

### Doğrudan AR-GE Etkisi ve Teknolojinin Difüzyonu: Türkiye Örneği *Direct R&D Effect and Technological Diffusion: The Case of Turkey*

**Özlem FİKİRLİ**

Arş. Gör., Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, ozlemfikirli06@gmail.com

**Mustafa Emir YÜCEL**

Arş. Gör., Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, m.emir\_yucel@yahoo.com.tr

**MAKALE BİLGİSİ**

**ÖZET**

**Makale Geçmişi:**

Geliş 10 Eylül 2017

Düzeltilme Geliş 14 Ekim 2017

Kabul 15 Kasım 2017

**Anahtar Kelimeler:**

Doğrudan Ar-Ge etkisi, teknolojinin difüzyonu, TFP, ARDL

© 2017 PESA Tüm hakları saklıdır

*Bu çalışmada Türkiye’de 1990-2015 yılları arasında toplam faktör verimliliği (TFV) ile doğrudan Ar-Ge etkisi ve teknolojinin difüzyonu arasındaki ilişki incelenmektedir. Doğrudan Ar-Ge etkisi, toplam Ar-Ge yatırım harcamalarından oluşturulan toplam Ar-Ge sermaye birikimi değişkeni ile analiz edilmiştir. Teknolojinin difüzyonu ise, ithalat oranı ve doğrudan yabancı yatırımlar değişkenleri ile incelenmiştir. Türkiye’de Ar-Ge yatırım harcamaları ve teknoloji difüzyonunun toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisi, bu iki kanalın bir arada bulunması ile ortaya çıkmaktadır.*

**ARTICLE INFO**

**ABSTRACT**

**Article History:**

Received 10 September 2017

Received in revised form 14 October 2017

2017

Accepted 15 November 2017

**Keywords:**

Direct R&D effect, technological diffusion, TFP, ARDL

© 2017 PESA All rights reserved

*In this study, the cointegration relationship between total factor productivity (TFP) and direct R&D effect and technological diffusion is investigated by applying ARDL method in period of 1990-2015 years in Turkey. Direct R&D effect is analyzed with total R&D capital stock which is derived from total R&D investment expenditure. Technological diffusion is investigated with variables of İth rate and foreign direct investment. In Turkey the effect of R&D investment expenditures and the technology diffusion on total factor productivity arise from the coexistence of these two channels.*

## GİRİŞ

İktisadi büyüme literatürü Lucas (1998) ve Romer (1986)'in çalışmaları ile yeni bir boyut kazanmıştır. Bu çalışmalarla ortaya çıkan içsel büyüme teorisi iktisatçılar arasında birçok tartışmayı da beraberinde getirmiştir. Bu tartışmalar arasında verimliliğin iktisadi büyüme üzerindeki etkisi de bulunmaktadır. Özellikle Krugman'ın (1994) yaptığı çalışmadan sonra bu tartışma aydınlığa kavuşmuştur (Wu, 2000). Günümüzde iktisatçıların (tamamı olmasa bile) önemli bir bölümü iktisadi büyüme ile verimlilik arasındaki ilişkiyi kabul etmektedir. İktisadi gelişme literatürü, sürdürülebilir yüksek büyüme oranları için teknolojik gelişmeler temeline dayalı toplam faktör verimliliğini (TFV) işaret etmektedir (Solow, 1957; Wu, 2000; Bell ve Morse, 2008). İçsel büyüme teorisinin ortaya çıkışı, verimlilik ile büyüme arasındaki ilişkiye dair tartışmalar ve iktisadi gelişme literatürünün verimliliğe verdiği önem, bu alanda çok sayıda çalışma yapılmasına sebep olmuştur (Prescott, 1998; Miller ve Upadhyay, 2002; Jerzmanowski, 2007).

Araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri, teknolojik gelişmeleri ve verimlilik artışını sağlayan önemli kaynaklardan biri olarak tanımlanmaktadır (Rouvinen, 2002). Dolayısıyla TFV üzerine yapılan çalışmaların çoğunda Ar-Ge faaliyetlerini temsil eden değişkenler kullanılmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri, patent sayısı (Park, 2013; Verspagen, 1997), patent sistemi (Maskus ve McDaniel, 1999; Park, 2013), Ar-Ge harcamaları (Rouvinen, 2002; Ha ve Howitt, 2007), Ar-Ge'de çalışan personel sayısı (Ha ve Howitt, 2007), Ar-Ge sermaye birikimi (Griliches, 1980; Lichtenberg ve Siegel, 1991; Wang ve Tsai, 2004; Higón, 2007) gibi farklı değişkenlerle ele alınmaktadır.

Ar-Ge sermaye birikimi ile TFV arasındaki ilişki doğrudan (direct, national veya domestic) ve dolaylı (indirect, international veya foreign) Ar-Ge etkisi olmak üzere iki başlık altında ele alınmaktadır (Griliches ve Lichtenberg, 1984; Verspagen, 1995; Rouvinen, 2002; Higón, 2007). Doğrudan Ar-Ge etkisi, Ar-Ge sermaye birikiminin TFV'nde yarattığı değişimi tanımlamaktadır (Higón, 2007). Dolaylı Ar-Ge etkisi ise Ar-Ge sermaye birikiminin ulusal veya uluslararası düzeyde difüzyonunu ifade etmektedir (Higón, 2007).

Pek çok ülkede teknolojinin yabancı (yurtdışı) kaynakları, ulusal verimlilik artışının %90'ı veya daha fazlasından sorumludur (Keller, 2010). Bu sebeple TFV üzerine yapılan çalışmaların Ar-Ge faaliyetlerinden sonra üzerinde durduğu diğer önemli bir konu teknolojinin yabancı kaynaklarını temsil eden teknolojinin difüzyonudur (Girma, 2005; Damijan vd., 2003; Liu ve Wang, 2003). Teknolojinin difüzyonu, bazen teknoloji transferi bazen yeni teknolojinin içselleştirilmesi veya imitasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin difüzyonunu araştıran çalışmaların doğrudan yabancı yatırımlar (Borensztein vd., 1998; Ciruelos ve Wang, 2005; Liu ve Wang, 2003; Damijan vd., 2003; Kugler, 2006) ve dış ticaret üzerine (Coe ve Helpman, 1995; Keller, 2002; Zhu ve Jeon, 2007; Ciruelos ve Wang, 2005) yoğunlaştığı görülmektedir. Dahası dış ticaret ile doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Keller, 2010).

Türkiye'nin 2023 hedeflerinden birisi toplam Ar-Ge harcamalarının gayri safi yurt içi hasıla oranının yüzde 3'e çıkarılmasıdır. Toplam Ar-Ge harcamaları, cari harcamalar ve yatırım harcamaları olmak üzere iki temel kalemden oluşmaktadır. Türkiye'de 2015 yılı Ar-Ge yatırım harcamalarının gayri safi yurt içi hasılaya oranı yaklaşık %0.1 iken toplam Ar-Ge sermaye birikiminin gayri safi yurt içi hasılaya oranı yaklaşık %0.74'tür. Türkiye'de doğrudan yabancı yatırımların ve ithalatın gayri safi yurt içi hasılaya oranları ise sırasıyla yaklaşık %2 ve %26'dır. Türkiye'de 2023 hedefleri arasında yer alan Ar-Ge harcamalarının artırılması verimlilik artışı yaratacak mıdır veya teknolojinin difüzyonu mekanizmasını etkinleştirecek midir? Bu politikanın verimlilik artışı yaratabilmesi için hangi politikalarla desteklenmesi gerekmektedir?

