

## Bilimsel ve Teknolojik Performansın Ekonomik Büyüme Etkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Panel Veri Analizi<sup>1</sup>

Ayşe TEKİN (<https://orcid.org/0000-0002-4318-0414>), Manisa Celal Bayar University, Turkey; [ayse.tekin@cbu.edu.tr](mailto:ayse.tekin@cbu.edu.tr)

Onur DEMİREL (<https://orcid.org/0000-0002-4476-0066>), Süleyman Demirel University, Turkey; [onurdemirel@sdu.edu.tr](mailto:onurdemirel@sdu.edu.tr)

### The Role of Scientific and Technological Performance on Economic Growth: A Panel Data Analysis for OECD Countries<sup>2</sup>

#### Abstract

Non-physical factors such as education, knowledge, information, innovation, and research and development (R&D) are new sources for economic growth. The study analyses the effect of scientific and technological performance on GDP. Pedroni Cointegration Test, Vector Error Correction Model, and Granger Causality Analysis are applied to 21 OECD member countries for the 2003-2016 period. As the result of the analysis, it is determined that there is a long-term relationship between R&D expenditures used in the concretization of scientific and technological performance, the number of patents applied for innovation, and GDP. Further, the relationships' directions are determined from patent applications to GDP and GDP to R&D expenditures.

**Keywords** : Granger Causality Analysis, R&D, Patent Applications, Economic Growth, Panel Data.

**JEL Classification Codes** : O01, O47 C23.

#### Öz

Eğitim, bilgi, enformasyon, yenilik ve araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) gibi fiziki olmayan faktörler ekonomik büyümenin yeni kaynakları olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada, bilimsel ve teknolojik performansın GSYH üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bu amaçla, 21 OECD ülkesi için, 2003-2016 yılları panel verisi kullanılarak Pedroni Eşbütünleşme Testi, Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) ve Granger Nedensellik Analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda bilimsel ve teknolojik performansın somutlaştırılmasında kullanılan GSYH harcamalarından Ar-Ge harcamaları, yenilik yapmak için başvuru patent sayıları ile GSYH arasında uzun süreli bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin yönünün de patent başvurularının GSYH'nin sebebi ve GSYH'nin de Ar-Ge harcamalarının sebebi olacak şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir.

<sup>1</sup> Bu çalışma Dr. Öğr. Üyesi Onur DEMİREL danışmanlığında Ayşe TEKİN tarafından hazırlanan ve Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalında 2019 yılında savunulan "Bilimsel ve Teknolojik Performansın Ekonomik Büyüme Etkisi, OECD Ülkeleri Üzerine Bir Panel Veri Analizi" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>2</sup> This article is reproduced from the Master's Thesis titled "The Role of Scientific and Technological Performance on Economic Growth: A Panel Data Analysis for OECD Countries" that was prepared by Ayşe TEKİN, supervised by Asst. Prof. Onur DEMİREL and presented to the Department of Economics, Institute of Social Sciences, Süleyman Demirel University in 2019.

**Anahtar Sözcükler** : Granger Nedensellik Analizi, Ar-Ge, Patent Başvuruları, Ekonomik Büyüme, Panel Veri.

## 1. Giriş

Bilim ve teknoloji ile Ar-Ge ayrılmaz iki kavram olarak kabul edilmektedir. Bilim ile teknoloji arasındaki bağlantı teknolojinin 'uygulamalı bilim' olarak somutlaştırılmasından kaynaklanmaktadır. Günümüz tüketim eğilimleri dikkate alındığında teknoloji, bilgi, Ar-Ge ve yenilik barındıran mal ve hizmetlerin tüketiminin ağırlıklarının giderek arttığı görülmektedir. Dolayısıyla bu kavramlar günümüzde olduğu gibi gelecekte de güç dengelerini belirleyecek faktörlerdir. Dolayısıyla bu kavramlar ile ekonomik büyüme ve kalkınma arasındaki ilişkinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla çeşitli ölçütler kullanılmakla birlikte bu ölçütlerin en önemlilerinden biri milli gelirden Ar-Ge faaliyetlerine yapılan harcamalardır. Ülkeler arasındaki bilimsel gelişmişliği ölçmeye yarayan araçlardan diğer bazıları ise Ar-Ge'de çalışan personel sayısı, yayımlanan bilimsel makale sayıları ve patent başvurularıdır.

Ekonomik büyümenin en önemli unsurlarından bir tanesi büyümenin sürdürülebilir olmasıdır. Sürdürülebilir büyümenin gerçekleşmesi içinse, yaşanan yenilikleri takip etmek ve gerçekleşen bu yenilikleri uygulayabilen bir ülke statüsünde olmak önem arz etmektedir.

İktisat literatürü bu bağlamda incelendiğinde, bilimsel ve teknolojik çalışmalar ile ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çok sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir. Ar-Ge harcamaları gibi bilgi ekonomisi temelli değişkenlerin iktisat literatüründe incelenmesi ilk olarak Romer'in 1986 yılındaki içsel büyüme modeline kadar uzanmaktadır. Öte yandan teknolojinin günlük yaşamdaki önemi attıkça da bu alana dair çalışmaların yaygınlaştığı görülmektedir. Ar-Ge'ye yapılan harcamalar ve patent başvurusunun ekonomik büyüme üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalardan bir kısmına Tablo 1'de yer verilmiştir.

