

## ÇEVRESEL İNOVASYONLARIN TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: PANEL ARDL YAKLAŞIMI

Fatma ÜNLÜ<sup>1</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Çevresel teknolojilerin, kaynak kullanımındaki maliyetleri azaltması sebebiyle, toplam faktör verimliliği üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu yönündeki temel argüman, literatürde son zamanlarda sıklıkla tartışılmaktadır. Buradan hareketle çalışmanın amacı, çevresel inovasyonların toplam faktör verimliliği üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasıdır.

**Yöntem:** Toplam 41 ülkenin 1999-2014 dönemine ait verileri kullanılarak panel veri analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle panel birim kök testleri ile panel eşbütünleşme testleri yapılmıştır. Ardından, panel ARDL yaklaşımı takip edilerek, kısa ve uzun dönem katsayıları PMG tahmincisi ile elde edilmiş ve sonrasında ise panel nedensellik testi gerçekleştirilmiştir.

**Bulgular:** Analizlerden elde edilen bulgular; çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğunu, çevresel inovasyonların toplam faktör verimliliği üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu ve çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymuştur.

**Özgünlük:** Literatürdeki mevcut çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, yüksek ve orta gelirli ülkelerde çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkinin panel veri analizi ile grup etkisini ortaya koyacak şekilde incelenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel İnovasyon, Toplam Faktör Verimliliği, Panel ARDL, Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi.

**JEL Kodları:** C23, O30, O47.

## THE IMPACT of ENVIRONMENTAL INNOVATIONS on TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY: PANEL ARDL APPROACH

### ABSTRACT

**Purpose:** The main argument that environmental technologies which reduces costs in resources usage have positive effects on total factor productivity has been frequently discussed in the literature. The purpose of the paper is to determine the impact of environmental innovations on total factor productivity.

**Methodology:** Panel data analysis was carried out with data from total of 41 countries for the period 1999-2014. In this context, firstly panel cointegration tests were performed with panel unit root tests. Then, following the panel ARDL approach, short and long-term coefficients were obtained by employing the PMG estimator and then, panel causality test was applied.

**Findings:** The findings obtained from the analyzes show that there exists cointegration relationship between environmental innovations and total factor productivity, that environmental innovations have a significant and positive effect on total factor productivity and there is a bidirectional causality relationship between environmental innovations and total factor productivity.

**Originality:** Different from the existing studies in the literature, this study examines the relationship between environmental innovations and total factor productivity in high and middle-income countries with panel data analysis to reveal the group effect.

**Keywords:** Environmental Innovation, Total Factor Productivity, Panel ARDL, Dumitrescu-Hurlin Panel Causality Test.

**JEL Codes:** C23, O30, O47.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, funlu@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1822-9965

## 1. GİRİŞ

Ülkeler arasındaki gelir ve refah farklılıklarının en önemli nedeni olarak görülen verimlilik<sup>2</sup> artışları, uzun dönemde ekonomik büyümenin temel belirleyicisi olarak kabul edilmektedir. Solow'a (1957) göre, bir ekonomide kişi başına düşen gelir artışları toplam faktör verimliliğindeki (TFV) artışlar tarafından belirlenmektedir. Diğer taraftan, ülkeler arasındaki teknolojik farklılıklar kişi başına düşen gelirden önemli farklılıklar yaratabilmektedir. Baumol (1986), 1870'li yıllarda ABD ve Kanada'ya göre daha yoksul olan Japonya ve İtalya'nın zamanla kişi başına düşen gelir açısından söz konusu ülkelere yakınsamasının TFV yakınsaması ile ilişkili olduğunu ileri sürmüştür. De Long (1988), özellikle OECD ülkelerindeki gelir ve TFV'nin bazı dönemlerde birbirlerine yakınsadığını kabul etmektedir. De Long'a (1988) göre bu durumun temel sebebi; ülkelerin modern teknolojiyi içselleştirmelerine imkân tanıyan teknolojik yeteneklere sahip olmasıdır. Klenow ve Rodriquez-Clare (1997) ile Hall ve Jones'a (1999) göre ise, yoksul ve zengin ülkeler arasındaki gelir farklılıklarının büyük bir kısmı toplam faktör verimliliğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Onlara göre, toplam faktör verimliliğindeki farklılıklara ise teknolojik farklılıklar neden olmaktadır.

Comin'e (2017:2-3) göre, Ar-Ge teşvikleri ve nitelikli iş gücü arzının varlığı, Ar-Ge faaliyetlerinin marjinal maliyetlerini düşürerek inovasyon geliştirme olanağını artırmakta ve verimlilik artışına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, piyasanın genişlemesi sonucu girişimcilerin elde ettikleri gelirlerin artması, inovasyon faaliyetlerinin süreklilik kazanması için teşvik unsuru olma niteliği taşımaktadır. Dolayısıyla, artan inovasyonlar verimlilik üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Ark (2014:2), uzun dönemli ekonomik büyümenin temel kaynağı olan verimlilik artışlarına teknolojik ilerleme ve inovasyondan kaynaklanan sosyal faydaların yol açtığını ifade etmektedir. Diğer taraftan, son yıllarda iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi çevresel sorunların sonucu olarak çevresel maliyetleri azaltan teknolojilere duyulan ihtiyacın artması, çevresel inovasyonlara ve teknolojilere işaret eden eko-inovasyon kavramını gündeme getirmiştir. Ünlü ve Yıldız'a (2017: 252-253) göre bu teknolojiler; olumsuz çevresel etkileri azaltan yeni ürün, süreç, hizmet ve organizasyonel tekniklerin sürdürülebilirlik unsurları ile birlikte dikkate alındığı etkileşimli bir sürecin çıktıları olarak değerlendirilmektedir. Kaynak kullanımında verimlilik sağlayan çevresel teknolojilerin kullanımı yeni iş alanlarının ve yeni endüstrilerin oluşması ile birlikte rekabetçiliğe doğrudan katkı sağlamaktadır. Benzer şekilde, Aldieri ve diğerleri (2020), çevresel inovasyonların uzun dönemde verimlilik üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu ileri sürmektedir. Ona göre, çevresel inovasyonlar diğer inovasyonlara göre kısa dönemde daha düşük getiri oranına sahip olmasına rağmen, orta ve uzun dönemde temiz teknolojilerin pozitif etkileri söz konusu olmaktadır. Buradan hareketle, kaynak kullanımında verimlilik sağlayan ve çevresel maliyetleri azaltan bu teknolojilerin verimlilik üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu ifade etmek mümkündür.

Literatürde TFV ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur. Söz konusu çalışmaların büyük bir kısmı, ekonomik büyüme literatürü ile bağlantılı şekilde TFV'nin belirleyicileri üzerine yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda doğal kaynakların hızla tükenmesi, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi çevresel sorunların yanı sıra, artan rekabet olgusu ve tüketici davranışlarındaki değişiklik yani küresel talebin çevre dostu ve yoğun teknoloji içeren ürünlere doğru kayması çevre ekonomisi ve yenilik iktisadına olan ilgiyi zamanla artırmıştır. Araştırmacıların ilgisi de özellikle TFV ile çevre ve inovasyon arasındaki ilişkilere odaklanmıştır. Bu bağlamda, doğal kaynak kullanımını azaltarak hem çevresel hem de çevresel olmayan maliyetlerde ciddi düşüşlere yol açan çevresel teknolojilerin ön plana çıkması sebebiyle, TFV ve çevresel inovasyonlar arasındaki ilişkinin araştırılması önem kazanmıştır.

