

CO₂ Salınımı Üzerinde Etkili Olan Faktörlerin Araştırılması: OECD Ülkeleri Üzerine Ekonometrik Bir Araştırma

Abdulkerim KARAASLAN (*)

Hayri ABAR (**)

Serhat ÇAMKAYA (***)

Öz: Bu çalışmada, 1990-2012 yılları arasında yıllık veriler kullanılarak, 34 OECD ülkesinde, karbon salınımı, enerji kullanımı, büyüme, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişki Panel ARDL modeli ile araştırılmıştır. Ayrıca Türkiye için de kısa dönemli bir tahmin yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre; OECD ülkelerinde uzun dönemde, büyüme ile CO₂ arasında aynı yönlü, nüfus artışı ile CO₂ ve yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ arasında ters yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Kısa dönemde ise, nüfus artışı ile CO₂ ve enerji kullanımı ile CO₂ arasında aynı yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Türkiye’de kısa dönemde; enerji kullanımı ile CO₂ ve KBMG ile CO₂ arasında aynı yönlü, büyüme ile CO₂ ve yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ arasında ters yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CO₂, Ekonomik Büyüme, Panel ARDL

Research On Factors Affecting CO₂ Release: An Econometric Application On OECD Countries

Abstract: In this study, the short and long-term relationship between carbon emissions, energy use, growth, population growth, per capita GDP and renewable energy consumption in 34 OECD countries was analyzed using the panel ARDL model using annual data from 1990 to 2012. A short-term forecast has also been made for Turkey. According to the findings obtained from study; long-term in OECD countries, there is a negative correlation between population growth and CO₂ and renewable energy consumption and CO₂, the same direction between growth and CO₂. In the short term, similar relationship has been found between population growth and CO₂ and energy use and CO₂. short-term in Turkey; the same direction between energy use and CO₂ and per capita income and CO₂ has been found to be the opposite relationship between growth and CO₂ and renewable energy consumption and CO₂.

Keywords: CO₂, Economic Growth, Panel ARDL

Makale Geliş Tarihi: 14.07.2017

Makale Kabul Tarihi: 22.09.2017

*) Yrd.Doç.Dr. Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü (e-posta: akkaraaslan@atauni.edu.tr)

**) Yrd.Doç.Dr. Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü (e-posta: hayri@atauni.edu.tr)

***) Dr. Öğrencisi Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü (e-posta: serhatcamkaya36@gmail.com)

I. Giriş

Karbon salınımı, karbon içerikli yakıtların (fosil yakıtlar: petrol, doğalgaz, kömür vb.) yanması sonucu açığa çıkmasıyla oluşan karbondioksit gazının atmosfere yayılmasıdır. Bu gaz, bireysel ve kurumsal kullanımlar sonucu ortaya çıkmaktadır. Karbondioksit gazının havaya salınımı sonucu hava kirliliği meydana gelmektedir. Bu gazın havayı kirletmesi başlangıçta dikkate alınmamakla birlikte günümüzde kirliliğin boyutlarının korkunç seviyelere ulaşmasıyla dikkat çekmeye başlamıştır. Özellikle son yıllarda küresel ölçekte iklim değişiklikleri meydana gelmiştir. Bu değişiklikler küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır.

Küresel ısınmanın boyutlarının inanılmaz derecede artması sonucunda, dünya üzerinde yaşayan tüm canlıların hayatları tehlikeye girmiş birçok bitki ve hayvan türü yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Küresel ısınmanın boyutunun artması ve insanoğlunun yaşamını tehdit etmesi sonucunda tüm dünyada temel çevresel problem haline gelmiştir. Bunun sonucu olarak küresel çapta küresel ısınmayla mücadele etme girişimleri başlatılmıştır. Özellikle 1990'larda gündeme gelen ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerjiden daha güvenilir, temiz ve doğaya karşı daha duyarlı olan yenilenebilir enerji (güneş, rüzgar vs.) kaynakları mücadele girişimlerinin temel aracı konumuna gelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları hem rezerv problemi olmaması yani doğada sürekli olarak var olması sebebiyle hem de yenilenemeyen enerji kaynakları gibi karbon salınımını artırmaması sebebiyle son dönemde oldukça önemli hale gelmiştir. Bu enerji kaynakları karbon salınımına neden olmayarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu enerji kaynakları, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, enerji bağımlılığının azaltılmasıyla enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerji ithalatına bağımlılığın azaltılmasına yardımcı olması gibi avantajlara da sahiptir. Bunun gibi pozitif katkılarından dolayı alternatif enerji kaynakları tüm dünyada popüler olmuştur. Bu çalışmanın amacı; seçilen 34 tane OECD ülkesinde karbon salınımı, enerji kullanımı, büyüme, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerin incelenmesidir. Ayrıca bu çalışmada, Türkiye'de kısa dönemde karbon salınımı, enerji tüketimi, büyüme, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki de incelenmiştir. Bu ilişkilerinin incelenmesinde özellikle son dönemde popüler hale gelen Panel ARDL modeli kullanılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda çalışma giriş bölümünü takiben 4 ana başlıktan oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde karbon salınımı ile ilgili yerli ve yabancı literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise veri seti oluşturulmuştur. Dördüncü bölümünde kullanılan ekonometrik yöntem ve ampirik bulgulara yer verilirken son kısımda ise bulgular değerlendirilmiş ve sonuç kısmı yorumlanarak sunulmuştur.

