

## Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz \*

Ali Acaravcı<sup>1</sup>  
Sinan Erdoğan<sup>2</sup>

**Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi:  
Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz**

### Öz

Bu çalışma, yenilenebilir enerji üretiminde dünya sıralamasında ilk beş içinde yer alan ülkeler için çevre kirliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve gelir arasındaki uzun dönemli ilişkileri, dinamik panel veri yöntemleri kullanılarak 1992-2013 dönemi için incelemeyi amaçlamaktadır. Yatay kesit bağımlılık testi sonuçları, tüm değişkenler ve model için yatay kesit bağımlılığın olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçları şu şekilde özetlenebilir: i) Durağan olmayan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur. ii) Yenilenebilir enerji üretimi, çevre kirliliği üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. iii) Kişi başı gelir, çevre kirliliği üzerinde pozitif etkiye sahiptir. İncelenen ülkelerde, yenilenebilir enerji üretiminin artışı, çevre kirliliğinin azaltılmasına ve iktisadi büyüme-çevre çatışmasının çözümüne katkıda bulunacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Karbon Emisyonu, Enerji Ekonomisi, Panel Veri Analizi

**Renewable Energy, Environment and Economic Growth  
Nexus: An Empirical Analyses for Selected Countries**

### Abstract

The aim of this study is to examine the long run relationships between environmental pollution, renewable energy production and economic growth in pioneer countries on renewable energy production for 1992-2013 period by using dynamic panel data methods. Cross-sectional dependence test results indicate that there is an evidence of cross-section dependence for all variables and model. The results can be summarized as follows: i) There exists a cointegration relationship between nonstationary variables. ii) Renewable energy production has negative impact on the carbon emission. iii) Real GDP per capita has positive impact on carbon emission. The increase of renewable energy production is going to contribute to the solution of economic growth-environment conflict and reduction of environmental pollution in these countries.

**Keywords:** Renewable Energy, Carbon Emissions, Energy Economics, Panel Data Analysis

### 1. Giriş

18 ve 19. Yüzyılda İngiltere’de başlayan sanayi devrimi ile beraber buhar gücü insan gücünün yerini almış, kitle üretime dayalı iktisadi büyüme sürecinde temel gereksinimlerden birisi de enerji olmuştur. Enerji üretiminin ilk safhalarında çevre, insan merkezli düşünülmüş ve çevrenin insanlığın hizmetinde olması gerektiği düşüncesine dayanan “*Antroposentrik*” yaklaşım sergilenmiştir (Özerkmen, 2002). Çevre kirliliğinin artması ve daha da önemlisi çevre kirliliğinin insan sağlığını tehdit etmeye başlaması, çevre kirliliği ve doğal kaynakların korunması konusunu uluslararası bir tartışma konusu haline getirmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde iktisadi büyüme ile çevre arasında var olan çatışma etkisini daha güçlü hissettirmeye başlamıştır. Bu bağlamda gerek sorunların tespiti gerekse çözümü için uluslararası ölçekte Birleşmiş Milletler öncülüğünde birçok girişim olmuştur. Bu amaç doğrultusunda 1972 yılında düzenlenen Stockholm konferansının konu başlıklarından biri de “büyüme ve çevre” olmuş, fakat yayımlanan sonuç bildirgesi ülkeler açısından bağlayıcı nitelikte olmamıştır. 1987 Bruntland Raporu’nda ilk

\* Bu çalışma 1.Uluslararası “ICEB 2016 2nd International Congress on Economics and Business” isimli kongrede sözlü olarak sunulmuştur.

<sup>1</sup> Prof., Mustafa Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, acaravci@mku.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-6662-6175>

<sup>2</sup> Arş. Gör., Mustafa Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, sinanerdogan@mku.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-3491-8234>

defa sürdürülebilir kalkınmadan bahsedilmiştir. Raporda “insanlık gelecek kuşakların gereksinimlerini tehlikeye atmadan sürdürülebilir kalkınma yeteneğine sahiptir” teması öne çıkmıştır (Our Common Future, 1987). 1992 yılında yine benzer amaçlarla Rio konferansı toplanmış ve beş konuda uzlaşma ortaya çıkmış olup bunlar; İklim Değişikliği Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik sözleşmesi, Rio Deklarasyonu, Gündem 21, Orman Prensipleri Raporu’dur. 1994 yılında günümüzde 195 ülkenin taraf olduğu sera gazlarının salınımlarını azaltmayı hedefleyen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi yürürlüğe konmuştur. Sözleşmeye taraf olan ülkeler sözleşmenin etkisinin güçlendirilmesi ve bağlayıcılığının artırılması için Kyoto Protokolü üzerine müzakerelere başlamışlardır. 1997 yılında Kyoto Protokolü kabul edilmiş ve imzaya açılmıştır. Ancak protokolün yürürlüğe girmesi 2005 yılında Rusya’nın imzası ile mümkün olabilmektedir (UNFCCC, 2012). 2002 yılında Johannesburg’da “Dünya Sürdürülebilir Kalkınma” zirvesi gerçekleştirilmiştir. Zirve kapsamında çevre kirliliğindeki artışın devam ettiği, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gelir dağılımı adaletinin giderek bozulduğu, küreselleşmenin fırsatlar ile beraber çeşitli sorunları da beraberinde getirdiği ve bu problemlerin çözümünde ortak inisiyatif vurgusu öne çıkmıştır. 2015 yılında, Paris İklim Zirvesi gerçekleştirilmiş ve dünya emisyonunun %99.7’sini oluşturan 195 ülke, iklim değişikliği ile mücadele konusunda büyük bir uzlaşma sağlamıştır. Anlaşma, kapsam açısından çok geniş bir emisyon hacmi ve ülke grubunu kapsaması nedeniyle dönüm noktası olarak görülmüştür.