Bu çalışmanın temel olarak iki motivasyonu bulunmaktadır. Birincisi; TFV ile çevresel inovasyonlar arasındaki ilişkiyi inceleyen sınırlı sayıda çalışmanın olmasıdır. İkincisi ise; söz konusu ilişkiyi araştıran sınırlı sayıda çalışmada, örneklem grubunu tek bir ülke ya da ülke içindeki bölgelerin oluşturması, mevcut literatürün panel veri analizlerini ihmal etmesidir.

<sup>2</sup> En genel ifadeyle, kaynakların etkin kullanımına işaret eden verimlilik kavramı; kısmi faktör verimliliği ve toplam faktör verimliliği olarak iki şekilde tanımlanmaktadır. Faktörlerin verimlilikleri kısmi faktör verimliliğine işaret ederken; toplam girdi başına üretim ise toplam faktör verimliliği olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, ekonomik büyümenin faktör artışlarından kaynaklanmayan yani girdilerin üretime katkısı hesaplandıktan sonra geriye kalan kısmını göstermektedir (Shackleton, 2013).

Buradan hareketle çalışmanın amacı; çevresel inovasyonların TFV üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasına katkıda bulunmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek; için toplam 41 ülkenin 1999-2014 dönemine ait verileri kullanılarak Panel ARDL metodolojisi kapsamında sırasıyla; panel birim kök testleri, panel eşbütünleşme testleri, PMG tahmincisi ile katsayı tahmini ve nedensellik testleri yapılmıştır. Analizlerde değişken olarak; reel toplam faktör verimliliği, çevresel teknolojiler ile ilgili patent sayısı, CO<sub>2</sub> emisyonu ve ticari açıklık (% GSYİH) kullanılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki ilk bölümünde, konu kapsamındaki ilgili literatüre yer verilmiştir. Ardından, çalışmada kullanılan veri seti ve uygulanan ekonometrik yöntemlere ilişkin bilgiler sunulmuştur. Son bölümde ise analizden elde edilen ampirik bulgulara bağlı olarak sonuçlar yorumlanarak genel değerlendirme ve önerilere yer verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışma kapsamında, TFV ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar dört grupta incelenmiştir. *Birinci grupta*; literatürde TFV'nin belirleyicilerini firma, sektör, bölge ve ülkeler düzeyinde farklı yöntemleri kullanarak inceleyen çalışmalar yer almaktadır. Nitekim, ülkelerin iktisadi büyüme süreçlerinde verimlilik kavramının sahip olduğu kritik önem, özellikle büyüme literatürünün toplam TFV'nin belirleyicileri üzerine odaklanmasına yol açmıştır. Dolayısıyla, TFV'nin belirleyicileri ile ilgili oldukça geniş bir literatürün oluştuğunu ifade etmek mümkündür. Örneğin Adak (2009) ve Işık (2016) çalışmalarında, ekonomik büyüme ve TFV arasında pozitif yönlü bir ilişkinin varlığını tespit ederken; Özdemir (2019) ise söz konusu ilişkinin yönünü negatif olarak saptamıştır. Kaasa (2016), Tebaldi (2016) ve Fadiran ve Akanbi (2017), yaptıkları çalışmalarda kurumsal kalitenin TFV üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Uzay ve Koçak (2018) ise risk faktörleri ile TFV arasında ters yönlü ilişkinin varlığına dikkat çekmiştir. Yazarlara göre, ülkedeki risk düzeyinin artması TFV üzerinde negatif etkiler oluşturmaktadır. Miller ve Upadhyay (2000), Alcalá ve Ciccone (2001), Kim ve diğerleri (2007), Cecchini ve Lai-Tang (2008), Naz ve diğerleri (2015) ve Gömleksiz ve diğerleri (2017) çalışmalarında ticari açıklığın TFV'nin önemli belirleyicisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Jajri (2007), Pietrzak ve Balcerzak (2016), Kim ve Park (2017) ile Liu ve Bi (2019) ise beşeri sermayenin TFV üzerindeki önemli etkisine vurgu yapmıştır. Ayrıca literatürde doğrudan yabancı sermaye (DYS) girişleri (Hoekman ve diğerleri, 2004; Arazmuradov ve diğerleri, 2014), yatırım iklimi (Bastos ve Nasir, 2004) ve finansal gelişmenin (Levine, 1997; Han ve Shen, 2015; Tandoğan, 2017) TFV'nin önemli belirleyicileri arasında yer aldığını gösteren ampirik çalışmalar da mevcuttur.

*İkinci grup*, inovasyon ve TFV arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalardan oluşmaktadır. Örneğin; Verspagen (1995), 11 OECD ülkesindeki imalat sektörlerinin 1973-1988 dönemine ait verilerini kullanarak gerçekleştirdiği 3SLS analizinin sonuçlarına göre, Ar-Ge faaliyetlerinin verimlilik üzerindeki anlamlı etkisi sadece yüksek teknolojlü sektörlerde görülmektedir. Cameron ve diğerleri (2005), İngiltere'deki 14 imalat sektörünün 1970-1992 dönemine ait verilerini kullanarak uyguladıkları panel regresyon analizi sonucunda; TFV'nin endüstri düzeyindeki belirleyicilerini araştırmıştır. Yazarlar, Ar-Ge faaliyetlerinin inovasyon aracılığıyla verimlilik artışını etkilediğini, uluslararası ticaretin ise teknoloji transferini kolaylaştırıcı etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir. Lee ve Kang (2007), Güney Kore'deki firmaların gerçekleştirdiği inovasyonların (ve türlerinin) TFV üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ağırlıklandırılmış EKKY uygulanarak ulaşılan temel bulgulara göre, inovasyonun türü TFV artışında önemlidir ve kısa dönemde özellikle süreç inovasyonu, ürün inovasyonundan daha büyük verimlilik artışlarına yol açmaktadır. Hall ve diğerleri (2013), İtalya'daki firmaların 1995-2006 dönemine ait verilerini kullanarak yaptıkları regresyon analizi sonucunda; BIT'in verimlilik üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu saptamıştır. Cubel ve diğerleri (2014), Fransa, Almanya, İspanya ve İngiltere'nin 1950-2000 dönemine ait verileri kullanarak DOLS tahmincisi ile panel analizi gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre inovasyon göstergelerindeki %1'lik artış TFV'yi daha fazla artırmaktadır.

Voutsinas ve Tsamadias (2014), Yunanistan'da 1981-2007 döneminde Ar-Ge sermayesi ile TFV arasındaki ilişkiyi araştırmak için VAR analizi gerçekleştirmiştir. Analizden elde edilen bulgular, iki değişken arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığına ve Ar-Ge sermayesindeki %1'lik artışın TFV'yi %0.038 artırdığına işaret etmektedir. Fikirli ve Çetin (2015), Türkiye'de 1990-2013 döneminde Ar-Ge sermaye birikimi ile TFV

arasındaki eşbütünlüşme ilişkisini ARDL yaklaşımını kullanarak analiz etmiştir. Ancak sonuçlar, iki değişken arasındaki eşbütünlüşme ilişkisini doğrulamamaktadır. Gömleksiz ve diğerlerinin (2017), seçilmiş 12 OECD ülkesinin 1993-2014 dönemine ait verilerini kullanarak yaptıkları analizlerin (eşbütünlüşme testleri, FMOLS ve DOLS) sonuçlarına göre, Ar-Ge ve ileri teknoloji ürün ithalatı verimlilik artışlarının önemli belirleyicileridir. Rodriguez ve Martinez-Lopez (2017), Avrupa Birliği ekonomilerinde Ar-Ge içeren inovasyon faaliyetlerinin TFV üzerindeki etkisinin, Ar-Ge içermeyen inovasyon faaliyetlerine göre iki (2) kat daha fazla olduğu sonucuna ulaştıkları araştırmalarında, ilgili ülkelerin 2004-2008 dönemine ait verileri kullanarak panel veri analizi gerçekleştirmiştir.