II. Literatür Taraması

Öztürk ve Acaravcı (2010) çalışmada Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımını ve Granger Nedensellik Analizini kullanarak 1968-2005 yılları arasında; ekonomik büyüme, karbon salınımı, enerji tüketimi ve işsizlik oranı arasındaki uzun dönemli ve nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Bulunan sonuçlardan hareketle değişkenler arasında ARDL sınır testi yaklaşımına göre %5 önem seviyesinde uzun dönemli bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Granger Nedensellik Analizine göre, sadece uzun dönemde karbon salınımı ile reel GSYİH arasında bir nedensellik ilişkisinin olduğu saptanmıştır.

Kim vd. (2010) tarafından Kore için STAR modelini ve Granger Nedensellik analizini kullanarak 1992-2006 yılları arasında; karbon salınımı ve ekonomik büyüme değişkenlerinin arasındaki bağıntıyı araştırmışlardır. STAR modeline göre iki değişken arasında doğrusal olmayan asimetric dinamik tespit edilirken; Granger Nedensellik Analizine göre iki değişken arasında iki yönlü bir ilişkinin varlığından söz edilmektedir.

Lotfalipour vd. (2010) tarafından İran için Toda-Yamamoto Granger Nedensellik tekniğini kullanarak 1967-2007 yılları arasında; ekonomik büyüme, karbon salınımı ve fosil yakıt tüketimi değişkenleri arasında ilişkinin olup olmadığını incelemişlerdir. Ayrıca toplam fosil yakıtlar, petrol ürünleri ve doğal gaz tüketimi, enerji tüketimi için kullanılan 3 değişkendir. Sonuç göstermiştir ki uzun dönemde GSYİH' dan iki enerji tüketim göstergesi (petrol ürünleri ve doğal gaz tüketimi) CO₂ salınımına doğru nedensellik ilişkisi olduğunu, buna karşılık fosil yakıtlar tüketiminden CO₂ salınımına nedensel ilişkinin bulunmadığını gözlemlenmiştir.

Wang vd. (2011) tarafından Çin'deki 28 eyalet için Panel Veri Analizini kullanarak 1995-2007 yılları arasında; karbon salınımı, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda hem karbon salınımı ile ekonomik büyüme arasında hem de ekonomik büyüme ile karbon salınımı arasında iki yönlü bir nedensel ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Pao vd. (2011) tarafından Rusya için Eş Entegrasyon tekniği ve Granger nedensellik analizi modellerini kullanarak 1990-2007 yılları arasında; karbon salınımı, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bulunan sonuçlardan hareketle, karbon salınımı, enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu bulunmuştur. Granger nedensellik analizine göre ekonomik büyüme, enerji kullanımı ve karbon salınımı arasında iki yönlü güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada Çevresel Kuznet Eğrisinin (EKC) geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Saboori vd. (2012) tarafından Malezya için ARDL sınır testi yaklaşımı ve Granger nedensellik analiziyle 1980-2009 yılları arasında; karbon salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki araştırılmıştır. Ayrıca çevresel kuznet eğrisi (ÇKE) de test edilmiştir. Bulunan sonuçlardan hareketle; ARDL modeline göre, karbon salınımı ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli güçlü bir ilişki olduğunu, Granger nedensellik analizine göre ise kısa dönemde iki değişken arasında nedensellik ilişkisi olmadığını aksine uzun

dönemde ekonomik büyümeden karbon salınımına doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu ortaya çıkmıştır.

Altıntaş (2013) tarafından Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı ve Granger nedensellik testi kullanılarak 1970-2008 yılları arasında; birincil enerji tüketimi, karbon salınımı, fert başına gelir ve yatırımlar arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Bulunan sonuca göre, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğu ayrıca fert başına gelirden, birincil enerji tüketiminden ve yatırımlardan karbon salınımına doğru uzun dönemde tek yönlü bir Granger nedensel ilişkiye rastlanmıştır.