**Tablo: 1**  
**Ar-Ge Harcamaları ve Patent Başvurusunun Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkilerini İnceleyen Çalışmalar**

Yazar(lar)	Değişken(ler)	Yöntem ve Ülke(ler)	Başlıca Bulgular
Akarsu vd. (2020)	Ar-Ge harcamaları, Patent başvuruları, Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi, 14 Ülke (1996-2017)	Ar-Ge harcamalarında %1'lik bir artış, makalede incelenen 14 ülkenin GSYH üzerinde %0,87'lik bir puan artışına sebep olmaktadır. Patent başvuru sayıları ile GSYH arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir.
Xu, Li (2019)	Ekonomik büyüme, Yenilikçi insan sermayesi, Ticarete açıklık	Panel Veri Analizi, OLS, SLM, SEM Modelleri Çin (2000-2016)	Yenilikçi insan sermayesi, ticarete açıklık ve ekonomik büyüme arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yenilikçi insan sermayesi ile ekonomik büyüme arasında eşbütünlük vardır. Yenilikçi insan sermayesi stokundaki %1'lik artış çıktı düzeyinde %1,10 artışa yol açmaktadır.
Özcan, Özer (2018)	Ar-Ge harcamaları ve patent başvuruları, Ekonomik büyüme	PMGE ve MGE yöntemleri ile Panel Veri Analizi OECD Ülkeleri (1995-2013)	Ar-Ge harcamaları ve patent başvurusu sayıları arasında sadece uzun dönemde eşbütünlük ilişkisi tespit edilmiştir. İlişkinin yönü pozitif olarak ölçülmüştür.
Altuner, Toktaş (2017)	İnovasyon, Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi, CDLM Testi, Hadri-Kurozumi Birim Kök Testi, 21 Ülke (1992-2015)	Seriler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı eşbütünlük analizi ile tespit edilmiştir. Uzun dönemde inovasyon oranının ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Macerinskienė, Aleknavičiūtė (2017)	Ekonomik büyüme, Entelektüel insan sermayesi	Küme Analizi, Korelasyon ve Regresyon Analizi, SAW Modeli, 25 AB Ülkesi	Entelektüel sermayenin bileşenleri (beşeri, sosyal, yapısal ve ilişkisel sermaye) ekonomik büyümenin hızı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir.
Dam, Yıldız (2016)	Ar-Ge harcamaları, Patent, Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi, BRICST, Meksika (2000-2012)	Ar-Ge ve inovasyon ile ekonomik büyüme arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur.
Sungur, Aydın, Eren (2016)	Ar-Ge, İnovasyon, İhracat, Ekonomik büyüme	ADF ve PP Testleri Granger Nedensellik Analizi, Türkiye (1990-2013)	Ar-Ge'den büyüme doğru tek yönlü; Ar-Ge işgücü ile ihracat pozitif bileşenleri arasında ise çift yönlü ilişki bulunmuştur.
Inekwe (2015)	Ar-Ge harcamaları, Ekonomik büyüme	Dinamik Panel Veri Analizi (GMM), 66 Ülke (2000-2009)	Gelişmekte olan ülkelerde Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkisi tespit edilmiştir. Bu etki üst orta gelirli ekonomilerde pozitif iken düşük gelirli ekonomilerde önemsizdir.
Gülmez, Akpolat (2014)	Ar-Ge faaliyetleri, İnovasyon ve Ekonomik büyüme	Dinamik Panel Veri (GMM) Yaklaşımı, Türkiye ve 15 AB Ülkesi (2000-2010)	Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi patent başvurularına göre 4 kat daha fazladır. Uzun dönemde patent başvurularından ve Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyüme doğru pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.
Gülmez, Yardımcıoğlu (2012)	Ar-Ge harcamaları, Ekonomik büyüme	Panel Eşbütünlük ve Panel Nedensellik Analizi 21 OECD Ülkesi (1990-2010)	21 OECD Ülkesinde Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik artış, ekonomik büyüme üzerinde %0,77'lik bir artışa sebep olmaktadır. Değişkenler arasında uzun dönemli nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Değişkenler arasında karşılıklı olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur.
Güloğlu, Tekin (2012)	Ar-Ge harcamaları, İnovasyon, Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi (GMM), Var Modeli, 13 Yüksek Gelirli OECD Ülkesi (1991-2007)	İnovasyon, patentler ve yeni teknolojik gelişmeler içsel büyüme modelinde de vurgulandığı gibi ekonomik büyüme neden olmaktadır. Pazar büyüklüğü ve İnovasyon oranı da Ar-Ge faaliyetlerine neden olmaktadır.