Skorupinska ve Torrent-Sellens (2017), Doğu Avrupa ülkelerindeki toplam 444 firmanın verilerini kullanarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT), beşeri sermayenin ve yönetim kalitesinin TFV'nin önemli belirleyicileri olup olmadığını yapısal eşitlik modeli ve en küçük kareler yöntemi (EKKY) ile araştırmıştır. Sonuçlara göre, söz konusu değişkenler TFV açısından oldukça önemlidir. Yalçınkaya'nın (2017), G-7 ülkeleri ile birlikte seçilmiş dokuz yükselen piyasa ekonomisinin 1992-2013 dönemine ait verilerini kullanarak yaptığı analizlerde (panel eşbütünlüşme ve panel DSUR tahmincisi) Ar-Ge yatırımları, patent başvuruları, eğitim endeksi ve yüksek teknoloji ihracatının sadece G-7 ülkelerinde TFV üzerinde anlamlı ve önemli etkilere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Akkoç ve diğerleri (2018), BRICS ülkeleri ile Türkiye'de ithalat yapılan ülkelerdeki Ar-Ge harcamalarının ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının ev sahibi ülkedeki TFV'yi etkileyip etkilemediğini panel eşbütünlüşme testleri ve CCE tahmincisi ile tespit etmeye çalışmıştır. Analiz sonuçları, DYS yatırımlarının, Ar-Ge harcamalarının etkisinden düşük de olsa, TFV üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

*Üçüncü grup*, TFV ve çevre ilişkisini ele alan çalışmalardan oluşmaktadır. Örneğin Rath ve diğerleri (2009), fosil yakıt ve yenilenebilir enerji tüketiminin TVF artışı üzerindeki etkilerini seçilmiş 36 ülkenin 1981-2013 dönemine ait verileri ile panel veri analizini kullanarak araştırmıştır. Analizden elde edilen bulgular, TFV artışı üzerinde fosil yakıt tüketiminin negatif ancak yenilenebilir enerji tüketiminin ise pozitif etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Ladu ve Meleddu (2014) ise İtalya'nın bölgelerinde 1996-2008 dönemi için dinamik panel veri analizi ile enerji yoğunluğu ve TFV arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Yazarlar, söz konusu iki değişken arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi saptamıştır. Rath ve diğerlerinin (2009) ulaştığı sonuçların aksine, Tuğcu ve Tiwari (2016) ise 1992-2012 dönemi için BRICS ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ile TFV arasındaki ilişkiyi Panel Bootstrap Granger nedensellik testi ile analiz etmiş ve nihai olarak iki değişken arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını tespit etmiştir. Amri ve diğerleri (2019), 1975-2014 döneminde Tunus örneğinde BİT ve TFV'nin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisini ARDL yaklaşımını kullanarak araştırmıştır. Analizden elde edilen bulgulara göre, BİT ve TFV, CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki anlamlı ancak önemsiz bir etkiye sahiptir. Shen ve diğerleri (2020), Çin'in 30 bölgesine ait 2006-2016 dönemi verilerini kullanarak stokastik sınır analizi gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçları, iş gücü verimliliği ve çevresel düzenlemelerin sürdürülebilir teknolojik verimlilik düzeyi üzerinde pozitif etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

*Dördüncü grup*, çevresel inovasyonlar ile TFV arasındaki ilişkiyi ele alan sınırlı sayıda çalışmalardan oluşmaktadır. Örneğin Aldieri ve diğerleri (2020) tarafından, Rusya'nın 85 bölgesinin 2010-2015 dönemine ait verileri kullanılarak panel analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, çevresel inovasyonların TFV üzerindeki pozitif etkilerini doğrulamaktadır.

Literatür değerlendirmesinden hareketle, TFV'nin belirleyicileri başta olmak üzere, TFV ile inovasyon ve çevre arasındaki ilişkiyi farklı yöntemleri kullanarak inceleyen çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Ancak çevresel inovasyonların TFV üzerindeki etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışmanın olması, bu araştırmanın temel hareket noktasını oluşturmaktadır.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Veri Seti ve Model

Çalışmada çevresel inovasyonların TFV üzerindeki etkilerini belirlemek için panel veri analizi takip edilmiştir. Verilerin elde edilebilirliği kriteri doğrultusunda, 30 yüksek gelirli<sup>3</sup> ve 11 orta gelirli<sup>4</sup> olmak üzere toplam 41 ülkenin 1999-2014 dönemine ait yıllık veri setlerinin logaritmik değerleri analizlerde kullanılmıştır. Modelde bağımlı değişken olan TFV, Penn World Table 9.0 veri tabanından elde edilen reel toplam faktör verimliliği (2011 yılı sabit fiyatlarıyla); bağımsız değişken olan çevresel inovasyonlar ise OECD veri tabanından alınan çevresel teknolojiler ile ilgili patent sayısı ile temsil edilmektedir. TFV ile ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanılan CO<sub>2</sub> emisyonu (kişi başına metrik ton) ve ticari açıklık (% GSYİH) kontrol değişkenleri olarak modele dâhil edilmiştir. Söz konusu değişkenlere ait veriler OECD veri tabanından elde edilmiştir. Analizde kullanılan ampirik model Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$\ln TFV_{it} = \alpha_0 + \alpha_{1t} \ln Patent_{it} + \alpha_{2t} \ln CO_{2it} + \alpha_{3t} \ln TA_{it} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Eşitlik 1'de  $i = 1,2,3,\dots,N$  yatay kesit sayısını,  $t = 1,2,3,\dots,T$  zaman boyutunu, sabit terimi ve  $\varepsilon$  hata terimini temsil etmektedir.  $\ln TFV$ ,  $\ln Patent$ ,  $\ln CO_2$  ve  $\ln TA$  sırasıyla; reel TFV, çevresel teknolojilerle ilgili patentler, CO<sub>2</sub> emisyonu ve ticari açıklık değişkenlerini temsil etmektedir. Denklemden yer alan  $\alpha$  terimleri, bağımsız değişkenlere ait esneklik katsayılarını göstermektedir. Model tahmin sonuçlarına göre; *i*) eğer  $\alpha$  katsayısı istatistiki olarak anlamsız ise değişkenler arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı, *ii*)  $\alpha_i > 0$  ve anlamlı ise bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerinde pozitif bir etkiye ve *iii*)  $\alpha_i < 0$  ve anlamlı ise negatif bir etkiye sahip olduğu şeklinde karar verilir. Çizelge 1'de, ön bilgi sunması amacıyla, analizde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler gösterilmektedir.

**Çizelge 1. Tanımlayıcı istatistikler (1999-2014)**

	TFV	TA	CO <sub>2</sub>	Patent
Ortalama	0,989038	84,51793	7,964966	308,5236
Maksimum	1,315723	437,3267	20,17875	6055,300
Minimum	0,685151	18,34896	0,959259	0,200000
Standart Hata	0,068687	59,30871	3,790676	776,0600
Çarpıklık	-0,666539	3,147937	0,771246	4,305235
Baskılık	7,676585	16,10275	3,989951	23,46000
Jarque-Bera	646,3661	5776,080	91,82047	13468,55
Olasılık	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gözlem Sayısı	656	656	656	656

#### 3.2. Ekonometrik Metodoloji

##### 3.2.1. Panel Birim Kök Testleri

Panel veri analizlerinde, sahte regresyon sorununun bertaraf edilebilmesi ve analize devam edilebilmesi için serilerin durağanlığının birim kök testleri ile araştırılması gerekmektedir. Bunun için, literatürde genellikle Maddala ve Wu (1999), Breitung (2001), Choi (2001), Levin ve diğerleri (2002) ve Im ve diğerleri (2003) tarafından geliştirilen panel birim kök testleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada, serilerin durağan olup olmadıklarının belirlenmesinde ADF-Fisher, Breitung, PP-Fisher, Levin-Lin-Chin (LLC) ve Im-Pesaran-Shin (IPS) panel birim kök testlerinden faydalanılmıştır.