Saboori ve Sulaiman (2013) tarafından seçilen 5 tane (Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland) Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN) için ARDL sınır testi yaklaşımı ve Granger nedensellik analizlerini kullanarak 1971-2008 yılları arasında; ekonomik büyüme, karbon dioksit salınımı ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ve eş bütünleşme ilişkisini araştırmışlardır. Bulunan sonuca göre, bütün ülkelerde yukarıda bahsedilen değişkenler arasında hem kısa dönemde hem de uzun dönemde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilirken; Granger nedensellik analizine göre, değişkenler arasında uzun dönemli çift yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Kocak (2014) tarafından Türkiye için ARDL sınır testini kullanarak 1960-2010 yılları arasında; karbon salınımı, gelir ve enerji tüketimi arasındaki ilişki incelenirken Çevresel Kuznets Eğrisinin (ÇKE) Türkiye için geçerli olup olmadığı da incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; uzun dönemde ÇKE' nin geçerli olduğu tespit edilemezken, enerji tüketiminin uzun dönemde karbon salınımını artırdığı da gözlemlenmiştir.

Omri vd. (2014) tarafından küresel ölçekte seçilen 54 ülke için Eş-Zamanlı Denklem Modeli ile 1990-2011 yılları arasında; karbon salınımı, doğrudan yabancı yatırım ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkilerini 3 bölgesel alt panele bölerek incelemişlerdir. Bunlar; 1. Avrupa ve Kuzey Asya. 2. Latin Amerika ve Karayipler. 3. Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Sahra-Altı Afrika ülkeleridir. Bulunan sonuçlara göre; bütün paneller için ekonomik büyüme ile doğrudan yabancı sermaye yatırımları arasında çift yönlü, Avrupa ve Kuzey Asya hariç diğer panellerde doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon salınımı arasında çift yönlü, Orta Doğu, Kuzey ve Sahra-Altı Afrika ülkeleri hariç diğerlerinde karbon salınımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensel ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Salahuddin vd. (2015) tarafından körfez işbirliği konseyi ülkeleri (GCC) için dinamik en küçük kareler (DOLS), tamamen modifiye edilmiş en küçük kareler (FMOLS) ve dinamik sabit etki modeli (DFE) kullanılarak 1980-2012 yılları arasındaki; karbon salınımı, ekonomik büyüme, elektrik tüketimi ve finansal büyüme arasındaki uzun dönemli ilişki araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ile karbon salınımı arasında uzun dönemli pozitif bir ilişki bulunurken, finansal gelişme ile karbon salınımı arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Bouznit ve Romero (2016) Cezayir için ARDL sınır testi yaklaşımını kullanarak 1970-2010 yılları arasında; karbon salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi enerji kullanımı, elektrik tüketimi, ihracat ve ithalat değişkenlerini dikkate alarak araştırmışlardır. Bulunan sonuca göre, enerji kullanımı ve elektrik tüketimi karbon salınımını artırdığı sonucunu doğurduğu gözlemlenmiş ayrıca ihracatın karbon salınımını negatif olarak, ithalatın ise karbon salınımını pozitif etkilediği sonucuna varılmıştır.

Kılıç ve Akalın (2016) tarafından Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak 1960-2011 yılları arasında, kişi başına düşen milli gelir, dışa açıklık oranı ve karbon salınımı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Ayrıca Çevresel Kuznets Eğrisinin (ÇKE) geçerliliği de araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar ÇKE' nin geçerli olduğunu gösterirken değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin de olduğu tespit edilmiştir.

Çılbant ve Hepaktan (2016) Türkiye için Johansen eşbütünleşme analizi ve Granger nedensellik analizini kullanarak 1970-2013 yılları arasında; enerji tüketimi, kişi başına gelir ve karbon salınımı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bulunan sonuca göre, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiş ve Granger nedensellik testi sonuçlarına göre enerji tüketimi ve karbon salınımından, kişi başına gelire doğru tek yönlü bir ilişki tespit edilirken, enerji tüketimi ile karbon salınımı arasında çift yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Bento ve Moutinho (2016) İtalya için ARDL sınır testi yaklaşımını kullanarak 1960-2011 yılları arasında; karbon salınımı, yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji kaynaklarından üretilen elektrik, ekonomik büyüme ve uluslararası ticaret değişkenleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bulunan sonuca göre, yenilenebilir enerji tüketimi kısa ve uzun dönemde karbon salınımını azalttığı görülürken uluslararası ticaretin uzun dönemde karbon salınımını pozitif olarak etkilediği görülmüştür. Çevresel Kuznet eğrisinin (ÇKE) İtalya ekonomisi için geçerli olduğu sonucuna da varılmıştır.

Bekhet vd. (2017) Körfez İşbirliği Konseyi Ülkeleri için ARDL sınır testi yaklaşımını kullanarak 1980-2011 yılları arasında; karbon salınımı, finansal gelişme, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkiyi araştırmışlardır. Bulunan sonuca göre, değişkenler arasında Birleşik Arap Emirlikleri dışında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Antonakakis vd. (2017) farklı gelir düzeylerinde gruplandırılmış seçilen 106 ülke için Panel Vektör Otomatik Regresyon (PVAR) ve Panel Etki-Tepki Fonksiyonu modelleri ile 1971-2001 yılları arasında; enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon salınımı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bulunan sonuçlardan hareketle ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca enerji tüketiminin ekonomik büyüme ve karbon salınımı üzerindeki etkisinin de heterojen olduğu gözlemlenmiştir.

