testi, AR(2) sürecinde otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir.

Analiz sonuçlarına göre, çevre vergileri ve sosyo-ekonomik hedeflere göre Ar-Ge enerji harcamaları CO₂ emisyonunu negatif etkilemektedir. Bir başka ifadeyle, 21 Avrupa Birliği ülkesinde ve Türkiye'de uygulanan çevre vergileri oranları ve Ar-Ge enerji harcamaları arttıkça CO₂ emisyonunun salınımı azalmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte Ar-Ge enerji sektöründe geliştirilen yeni yöntemler CO₂ emisyonunun azaltılmasında etkili bir rol oynamaktadır. CO₂ emisyonu ile kişi başına düşen GSYH arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Kişi başına düşen GSYH arttıkça alım gücünde ve refah seviyesinde meydana gelen artışlar kömür, petrol, doğal gaz ve yakıt tüketimini arttırmakta bu durum ise CO₂ emisyonunun artmasına neden olmaktadır. CO₂ emisyonu ile nüfus arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

CO₂ emisyonu ile birincil enerji tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Diğer taraftan, CO₂ emisyonunun kendi gecikmeli değeri de tüm modellerde anlamlı ve pozitiftir. 21 Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye enerji tüketiminde yoğun bir şekilde fosil yakıtları kullanmaktadır. Kömür, fosil yakıtlar arasında en çok tüketilen enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Özellikle kömürün yoğun bir şekilde tüketilmesi CO₂ emisyonunun da önemli bir artışa yol açmaktadır. Atmosferde doğal olarak bulunan sera gazları, sera etkisi yaratarak dünyanın ısınmasını sağlar

ancak fosil yakıtların tüketiminde meydana gelen artışlar atmosferdeki karbondioksit, metan ve diğer sera gazlarını önemli ölçüde arttırmaktadır ve küresel ısınmayı tetiklemektedir. Bu noktada, daha yaşanabilir bir çevre için zehirli gaz salınımını azaltacak tedbirlere ve yenilikçi teknolojilere ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Sonuç ve Değerlendirme

Sanayi Devrimiyle birlikte başlayan makineleşme çağı enerji kaynaklarında ve enerji kaynağı olarak kullanılan doğal kaynakların tüketimindeki artışı beraberinde getirmiştir. Gelişen teknoloji ile birlikte endüstride, ulaşım sektörlerinde, hane halklarında, hizmet ve tarım da enerji kullanımı zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Ancak ülkelerdeki artan nüfus ile birlikte insanların refah seviyesinin arttırılmaya çalışılması yeni teknolojileri, yeni sanayileşmeleri, enerji kaynaklarının kullanımına dayalı birçok sektörü de beraberinde getirmiştir. Artan refah düzeyi ile birlikte kişi başına düşen GSYH düzeyleri de artmıştır. Gelirin artması ise hane halkların doğalgaz kullanımını, ulaşım sağlamada benzin ve mazot kullanımlarını arttırmıştır.

Enerji kaynaklarının tüketimindeki bu denli artış zaman içerisinde çevre sorunlarına neden olmaya başlamıştır. Fosil yakıtların tüketimi esnasında açığa çıkan CO2 emisyonu doğadaki dengeyi bozmakta, iklim değişikliklerine yol açmakta ve atmosferdeki sıcaklığı arttırarak küresel ısınmaya neden olmaktadır.

Küresel ısınma problemini ortadan kaldırabilmek için alınan önlemlerden birisi karbon vergisidir. Her ülke belirlenen vergi yükümlülüğü altında salınan sera gazı emisyonu başına ödeme yapmak zorundadır. Çevre vergilerinin CO2 emisyonu üzerinde azaltıcı bir etki yarattığı bulgular arasında yer almaktadır. Karbon salınımlarının azaltılmasında etkili olan bir diğer faktör ise Ar-Ge harcamalarıdır. Tablo 5'te görüldüğü gibi, anlamlı sonuç veren Ar-Ge enerji harcamaları CO2 emisyonunu azaltıcı etkiye sahiptir.