Alene (2010)	Ar-Ge harcamaları, Üretkenlik artışı	Malmquist TFP Endeksi Ölçümleri, Afrika (1970-2004)	Ar-Ge harcamalarındaki artış Afrika tarımında sosyal açıdan karlı bir yatırım olarak kabul edilmektedir. Ar-Ge harcamaları ile tarımsal verimlilik arasında doğru orantılı bir ilişki tespit edilmiştir.
Genç, Atasoy (2010)	Ar-Ge harcamaları, Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi, 34 ülke (1997-2008)	Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyüme doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Yaylalı vd. (2010)	Ekonomik büyüme, Ar-Ge harcamaları	Vektör otoregresyon modeli, Granger Nedensellik Analizi, Türkiye (1990-2009)	Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyüme doğru pozitif yönde bir nedensellik tespit edilmiştir.
Afşar (2009)	Eğitim harcamaları, Ekonomik büyüme	Granger Nedensellik Testi, Türkiye (1963-2005)	Eğitim yatırımları ile büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik vardır, yönlü eğitim yatırımlarından ekonomik büyüme doğrudur.
Özer, Çiftçi (2009)	Ar-Ge harcamaları, Araştırmacı sayıları, Patent sayıları, GSYH	Panel Veri Analizi, OECD Ülkeleri (1990-2005)	Araştırmacı sayılarının, patent sayılarının ve Ar-Ge harcamalarının GSYH üzerinde yüksek ve pozitif oranlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.
Ünlükaptan (2009)	İktisadi kalkınma, Rekabetçilik, İnovasyon	Kanonik Korelasyon Analizi, 27 EU ülkesi	İktisadi kalkınma ile rekabetçilik ve inovasyon arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur.
Altın, Kaya (2009)	Ar-Ge harcamaları, Ekonomik büyüme	VEC Modeli, Türkiye (1990-2005)	Uzun dönemli bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Yapılan Ar-Ge harcamaları uzun dönem ekonomik performansını etkilemektedir. Kısa dönemde ise bir ilişki tespit edilememiştir.
Ay, Yardımcı (2008)	Beşeri sermaye, Ekonomik büyüme	Zaman Serileri-VAR Modeli, Türkiye (1950-2000)	Uzun dönemde fiziksel ve beşeri sermayenin ekonomik büyüme ve verimlilik üzerine etkisi pozitif ve anlamlıdır.
Drriouchi, Azelmad, Anders (2006)	Ekonomik büyüme, Eğitim yatırımları, Ar-Ge, Bilgi teknolojileri	Regresyon Analizi, 56 ülke (1995-2001)	Eğitim yatırımları, Ar-Ge ve bilgi teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir. Bu etkinin derecesi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere farklı düzeylerde gerçekleşmektedir.
Ülkü (2004)	Ar-Ge Faaliyetleri, İnovasyon ve Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi, 20 OECD Ülkesi (1981-1997)	Değişkenler arasında pozitif bir ilişki bulunduğu tespit edilmiştir. Ar-Ge, inovasyon ve yenilikler ekonomik büyümede kalıcı sonuçlar ortaya koymasa da sonuçlar içsel büyüme modellerini desteklemektedir.
Mulligan, Sala-i-Martin (2000)	Ekonomi, İnsan sermayesi	Panel Veri Analizi, ABD (1940-1990)	Beşeri sermaye stoku, üretim fonksiyonu ve toplam giridiren istikrarlı bir fonksiyonu olarak gerçekleşmektedir. Beşeri sermaye stokuna ilişkin anlamlı tahminler üretiminde makale önem arz etmektedir.
Rebello (1998)	Ekonomik büyüme, Sermaye, Bilgi	Literatür taraması, Neoklasik büyüme modellerinin etkileri	Beşeri sermayenin ve teknolojinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri, inovasyon yatırım yapan ülkelere diğer ülkelere kıyasla daha yüksek oranda gerçekleşmektedir.
Coe, Helpman (1995)	Yerli ve yabancı Ar-Ge sermayesi, Beşeri sermaye, TFP (Toplam Faktör Verimliliği)	Panel Veri Analizi, 21 OECD Ülkesi (1971-1990)	Yerli ve yabancı Ar-Ge sermayesi ile beşeri sermaye eşbütünlüktedir. Her iki değişken de TFP'nin önemli belirleyicilerindedir. Yerli Ar-Ge sermayesinin etkisi yabancı Ar-Ge sermayesine oranla daha büyüktür.
Grossman, Helpman (1994)	Ekonomik büyüme, İnovasyon	Literatür taraması, 24 OECD Ülkesi (1970-1988)	Sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanmasında önemli rol oynayan inovasyon, teknoloji ve insan sermayesi büyüme teorilerine yenilik kazandırması bakımından önemli bir etkiye sahiptir.
Lichtenberg (1993)	Ar-Ge harcamaları, Ekonomik büyüme	Panel Veri Analizi, OECD Ülkeleri (1972-1985)	Kamu harcamaları ile ekonomik büyüme arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Özel sektör Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki tespit edilememiştir.