III. Değişkenler ve Veriler

Çalışmada kullanılan değişkenler, açıklamaları ve elde edildiği kaynaklar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan değişkenler

Değişken	Açıklama	Kaynak
CO2	Karbon salınımı (kişi başına metrik ton)	Dünya Bankası
NÜFUS	Nüfus artışı (yıllık %)	Dünya Bankası
ENERJİ K.	Enerji kullanımı (kişi başına petrol eşdeğeri kg’ı)	Dünya Bankası
BÜYÜME	GSYİH büyümesi (yıllık %)	Dünya Bankası
KBMG	Kişi başına düşen milli gelir (mevcut ABD doları)	Dünya Bankası
YET	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin %)	Dünya Bankası

Bu çalışmada, model kapsamında değerlendirilen ve verilerine ulaşılan 34 OECD ülkesinin 1990-2012 dönemi için yıllık verileri kullanılarak; karbon salınımı, büyüme, enerji kullanımı, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu çalışmada CO₂ bağımlı değişken olarak tayin edilmiş olup, diğer bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin kısa ve uzun dönemde hangi yönde olacağı araştırılmıştır. Model kapsamında oluşturulan 1 bağımlı ve 5 bağımsız değişken verilerinin tamamı Dünya Bankası (WB) internet sitesinden ulaşılmış ve gerekli düzenlemeler yapılarak kullanılmıştır.

IV. Ekonometrik Yöntem ve Ampirik Bulgular

A. Durağanlık Analizi

Ekonometride yapılan çalışmaların birçoğu zaman serisi analizine dayanmaktadır. Ancak zaman serilerinin tahmin yapma amacıyla kullanıldığı yerlerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, bu durumun bir neden sonuç ilişkisi olmaktan ziyade serinin ileriye dönük güvenilir bir uzantısının var olmasıdır. Zaman serilerinin en önemli yönlerinden biri ise; bu serilerin durağan olup olmamasıdır. Değişkenler arasında ekonometrik olarak anlamlı ilişkiler elde edilebilmesi için analize konu olan serilerin durağan seriler olması gerekmektedir (Tarı, 2002: 371,372).

Bir serinin durağan olup olmadığını belirlemek için ise birden çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler temelde korelogram testi ve birim kök testleri olarak iki grupta incelenmektedir. Söz konusu birim kök testlerinin bir bölümü serideki yapısal kırılmayı dikkate almadan birim kökün varlığını araştırırken, diğer bir bölümü serideki yapısal kırılmayı dikkate alarak serideki birim kökün varlığını araştırmaktadır (Karaçor, Özer ve Saraç, 2011).

Bu analize konu olan değişkenlerin durağan olup olmadığını ölçmek için ADF ve PP birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Aşağıda Tablo 2’de değişkenlere ilişkin durağanlık testi sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2: ADF ve PP Test Sonuçları

Değişkenler	Durağanlık Testi	
	ADF-Fisher Chi-square	PP- Fisher Chi-square
CO ₂	76.1355	59.4360
ΔCO ₂	418.361*	594.091*
EN	100.241	92.0566
ΔEN	456.627*	505.270*
KBMG	21.7607	8.94211
Δ KBMG	141.259*	115.142*
YET	31.5269	30.6363
ΔYET	406.326*	476.407*
GSYİH	263.831*	272.307*
NÜFUS	160.462*	102.866*

***Not:** *,** ve ***; ilgili değişkenin sırasıyla %1, %5 ve % 10 önem düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir.

Yukarıdaki yapılan durağanlık test sonuçlarına göre GSYİH ve nüfus değişkenleri seviyede durağan (I(0)), diğer kalan dört değişkenin ise birinci farkta (I(1)) durağan olduğu gözlemlenmektedir.

B. Ekonometrik Model

Çalışmada; CO₂, büyüme, enerji kullanımı, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkinin araştırılmasında aşağıdaki temel denklemden yararlanılmıştır;

$$CO_{2it} = \alpha_{0it} + \alpha_1 GSYİHit + \alpha_2 ENit + \alpha_3 NFit + \alpha_4 KBMGit + \alpha_5 YETit + eit \quad (1)$$

(1) numaralı denklemde CO₂, karbon salınımını; GSYİH, büyüme oranını; EN, enerji kullanım oranını; NF, nüfus artış oranını; KBMG, kişi başına düşen milli geliri; YET, yenilenebilir enerji tüketimini ve e ise hata terimini göstermektedir.