<sup>3</sup> Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Hırvatistan, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Güney Kore, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Singapur, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, İngiltere ve ABD.

<sup>4</sup> Brezilya, Bulgaristan, Çin, Kolombiya, Hindistan, Meksika, Romanya, Rusya, Güney Afrika, Türkiye ve Ukrayna.

LLC (2002), DF ve ADF test yaklaşımı üzerine temellendirilmiş olup bireysel serilerin yerine toplulaştırılmış yatay kesit serilerinin durağanlığını sınanan güçlü bir panel birim kök testidir. Tüm birimlerin aynı otoregresif parametreye ( $\rho$ ) sahip olduğunu gösteren bu testte sıfır hipotezi ve alternatif hipotez sırasıyla; " $H_0$ : Panel veri setinde birim yok yoktur ( $H_0: \rho_i = \rho = 1$ )" ve " $H_1$ : Panel veri setinde birim kök vardır ( $H_1: \rho_i = \rho < 1$ )" şeklinde kurulmaktadır. LLC (2002) testine ait temel denklem Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL} \Delta Y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mt} + u_{it} \quad m=1,2,3 \quad (2)$$

IPS (2003) panel birim kök testi, verileri birleştirmek yerine tüm birimler için zaman serilerinin ayrı ayrı durağanlığını sınamaktadır. IPS (2003) birim kök test istatistiği, tüm bireysel ADF test istatistiklerinin ortalamasından elde edilmektedir. Bu panel birim kök testine ait temel denklem aşağıda yer alan Eşitlik 3 yardımıyla verilmiştir.

$$\Delta Y_{it} = \rho_i Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \phi_{iL} \Delta Y_{it-L} + \mu_{it} \gamma + u_{it} \quad (3)$$

Breitung (2001) panel birim kök testinde, diğer birim kök testlerinden farklı bir yaklaşım takip edilmektedir. Heterojenlik durumunda da kullanılabilen bu testte, standart  $t$  istatistiklerinin kullanılabilmesi için regresyonlar hesaplanmadan önce veriler dönüştürülmektedir. Aynı zamanda, tüm birimlerin aynı otoregresif katsayıya sahip olması üzerine kurulmuş olmasına rağmen, her birimin kendi katsayısına sahip olmasına izin veren bir testtir. Breitung (2001) panel birim kök testine ait temel denklem Eşitlik 4 aracılığıyla gösterilmiştir.

$$X_{it} = \sum_{k=1}^{p+1} \alpha_{iK} X_{i,t-K} + u_{it} \quad (4)$$

Fisher panel birim kök testlerinde (ADF-Fisher ve PP-Fisher), öncelikle her bir birim için birim kök testi yapılmaktadır. Ardından, bu testlerden elde edilen  $p$  değerleri testleri üretmek için kullanılmaktadır. Bu test, parametrik olmayan ve 2N serbestlik dereceli ki-kare dağılımına sahiptir. ADF-Fisher ve PP-Fisher test istatistikleri sırasıyla Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 aracılığıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \ln(pi) \rightarrow X_2^2 N \quad (5)$$

$$Z = \frac{1}{2\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N (-2 \ln(pi) - 2) \rightarrow N(0, 1) \quad (6)$$

### 3.2.2. Panel Eşbütünleşme Testleri

Birim kök testleri sonucunda durağan hale gelen değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespit edilebilmesi için eşbütünleşme testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilebilmesi amacıyla Pedroni (1999; 2004), Kao (1999) ve Johansen-Fisher testleri tercih edilmiştir.

Pedroni (1999; 2004) tarafından dört tanesi panel ve üç tanesi grup test istatistiği olmak üzere toplam yedi tane panel eşbütünleşme testi geliştirilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin saptanmasında sıklıkla kullanılan bu testler iki kategoride değerlendirilmektedir. Birinci kategoride, tüm birimlerin zaman serileri için ayrı ayrı hesaplanan eşbütünleşme testlerinin ortalaması kullanılırken; ikinci kategoride ise ortalamalar parçalardan elde edilmekte ve bu nedenle limit dağılımları parçalı pay ve payda terimlerinin limitlerinin üzerine kurulmuştur (Tatoğlu, 2013: 235). İlk grup test istatistikleri; varyans oranı istatistiği, Philips-Perron tipi  $\rho$  istatistiği, Philips-Perron tipi  $t$  istatistiği ve ADF tipi  $t$  istatistiğidir. İkinci grup test istatistikleri ise grup ortalamaya yaklaşımı üzerine temellendirilmiş olup sırasıyla; Philips-Perron tipi  $\rho$  istatistiği, Philips-Perron tipi  $t$  istatistiği ve ADF tipi  $t$  istatistiği şeklindedir. Pedroni eşbütünleşme testinde sıfır hipotezi ve alternatif hipotez aşağıdaki gibi kurulmuştur:

$H_0$ : Bütün yatay kesitler için eşbütünleşme ilişkisi yoktur.

$H_1$ : Bütün yatay kesitler için eşbütünleşme ilişkisi vardır.

Kao (1999) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testi hata terimli temelli olup panel seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemektedir. Bu test, DF (Dickey Fuller) ve ADF (Genelleştirilmiş Dickey Fuller) tipi test yapısından hareket etmektedir. Kao eşbütünleşme testinde; sıfır hipotezi ( $H_0$ ) “değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur” ve alternatif hipotez ( $H_1$ ) ise “değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır” şeklinde kurulmuştur. Kao (1999) eşbütünleşme testine ait temel denklem Eşitlik 7’deki gibidir.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \quad i=1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T \quad (7)$$

Maddala ve Wu (1999) tarafından geliştirilen Johansen-Fisher eşbütünleşme testi, Johansen (1988) panel eşbütünleşme testine dayanmaktadır. Bu test istatistiği, her birim için elde edilen eşbütünleşme testinin maksimum istatistiklerinin, olasılık değerlerinin birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Johansen-Fisher eşbütünleşme testinde; sıfır hipotezi ( $H_0$ ) “değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur” ve alternatif hipotez ( $H_1$ ) ise “değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır” şeklinde kurulmuştur. İlişkinin varlığı iz (trace) ve özdeğer (maksimum eigenvalue) istatistikleri kullanılarak araştırılmaktadır. Johansen-Fisher eşbütünleşme test istatistiği Eşitlik 8’deki gibidir.

$$-2 \sum_{i=1}^N \log(\pi_i) \rightarrow X_2^2 N \quad (8)$$

Eşitlik 8’de yer alan  $\pi_i$  ifadesi, Johansen-Fisher eşbütünleşme test istatistiğine ait olasılık değerini temsil etmektedir.

### 3.2.3. Panel ARDL Tahmin Yöntemi

Çalışmada uzun dönem katsayıları tahmin etmek için, Pesaran ve diğerleri (1999) tarafından geliştirilen PMG (Pooled Mean Group) tahmincisi kullanılmıştır. PMG tahmincisi, sabit, hata terimi varyansları ve kısa dönem katsayılarının değişmesine izin vermektedir. Diğer taraftan, kısa dönem katsayıları için heterojenlik ve uzun dönem katsayıları için ise homojenlik varsayımının gerçekleştirilmesine izin vermektedir.