Barro (1991)	Eğitim seviyesi, Ekonomik büyüme	Granger Nedensellik Testi, Eşbütünlük, 98 ülke (1960-1985)	Eğitim seviyesi ve ekonomik büyüme arasındaki eşbütünlük anlamlıdır.
--------------	----------------------------------	--	--

Ulusal ve uluslararası literatür taramasının sonucunda bilimsel ve teknolojik gelişmelerin somut verilerini elde etmeye yarayan Ar-Ge harcamaları ve patent başvurularının ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular içsel büyüme modellerini destekler niteliktedir. Ar-Ge harcamaları ve patent başvurusunun ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların literatür ile uyumlu olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Benzer bir sonuca gelişmiş ülkeler için Taş vd. (2017: 201) de ulaşılmıştır.

Çalışmanın temel amacı, 21 OECD ülkesine ait 2003-2016 dönemi yıllık panel verileri kullanılarak bilimsel ve teknolojik performans ile GSYH arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığını belirlemektir. Teknoloji çağının ekonomik etkilerini daha net görebilmek için 2003-2016 yılları verileri tercih edilmiştir. Bu amaçla, Pedroni Eşbütünlük Testi, Vektör Hata Düzeltme Modeli ve Granger Nedensellik Analizinden faydalanılmıştır. Çalışmanın devamında öncelikle kullanılan model tanıtılmakta, model tahmin sonuçları verilmekte ve bu sonuçlar tartışılmaktadır.

## 2. Veri ve Yöntem

Çalışmada, bilimsel ve teknolojik performansın GSYH üzerine etkisini ölçebilmek amacıyla, 21 OECD ülkesinin (bkz. Tablo 2) 2003-2016 yıllarına ait yıllık GSYH, patent başvuru sayısı ve milli gelirden Ar-Ge'ye yapılan harcama miktarı panel verileri kullanılmıştır. Panel veri; yatay kesitteki birimlerin zaman serisi içerisindeki değişimlerini gözlemleme, birimlerin değişimini ayrı ayrı veya birlikte açıklayabilme ve her bir birimin ilgili açıklayıcı değişkene bağlı olarak öngörüsünü yapabileceği üstünlüklerine sahip olması dolayısıyla tercih edilmiştir (Bayraktutan-Demirtaş, 2011: 5). Çalışmada OECD ülkelerinin seçilmesinin sebebi ise bu ülkelerin toplam dünya üretiminin dörtte üçünü (Akça, 2018: 70) gerçekleştirmeleridir.

**Tablo: 2**  
**Araştırmaya Dahil Edilen 21 OECD Ülkesi**

ABD	Finlandiya	Japonya	Portekiz
Almanya	Fransa	Kanada	Slovakya
Avusturya	Hollanda	Kore	Türkiye
Belçika	İrlanda	Macaristan	
Birleşik Krallık	İspanya	Meksika	
Çek Cumhuriyeti	İsrail	Polonya	

Ülkelere ait GSYH (GDP) değerleri dolar cinsinden, patent başvuru sayıları (PA) mutlak değer olarak ve milli gelirden Ar-Ge'ye yapılan harcama miktarı (GERD) ise % olarak dikkate alınmıştır (bkz. Tablo 3).

**Tablo 3**  
**Kullanılan Veri ve Değişkenler**

	Değişken	Tanım	Birim	Kaynak
Bağımlı Değişken	GDP	Reel Gayri Safi Milli Hasıla	Dolar	Dünya Bankası (WB)
	PA	Patent Başvurusu	Adet	WB
Bağımsız Değişkenler	GERD	Milli Gelirden Ar-Ge'ye Yapılan Harcamalar	%	WB ve OECD Veri Tabanı

Model tahmini için çalışmada EViews 9 ekonometrik paket programından faydalanılmıştır.

Çalışmada Eşitlik 1 yardımıyla Ar-Ge harcamalarının ve patent başvurularının milli gelirden meydana getirdiği etki incelenmiştir.

$$DGDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 DPA_{it} + \beta_2 DGERD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $GDP_{it}$ , t zamanında i ülkesi için GSYH'sini;  $PA_{it}$ , t zamanında i ülkesinin patent başvuru sayısını;  $GERD_{it}$ , t zamanında i ülkesinde GSYH'den Ar-Ge'ye yapılan harcama yüzdesini ve  $\varepsilon_{it}$ , hata terimini ifade etmektedir.

Panel veri kullanımıyla ilgili dikkat edilmesi gereken diğer bir husus zaman serilerinden kaynaklanan birim kök sorunudur. Serilerde birim kökün olup olmadığını test eden Im, Pesaran, Shin testi Eşitlik 2 yardımı ile gerçekleştirilmiştir (Kök & Şimşek, 2021; Hatırlı vd., 2012; Im et al., 2003).

$$\Delta y_{it} = a y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{pi} B_{ij} \Delta y_{i,t-1} + X_{it} \delta + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Hata bileşen modeli olarak adlandırılan rassal etkiler modelinde  $\beta_{it}$ 'yi sabit olarak ele almaktansa  $\beta_1$ 'in ortalama değeriyle birlikte rassal bir değişken olarak varsayılmasıyla Eşitlik 3'e  $\beta_{it}$  yerine  $\beta_{1i} = \beta_1 + \varepsilon_{it}$  yazılması ile Eşitlik 4 ve 5 elde edilmektedir.

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + U_{it} \quad (3)$$

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \varepsilon_{it} + U_{it} \quad (4)$$

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + W_{it} \quad (5)$$

Eşitlik 5'teki  $W_{it}$ , bileşik hata terimini ifade etmektedir. Yatay kesite özgü hata bileşeni  $\varepsilon_{it}$ 'nin ve zaman serisi ve yatay kesitin bileşiminden oluşan hata terimi  $U_{it}$ 'nin bu özelliğinden dolayı model, hata bileşen modeli olarak adlandırılmaktadır (Kök & Şimşek, 2021).