CO2 emisyon miktarını azaltmak için alınabilecek önlemler:

- Karbon vergisi oranlarının ödeyebilme düzeylerinin üstünde yer alması ve caydırıcı olması alınabilecek önlemlerden biri olabilir,
- Birincil enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması alternatif enerji kaynaklarına yönelmek,
- Enerji Ar-Ge faaliyetlerine önem vermek,
- Ekolojik dengeye zarar vermeyecek şekilde enerji kaynaklarının kullanımının kontrol altına alınması minimum seviyeye indirgenmesini sağlamak için topluma bilgilendirme çalışmaları yapmak,
- Karbon yoğunluğu az olan teknolojik gelişmeler sağlamak,
- Ormanlık alanları arttırmak.

Kaynakça

Aliusta H., Yılmaz B., ve Kıriloğlu H. (2016), "Küresel Isınmayı Önleme Sürecinde Uygulanan Piyasa Temelli İktisadi Araçlar: Karbon Ticareti ve Karbon Vergisi", Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, ICAFR 16 Özel Sayısı.

Alper, A. E. (2017). Analysis of Carbon Tax on Selected European Countries: Does Carbon Tax Reduce Emissions?. Applied Economics and Finance, 5(1), 29-36.

Arellano, M., ve Bond, S. (1991), Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. Review of Economic Studies 58, 277-297.

Arellano, M., ve Bover, O. (1995), Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models, *Journal of Econometrics* 68, 29-51.

Aydın, D. (2013) "Ülkeler Arası CO2 Emisyonunun Azaltılması Yönde Etkinlik Çalışması", *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 30,120-135.

Baltagi, B., H., (2005), *Econometric Analysis of Panel Data* (third ed.) John Wiley & Sons.

Bayar, Y., ve Şaşmaz, M., Ü. (2016), Karbon Vergisi, Ekonomik Büyüme ve CO2 Emisyonu Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İsveç ve Norveç Örneği, *International Journal of Applied Economic and Finance Studies*; 1 (1), 32-41.

Blundell, R., ve Bond, S. (1998), Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models, *Journal of Econometrics* 87, 115-143.

European Commission, (2013), *Environmental Taxes A Statistical Guide*, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5936129/KS-GQ-13-005-EN.PDF>, 26.05.2018.

European Commission, (2010), *Eurostat Yearbook 2010 Europe in Figures*, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5721265/KS-CD-10-220-EN.PDF/e47b231c-c411-4d4e-8cd6-e-0257be4f2e6?version=1.0>, 20.05.2018.

Gündüz, İ., O. (2013), "Bir Çevre Vergisi Türü Olarak Enerji Vergisi: Fosil Yakıtların Vergilendirilmesi-II", *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 127-144.

Heinrich Böll Stiftung Derneği, (2017), *Kömür Atlası 2017, Fosil Yakıtlar Hakkındaki Olgular ve Rakamlar*. https://tr.boell.org/sites/default/files/komur_atlasi.pdf 26.04.2018.

Hotunoğlu H., ve Tekeli R., (2007) "Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltıcı Etkisi Var mı?", *Sosyo Ekonomi*, 2, 107-125.

Işık N., ve Kılınç E.,C., (2014), "Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Ar-Ge Harcamaları İlişkisi", *Sosyo-ekonomi*, 2014/2, 140-215.

Kotnik, Z., Klun, M., ve Škulj, D., (2014), The Effect of Taxation on Greenhouse Gas Emissions, *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, No. 43, 168-185.

Kovancılar, B., (2001). "Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği", *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 8(2), 7-20.

Morley, B., (2012), Empirical Evidence on The Effectiveness of Environmental Taxes, *Applied Economics Letters* 19(18): 1817-1820.

OECD (2005), "Çevresel Performans İnceleme",

<https://www.oecd.org/env/country-reviews/42198785.pdf>, 26.04.2018.

Polat, O., ve Polat, G. E. (2018). Avrupa Birliği Ülkelerinde Karbondioksit Emisyonu ve Çevre Vergileri: Panel Veri Analizi Yaklaşımı. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 55 (639), 101-115.

Roodman, D. (2009). How to do xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86-136.

Saucedo, A., Edgar, J., Diaz, P., ve Del Pilar Parra O, M. (2017). Estimating Environmental Kuznets Curve: The Impact of Environmental Taxes and Energy Consumption in Co2 Emissions of OECD Countries. In *DIEM: Dubrovnik International Economic Meeting*, 3(1): 901-912.

Tatoğlu, F., Y., (2014), *İleri Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı*, Beta Basım Yayın, İstanbul.