Görülmektedir ki 18. Yüzyıldan sonra başlayan ve yaklaşık olarak 2 yüzyıl boyunca iktisadi büyümenin öncelik olarak varsayıldığı iktisadi büyüme ve çevre çatışması sürecinde, doğal yaşamdaki ve çevresel bozulmaların geri dönülemez noktaya yaklaşması ile beraber, iktisadi büyüme politikaları sürdürülebilir kalkınma perspektifinde, çevre ve doğal yaşamı da gözeterek şekilde oluşturulmaya çalışılmaktadır (Vina, Hoff ve DeRose, 2002: 5-6). Bu noktada yapılan en büyük hamlelerden birisi de enerji üretiminde karbon temelli üretim teknolojisinin, yenilenebilir enerji üretimi teknolojisi ile ikame edilmesidir.

Karbon temelli enerji kaynaklarına alternatif olarak görülen yenilenebilir enerji üretim yöntemlerini 5 ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; Biyokütle, rüzgâr, güneş, su ve jeotermal enerjidir. Biyokütle yaşayan ya da yakın dönemde yaşamış organizmaları ifade etmektedir. Dünya’da biyokütle enerji potansiyelinin yıllık 2900 exajoule olduğu tahmin edilmektedir. Rüzgâr enerjisi rüzgâr gücü kullanılarak türbinler vasıtasıyla üretilmektedir. Dünya’da rüzgâr enerjisi potansiyelinin yıllık 6000 exajoule olduğu tahmin edilmektedir. Solar enerji en çok bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Güneş panelleri vasıtasıyla gün ışığını enerjiye dönüştürmeyi hedefler. Ayrıca gün ışığı vasıtasıyla ısıtılan sıvıdan enerji üretmeyi hedefleyen solar termal enerji sistemleri de mevcuttur. Solar enerjinin yıllık potansiyelinin 3.900.000 exajoule olduğu tahmin edilmektedir.

Hidroelektrik enerjisi suyun debisinden enerji üretimi esasına dayanmaktadır. Potansiyelinin yıllık 150 exajoule olduğu tahmin edilmektedir. Görüldüğü üzere hidroelektrik enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en düşük potansiyele sahip enerji kaynağıdır Jeotermal enerji yıllık 140.000.000 exajoule potansiyeli ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek potansiyele sahip enerji kaynağıdır. Dünya’nın merkezinden gelen ısının kullanılması ile enerji üretimini hedeflemektedir (Rogner, 2000).

Tablo 1: Dünya Yıllık Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Enerji Kaynağı	Enerji Potansiyeli (Exajoule)
Hidro Kaynaklar	150
Biokütle/Bio Yakıt	2.900
Rüzgâr Enerjisi	6.000
Güneş Enerjisi	3.900.000
Jeotermal Enerji	140.000.000
2014 Yılı Dünya Elektrik Enerjisi Tüketimi	730,8