Modelde değişkenlerin optimum gecikme sayısını belirlemek amacıyla Schwarz bigi kriteri (SCI) kullanılmıştır. Seriler düzeylerinde durağan olmadığı için sabit terimli ve trendsiz model kullanılarak birinci dereceden farkları alınıp durağanlaştırılmıştır. Dolayısıyla tahminleme için Eşitlik 1'de verilen değişkenlerin, birinci dereceden farkı alınarak durağanlaştırılmış versiyonları kullanılmıştır.

$$DGDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 DPA_{it} + \beta_2 DGERD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

### 3. Model Tahmin Sonuçları

OECD ülkelerinde bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada panel veri seti kullanıldığı için öncelikle sabit ve rassal etkilerden hangisinin kullanılacağına karar vermek gerekmektedir. Bu amaçla, Hausman testi kullanılmıştır ve sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo: 4**  
**Hausman Test Sonucu**

	Ki-kare İstatistiği	Ki-kare Olasılık
Rassal etki	1,301	0,522

Hausman test sonuçlarına göre olasılık değeri 0,05'ten büyük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmemiş ve rassal etkiler modelinin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.

Çalışmada bütün değişkenlerin birim kök analizi Levin, Lin, Chu ve Breitung (LCC-B); Im, Pesaran ve Shin (IPS); Augmented Dickey Fuller (ADF) ve Phillips-Peron (PP) testleri ile yapılmış ve durağan olup olmadıkları tespit edilmiştir. Aşağıdaki tabloda serilerin birim kök analizi için düzey ve birinci dereceden fark değerleri verilmiştir.

**Tablo: 5**  
**Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler		Birim Kök Testleri			
		LLC-B	IPS	ADF	PP
GDP	Düzye	-3,12182 (0,0009)*	1,25612 (0,8955)	33,6561 (0,8172)	50,0752 (0,1835)
	1. Fark	-10,5517 (0,0000)*	-6,76274 (0,0000)*	117,623 (0,0000)*	138,123 (0,0000)*
GERD	Düzye	-2,24509 (0,0124)**	0,48310 (0,6855)	44,0793 (0,3837)	19,9364 (0,9985)
	1. Fark	-7,47927 (0,0000)*	-6,81908 (0,0000)*	123,371 (0,0000)*	140,705 (0,0000)*
PA	Düzye	-1,18949 (0,1171)	1,01200 (0,8442)	45,9070 (0,3135)	56,1462 (0,0709)***
	1. Fark	-14,1125 (0,0000)*	-11,0083 (0,0000)*	177,097 (0,0000)*	201,560 (0,0000)*

Not: \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

GDP, GERD ve PA değişkenleri sabit terimli ve trendsiz düzeylerinde birim kök içerdikleri için öncelikle birinci farkları alınarak durağanlaştırılmıştır. GDP ve GERD değişkenleri (IPS, ADF ve PP testlerine göre) düzeyde birim kök içerdiği için birinci dereceden farkı alınarak, tekrar birim kök testi uygulanmıştır. Bu test sonucunda GDP ve GERD serileri durağan hale gelmiştir. PA değişkeninin de birinci dereceden farkı alındığında ilgili değişkenin durağanlaştığı görülmüştür.

Seriler aralarında birinci dereceden bütünlüktür. Serilerin her birinin birinci dereceden farkları alındığında durağanlaşmaları seriler arasında eşbütünlük ilişkisinin var olduğunu tespit etmek açısından bir ön koşul oluşturmaktadır.

Değişkenler arasında uzun dönemde bir ilişkinin olup olmadığını tespit etmek için Pedroni eşbütünleşme testi uygulanmış ve test sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo: 6**  
**Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları**

Model: $GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 GERD_{it} + \beta_2 PA_{it} + \epsilon_{it}$				
Grup İçi				
	t istatistiği	Olasılık	Ağırlıklandırılmış t istatistiği	Olasılık
Panel V istatistiği	-3,447540	0,9997	-3,296324	0,9995
Panel rho istatistiği	-0,969323	0,1662	-0,090417	0,4640
Panel PP istatistiği	-26,79408*	0,0000	-7,387830*	0,0000
Panel ADF istatistiği	-15,83623*	0,0000	-6,057248*	0,0000
Gruplar Arası				
Panel rho istatistiği	1,970854	0,9756		
Panel PP istatistiği	-13,21031*	0,0000		
Panel ADF istatistiği	-8,263831*	0,0000		

Not: \*, %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Pedroni Eşbütünleşme Testi sonucunda Panel V ve rho istatistikleri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak çoğunluğa göre karar verileceğinden dolayı Pedroni eşbütünleşmedeki sıfır hipotezi reddedilir yani değişkenler arasında eşbütünleşme olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu da uzun dönemde GDP, GERD ve PA serilerinin birlikte hareket ettiği anlamına gelmektedir. Test sonuçlarına göre kısa dönemde farklı hareket ettikleri nedenden dolayı değişkenler uzun dönemde aynı trendi paylaşmakta ve birlikte hareket etmemektedirler. Eşbütünleşme ilişkisinden dolayı nedensellik ilişkisinin tespiti ve nedenselliğin yönünün belirlenebilmesi için VAR modeli yerine VECM (Vector Error Correction Model) modeli kullanılmıştır (Granger, 1969: 424-438). VECM sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo: 7**  
**Vektör Hata Düzeltme Modeli Sonuçları**