Uğur, S. (2014), "Sera Gazı Emisyonlarının Azaltımında Karbon-Enerji Vergilerinin Rolü", *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, Sayı 3.

Yıldız, S., (2017), "Sürdürülebilir Kalkınma için Karbon Vergisi", *Muhasebe ve Vergi Uygulama Dergisi*,10(3): 367-384.

World Bank Group (2016), "Uygulamada Emisyon Ticareti: Tasarım ve Uygulama El Kitabı", çev., T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,

<http://documents.worldbank.org/curated/en/541731484292546048/pdf/108879-TURKISH-PUBLIC-ETSHandbookTurkishFullReport.pdf>,16.04.2018.

Zaghdoudi, T., ve Maktouf, S. (2017).Threshold Effect in the Relationship Between Environmental Taxes and CO2 Emissions: A PSTR Specification. Economics Bulletin, 37(3), 2086-2094.

İnternet Kaynakları

European Commission, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> 09.03.2018.

Worldbank, World Development Indicators, <https://databank.worldbank.org/data/source/world-development-indicators> 09.03.2018.

<http://www.mfa.gov.tr/bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi.tr.mfa> 13.04.2018.

https://www.ab.gov.tr/files/UlusalProgram/UlusalProgram_2003/Tr/doc/IV-22.doc 18.04.2018.

Summary

With industrialization, problems such as increased greenhouse gas emissions, air pollution, global warming and thinning of the ozone layer have emerged. The most important point causing greenhouse gas emissions is primary energy consumption. Among primary energy sources, especially coal and oil consumption causes these emissions to remain high. Considering the distribution of primary energy sources in the carbon dioxide emission in the world, according to the data of the International Energy Agency 2018, 44% of total carbon emissions are coal and 34% is oil consumption. Primary energy demand is expected to increase by 25% by 2040. The rapid increase in the world population increases the pressure on the environment. When viewed globally, approximately 75% of total greenhouse gas emissions belong to carbon dioxide. In the sectoral distribution of greenhouse gas emissions, the industry takes the first place with 22% and the transportation sector takes the second place with 20%.

For the countries from the post-industrial period to the 1960s, the environment has been a background element. With the emergence of development economics as a separate discipline, socio-economic policies that take into account the environment have become widespread. It is stated that if the destructive effects of greenhouse gas emissions on the environment cannot be controlled, great dangers (such as drought) await the Earth in the future. According to the scenarios made by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for 2030; diseases such as heat waves, forest fires, agricultural pests, heavy rains (sudden flooding and increase in urban floods), the number and severity of tropical storms, agriculture, agro-culture (field culture), animal husbandry, effects on freshwater storage, malaria and malaria problems such as spreading insects from the area where they normally live will spread. In this sense, under the sustainable development scenario, in order to reduce the environmental impact of greenhouse gas emissions; In addition to some economy-based practices such as carbon capture-storage, environmental taxes, technology-based facts such as ecological innovation, renewable energy, green growth, and energy R&D expenditures are used.

Environmental taxes are an important source of income for the public sector. The aim of environmental taxes is to reduce the negative externality and to provide economic balance accordingly. Environmental taxes, internalize the negative externalities, promote energy saving and the use of renewable sources, discourage anti-ecological behaviour, motivate companies to innovate in sustainability, generate revenue for governments, allowing other taxes to be lowered or environmental projects to be carried out and protect the environment.

Carbon tax, which is one of the important components of environmental taxes, is applied to substances such as gasoline, diesel fuel, liquid fuels, natural gas, coal, fuel oil at different levels. Many regulations and programs are also applied globally to reduce carbon emissions. The Kyoto Protocol, the Climate Change Framework Convention and the Paris Treaty are some of them.

In this study, the impact on carbon emissions on environmental taxes during the period 2005-2014 for selected 21 European Union countries and Turkey are analyzed using panel data method. Variables used in the analysis; CO2 emissions can be listed as population, GDP per capita, primary energy consumption, R&D energy expenditures and environmental taxes according to socio-economic targets. According to the findings of the two-stage system generalized moments method, as the environmental tax rates and R&D energy expenditures increase, the emission of CO2 emission decreases and GDP per capita increases. On the other hand, there is no statistically significant relationship between CO2 emissions and the population.