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de 1990-2015 yılları arasında doğrudan Ar-Ge ve teknolojinin difüzyonu ile toplam faktör verimliliği (TFV) arasındaki eş-bütünleşme ilişkisinin ARDL sınır testi yöntemiyle ortaya konmasıdır. Çalışmanın ikinci bölümünde, Ar-Ge sermaye birikimi ve teknolojinin difüzyonu ile TFV arasındaki ilişkiye dair literatüre yer verilmektedir. Çalışmanın üçüncü kısmında model ve veriler tanımlanmaktadır. Çalışmanın dördüncü kısmında, ampirik

model ve araştırma bulgularıyla ilgili bilgi verilmektedir. Çalışmanın beşinci ve son kısmında ise sonuç bölümü bulunmaktadır.

## 1. Literatür

Romer (1990), Grossman ve Helpman (1991) ve Aghion ve Howitt (1992) yaptıkları çalışmalarda TFV'ni Ar-Ge sermaye birikiminin artan fonksiyonu olarak tanımlamışlardır (Frantzen, 2000; Voutsinas ve Tsamadias, 2014). Ar-Ge sermaye birikimi ile TFV arasındaki ilişki doğrudan (direct, national veya domestic) ve dolaylı (indirect, international veya foreign) Ar-Ge etkisi olmak üzere iki başlık altında ele alınmaktadır (Griliches ve Lichtenberg, 1984; Verspagen, 1995; Frantzen, 2000; Rouvinen, 2002; Higón, 2007). Örneğin, A ülkesindeki verimliliği ele aldığımızda; A ülkesinin kendi yaptığı Ar-Ge harcamalarından oluşan Ar-Ge sermaye birikiminin etkisi doğrudan Ar-Ge etkisi iken, A ülkesinin etkileşim içerisinde olduğu diğer ülkelerin yaptığı Ar-Ge harcamalarından oluşan Ar-Ge sermaye birikiminin etkisi dolaylı Ar-Ge etkisidir. Sektörel düzeyde bir örnek verirse; bir sektördeki verimliliği incelerken, incelediğimiz sektördeki Ar-Ge sermaye birikiminin etkisi doğrudan Ar-Ge, diğer sektörlerdeki Ar-Ge sermaye birikiminin incelediğimiz sektörün verimliliğine etkisi, dolaylı Ar-Ge etkisini oluşturmaktadır.

Pek çok ülkede teknolojinin yabancı (yurtdışı) kaynakları, ulusal verimlilik artışının %90'ı veya daha fazlasından sorumludur (Keller, 2010). Bu sebeple teknolojinin yabancı kaynaklarını temsil eden teknolojinin difüzyonu, TFV üzerine yapılan çalışmaların önemle üzerinde durduğu konuların başında gelmektedir (Girma, 2005; Damijan vd., 2003; Liu ve Wang, 2003). Teknolojinin uluslararası difüzyonu söz konusu olduğunda şüphesiz ilk akla gelen kanallar dış ticaret ve DYY'dır (Keller, 2010). Dahası dış ticaret ile doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Keller, 2010).

DYY, ulusal düzeyde teknoloji difüzyonunu sağlayan ve verimlilik artışıyla ilişkilendirilen en anlamlı ve önemli kanallardan birisini temsil etmektedir (Aitken ve Harrison, 1999; Chuang ve Lin, 1999; Kinoshita, 2000; Damijan vd., 2003; Ciruelos ve Wang, 2005). DYY, ülkedeki sermaye birikimini artırarak verimlilik artışına katkı sağlamaktadır. Sermaye birikiminin artması, istihdam edilmeyen aktif iş gücünün iktisadi sisteme katılmasını sağlamaktadır. Dahası DYY aracılığıyla ileri teknolojinin transfer edilmesi, mevcut kaynakların daha etkin kullanılmasına sebep olmaktadır. Bunların sonucunda ise DYY ile mevcut kaynakların dağılımı daha iyi hale gelmektedir (Cecchini ve Lai-Tong, 2008).