	Katsayı	Std. Hata	t-istatistik	Olasılık	
1	$LGDP = \beta_1 + \beta_2 LGERD$	0,000227	0,000158	1,435681	0,1518
2	$LGERD = \beta_1 + \beta_2 LGDP$	-0,018818	0,007585	-2,481048	0,0135*
3	$LGDP = \beta_1 + \beta_2 LPA$	0,000762	0,000635	1,199871	0,2308
4	$LPA = \beta_1 + \beta_2 LGDP$	-0,007448	0,004827	-1,542985	0,1235
5	$LGERD = \beta_1 + \beta_2 LPA$	-0,019041	0,008104	-2,349671	0,0192*
6	$LPA = \beta_1 + \beta_2 LGERD$	0,003087	0,000903	3,420256	0,0007

**$LGERD = \beta_1 + \beta_2 LGDP$ \***  
 $L(DGERD) = C(1) * L(DGERD) - 0,045 * L(DGDP)$   
 **$LGDP = \beta_1 + \beta_2 LPA$ \***  
 $L(DGDP) = C(1) * L(DGDP) - 0,066 * L(DPA)$

Not: \*, %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Uzun dönemli ilişkilerde, dengede meydana gelen sapmalar karşısında modelin vereceği tepki Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) ile test edilir. Katsayılar negatif ve anlamlı olduğunda, uzun dönemde meydana gelen sapmalarda yeniden dengeye doğru yönelmeler oluşacaktır.

Hata düzeltme mekanizmasının işlerliği için hata düzeltme katsayılarının sıfırdan farklı olması gerekmektedir. Tablo 7'den görüldüğü üzere, 2. ve 5. modellerde bağımsız değişkenlere ait t istatistik değerleri %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır ve bu modellere ait

hata düzeltme katsayıları (-0,02) sıfırdan farklı ve negatiftir. Dolayısıyla bu modellerin kısa dönem dengesizliklerden uzun dönem dengeye azalarak geldikleri tespit edilmiştir.

Model tahmin sonuçlarına göre, milli gelirden Ar-Ge'ye yapılan harcamalar (GERD) ile milli gelir (GDP) arasında uzun dönemli pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. Buna göre GDP'de ortaya çıkan %1'lik artış, GERD'i %0,045 oranında etkilemektedir. Yine, GERD ile patent başvurusu (PA) arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur ve PA'da meydana gelen %1'lik artış GERD'i %0,066 oranında etkilemektedir.

Ar-Ge harcamaları ve patent sayıları ile GDP arasındaki uzun dönem ilişki VECM yöntemi ile analiz edildikten sonra değişkenler arasında sebep sonuç ilişkisinin olup olmadığı ve ilişki varsa ilişkinin yönü literatürde yaygın olarak kullanılan Granger Nedensellik Testi ile test edilmiştir. Test sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo: 8**  
**Granger Nedensellik Test Sonuçları**

D(GDP)	H <sub>0</sub> = Nedeni değildir.	F istatistiği	Olasılık
D(GERD)	H <sub>0</sub> hipotezi kabul edilir.	2,412	0,661
D(PA)	H <sub>0</sub> hipotezi reddedilir.	25,817	0,000*
D(GERD)	H <sub>0</sub> = Nedeni değildir.	F istatistiği	Olasılık
D(GDP)	H <sub>0</sub> hipotezi reddedilir.	7,920	0,095**
D(PA)	H <sub>0</sub> hipotezi kabul edilir.	3,025	0,554
D(PA)	H <sub>0</sub> = Nedeni değildir.	F istatistiği	Olasılık
D(GDP)	H <sub>0</sub> hipotezi kabul edilir.	1,919	0,751
D(GERD)	H <sub>0</sub> hipotezi kabul edilir.	0,710	0,950

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Granger Nedensellik Testi sonuçları dikkate alındığında D(PA)'nın %1 anlamlılık düzeyinde D(GDP)'nin ve D(GDP)'nin de %10 anlamlılık düzeyinde D(GERD)'in Granger nedeni oldukları; öte yandan başka bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile patent başvuruları ekonomik büyümenin; gayrisafı milli hasıla da Ar-Ge harcamalarının nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak D(PA)'dan D(GDP)'ye ve D(GDP)'den D(GERD)'e doğru tek yönlü nedensellik ilişkileri söz konusudur (bkz. Tablo 9).

**Tablo: 9**  
**Granger Nedensellik Analizi Sonuçları**

Değişkenler	GDP	GERD	PA
GDP		→	←

Not: Tabloda ok işaretleri nedenselliğin yönünü ifade ederken boş kutucuklar, değişkenler arasında nedensellik ilişkisi olmadığını ifade etmektedir.

#### 4. Sonuç

Bilimsel ve teknolojik performansın bir göstergesi olan Ar-Ge harcamaları ve patent başvurularının ekonomik büyümeyle olan etkisinin analiz edildiği çalışmada, 21 OECD



ülkesine ait 2003-2016 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Bu amaçla değişkenler arasında ilişki olup olmadığının ve nedenselliğin yönünün belirlenmesi için Hausman testi sonucunda rassal etkiler modelinin kullanılması gerektiği tespit edilmiş, ardından sırasıyla birim kök testleri, Pedroni Eşbütünlüme Testi, Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) ile Granger Nedensellik Testi uygulanmıştır.