Pesaran ve diğerleri (1999) tarafından geliştirilen ARDL yaklaşımı takip edilerek ve PMG tahmincisi kullanılarak oluşturulan model Eşitlik 9 aracılığıyla verilmiştir.

$$\Delta \ln TFV_t = \alpha_0 + \delta t + \sum_{i=1}^{n-1} (\beta_{1i} \Delta \ln TFV_{t-i}) + \sum_{i=0}^{n-1} (\beta_{2i} \Delta \ln Patent_{t-i}) + \sum_{i=0}^{n-1} (\beta_{3i} \Delta \ln CO2_{t-i}) + \sum_{i=0}^{n-1} (\beta_{4i} \Delta \ln TA_{t-i}) + (\phi_{1i} \Delta \ln TFV_{t-i}) + (\phi_{2i} \Delta \ln Patent_{t-i}) + (\phi_{3i} \Delta \ln CO2_{t-i}) + (\phi_{4i} \Delta \ln TA_{t-i}) + \varepsilon_t \quad (9)$$

Eşitlik 9’da;  $\alpha_0$ ,  $\delta t$  ve  $\varepsilon_t$  terimleri sırasıyla sabit, trend ve hata terimini temsil etmektedir. Denklemde yer alan  $\phi$  ve  $\beta$  terimleri ise modeldeki değişkenlere ait kısa ve uzun dönem katsayılarına işaret etmektedir.

### 3.2.4. Panel Nedensellik Testi

Panel eşbütünleşme testleri ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişkinin var olup olmadığı araştırılır. Ancak mevcut ilişkinin yönünün tespit edilebilmesi için nedensellik analizinin yapılması gerekmektedir. Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen test, Granger nedensellik testinin heterojen paneller için geliştirilmiş ve diğerlerine göre daha güçlü olan bir bootstrap panel nedensellik testidir.

Bu testte, Monte-Carlo simülasyonu kullanılarak test istatistikleri ve olasılık değerleri hesaplanmaktadır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testinde, sıfır hipotezi ( $H_0$ ) “Tüm birimler için Y’den X’e nedensellik yoktur” ve alternatif hipotez ( $H_1$ ) “Tüm birimler için Y’den X’e nedensellik vardır” şeklinde tanımlanmıştır.

$$H_0: \beta_i = 0 \quad \forall_i = 1, \dots, N$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \quad \forall_i = 1, \dots, N$$

$$\beta_i \neq 0 \quad \forall_i = N + 1, N + 2, \dots, N$$

Temel hipotezi test etmek için kullanılan test istatistiği, bireysel Wald istatistiklerinin toplamıdır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testine ait temel denklem Eşitlik 10 yardımıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K Y_i^{(k)} Y_{i,t-k} + \sum_k \beta_i^{(k)} X_{i,t-k} + e_{i,t} \quad (10)$$

#### 4. AMPİRİK BULGULAR

Analizde kullanılan değişkenlere ait serilerin durağan olup olmadıklarının sınanması için gerçekleştirilen panel birim kök testlerine ait sonuçlar Çizelge 2 aracılığıyla gösterilmiştir. Çizelgeye göre, *lnTFV* değişkenine ait seri IPS, ADF-Fisher, PP-Fisher ve Breitung testlerine göre seviye düzeyinde birim kök içermektedir. Söz konusu değişkenin birinci farkı alındığında ise serinin %1 anlam seviyesinde durağan hale geldiği tespit edilmiştir. *lnPatent* değişkenine ait seri, Breitung testi hariç, diğer testlere göre farklı anlam düzeylerinde durağanlık göstermektedir. Bunun üzerine serinin birinci farkı alınarak durağanlık testleri tekrarlanmıştır ve ilgili serinin %1 anlam seviyesinde durağan hale geldiği tespit edilmiştir. *lnCO<sub>2</sub>* değişkenine ait seri LLC, IPS, ADF-Fisher, PP-Fisher ve Breitung testlerine göre seviye düzeyinde birim kök içerirken; tersine *lnTA* değişkeni birim kök içermemektedir, yani bu seri durağandır. Her iki değişken için birinci fark alma işlemi yapılarak gerçekleştirilen durağanlık testlerine göre, seriler birinci fark düzeyinde %1 anlam seviyesinde birim kök içermemektedir.

**Çizelge 2. Panel birim kök testlerine ait sonuçlar**

	Levin ve diğerleri		Im ve diğerleri		ADF-Fisher		PP-Fisher		Breitung
	Sabitli	Trendli	Sabitli	Trendli	Sabitli	Trendli	Sabitli	Trendli	Trendli
<i>lnTFV</i>	-5,120 (0,000)*	-3,675 (0,000)*	-1,737 (0,041)**	0,637 (0,738)	95,893 (0,140)	69,079 (0,844)	96,703 (0,127)	62,831 (0,942)	0,730 (0,767)
<i>lnPatent</i>	-6,212 (0,000)*	-7,048 (0,000)*	-1,554 (0,060)***	-3,106 (0,000)*	98,413 (0,104)	158,082 (0,000)*	128,529 (0,000)*	162,773 (0,000)*	3,041 (0,998)
<i>lnCO<sub>2</sub></i>	2,462 (0,993)	-4,373 (0,000)*	7,203 (1,000)	0,753 (0,774)	37,988 (1,000)	77,654 (0,615)	33,611 (1,000)	67,537 (0,875)	5,578 (1,000)
<i>lnTA</i>	-7,002 (0,000)*	-8,265 (0,000)*	-2,248 (0,012)**	-3,592 (0,000)*	102,221 (0,064)***	126,621 (0,001)*	102,883 (0,059)***	132,911 (0,000)*	-3,791 (0,000)*
$\Delta$ <i>lnTFV</i>	-15,891 (0,000)*	-13,253 (0,000)*	-11,223 (0,000)*	-7,101 (0,000)*	271,140 (0,000)*	-15,891 (0,000)*	-13,253 (0,000)*	-11,223 (0,000)*	-7,101 (0,000)*
$\Delta$ <i>lnPatent</i>	-24,025 (0,000)*	-21,078 (0,000)*	-19,636 (0,000)*	-16,173 (0,000)*	427,676 (0,000)*	-24,025 (0,000)*	-21,078 (0,000)*	-19,636 (0,000)*	-16,173 (0,000)*
$\Delta$ <i>lnCO<sub>2</sub></i>	-19,842 (0,000)*	-20,431 (0,000)*	-15,997 (0,000)*	-16,324 (0,000)*	383,593 (0,000)*	-19,842 (0,000)*	-20,431 (0,000)*	-15,997 (0,000)*	-16,324 (0,000)*
$\Delta$ <i>lnTA</i>	-22,885 (0,000)*	-19,803 (0,000)*	-17,536 (0,000)*	-12,604 (0,000)*	404,545 (0,000)*	-22,885 (0,000)*	-19,803 (0,000)*	-17,536 (0,000)*	-12,604 (0,000)*

**Not:** \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla; %, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine (SIC) göre otomatik olarak belirlenmiştir.  $\Delta$  ise ilk fark işlemcisini temsil etmektedir.

Serilerin durağanlığı test edildikten sonra, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığının belirlenebilmesi için Pedroni (1999; 2004), Kao (1999) ve Johansen-Fisher panel eşbütünleşme testleri yapılmıştır. Çizelge 3'te yer alan Pedroni (1999; 2004) eşbütünleşme testinin sonuçları; grup içi istatistiklerden panel PP-istatistiği ve panel ADF-istatistiği ile gruplar arası istatistiklerden grup PP-istatistiği ve panel ADF-istatistiği dikkate alındığında, "değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur" şeklindeki  $H_0$  hipotezinin reddedildiği görülmektedir. Başka bir deyişle, Pedroni (1999; 2004) eşbütünleşme testine göre, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki mevcuttur.