Karbon salınımı, büyüme, enerji kullanımı, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki ilişkinin araştırılması için Pesaran ve diğ. (2001) tarafından geliştirilen Panel ARDL modelinden yararlanılmıştır. Modelin tahmininde Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi kullanılmıştır. Panel ARDL tahmincisi, kısa dönemli parametrelerin homojenliğini etkilemeksizin uzun dönemli homojenliği araştırmaya olarak sağlamaktadır (Pesaran ve diğ., 1999). Eş bütünleşme dereceleri farklı olan serilerde eşbütünleşme yönteminin uygulanamama sorununu Pesaran ve Shin (1995) ve Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen sınır testi yaklaşımıyla ortadan kaldırılmıştır. Bu yeni yöntem ARDL sınır testi yaklaşımı olarak

ifade edilmektedir. Bu tekniğin avantajı değişkenlerin bütünleşme dereceleri dikkate alınmaksızın değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olup olmadığının araştırmasıdır. Diğer taraftan bu yöntemin uygulanması üç nedene bağlı olarak uygun görülmektedir. İlki, sınır testi prosedürü kolaydır ve Johansen ve Juselius (1990) gibi çok değişkenli eşbütünleşme yöntemlerinin aksine modelin gecikme uzunluğu EKKY ile tahmin edildikten sonra eşbütünleşme ilişkisinin varlığı belirlenmektedir. İkincisi, sınır testi prosedürü Johansen ve Juselius (1990) eşbütünleşme tekniklerinden farklı olarak, birim kök testi modeline dahil edilen değişkenlerin ön testlerinin yapılmasını gerektirmemektedir. Sınır testi, modeldeki serilerin I(2) olması dışında, bütünüyle I(0) ve I(1) veya hepsinin karşılıklı eşbütünleşik I(1) olup olmadığına bakılmaksızın uygulanabilmektedir. Üçüncüsü, sınır testi küçük veya sınırlı örnek kümeleri için oldukça etkindir (Altıntaş, 2013: 273).

Sınır testi yaklaşımı, En Küçük Kareler tahmincisi (EKK) ile kısıtsız hata düzeltme modelinin tahminine dayanır. (1) numaralı eşitlikteki denklemin eşbütünleşme ilişkisi, kısıtsız hata düzeltme modelinin sınır testi modeli ile tahmini sonucunda tespiti sağlanmaktadır. Bu yüzden, (1) numaralı denklem ARDL formunda aşağıdaki biçimde yazılabilmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta CO_{2it} = & \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_{1j} \Delta CO_{2it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{2j} \Delta GSYIH_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{3j} \Delta EN_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{4j} \Delta NF_{it-j} \\ & + \sum_{j=0}^m \alpha_{5j} \Delta KBMG_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{6j} \Delta YET_{it-j} + \alpha_7 CO_{2it-1} + \alpha_8 GSYIH_{it-1} + \alpha_9 EN_{it-1} \\ & + \alpha_{10} NF_{it-1} + \alpha_{11} KBMG_{it-1} + \alpha_{12} YET_{it-1} + e_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

(2) numaralı denklem modeli ilk önce EKK metoduyla tahmin edilmekte ve “m” olarak gösterilen gecikme uzunluğu tespit edilmektedir. Bu gecikme uzunlukları belirlenirken AIC, SIC, ve HQ gibi bilgi kriterlerinden yararlanılmakta ve en küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu, model için seçilen uzunluk olarak belirlenmekte ve modele eklenmektedir.

Değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığı durumunda (4) ve (5) nolu denklemler sırasıyla uzun ve kısa dönem katsayıları da elde edilebilmektedir. Bu denklemler aşağıdaki gibi oluşturulabilir:

$$\begin{aligned} CO_{2it} = & \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_{1j} CO_{2it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{2j} GSYIH_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{3j} EN_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{4j} NF_{it-j} \\ & + \sum_{j=0}^m \alpha_{5j} KBMG_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{6j} YET_{it-j} + e_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Delta CO_{2it} = \alpha_0 + \alpha_1 EC_{it-1} + \sum_{j=1}^m \alpha_{2j} \Delta CO_{2it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{3j} \Delta GSYİH_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{4j} \Delta EN_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{5j} \Delta NF_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{6j} \Delta KBMG_{it-j} + \sum_{j=0}^m \alpha_{7j} \Delta YET_{it-j} + e_{it} \quad (4)$$

(4) numaralı eşitlikte EC_{it-1} değişkeni, uzun dönem ilişkisinden elde edilmiş hata terimleri serisinin bir dönem gecikmeli değerini göstermektedir. Bu değişkenin istatistiki bakımdan anlamlı olan negatif değeri alması, değişkenlerin denge değerine ivedilikle geleceği anlamını taşımaktadır. Çalışmada kullanılan ARDL modelinde gecikme uzunluklarının tespitinde Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılmış ve gecikme uzunluğu bu bilgi kriterine göre otomatik olarak 1 seçilmiştir.