**Not:** Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Özellikle enerji konusunda dışa bağımlı ülkeler açısından yenilenebilir enerji, ülkelerin öz kaynaklarının kullanımını teşvik etmesi, enerji ithalatının azaltılması yoluyla ödemeler dengesi açıklarının iyileştirilmesi, üretim sürecinde enerji girdi maliyetlerini düşürmesi ve aynı zamanda çevre ile çatışmayan üretim tekniklerini teşvik etmesi gibi nedenlerle önem arz etmektedir. Çevresel bozulmaların, yenilenebilir enerji üretimini zorunlu kılmasının yanı sıra, dünya nüfusunda meydana gelen hızlı artışa bağlı olarak artan enerji talebi, enerji arzının artırılması noktasında hem çevre ve doğal yaşam dengesinin gözetilmesini hem de mevcut talebi karşılamak amacıyla enerji arzının artışı zorunlu kılmalıdır. Karbon temelli enerji kaynaklarının geleceğinin sorgulanması ve bu kaynaklar ile enerji üretiminin var olan çevre problemlerini geri dönülemez noktaya taşıması riski, enerji talebinin karşılanması konusunda yenilenebilir enerji üretimi önemli bir alternatif olmuştur. Bu bağlamda dünya genelinde enerji politikalarının oluşturulması noktasında uzun vadeli planların temel odak noktasını yenilenebilir enerji teşkil etmiştir. 2015 yılında Amerika tarafından açıklanan temiz enerji planına göre, elektrik santrallerinin ortaya çıkarttığı karbon gazı salınımının önümüzde ki 15 yıl içinde 3 te 1 oranında azaltılması hedeflenmektedir. Ancak hemen akabinde kömüre olan desteğin süreceğinin açıklanması, enerji arz ve talep politikalarında paradigma değişiminin uzun zaman dilimi gerektireceğinin bir göstergesi olmuştur. Diğer taraftan Avrupa Birliği de yenilenebilir enerji konusunda önemli adımlar atmıştır. 2013 yılında Avrupa birliği ülkelerinin toplam elektrik üretiminin %25.4'lik kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmekte olup bu konuda Avusturya %68.1 ile ilk sırada yer almaktadır. İsviçre ise %61.8 ile ikinci sıradadır. Üye ülkeler, 2050 yılında karbon temelli enerjiden tamamen kurtulmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda üye ülkelerin 2020 yılına kadar enerji tüketimlerinin %20'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılaması hedeflenmiştir. Almanya 2015 yılında %32.6 'lık oran ile bu hedefi aşmıştır. (Eurostat, 2015; Jacobson *vd.*, 2009).

## 2. Ampirik Literatür

Yaklaşık yarım asırlık süreçte, dünya enerji üretim ve tüketim politikaları gerek çevresel nedenlerle gerekse iktisadi nedenlerle büyük bir dönüşüm geçirmiş ve bu dönüşümün hem iktisadi hem de çevresel boyutları, politika uygulamalarının başarılı olup olmadığı, değişen paradigmaya bağlı olarak yenilenebilir enerji üretimi ve tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi birçok çalışmaya konu olmuştur. Ayrıca ülkelerin iktisadi büyüme deneyimlerinin çevre üzerindeki etkisi de bir diğer tartışma alanı olmuştur.

Yenilenebilir enerji üretim ve tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar Tablo 2' de sunulmuştur. Çalışmalardan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirilmiştir.

dirilir ise; çalışmaların yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu ilişkisi alanında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bağlamda bakıldığında yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi konusunda bir uzlaşma bulunmamakta olup üretim penceresinden bakıldığında ise öncelikle yenilenebilir enerji üretiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisinin negatif olduğu söylenebilir. Diğer taraftan bu alandaki literatürün henüz gelişmekte olduğu ve bu alanda yapılan çalışmaların genel olarak zaman serisi analizine dayalı olduğu görülmektedir.

Tablo 2: Literatür Tablosu

Yenilenebilir Yenilenebilir Enerji Tüketimi-Karbon Emisyonu İlişkisini İnceleyen Çalışmalar			
Yazar (lar)	Örneklem (Dönem)	Yöntem	Sonuç
Menyah ve Wolde-Rufael (2010)	ABD (1960-2007)	Zaman Serisi Analizi	Anlamli İlişki Yok
Apergis vd. (2010)	19 Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülke (1984-2007)	Panel Veri Analizi	Pozitif Etki
Farhani ve Shahbaz (2014)	10 MENA Ülkesi (1980-2009)	Panel Veri Analizi	Pozitif Etki
Bölük ve Mert (2014)	16 Avrupa Birliği Ülkesi (1990-2008)	Panel Veri Analizi	Pozitif Etki
Shafiei ve Salim (2014)	OECD Ülkeleri (1980-2011)	Panel Veri Analizi	Negatif Etki
Jaforullah ve King (2015)	ABD (1965-2012)	Zaman Serisi Analizi	Negatif Etki
Bilgili vd. (2016)	17 OECD Ülkesi (1977-2010)	Panel Veri Analizi	Negatif Etki
Yenilenebilir Yenilenebilir Enerji Üretimi-Karbon Emisyonu İlişkisini İnceleyen Çalışmalar			
Yazar (lar)	Örneklem (Dönem)	Yöntem	Sonuç
Bölük ve Mert (2015)	Türkiye (1961-2010)	Zaman Serisi Analizi	Negatif Etki
Bento ve Moutinho (2016)	İtalya (1960-2011)	Zaman Serisi Analizi	Negatif Etki

**Not:** Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışma öncelikle politika bağlamında Stockholm Konferansı'ndan bu yana karbon emisyonu azaltma çabalarının, yenilenebilir enerji arzı bağlamında başarısını irdeleme amacı taşımaktadır ve yenilenebilir enerji üretimi-karbon emisyonu ilişkisini panel veri yöntemleri ile alması ile bu alanda gelişmekte olan literatüre özgün bir katkı yapmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, yenilenebilir enerji üretiminde dünya sıralamasında ilk beş içinde yer alan ülkeler için yenilenebilir enerji üretimi ve kişi başı reel gelirin karbon emisyonu üzerindeki etkisi, 1992-2013 dönemi için incelenmiştir. Çalışmada, panel veri ekonometrisi alanında son yıllarda

geliştirilmiş ve daha güvenilir sonuçlar veren, serilerin ve modelin yatay-kesit bağımlılık özelliklerini dikkate alan ve her bir kesit için heterojen katsayılar hesaplamaya olanak sağlayan panel veri analizi yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında model, örneklem, yöntem ve uygulama sonuçları; son kısımda sonuç ve politika önerileri yer almaktadır.