**Çizelge 3. Pedroni (1999; 2004) eşbütünleşme testi sonuçları**

İstatistikler	İstatistik Değeri	Olasılık
<i>Grup-İç İstatistikler</i>		
Panel v- istatistiği	-2,024766	0,9786
Panel rho- istatistiği	4,711211	1,0000
<i>Grup-İç İstatistikler</i>		
Panel PP- istatistiği	-2,226103	0,0130**
Panel ADF- istatistiği	-5,240997	0,0000*
<i>Gruplararası İstatistikler</i>		
Grup rho- istatistiği	6,793631	1,0000
Grup PP- istatistiği	-1,948726	0,0257**
Grup ADF- istatistiği	-3,927222	0,0000*

**Not:** \* ve \*\* sırasıyla; %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Çizelge 4'te yer alan Kao (1999) eşbütünleşme testine ait sonuçlar ilgili değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını tespit eden Pedroni (1999; 2004) eşbütünleşme testinin sonuçlarını desteklemektedir. Yani, Kao (1999) eşbütünleşme testinin sonuçlarına göre, "değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur" şeklindeki Ho hipotezi reddedilmiştir.

**Çizelge 4. Kao (1999) eşbütünleşme testi sonuçları**

	t-istatistik değeri	Olasılık
Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF)	-3,171048	0,0008*

**Not:** \*, %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Çizelge 5'te Johansen-Fisher eşbütünleşme testi sonuçları yer almaktadır. İz (trace) istatistiği ile maksimum özdeğer (eigenvalue) test istatistikleri %1 seviyesinde anlamlıdır. Bu durumda, "değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoktur" şeklindeki  $H_0$  hipotezi reddedilmiştir. Özetle, Pedroni (1999; 2004), Kao (1999) ve Johansen-Fisher eşbütünleşme test sonuçları birbiriyle uyumludur. Analize dâhil edilen değişken arasında eşbütünleşme ilişkisi söz konusudur.

**Çizelge 5. Johansen-Fisher eşbütünleşme testi sonuçları**

	Fisher İstatistiği (İz Testi)	Olasılık	Fisher İstatistiği (Maksimum Özdeğer Testi)	Olasılık
$r = 0$	1666	0,0000*	3329,0	0,0000*
$r \leq 1$	651,0	0,0000*	451,4	0,0000*
$r \leq 2$	282,6	0,0000*	219,2	0,0000*
$r \leq 3$	138,3	0,0001*	138,3	0,0001*

**Not:** \*, %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Çizelge 6'da PMG ARDL modeline ait tahmin sonuçları kısa ve uzun dönem itibarıyla gösterilmektedir. Uzun dönemde,  $\ln$ Patent ve  $\ln$ CO<sub>2</sub> değişkenleri  $\ln$ TFV üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahipken;  $\ln$ TA değişkeni ise istatistiksel olarak anlamsızdır. Tahmin sonuçlarına göre çevresel teknolojilerle ilgili patent sayısındaki %1'lik artış, reel toplam faktör verimliliğini uzun dönemde %0,4 artırmaktadır. Bu tespit, çevresel inovasyonların toplam faktör verimliliği üzerinde pozitif etkiye sahip olduğuna işaret etmektedir. Diğer taraftan, Çizelge kısa dönem katsayı tahminleri ve hata düzeltme modeli tarafından oluşturulan eşbütünleşme ilişkisini gösteren bilgileri de içermektedir. Çizelge 6'ya göre, hata düzeltme katsayısı (COINTEQ01) negatif ve %1 seviyesinde anlamlıdır. Bu durum; değişkenler arasındaki anlamlı uzun dönem ilişkisinin varlığını doğrulamaktadır.

**Çizelge 6. PMG ARDL (2,2,2,2) modeli sonuçları**

	Katsayı	t-istatistiği	Olasılık
<i>Kısa Dönem</i>			
D(lnTFV(-1))	0,257142	3,231426	0,0014*
D(lnPatent)	0,007562	1,405761	0,1609
D(lnPatent(-1))	-0,007074	-1,487977	0,1379
D(lnCO <sub>2</sub> )	0,006921	0,216546	0,8287
D(lnCO <sub>2</sub> (-1))	0,016707	0,558029	0,5773
D(lnTA)	0,103158	3,652392	0,0003*
D(lnTA(-1))	-0,027784	-1,228368	0,2203
C	-0,067051	-3,207470	0,0015*
COINTEQ01	-0,224722	-3,494197	0,0006*
<i>Uzun Dönem</i>			
lnPatent	0,004061	7,299881	0,0000*
lnCO <sub>2</sub>	0,155729	45,23734	0,0000*
lnTA	0,004170	1,212357	0,2264

**Not:** \*, %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Gecikme uzunluğu Akaike Kriterine (AIC) göre belirlenmiştir.

Çizelge 7’de Dumitrescu-Hurlin (2012) tarafından geliştirilen panel nedensellik testine ait sonuçlar yer almaktadır. Çizelge’ye göre; *i)* çevresel teknolojilerle ilgili patentler ve reel toplam faktör verimliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Yani, çevresel teknolojilerle ilgili patentler reel toplam faktör verimliliğini etkilerken; reel toplam faktör verimliliği de çevresel teknolojilerle ilgili patentleri etkilemektedir. *ii)* Ticari açıklıktan çevresel teknolojilerle ilgili patentlere doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Yani, ticari açıklık çevresel teknolojilerle ilgili patentleri etkilerken; çevresel teknolojilerle ilgili patentlerin ticari açıklık üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. *iii)* CO<sub>2</sub> emisyonu ile ticari açıklık arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır ve bu ilişkinin yönü CO<sub>2</sub> emisyonundan ticari açıklığa doğrudur.

**Çizelge 7. Dumitrescu-Hurlin Panel nedensellik testi sonuçları**

Sıfır Hipotezi	w-istatistiği	z-istatistiği	Olasılık
lnPatent, homojen olarak lnTFV’nin nedeni değildir.	4,36545	3,32973	0,0009*
lnTFV, homojen olarak lnPatent’in nedeni değildir.	3,78673	2,25562	0,0241**
lnCO <sub>2</sub> , homojen olarak lnTFV’nin nedeni değildir.	3,17445	1,11921	0,2630
lnTFV, homojen olarak lnCO <sub>2</sub> ’nin nedeni değildir.	4,74611	4,03624	5.E-05
lnTA, homojen olarak lnTFV’nin nedeni değildir.	5,33304	5,12558	3.E-07
lnTFV, homojen olarak lnTA’nın nedeni değildir.	5,29214	5,04967	4.E-07
lnCO <sub>2</sub> , homojen olarak lnPatent’in nedeni değildir.	3,26458	1,28650	0,1983
lnPatent, homojen olarak lnCO <sub>2</sub> ’nin nedeni değildir.	5,39025	5,23177	2.E-07
lnTA, homojen olarak lnPatent’in nedeni değildir.	3,53197	1,78278	0,0746***
lnPatent, homojen olarak lnTA’nın nedeni değildir.	5,60370	5,62794	2.E-08
lnTA, homojen olarak lnCO <sub>2</sub> ’nin nedeni değildir.	6,58947	7,45754	9.E-14
lnCO <sub>2</sub> , homojen olarak lnTA’nın nedeni değildir.	3,68423	2,06538	0,0389**

**Not:** \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla; %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