C. Ampirik Bulgular

Çalışmada ilk önce verilerine ulaşılabilen 34 tane OECD ülkesi toplu olarak değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Bulunan sonuçlar aşağıda gibidir:

Tablo 3: OECD Ülkeleri İçin Kurulan Panel ARDL Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistiği	Anlamlılık
Uzun Dönem Denklemi				
$\Delta ENERJİ K.$	6.45E-05	4.52E-05	1.427592	0.1540
BUYUME	0.034621	0.004656	7.435816	0.0000
$\Delta KBMG$	-1.06E-05	6.22E-06	-1.705824	0.0887
NUFUS	-0.062205	0.015127	-4.112240	0.0000
ΔYET	-0.144733	0.010203	-14.18575	0.0000
Kısa Dönem Denklemi				
HDT	-0.466122	0.056133	-8.303916	0.0000
D($\Delta ENERJİ K.$)	0.002073	0.000166	12.48260	0.0000
D(BUYUME)	0.000337	0.005443	0.061961	0.9506
D($\Delta KBMG$)	-9.10E-06	1.04E-05	-0.878067	0.3803
D(NUFUS)	0.212799	0.107974	1.970841	0.0493
D(ΔYET)	-0.025424	0.015578	-1.632047	0.1033
Log Olabilirlik	377.7554			

Yukarıda Tablo 3' den elde edilen analiz sonuçlarına göre uzun dönemde, %5 önem seviyesinde karbon salınımı ile kişi başına milli gelir arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Fakat önem seviyesi %10 olarak kabul edilirse o zaman karbon salınımı ile kişi başına düşen milli gelir arasında ters yönlü bir ilişki tespit edilebilir. Yani uzun dönemde KBMG 'deki bir artış karbon salınımını azaltacağı sonucuna varılır. Uzun dönemde tahmin sonuçlarına göre; büyüme oranında meydana gelebilecek %1'lik bir artışın karbon salınımını aynı yönde 0.03 metrik ton artırdığı gözlemlenmektedir. Uzun dönemde nüfus artışı ile karbon salınımı arasında ters yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Yıllık nüfus artışı oranında meydana gelebilecek %1'lik bir artışın karbon salınımını 0.06 metrik ton civarında azalttığı sonucuna varılmıştır. Yine uzun dönemde yenilenebilir

enerji tüketimi ile karbon salınımı arasında ters yönlü bir ilişki tespit edilmiş olup, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelebilecek yüzde bir artışın karbon salınımını 0.14 metrik ton oranında azalttığı saptanmıştır. Kısa dönemde ise büyüme, kişi başına milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak kısa dönemde nüfus artışı oranı ve enerji kullanımının karbon salınımı üzerinde etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Nüfus artışı oranı ile CO₂ arasında ve enerji kullanımı ile CO₂ arasında aynı yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Hata düzeltme terimi (HDT) negatif ve anlamlıdır. Bu katsayının anlamlılığı eşbütünleşmenin varlığını gösterir. Nitekim bu katsayıya göre kurulan modelde meydana gelen şoklar ve sapmaların %47'si ivedilikle bir dönem içerisinde dengeye gelecektir.

Bu çalışmada ayrıca Türkiye için kısa dönemli tahmin sonuçlarına da yer verilmiştir.

Havuzlanmış Ortalama Grup (PMG) tahmin yöntemi uzun dönemde parametrelerin paneli oluşturan bütün ülkeler arasında aynı olduğunu ancak kısa dönemde parametrelerin farklılaştığını varsayar (Güler ve Özyurt, 2011: 15). Aşağıdaki Tablo 4'de Türkiye'ye ait kısa dönem denklem tahminleri yapılmıştır:

Tablo 4: Türkiye İçin Kısa Dönem Panel ARDL Denklem Tahmini

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistiği	Anlamlılık
HDT	-0.044289	0.008493	-5.214870	0.0137
D(ΔENERJİ K.)	0.002742	7.51E-08	36515.10	0.0000
D(BUYUME)	-0.004704	1.54E-05	-305.4654	0.0000
D(ΔKBMG)	6.03E-05	8.57E-10	70367.93	0.0000
D(NÜFUS)	0.036581	0.018380	1.990212	0.1407
D(ΔYET)	-0.023388	0.000114	-205.2313	0.0000