### 3. Model, Örneklem, Yöntem ve Uygulama Sonuçları

#### 3.1. Model ve Örneklem

Bu çalışmada; yenilenebilir enerji üretiminde öncü beş ülke (U.S. Energy Information Administration, 2015) için karbon emisyonu, yenilenebilir enerji üretimi ve kişi başı milli gelir arasındaki uzun dönemli ilişkiler, panel veri analizi yöntemiyle araştırılmaktadır. Yenilenebilir enerji üretimi ve kişi başı milli gelirdeki değişimlerin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla aşağıdaki logaritmik-doğrusal model kullanılacaktır:

$$co_{it} = \beta_0 + \beta_1 ren_{it} + \beta_2 gdp_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Burada  $i=1,2,\dots,5$  ve  $t=1,2,\dots,22$ 'dir. Model, 1992-2013 yılları arasında eksiksiz veriye sahip olan beş ülke (Brezilya, Kanada, Çin, Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri) için test edilmiştir. Modelde yer alan  $co$  değişkeni kişi başı karbon emisyonu,  $ren$  değişkeni kişi başına düşen yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi miktarı (hidro kaynaklardan üretilmiş elektrik enerjisi olmaksızın) ve  $gdp$  değişkeni ise kişi başı reel GSYH' dır (2005 \$ fiyatlarından). Veriler, Dünya Bankası Dünya Gelişme Göstergeleri çevrimiçi veri tabanından (World Bank World Development Indicators Online Database) alınmıştır. Modelde yer alan kişi başı yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi miktarı, hidroelektrik üretimi miktarını kapsamamakta olup, ülkeler bazında toplam yenilenebilir elektrik enerjisi üretiminin, ilgili ülkelerin nüfusuna oranlanması ile elde edilmiştir. Değişkenlerin doğal logaritması alınarak model doğrusal hale getirilmiştir.

#### 3.2. Yöntem ve Uygulama Sonuçları

Dinamik panel veri analizinde değişkenler için birim kök testleri ve eşbütünlük testleri yatay-kesit bağımlılık ilişkisine duyarlıdır. Panel veri analizinde değişkenlerde veya modelde yer alan yatay kesit bağımlılığın göz ardı edilmesi, sapmalı tahminlere neden olabilmektedir. Bu nedenle değişkenler arasında veya modelde yatay-kesit bağımlılığın araştırılması amacıyla ilk olarak  $CD_{LM1}$  (Breusch ve Pagan, 1980) ve  $CD_{LM2}$  (Pesaran, 2004) testleri uygulanmıştır. Paneli oluşturan birimler arasında yatay-kesit bağımlılık olmasından dolayı değişkenlerin durağanlık özellikleri Smith vd. (2004) Bootstrap birim kök testi ile araştırılmıştır. Durağan olmayan ve yatay-kesit bağımlılık içeren değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığını test etmeye yönelik olarak Westerlund'un (2008) Durbin-Hausman testi uygulanmıştır. Modelde yer alan değişkenlerin uzun dönemli katsayılarının hesaplanmasında ise AMG yöntemi (Augmented Mean Group estimator-Arttırılmış Ortalama Grup tahmincisi (Eberhardt ve Bond, 2009; Eberhardt ve Teal 2010; Eberhardt ve Teal, 2011)) kullanılmıştır.

##### 3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılık ve Eğim Katsayıları Homojenliği Test Sonuçları

Breusch-Pagan'ın (1980)  $LM$  ( $CD_{LM1}$ ) testi, panelin zaman boyutunun kesit boyutundan büyük olduğu ( $T > N$ ) durumlarda etkin sonuçlar vermekte olup, hipotezlerin test edilmesinde kullanılan lagrange çarpanı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N p_{ij}^2 : \frac{X^2 N(N-1)}{2} \quad (2)$$

Pesaran'ın (2004)  $CD_{LM2}$  testi, zaman boyutunun kesit boyutundan mutlak olarak büyük olduğu ( $T > N$ ) durumlarda kesitler arası korelasyonun varlığını araştırmakta olup, hipotezlerin test edilmesinde kullanılan lagrange çarpanı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$CD_{LM2} = \left( \frac{1}{N(N-1)} \right)^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T\hat{p}_{ij}^2 - 1) \quad (3)$$

$CD_{LM1}$  ve  $CD_{LM2}$  test istatistikleri, aşağıdaki hipotezlerin sınanmasında kullanılmaktadır:

$H_0$ : Yatay kesit bağımlılık yoktur.