## 5. SONUÇ

Küresel ısınmaya bağlı olarak meydana gelen çevresel bozulmaların yol açtığı sorunların çözümünde etkin rol üstlenmesi beklenen çevresel teknolojilere olan ihtiyaç zamanla artmaktadır. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan bugünkü nesillerin ihtiyaçlarını karşılayan bu teknolojiler, hem kaynak kullanımındaki maliyetleri minimize edebilen hem de çevresel maliyetleri en aza indirebilen üretim teknolojilerine sahiptir. Dolayısıyla üretim sürecinde kaynak verimliliğini sağlayarak çevre-dostu süreçleri esas alan çevresel teknolojiler aynı zamanda sürdürülebilir bir ekonominin de kilit unsuru olarak görülmektedir. Özellikle çevresel iktisat ve yenilik iktisadı alanında yapılan teorik ve ampirik çalışmaların öne sürdüğü temel argümanlar ve sonuçlara göre; ekonomik büyüme ve kalkınmanın itici gücü olan inovasyonun çevre boyutuna da işaret eden çevresel inovasyonların, verimlilik sürecine olumlu katkı sağlaması beklenmektedir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin kaynak verimliliği sağlayan sürdürülebilir bir ekonomiye sahip olabilmesi için önem arz eden çevresel inovasyonların toplam faktör verimliliği üzerindeki etkilerinin araştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda 41 ülkenin 1999-2014 dönemine ait verileri kullanılarak gerçekleştirilen panel veri analizinden elde edilen temel bulgular şu şekilde ifade edilebilir: *i)* Panel eşbütünlük testlerine göre çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur. *ii)* PMG tahmincisi kullanılarak gerçekleştirilen panel ARDL tahmin sonuçları, çevresel inovasyonların uzun dönemde toplam faktör verimliliğini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. *iii)* Panel nedensellik test sonuçlarından elde edilen bulgular ise çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisine işaret etmektedir. Analizden elde edilen söz konusu temel bulgular; literatürdeki uygulamalı çalışmaların (Cameron ve diğerleri, 2005; Lee ve Kang, 2007; Hall ve diğerleri, 2013; Cubel ve diğerleri, 2014; Skorupinska ve Torrent-Sellens, 2017; Yalçınkaya, 2017; Aldieri ve diğerleri, 2020) ulaştığı genel sonuçlar ile uyumluluk göstermektedir.

Çalışmada, çevresel inovasyonlar ile toplam faktör verimliliği arasında pozitif yönlü ilişki olduğu yapılan analizler neticesinde doğrulanmıştır. Buradan hareketle, çevresel teknolojilerin üretim süreçlerine entegre olmasını sağlayacak etkin politikaların dizayn edilerek uygulamaya konulması hem sürdürülebilir kalkınmanın hem de kaynak-etkin döngüsel bir ekonomiye dönüşümün sağlanması için oldukça önem arz etmektedir. Diğer taraftan, çevre ve teknoloji alanındaki mevcut politikaların da çevre dostu temiz teknolojilerin kullanılmasını sağlayacak şekilde yeniden gözden geçirilmesi hususu, verimlilik artışlarının sağlanması için temel ön koşullardan birisi olarak görülmektedir. Son olarak, inovasyon faaliyetlerinin mikro karakteristiklere sahip olduğu gerçeği, uygulanan/uygulanması planlanan kamu politikalarının temel aktörlerinin firmalar olması gerektiğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada, çevresel inovasyonların TFV üzerindeki etkisi araştırılırken veri kısıtı sebebiyle, verilerine ulaşılabilen yüksek ve orta gelirli ülkeler analize dâhil edilmiş ancak düşük gelirli ülkeler kapsam dışında bırakılmıştır. Özellikle çevresel inovasyonları temsil etme kabiliyetine sahip alternatif değişkenler tespit edilerek veri kısıtı sorununa çözüm getirilebilir. Diğer taraftan, araştırmanın muhteva sınırlaması gereği çevresel inovasyonlar ve TVF'yi etkileyen aracı değişkenlerin etkileri göz ardı edilmiştir. Söz konusu etkilerin incelenmesi araştırmacılar için potansiyel araştırma alanı olabilecektir.

## KAYNAKÇA

- ADAK, M. (2009), **Total Factor Productivity and Economic Growth**, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15, 49-56.
- AKKOÇ, G. K., AKKOÇ, U. ve YÜCEL, Ö. F. (2018), **BRICS-T Ülkelerinde Toplam Faktör Verimliliği ve Teknoloji Transferi**, UİİİD-IJEAS, 21, 101-118.
- ALCALÁ, F. ve CICCONE, A. (2001), **Trade and Productivity**, CEPR Discussion Paper No. 3095 December.
- ALDIERI, L., KOTSEMI, M. ve VINCI, C. P. (2020), **Environmental Innovations and Productivity: Empirical Evidence from Russian Region**, Resources Policy, DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.10144.
- AMRI, F., ZAIEDB, Y. B. ve LAHOUEL, B. B. (2019), **ICT, Total Factor Productivity, and Carbon Dioxide Emissions in Tunisia**, Technological Forecasting & Social Change, 146, 212-217.
- ARAZMURADOV, A., MARTINI, G. ve SCOTTI, D. (2014), **Determinants of Total Factor Productivity in Former Soviet Union Economies: A Stochastic Frontier Approach**, Economic Systems, 38, 115-135.
- ARK, B. V. (2014). **Total Factor Productivity: Lessons from the Past and Directions for the Future**, NBB Working Paper, October.
- BASTOS, F. ve NASIR, J. (2004), **Productivity and the Investment Climate: What Matters Most?**, World Bank Policy Research Working Paper 3335, June.
- BAUMOL, W. J. (1986), **Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show**, The American Economic Review, 76 (5), 1072-1085.
- BREITUNG, J. (2001), **The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data**, Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels (Advances in Econometrics, Vol. 15), Emerald Group Publishing Limited, Bingley.
- CAMERON, G., PROUDMAN, J. ve REDDING, S. (2005), **Technological Convergence, R&D, Trade and Productivity Growth**, European Economic Review, 49 (3), 775-807.
- CECCHINI, L. ve LAI-TONG, C. (2008), **The Links Between Openness and Productivity in Mediterranean Countries**, Applied Economics, 40, 685-697.
- CHOI, I. (2001), **Unit Root Tests for Panel Data**, Journal of International Money and Finance, 20 (2), 249-272.
- COMIN, D. (2017), **Total Factor Productivity**, The New Palgrave Dictionary of Economics, Palgrave Macmillan, London.
- CRÉPON, B., DUGUET, E., ve MAIRESSE, J. (1998), **Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level**, Economics of Innovation and New Technology, 7 (2), 115-158.
- CUBEL, A., ESTEVE, V., SANCHIS, M. T. ve SANCHIS-LLOPIS, J. A. (2014), **The Effect of Foreign and Domestic Patents on Total Factor Productivity During the Second Half of the 20th Century**, Instituto Universitario de Análisis Económico y Social Documento de Trabajo 06/2014, 35 páginas, ISSN: 2172-7856.
- DE LONG, J. B. (1988). **Productivity Growth, Convergence, and Welfare: Comment**, American Economic Review, 78 (5), 1138-1154.
- DICKEY, D. A. ve FULLER, W. A. (1981), **Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root**, Econometrica: Journal of the Econometric Society, 49 (4), 1057-1072.
- DUMITRESCU, E. I. ve HURLIN, C. (2012), **Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels**, Economic Modelling, 29 (4), 1450-1460.
- FADIRAN, D. ve AKANBI, O. A. (2017), **Institutions and Other Determinants of Total Factor Productivity in Sub-Saharan Africa**, Economic Research Southern Africa (ERSA), Working Paper, No. 714, October.
- FİKİRLİ, Ö. ve ÇETİN, A. K. (2015), **Ar-Ge Sermaye Birikiminin Toplam Faktör Verimliliğine Etkisi: Türkiye Örneği**, Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi, 4 (2), 147-166.
- GÖMLEKSİZ, M., ŞAHBAZ, A. ve MERCAN, B. (2017), **Toplam Faktör Verimliliğinin Belirleyicileri Üzerine Ampirik Bir İnceleme: Seçilmiş OECD Ülkeleri Örneği**, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12 (2), 65-82.
- HALL, B. H., LOTTI, F. ve MAIRESSE, J. (2013), **Evidence on the Impact of R&D and ICT Investments on Innovation and Productivity in Italian Firms**, Economics of Innovation and New Technology, 22 (3), 300-328.