Yukarıdaki Tablo 4'e göre nüfus değişkeni hariç tüm diğer değişkenler %5 önem seviyesinde anlamlıdır. Hata düzeltme terimi (HDT) negatif ve anlamlıdır. Bu katsayıya göre kurulan bu modelde meydana gelen şoklar ve sapmaların %0.04'ü bir dönem içerisinde dengeye yönelecektir. Türkiye için Panel ARDL modeli ile elde edilen kısa dönemli katsayılar göre; karbon salınımı ile enerji kullanımı arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusu olup, kısa dönemde enerji kullanımındaki artışın karbon salınımını artırdığı sonucuna varılmıştır. Yine kişi başına milli gelir ile karbon salınımı arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiş ve kişi başına milli gelir artışının karbon salınımı artırdığı tespit edilmiştir. Ancak Türkiye için kısa dönemde karbon salınımı ile büyüme arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuçtan hareketle büyümede meydana gelebilecek bir artışın karbon salınımını azalttığı sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca bir diğer bağımsız değişken olan yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon salınımı arasında negatif yönlü %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit

edilmiştir. Yani yenilenebilir enerji tüketimindeki artış kısa dönemde karbon salınımını azaltacağı sonucuna varılmıştır.

V. Sonuç

Bu çalışmada Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen Panel ARDL modeli kullanılarak, seçilmiş 34 OECD ülkesinin 1990-2012 dönemi arasındaki yıllık veriler kullanılarak; karbon salınımı, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişki analiz edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Türkiye için de bir kısa dönemli tahmin yapılmıştır.

Çalışmada ilk önce bağımlı ve bağımsız değişkenler için durağanlık analizi yapılmıştır. Durağanlık analizi yapılmasının sebebi değişkenlerin durağan olmaması durumunda değişkenlerin durağanlaştırılıp birim kök taşıyıp taşımadıklarını belirlemektir. Bu çalışmada değişkenlerin durağan olup olmadıklarını belirlemek için Genişletilmiş Dickey ve Fuller (ADF) birim kök testi ile Phillips-Perron birim kök testi kullanılmıştır. Yapılan durağanlık test sonuçlarına göre büyüme ve nüfus değişkenleri seviyede durağan (I(0)), diğer kalan dört değişkenin ise birinci farkta (I(1)) durağan olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalarda genellikle karbon salınımı ile ekonomik büyüme, nüfus artışı, kişi başına düşen milli gelir vs. gibi değişkenler kullanılmıştır. Bu çalışmanın diğer çalışmalara göre farklı bir değişken olan ve genellikle diğer yapılan çalışmalarda az kullanılan yenilenebilir enerji tüketimi değişkenini modele dahil etmiştir. Gerek seçilen 34 tane OECD ülkesinde kısa ve uzun dönemde gerekse Türkiye için kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon salınımı arasındaki ilişkinin negatif yönlü olduğu sonucuna varılmıştır. Buda demek oluyor ki yenilenebilir enerji tüketimi hem kısa dönemde hem de uzun dönemde karbon salınımını azaltmaktadır.

Bulunan sonuçlara göre kullanımı özellikle 1990'lerden sonra artış gösteren yenilenebilir enerji kullanımı karbon salınımını azaltmaktadır. Bu sonuçtan hareketle tüm dünyadaki canlı türlerinin ve temelde insanoğlunun hayatını tehlikeye sokan küresel ısınma problemi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek azaltılabileceği söylenebilir. Çünkü fosil yakıt kaynaklı enerji kaynaklarının kullanımı çevresel problemlere yol açarak havanın, toprağın vs. kirlenmesine neden olmakta iken yenilenebilir enerji kaynakları ya da diğer bir adıyla temiz enerji kaynakları doğa dostu, çevreyi daha az kirleten enerji kaynaklarıdır. İşte bundan dolayıdır ki temiz enerji kaynaklarına yönelmek tüm dünyadaki bitki, hayvan ve insanların daha temiz bir hayat sürmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca birincil enerji kaynaklarının kullanımının artması sonucunda oluşan kirlilikler dünyadaki birçok bitki ve hayvan türleri neslini tükenme tehlikesine sokmaktadır. Nitekim yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde çevrenin temiz ve yaşanabilir olmasıyla nesli tükenen canlıların hayatlarını idame etmesini de mümkün kılacaktır.

Yenilenebilir enerjinin sadece doğayı ve çevreyi koruma özelliği dışında, çalışmada da bulunan sonuca göre Türkiye'de kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin karbon