$H_1$ : Yatay kesit bağımlılık vardır.

Tablo 3'e göre yatay kesit bağımlılık yoktur görüşü, her iki testte de farklı olasılık düzeylerinde hem değişkenler hem de model açısından ret edilmektedir. Değişkenler için yatay kesit bağımlılığın varlığının kabul edilmesi, modelde yer alan ülkelere ait değişkenlerin birinde yaşanacak bir değişimin diğer ülkelerin ilgili değişkenini etkilediğini göstermektedir. Bu durum, Stockholm konferansından bu yana çevre ve iklim değişikliğine dair atılan ortak hareketlerin bir uzantısı olarak nitelendirilebilir. Bu bağlamda, ülkelerin karbon emisyonunu azaltma yönünde uluslararası anlaşmalarla verdiği taahhütlerin karşılıklı bir bağımlılık olgusu yarattığı söylenebilir. Ayrıca yenilenebilir enerji üretimi konusunda ortaya çıkan bu karşılıklı ilişki, karbon emisyonunda mevcut olan karşılıklı bağımlılığın bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Ayrıca kişi başı reel gelirden ortaya çıkan bu karşılıklı etkileşim, küreselleşme olgusunun bir uzantısı olduğu söylenebilir. Analizde kullanılan değişkenlerin ve modelin yatay kesit bağımlılık içermesi, yatay kesit bağımlılığı dikkate alan birim kök testlerinin ve eşbütünleşme testlerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Modelde kapsamında hesaplanacak olan eğim katsayılarının homojen olup olmadığını test etmek amacıyla Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen delta testleri ( $\Delta^c$  ve  $\Delta_{adj}^c$ ) kullanılmış; modeldeki eğim katsayılarının homojen olduğu görüşü her iki testte de güçlü bir biçimde reddedilmiştir.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılık ve Katsayı Homojenliği Test Sonuçları

CD testleri	co	ren	gdp	model
$CD_{LM1}$	24,174 (0,007)	25,583 (0,004)	21,031 (0,021)	35,127 (0,000)
$CD_{LM2}$	3,169 (0,001)	3,485 (0,000)	21,031 (0,007)	35,127 (0,000)
$\Delta^c$	12,332 (0,000)		$\Delta_{adj}^c$	13,568 (0,000)

Not: Parantez içindeki değerler, olasılık değerleridir.

### 3.2.2. Durağanlık Analizi Sonuçları

Smith vd. (2004) testi, yöntemsel olarak Im vd. (2003) tarafından geliştirilen birim kök testine dayanmaktadır ve yatay kesit bağımlılık bootstap yaklaşımı ile modellenmektedir ve t istatistikleri bireysel ADF istatistiklerinin ortalaması ile elde edilmektedir (4 numaralı denklem). Standartlaştırılmış t istatistiği ise 5 numaralı denklemde gösterildiği gibi elde edilmektedir.

$$t^* = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i \quad (4)$$

$$\bar{t}_s = \frac{\sqrt{N} \{ \bar{t} - E(t_i) \}}{\sqrt{Var(t_i)}} \quad (5)$$

Test kapsamında sınanan hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0$ : Birim kök vardır.

$H_1$ : Birim Kök Yoktur.

Tablo 4'te görüldüğü üzere tüm değişkenlerin yalnızca sabitli ve hem trend hem de sabitli modelde birim kök içerdiği hipotezi güçlü bir biçimde kabul edilmektedir. Bu bağlamda ilgili değişkenlerde muhtemel bir şokun etkisi kalıcı olmaktadır ve seriler kendiliğinden denge değerlerine dönememektedir. Değişkenlerin birinci farkları alındığında ise farklı olasılık seviyelerinde durağan hale gelmektedir.

Tablo 4: Smith vd. Bootstrap Panel Birim Kök Test Sonuçları

Model	Düzye		1. Fark	
	Trend ve Sabit	Sabit	Trend ve Sabit	Sabit
Değişkenler	IPS İstatistiği	IPS İstatistiği	IPS İstatistiği	IPS İstatistiği
co	-2,041 (0,587)	-0,350 (0,983)	-3,075 (0,028)	-2,404 (0,026)
ren	-1,159 (0,989)	-0,112 (0,943)	-3,549 (0,004)	-3,007 (0,001)
gdp	-1,924 (0,628)	-2,966 (0,048)	-3,259 (0,040)	-2,588 (0,018)

Not: Gecikme uzunluğu 2 olarak alınmış olup olasılık değerleri 10000 bootstrap dağılımından elde edilmiş ve parantez içinde gösterilmiştir.