- HALL, R. E. ve JONES, C. I. (1999), **Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others?**, The Quarterly Journal of Economics, 114 (1), 83-116.
- HAN, J. C. ve SHEN, Y. (2015), **Financial Development and Total Factor Productivity Growth: Evidence from China**, Emerging Markets Finance and Trade, 51, 261-274.
- HOEKMAN, B. M. MASKUS, K. E. ve SAGGI, K. (2004), **Transfer of Technology to Developing Countries: Unilateral and Multilateral Policy Options**, World Bank Policy Research Working Paper 3332, June.
- HULTEN, C. R. (2001), **Total Factor Productivity A Short Biography**, National Bureau of Economic Research, 8, 1-54.
- IM, K. S., PESARAN, M. H. ve SHIN, Y. (2003), **Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels**, Journal of Econometrics, 115 (1), 53-74.
- İŞİK, C. (2016), **Türkiye’de Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi**, Verimlik Dergisi, 2, 45-56.
- JAJRI, I. (2007), **Determinants of Total Factor Productivity Growth in Malaysia**, Journal of Economic Cooperation, 28 (3), 41-58.
- JOHANSEN, S. (1988), **Statistical Analysis of Cointegration Vectors**, Journal of Economic Dynamics and Control, 12 (2), 231-254.
- KAASA, A. (2016), **Social Capital, Institutional Quality and Productivity: Evidence from European Regions**, Economics and Sociology, 9 (4), 11-26.
- KAO, C. (1999), **Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data**, Journal of Econometrics, 90 (1), 1-44.
- KIM, J. ve PARK, J. (2017), **The Role of Total Factor Productivity Growth in Middle-Income Countries**, Emerging Markets Finance and Trade, 54 (6), 1264-1284.
- KIM, S., LIM, H. ve PARK, D. (2007), **The Effect of Imports and Exports on Total Factor Productivity in Korea**, RIETI Discussion Paper Series, 07-E-022.
- KLENOW, P. J. ve RODRIGUEZ-CLARE, A. (1997), **The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?**, NBER Macroeconomics Annual, 12, 73-103.
- LADU, M. G. ve MELEDDU, M. (2014), **Is There Any Relationship between Energy and TFP (Total Factor Productivity)? A Panel Cointegration Approach for Italian Regions**, Energy, 75, 560-567.
- LEE, K. ve KANG, S. M. (2007), **Innovation Types and Productivity Growth: Evidence from Korean Manufacturing Firms**, Global Economic Review, 36 (4), 343-359.
- LEVIN, A., LIN, C. F. ve CHU, C. S. J. (2002), **Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties**, Journal of Econometrics, 108 (1), 1-24.
- LEVINE, R. (1997), **Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda**, Journal of Economic Literature, 35 (2), 688-726.
- LIU, J. ve BI, C. (2019), **Effects of Higher Education Levels on Total Factor Productivity Growth**, Sustainability, 11, 1790.
- MADDALA, G. S. ve WU, S. (1999), **A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test**, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 61 (1), 631-652.
- MILLER, S. M. ve UPADHYAY, M. P. (2000), **The Effects of Openness, Trade Orientation, and Human Capital on Total Factor Productivity**, Journal of Development Economics, 63 (2), 399-423.
- NAZ, A., AHMET, N. A. ve NAVEED, A. (2015), **Total Factor Productivity and Trade: A Panel Data Analysis**, Forman Journal of Economic Studies, 11, 103-128.
- ÖZDEMİR, O. (2019), **Türkiye’de Toplam Faktör Verimliliği, Ekonomik Büyüme ve İhracat Arasındaki İlişkinin Nedensellik Analizi**, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, 647, 23-63.
- PEDRONI, P. (1999), **Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors**, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 61 (S1), 653-670.
- PEDRONI, P. (2000), **Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels**, Advances in Econometrics, 15, 93-130.

- PEDRONI, P. (2001), **Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels**, Review of Economics and Statistics, 83 (4), 727-731.
- PEDRONI, P. (2004), **Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis**, Econometric Theory, 20 (03), 597-625.
- PESARAN, M., SHIN, Y. ve SMITH, R. P. (1999), **Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels**, Journal of the American Statistical Association, 94 (446), 621-634.
- PIETRZAK, M. B. ve BALCERZAK, (2016), **Quality of Institutions and Total Factor Productivity in the European Union**, Statistics in Transition New Series, 3 (17), 497-514.
- PRESCOTT, E. C. (1998), **Needed: A Theory of Total Factor Productivity**, International Economic Review, 39, 525-551.
- RATH, B. N., AKRAM, V., BAL, D. P. ve MAHALIK, M. K. (2009), **Do Fossil Fuel and Renewable Energy Consumption Affect Total Factor Productivity Growth? Evidence from Cross-Country Data with Policy Insights**, Energy Policy, 127, 186-199.
- RODRIGUEZ, J. ve MARTINEZ-LOPEZ, D. (2017), **Looking Beyond the R&D Effects on Innovation: The Contribution of Non-R&D Activities to Total Factor Productivity Growth in the EU**, Structural Change and Economic Dynamics, 40, 37-45.
- SHACKLETON, R. (2013), **Total Factor Productivity Growth in Historical Perspective**, Working Paper Series, 2013-01, Congressional Budget Office Washington, D.C.
- SHEN, Y., YUE, S., SUN, S. ve GUO, M. (2020), **Sustainable Total Factor Productivity Growth: The Case of China**, Journal of Cleaner Production, 256, 120727.
- SKORUPINSKA, A. ve TORRENT-SELLENS, J. (2014), **ICT, Innovation and Productivity: Evidence from Eastern European Manufacturing Firms**, Doctoral Working Paper Series, DWP14-003.
- SOLOW, R. M. (1957), **Technical Change and the Aggregate Production Function**, The Review of Economics and Statistics, 39 (3), 312-320.
- TANDOĞAN, D. (2017), **Türkiye’de Finansal Gelişimin Toplam Faktör Verimliliğine Etkisi: ARDL Yaklaşımı**, Maliye Araştırmaları Dergisi, 3 (3), 307-317.
- TATOĞLU, F. Y. (2013), **İleri Panel Veri Analizi**, Beta Yayınları, İstanbul.
- TEBALDI, E. (2016), **The Dynamics of Total Factor Productivity and Institutions**, Journal of Economic Development, 41 (4), 1-25.
- TUĞCU, C. T. ve TIWARI, A. K. (2016), **Does Renewable and/or Non-Renewable Energy Consumption Matter for Total Factor Productivity (TFP) Growth? Evidence from the BRICS**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 65, 610-616.
- UZAY, N. ve KOÇAK, E. (2018), **Ülke Risk Göstergelerinin Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Üzerine Bulgular**, Maliye Dergisi, 175, 70-95.
- ÜNLÜ, F. ve YILDIZ, R. (2017), **Avrupa Birliği Ülkelerinin Eko-inovasyon Performanslarının Değerlendirilmesi, Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Sosyo-ekonomik Etkileri**, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- VERSPAGEN, B. (1995), **R&D and Productivity: A Broad Cross-Section Cross-Country Look**, Journal of Productivity Analysis, 6, 119-135.
- VOUTSINAS, I. ve TSAMADIAS, C. (2014), **Does Research and Development Capital Affect Total Factor Productivity? Evidence from Greece**, Economics of Innovation and New Technology, 23 (7), 631-651.
- YALÇINKAYA, Ö. (2017), **Toplam Faktör Verimliliğinin Belirleyicileri: G-7 ve Seçilmiş Yükselen Piyasa Ekonomileri Üzerine Bir Uygulama (1992-2013)**, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18 (3), 41-60.