Panel veri analizi sonuçlarına göre Ar-Ge harcamaları ve patent başvuruları ile milli gelir arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar literatür kapsamında değerlendirildiği zaman, (1) patent başvurularından milli gelire doğru tespit edilen tek yönlü ilişkinin literatürle uyumlu olduğu; (2) milli gelirden Ar-Ge harcamalarına doğru tespit edilen tek yönlü ilişkinin ise teorik beklentinin tersi yönde olduğu görülmektedir. Literatürde patent başvurularının milli geliri olumlu etkilediğini bulan çok sayıda çalışma söz konusudur (Özcan ve Özer (2018); Gülmez ve Akpolat (2014); Güloğlu ve Tekin (2012); Özer ve Çiftçi (2009); Ülkü (2004)). Öte yandan literatürdeki çalışmaların önemli bir kısmı Ar-Ge'den milli gelire doğru bir nedensellik tespit etmektedir (Akarsu vd. (2020); Altınar ve Toktaş (2017); Inekwe (2015); Gülmez ve Akpolat (2014); Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012); Güloğlu ve Tekin (2012); Alene (2010); Genç ve Atasoy (2010)). Dolayısıyla milli gelirden Ar-Ge'ye doğru tespit edilen ilişki literatür ile uyumlu olmamakla birlikte gelişmekte olan ülkeler için Ar-Ge'nin ancak belirli bir gelir düzeyinin üzerinde hayata geçebilmesi dolayısıyla bu türden bir ilişkinin ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Diğer taraftan çalışma bulgularına göre, milli gelirden Ar-Ge harcamalarına ve patent başvurularından Ar-Ge harcamalarına doğru uzun dönemdeki politikaların sapması geçicidir ve kısa dönemlidir. Her iki model için de katsayıların negatif olması kısa dönemli dengesizliklerden dengeye doğru yönelme olduğu anlamına gelmektedir. Fakat uyarlanma hızı katsayıları "-0,02" olduğundan uyarlanma hızının oldukça yavaş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada patent başvurularından milli gelire doğru bulunan tek yönlü ilişki ise beklentiler ve literatür ile uyumludur. Öte yandan beklenti ve literatürün aksine milli gelirden Ar-Ge harcamalarına doğru tek yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Bu bağlamda, Ar-Ge harcamalarının artırılması öncelikle milli gelirin artırılmasına ve Ar-Ge'ye ayrılacak payın bu yolla artırılması sayesinde olabilecektir. Bu durum orta gelir düzeyindeki ülkeler için öncelikle aşılması gereken bir zorluk olarak kabul edilmektedir. Belirli bir gelirin üzerinde ise artan Ar-Ge harcamalarının milli geliri yükseltmesi beklenilebilir.

Granger Nedensellik Testi sonuçlarından patent başvurularının ekonomik büyüme pozitif etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre patent başvurularındaki artış bir ekonomide yenilik yapma potansiyelini artırdığından dolayı ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir. Burada, Ar-Ge harcamalarının da milli geliri artırıcı bir etkisi olması sonucu beklenmekle birlikte test sonuçlarına göre Ar-Ge harcamalarının milli gelir üzerinde beklenen etkisinin gerçekleşmediği sonucuna varılmıştır. Tablo 1'de verilen uluslararası literatür dikkate alındığında inovasyon, bilgi ve beşerî sermaye faktörlerinin ekonomik büyümeyi pozitif ve anlamlı etkilediği görülmektedir. Bu bağlamda çalışma sonucunda

patent başvurularından milli gelire doğru gerçekleşen etkinin literatürle uyumlu, Ar-Ge harcamalarından milli gelire etkisinin literatürle uyumsuz olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, 21 OECD ülkesinde Ar-Ge faaliyetlerine verilen önemin ve yapılan patent başvuru sayısının zamanla arttığı gözlenmektedir. Ar-Ge için yapılan harcamaların ve yeni gelişmelerin patentlerle de desteklenmesi gerekmektedir. Yenilik potansiyeli bir ülkenin yerel ve ulusal pazarda rekabet gücünü artıracaktır. Bilimsel faaliyetlerin olumlu yönde gelişme göstermesi sadece ülke refahına etki etmekle kalmayacak aynı zamanda ülkelerin siyasal, sosyal ve kültürel hayatta da dönüşümler gerçekleştirebilmesine olanak sağlayacaktır. Diğer taraftan bilimsel ve teknolojik gelişmeler, uluslararası piyasada ve küresel finans sistemleri de dâhil olmak üzere pek çok konuda ülke kalkınmasına yardımcı olacaktır. Bu yüzden OECD ülkelerinin ve diğer ülkelerin Ar-Ge faaliyetlerine gerekli fonları ayırmaları, patent desteklerini artırmaları, yeterli sayıda ve kapasitede bilim insanını istihdam etmeleri, bu bilim insanlarının çalışmalarını destekleyerek onları teşvik etmeleri, bu şekilde de beyin göçünün önüne geçmeleri ve yeniliklere öncülük edebilecek bilimsel makaleleri yayımlamaları gerekmektedir.