### 3.2.3. Eşbütünleşme Test Sonuçları

Çalışmada; değişkenler arası uzun dönemli ilişkilerin varlığını test etmeye yönelik olarak Durbin-Hausman eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Testin uygulanmasından bağımlı değişkenin durağan olmaması zorunlu olup, açıklayıcı değişkenlerden bazıları durağan olabilmektedir. Ayrıca, bu test, yatay kesit bağımlılığı dikkate almakta olup, hesaplanacak eğim katsayılarının hem homojen olduğu hem de heterojen olduğu durumlarda kullanılabilir (Westerlund, 2008: 196-199). Katsayıların heterojen olması durumunda dikkate alınan grup istatistiği ise 6 numaralı denklemdeki gibi hesaplanmakta olup, sınanan hipotezler aşağıdaki gibidir:

$$DH_g = \sum_{i=1}^n S_i^2 (\hat{\phi}_i - \hat{\phi}_i)^2 \sum_{i=2}^T \hat{e}_{i-1}^2 \quad (6)$$

$H_0$ : Bütün birimler için eşbütünleşme yoktur.

$H_1$ : Bazı birimler için eşbütünleşme vardır

Durbin-Hausman testi kapsamında heterojen eğim katsayılarının varlığı görüşüne dayanan  $dh\_g$  istatistiği dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda modelde yer alan bazı birimler arasında eşbütünleşmenin varlığı görüşü  $dh\_g$  istatistiğine göre %10 anlamlılık düzeyinde kabul edilmektedir. Bu sonuca göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı, yani uzun dönemde bir birlikte hareketin söz konusu olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 5: Panelde Yer Alan Ülkeler için Durbin-Hausman Eşbütünleşme Test Sonucu

Test	İstatistik	Olasılık Değeri
dh_g	-1,524	0,064

### 3.2.4. Uzun Dönemli Katsayılar

Uzun dönemli katsayıların hesaplanmasında, yatay kesit bağımlılığı ve heterojen eğitim katsayıları hesaplanmasına olanak sağlayan AMG (Arttırılmış Ortalama Grup tahmincisi, Augmented Mean Group estimator (Eberhardt & Bond, 2009; Eberhardt & Teal, 2010,2011)) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca AMG yöntemi kapsamında değişkenlerin eşbütünlük derecelerinin aynı olması şartı bulunmamakta, içsellik bulunması durumunda dahi tutarlı ortak veya heterojen katsayılar tahminine olanak sağlamaktadır. Tablo 6’da yer alan sonuçlara göre modelde yer alan ülkeler AMG tahmincisi ile yapılmış uzun dönemli katsayı tahmin sonuçlarına göre yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi, kişi başı milli gelir ve karbon emisyonu arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir elektrik üretiminde yaşanacak bir artışın panelde yer alan ülkelerde karbon emisyonunu azaltması beklenebilir. Diğer taraftan kişi başı milli gelirden bir artışın panelde yer alan ülkelerde karbon emisyonunu artırması beklenebilir.

Tablo 6 :Uzun Dönemli Katsayı Tahmin Sonuçları

	Açıklayıcı Değişkenler	Katsayılar	t-istatistiği	Olasılık Değeri
Panel	ren	-0,079	-2,53	0,011
	gdp	0,976	4,04	0,000
	sabit	-23,516	-3,34	0,001
<b>Wald İstatistiği</b>			24,440	0,000
Brezilya	ren	0,014	0,10	0,919
	gdp	0,797	1,41	0,160
	sabit	-22,096	-0,168	0,093
Kanada	ren	-0,037	-3,13	0,002
	gdp	1,379	5,14	0,000
	sabit	-32,283	-4,31	0,000
Çin	ren	-0,066	-1,68	0,094
	gdp	1,669	5,56	0,000
	sabit	-44,242	-5,70	0,000
Rusya	ren	-0,047	-3,12	0,002
	gdp	0,703	14,71	0,000
	sabit	-16,049	-13,63	0,000
ABD	ren	-0,159	-10,47	0,000
	gdp	0,329	3,99	0,000
	sabit	-2,909	-1,08	0,282

Tablo 6’da aynı zamanda ülke bazlı sonuçlar da yer almaktadır. Buna göre Kanada, Çin, Rusya ve ABD’de yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi, kişi başı milli gelir ve karbon emisyonu arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Buna göre yenilenebilir elektrik enerjisi üretiminde yaşanacak artışın karbon emisyonunu azaltması beklenebilir. Diğer taraftan kişi başı milli gelirden yaşanacak bir



artışın karbon emisyonunu artırması beklenebilir. Ülke bazlı sonuçlara göre Brezilya’da yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi, kişi başı milli gelir ve karbon emisyonu arasında anlamlı ilişki bulunmamaktadır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji üretiminde dünya sıralamasında ilk beş içinde yer alan ülkeler için çevre kirliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve gelir arasındaki uzun dönemli ilişkileri, yatay kesit bağımlılığı dikkate alan dinamik panel veri yöntemleri kullanılarak 1992-2013 dönemi için incelenmiştir. Çalışmanın ekonometrik analiz kısmından elde edilen genel sonuçları, aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

i) Tüm değişkenler ve model için yatay kesit bağımlılık söz konusudur. Çevre kirliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve kişi başı reel gelir değişkenleri ülkeler arasında etkileşim içerisindedir. Bir ülke ortaya çıkan bir gelişme diğer ülkeleri de etkilemektedir.

ii) Tüm değişkenler fark durağandır ve bu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur. Yenilenebilir enerji üretimi, çevre kirliliği üzerinde negatif bir etkiye ve kişi başı gelir, çevre kirliliği üzerinde pozitif etkiye sahiptir.