salınımını azalttığı gözlemlenmiştir. Bu ekonomik açıdan önemli bir tahmin sonucu oluşturmaktadır. Çünkü kısa dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ salınımını azaltmasının yanında Türkiye gibi yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek olan ülkeler için özellikle petrol gibi enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltacaktır. Yani petrolün ithal edildiği göz önüne alındığında kısa dönemde yenilenebilir enerjiye yönelerek Türkiye'nin cari açığını azaltmakta önemli bir adım atılabilecektir. Ayrıca bizim gibi sanayileşmesini tamamlayamamış ülkeler dünyadaki sanayileşmiş ve küresel ölçekte rekabet gücünü elinde bulunduran ülkelerle rekabet edebilir düzeye gelmesine de yardımcı olabilecektir. Çünkü Türkiye gibi ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek bu pazarda kısa dönemde avantajlı hale gelip bu kaynaklara yönelik teknolojiyi de geliştirebilirlerse bir adım öne geçme olanağına erişecek ve dünya pazarında diğer ülkelerle rekabet edebilme avantajını elinde bulundurabileceklerdir. Ayrıca bu teknolojik etkilerin yanı sıra Türkiye gibi petrol bağımlısı ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek bu bağımlılığı azaltabileceklerdir. Türkiye için bu bağımlılığın azalması cari açıda önemli bir iyileşmeye sebep olmakla birlikte ithalatın önemli kalemi olan petrole ayrılan kaynak eğitim, sağlık ve ar-ge gibi kalemlere kaynaklara ayrılarak ülkenin büyümesine yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- Altıntaş, H. (2013). “ Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(1), ss.263 294.
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. ve Filis, G. (2017).” Energy Consumption, Co₂ Emissions, and Economic Growth: an Ethical Dilemma”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, ss.808 824.
- Bekhet, H. A., Matar, A. ve Yasmin, T. (2017).” CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, and Financial Development in Gcc Countries: Dynamic Simultaneous Equation Models”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, ss.117 132.
- Bento, J. P. C. ve Moutinho, V. (2016).” CO₂ Emissions, Non-Renewable and Renewable Electricity Production, Economic Growth, and International Trade in Italy”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, ss.142 155.
- Bouznit, M.ve Pablo-Romero, M. D. P. (2016).” CO₂ Emission and Economic Growth in Algeria”. *Energy Policy*, 96, ss.93 104.
- Çılbant, C. ve Hepaktan, C. E. (2016). “Türkiye’de Enerji Tüketimi, Kişi Başına Gelir ve CO₂ Emisyonu Arasındaki İlişkinin Analizi”. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 8(2), ss.79 92.
- Güler, A. ve Özyurt, H. (2011). “ Merkez Bankası Bağımsızlığı ve Reel Ekonomik Performans: Panel ARDL Analizi”. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2), ss.11 20.

- Karaçor, Z., Özer, H., Saraç, T. B. (2011) “Enflasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Ekonometrik Bir Uygulama “. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(2), ss.29 44.
- Kılıç, R ve Akalın, G. (2016).” Türkiye’de Çevre ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(2), ss.49 60.
- Kim, S. W., Lee, K. ve Nam, K. (2010).” The Relationship Between Co₂ Emissions and Economic Growth: The Case Of Korea With Nonlinear Evidence”. *Energy Policy*, 38(10), ss.5938 5946.
- Koçak, E. (2014).” Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(3), ss.62 73.
- Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A. ve Ashena, M. (2010).” Economic Growth, CO₂ Emissions, and Fossil Fuels Consumption in Iran”. *Energy*, 35(12), ss.5115 5120.
- Omri, A., Nguyen, D. K. ve Rault, C. (2014).” Causal Interactions between CO₂ Emissions, FDI, and Economic Growth: Evidence from Dynamic simultaneous-equation models”. *Economic Modelling*, 42, ss.382 389.
- Öztürk, I. ve Acaravci, A. (2010). “CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Turkey”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), ss.3220 3225.
- Pao, H. T., Yu, H. C. ve Yang, Y. H. (2011).” Modeling the CO₂ Emissions, Energy use, and Economic Growth in Russia”. *Energy*, 36(8), ss.5094 5100.
- Pesaran, H. M., Shin, Y. ve Smith, J. R. (2001). “Bound Testing Approaches to The Analysis of Long Run Relationships”. *Journal of Applied Econometrics*, 16, ss.289 326.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. P. (1999).” Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels”. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), ss.621 634.
- Saboori, B. ve Sulaiman, J. (2013).” CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries: a cointegration approach”. *Energy*, 55, ss.813 822.
- Saboori, B., Sulaiman, J. ve Mohd, S. (2012).” Economic Growth and CO₂ Emissions in Malaysia: a Cointegration Analysis of the Environmental Kuznets curve”. *Energy Policy*, 51, ss.184 191.
- Salahuddin, M., Gow, J. ve Öztürk, I. (2015).” Is The Long-run Relationship between Economic Growth, Electricity Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Financial Development in Gulf Cooperation Council Countries Robust?”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, ss.317 326.
- Tarı, R. (2002), *Ekonometri*, Alfa Yayınları, İstanbul.

Wang, S. S., Zhou, D. Q., Zhou, P. ve Wang, Q. W. (2011).” CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis”. *Energy Policy*, 39(9), ss.4870 4875.

Yüce, G. (2013). “Finansal Özgürlükler, Finansal Derinlik ve Yatırım Fonları Arasındaki İlişki: Panel Sınır Testi Yaklaşımı ”. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), ss.152 169.