### Kaynaklar

- Afşar, M. (2009), "Türkiye'de Eğitim Yatırımları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 85-98.
- Akarsu, Y. vd. (2020), "Ülke Karşılaştırmaları ile Araştırma Geliştirme Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi", *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 9(4), 159-167.
- Akça, H.S. (2018), "Ekonomik Büyüme ve İnovasyon İlişkisi Seçilmiş OECD Ülkeleri Üzerine Bir Panel Veri Analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, Konya Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Alene, A.D. (2010), "Productivity Growth and the Effects of R&D in African Agriculture", *Agricultural Economics*, 41(3-4), 223-238.
- Altın, O. & A. Kaya (2009), "Türkiye'de Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 9(1), 251-259.
- Altın, A. & Y. Toktaş (2017), "The Effects of Innovation on Economic Growth in the Emerging Market Economies: Panel Data Analysis", *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 7(2), 477-496.
- Ay, A. & P. Yardımcı (2008), "Türkiye'de Beşeri Sermaye Birikimine Dayalı Ak Tipi İçsel Büyümenin Var Modeli ile Analizi (1950-2000)", *Maliye Dergisi*, (155), 39-54.
- Barro, R.J. (1991), "Economic Growth in a Cross Section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Bayraktutan, Y. & I. Demirtaş (2011), "Gelişmekte Olan Ülkelerde Cari Açığın Belirleyicileri: Panel Veri Analizi, Kocaeli Üniversitesi", *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 1-28.
- Coe, D. & E. Helpman (1995), "International R&D Spillovers", *European Economic Review*, 39(5), 859-887.
- Dam, M. & B. Yıldız (2016), "BRICS-TM Ülkelerinde Ar-Ge ve İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Ekonometrik Bir Analiz", *Akdeniz Üniversitesi İİBF Dergisi*, 16(33), 220-236.

- Driouchi, A. et al. (2006), "An Econometric Analysis of the Role of Knowledge in Economic Performance", *The Journal of Technology Transfer*, 31(2), 241-255.
- Genç, M. & Y. Atasoy (2010), "Ar & Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi", *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(2), 27-34.
- Granger, W.J. (1969), "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods", *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Grossman, G. & E. Helpman (1994), "Endogenous Innovation in the Theory of Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44.
- Gülmez, A. & A.G. Akpolat (2014), "Ar-Ge & İnovasyon ve Ekonomik Büyüme: Türkiye ve AB Örneği için Dinamik Panel Veri Analizi", *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 1-17.
- Gülmez, A. & F. Yardımcıoğlu (2012), "OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcaması ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Eşbütünlük ve Panel Nedensellik Analizi (1990-2010)", *Maliye Dergisi*, (163), 335-353.
- Güloğlu, B. & R.B. Tekin (2012), "A Panel Causality Analysis of the Relationship Among Research and Development, Innovation and Economic Growth in High-Income OECD Countries", *Eurasian Economic Review*, 2(1), 32-47.
- Hatırlı, S.A. vd. (2012), "Tekstil ve Konfeksiyon İhracatının Talep Fonksiyonu", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3-4): 185-198.
- Im, K.S. et al. (2003), "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Inekwe, J.N. (2015), "The Contribution of R&D Expenditure to Economic Growth in Developing Economies", *Social Indicators Research*, 124(3), 727-745.
- Kök, R. & N. Şimşek (2021), *Panel Veri Analizi*, <<https://debis.deu.edu.tr/userweb/recep.kok/dosyalar/panel2.pdf>>, 13.01.2021.
- Lichtenberg, F.R. (1993), "R&D Investment and International Productivity Differences", *Working Paper*, No. w4161, National Bureau of Economic Research.
- Macerinskienė, I. & R. Aleknaviciute (2017), "National Intellectual Capital Influence on Economic Growth in the European Union Countries", *Equilibrium*, 12(4), 573-592.
- Mulligan, C.B. & X. Sala-I-Martin (2000), "Measuring Aggregate Human Capital", *Journal of Economic Growth*, 5(3), 215-252.
- Özcan, S.E. & P. Özer (2018), "Ar-Ge Harcamaları ve Patent Başvuru Sayısının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(1), 15-28.
- Özer, M. & N. Çiftçi (2009), "Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(3), 39-50.
- Rebelo, S. (1998), "The Role of Knowledge and Capital in Economic Growth", *World Institute for Development Economic Research*, 149-178.
- Romer, P.M. (1986), "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Sungur, O. vd. (2016), "Türkiye'de Ar-Ge, İnovasyon, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Asimetrik Nedensellik Analizi", *SDÜ İİBF Dergisi*, 21(1), 173-192.

- Tarı, R. (2014), *Ekonometri*, Kocaeli, Umuttepe Yayınları.
- Taş, Ş. vd. (2017), "Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği", *Ömer Halis Demir Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10(2), 178-187.
- Ülkü, H. (2004), "R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis", *IMF Working Paper* WP/04/85, <<https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04185.pdf>>, 13.01.2021.
- Ünlükaplan, İ. (2009), "Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerde İktisadi Kalkınma, Rekabetçilik ve İnovasyon İlişkilerinin Kanonik Korelasyon Analizi ile Belirlenmesi", *Maliye Dergisi*, 157(2), 235-250.
- Xu, Y. & A. Li (2019), "The Relationship Between Innovative Human Capital and Interprovincial Economic Growth Based on Panel Data Model and Spatial Econometrics", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 365, 1-11.
- Yaylalı, M. vd. (2010), "Türkiye'de Ar & Ge Yatırım Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1990-2009", *The Journal of Knowledge Economy & Knowledge Management*, 5(2), 13-26.