Yenilenebilir enerji üretiminin, karbon emisyonu üzerinde negatif etkiye sahip olması; Bölük ve Mert (2015) ile Bento ve Moutinho (2016)’ un ulaştığı sonuçları destekler niteliktedir. Bu bağlamda ilgili ülkelerin enerji üretim politikalarının, yenilenebilir enerji üretimini hidro kaynaklar olmaksızın teşvik edecek şekilde oluşturulması karbon salınımının kontrolü ve azaltılmasının yanı sıra temiz su kaynaklarının korunması adına kritik öneme sahiptir. Bu husus yalnızca analize konu ülkeler için değil tüm ülkeler için sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma noktasında önemlidir.

Stockholm konferansından bu yana çevre ve iktisadi büyüme ilişkisi konusunda süre gelen tartışmalar; son yıllarda karbon temelli enerji kaynaklarının geleceğinin sorgulanır hale gelmesi, çevre bilinci artışına bağlı olarak karbon salınım miktarının azaltılması hedefine bağlı olarak, yenilenebilir enerji üretiminin enerji arz politikalarının odak noktasına yerleşmesiyle yeni bir boyuta taşınmıştır. Karbon salınımına bağlı olarak çevre kirliliğinin “geri döndürülemez” nokta olarak adlandırılan kritik seviyelere yaklaşmış olması, çevre kirliliği ile mücadeleyi destekleyecek bir enerji arz politikası oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca doğal yaşam döngüsünün devamı için sürdürülebilir temiz su arzı adına, hidro kaynakların enerji üretiminde kullanılması da bir diğer tartışma alanı olmuştur. Afrika kıtasının kimi bölgelerinde kabileler arasında su için savaşların yaşanması, enerji üretimi konusunda en düşük potansiyele sahip kaynağın hidro kaynaklar olduğu gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda, hidro kaynakların doğal yaşam döngüsünün devamı için kullanılması hususu salt analizde ele alınan ülkeler adına değil tüm dünya adına önem arz etmektedir. Gerek çevre kirliliği ile mücadele, gerek sürdürülebilir temiz su arzı adına hidro kaynaklar olmaksızın yenilenebilir enerji üretimi, Stockholm konferansı ile beraber başlayan çevre ile uyumlu iktisadi büyüme modellerinin tesisi sürecinin başarıya ulaşması noktasında tüm ülkeler için büyük bir öneme sahiptir.

İlgili ülkelerde iktisadi büyümenin karbon emisyonu üzerinde pozitif etkiye sahip olması, ilgili ülkelerin çevreyi kirletmek pahasına iktisadi büyümeyi gerçekleştirdiği konusunda fikir vermektedir. Bu durum Birleşmiş Milletler tarafından 1996 yılında yayınlanan İnsani Kalkınma Raporu’nda (United Nations, 1996) “Geleceksiz Büyüme” olarak tanımlanan iktisadi büyüme sürecine işaret etmektedir. Bu bağlamda ilgili ülkeler açısından iktisadi büyüme politikalarının çevre

koruma politikaları ile uyumlulaştırılması, karbon emisyonunun kontrol edilmesi ve azaltılması adına önemlidir.

Son olarak; Paris İklim Sözleşmesi'nin önemli taraflarından birisi olan Amerika Birleşik Devletleri'nin anlaşmadan 2017 yılı itibariyle çıkacağını açıklamış olması, küresel ısınma ile mücadele için karbon emisyonunun azaltılması konusunda bir kırılma noktası olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle araştırmanın gelecekte yapılacak çalışmalarda bu kırılmayı da dikkate alarak genişletilmesi önem arz etmektedir.

### Kaynaklar

- Apergis, N., Payne, E. J., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010). On the Casual Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth. *Ecological Economics*, 69: 2255-2260.
- Bento, J. P. C., Moutinho, V. (2016). Co2 Emissions, Non-Renewable and Renewable Electricity Production, Economic Growth, and International Trade in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55: 142-155.
- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü. (2016). The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption on Co2 Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54: 838-845.
- Bölük, G., Mert, M. (2014). Fossil & Renewable Energy Consumption, GHG's (Greenhouse Gasses and Economic Growth: Evidence from a Panel of EU (European Union) Countries. *Energy*, 74: 439-446.
- Bölük, G., Mert, M. (2015). The Renewable Energy, Growth and Environmental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52: 587-595.
- Breusch, P. S.; Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and It's Applications to Model Specification in Econometrics. *Review of Economic Studies*, 11(7); 239-253.
- Brutland G. H. (1987). Our Common Future. *Report of the World Commission on Environment and Development*: 41.
- Eberhardt, M., Bond, S. (2009) "Cross-Section Dependence in Nonstationary Panel Models: A Novel Estimator. MPRA Paper 17692, University Library of Munich. <http://mpra.ub.unimuenchen.de/17692.pdf>. (Erişim Tarihi: 11.12.2015).
- Eberhardt, M., Teal F. (2010). Productivity Analysis in Global Manufacturing Production. Discussion Paper 515, Department of Economics, University of Oxford. <http://www.economics.ox.ac.uk/research/WP/pdf/paper515.pdf>. (Erişim Tarihi: 11.12.2015).
- Eberhardt, M., Teal F. (2011). Econometrics for Grumblers: A New Look at the Literature on Crosscountry Growth Empirics. *Journal of Economic Surveys*, 25; 109-155.
- Eurostat (2015). Renewable Energy Statistics. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics) (Erişim Tarihi: 29.03.2016).
- Farhani, S., Shahbaz, M. (2014). What Role of Renewable and Non-Renewable Electricity Consumption and Output is Needed to Initially Mitigate Co2 Emissions in MENA Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40: 80-90.
- Global Energy Statistical Yearbook (2015). Electricity Domestic Consumption. <https://yearbook.enerdata.net/electricity-domestic-consumption-data-by-region.html> (Erişim Tarihi: 29.03.2016).
- Im, Kyung So,; Pesaran, M. Hasheem,; Shin, Yongcheol (2003). Testing for Unit Roots in Heterogenous Panels. *Journal of Econometrics*, 115; 53-74.
- Jacobsson, S., Bergek, A., Finon D., Lauber V., Mitchell, C., Toke D., Verbruggen, A. (2009). EU Renewable Energy Support Policy: Faith or Facts? <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:222137/FULLTEXT01.pdf> (Erişim Tarihi: 29.03.2016).
- Jaforullah, M., King, A. (2015). Does Use of Renewable Energy Sources Mitigate Co2 Emissions? A Reassessment of the US Evidence. *Energy Economics*, 49: 711-717.
- La Vina, Antonio G. M., Hoff, Gretchen and DeRose, Anne Marie (2002). The Successes and Failures of Johannesburg: A Story of Many Summits. *World Resources Institute* 1-24. [http://pdf.wri.org/wssd\\_joburg\\_english.pdf](http://pdf.wri.org/wssd_joburg_english.pdf) (Erişim Tarihi: 02.06.2014).
- Menyah, K., Rufael-Wolde, Y. (2010). Co2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in the US. *Energy Policy*, 38: 2911-2915.
- Özerkmen, N. (2002). İnsan Merkezli Çevre Anlayışından Doğa Merkezli Çevre Anlayışına. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 42(1-2): 167-185.
- Pesaran, M. Hashem (2004). General Diagnostic Tests for Cross-Section Dependence in Panels. *Journal of Applied Econometrics*, 20, 264-309.
- Pesaran, M. Hashem; Ullah, Aman; Yamagata, Takashi (2008). A Bias-Adjusted LM Test for Error Cross-Section Independence. *Econometrics Journal*, 11; 105-127.
- Rogner, H. H. (2000). Energy Resources. *Energy and Challenge of Sustainability*,; 166.
- Shafiei, S., Salim, R. A. (2014). Non-Renewable and Renewable Energy Consumption and Co2 Emissions in OECD Countries: A Comparative Analysis. *Energy Policy*, 66: 547-556.

- Smith, L. Vanessa; Leybourne, Stephen; Kim, Tae-Hwan; Newbold, Paul (2004). More Powerful Panel Data Unit Root Tests with an Application to Mean Reversion in Real Exchange Rates. *Journal of Applied Econometrics*, 19; 147-170.
- United Nations (1996). Human Development Report [http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/257/hdr\\_1996\\_en\\_complete\\_nostats.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/257/hdr_1996_en_complete_nostats.pdf) (Erişim Tarihi: 10.04.2016).
- United Nations Framework Convention on Climate Changes, (2012). Kyoto Protocol. [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php) (Erişim Tarihi: 05.06.2014).
- United States Energy Information Administration (2015). <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm> (Erişim Tarihi: 15.12.2015)
- U.S. Energy Information Administration (2015). Electricity. <https://www.eia.gov/electricity/data.cfm> (Erişim Tarihi: 10.12.2015).
- Westerlund, Joakim (2008). Panel Cointegration Tests of the Fisher Effects. *Journal of Applied Econometrics*, 23; 193-233.