Teknolojinin difüzyonunun ele alındığı önemli bir diğer değişken dış ticarettir (Coe ve Helpman, 1995; Keller, 2002; Zhu ve Jeon, 2007; Ciruelos ve Wang, 2005). Dış ticaret, dışa açıklık (ihracat ve ithalat toplamı), ihracat veya ithalat olarak ele alınmaktadır. İhracatın teknoloji difüzyonu ile ilişkisi, ithalata göre genellikle daha zayıf kalmaktadır (Keller, 2010). Firma, ithalat yaptığında, diğer ülkelerdeki firmaların teknolojilerini de toplayarak almış olur. Sektördeki diğer firmalar da ithalat yapan firma aracılığıyla diğer ülkelerdeki firmaların teknolojilerini öğrenene kadar teknoloji difüzyonu devam etmektedir (Keller, 2010). Başka bir ifadeyle ithalat aracılığıyla yeni teknolojinin öğrenilmesi, yurtiçi üretime uyarlanması ve verimlilik artışının sağlanması beklenmektedir.

### 1.1. Ampirik Literatür

Literatür analizi yapıldığında, Ar-Ge sermaye birikiminin TFV üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların gelişmiş ülkelerde yoğunlaştığı görülmektedir (Verspagen, 1995; Los ve Verspagen, 2000; Ballot vd. 2001). Çalışmaların önemli bir bölümünün gelişmiş ülkelerde yapılmış olması Ar-Ge sermaye birikiminin verimlilik üzerindeki doğasına ilişkin kesin bilgilere ulaşılmasını engellemektedir. Bunun temel sebebi ise gelişmekte olan ülkelerde Ar-Ge sermaye birikimi ile verimlilik arasındaki ilişkinin araştırıldığı (Voutsinas ve Tsamadias, 2014; Fikirli ve Çetin, 2015) çalışma sayısının yetersiz kalmasıdır. Yapılan çalışmalarda gelişmiş ülkelerde Ar-Ge sermaye birikimi ile verimlilik arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nitekim Ar-Ge harcamaları gelişmiş ülkelere göre daha düşük olan Yunanistan, Türkiye gibi ülkeler için yapılan çalışmalarda bu ilişkinin anlamsız (Voutsinas ve Tsamadias, 2014; Fikirli ve Çetin, 2015) olduğu belirtilmiştir.

DYY ile verimlilik arasındaki ilişki, Ar-Ge sermaye birikimi ile verimlilik arasındaki ilişkidenden biraz daha kompleks bir yapıya sahiptir. Literatürde bulunan çalışmalarda DYY yoluyla teknoloji difüzyonunun verimlilik üzerine etkisi genellikle pozitif olarak belirlenmiştir (Chuang ve Lin, 1999; Ciruelos ve Wang, 2005). Nitekim negatif etkinin olduğu (Konings, 2000; Cecchini ve Lai-Tong, 2008)

veya etkinin olmadığı (Djankov ve Hoekman, 1998) sonucuna ulaşan çalışmalar da bulunmaktadır. Literatürde bulunan farklı çalışmalarda bu üç farklı sonucun da elde edilmesinde temel etken ülkelerin yapısal farklılıklarıdır. Ulusal inovasyon sistemi, finans piyasalarının gelişmişliği, absorbe kapasitesi, nitelikli iş gücü gibi farklı mekanizmalar çalışma sonuçlarında belirleyici olmaktadır.

İthalat ile verimlilik ilişkisine odaklanan çalışmalarda genel olarak elde edilen sonuç, pozitif ilişkinin var olduğudur (Djankov ve Hoekman, 1998; Xu ve Chiang, 2005; Kim vd., 2009; Augier vd., 2013) . Gerek farklı yapısal özelliklere sahip ülkeler gerek ise geniş ülke örneklemleri için yapılan çalışmalarda pozitif etkinin olduğu ortaya konmuştur. Dolayısıyla ithalatın verimlilik artışının belirlenmesinde önemli bir yere sahip olduğu açıktır.

Doğrudan Ar-Ge, dolaylı Ar-Ge, DYY ve ithalat ile verimlilik arasındaki ilişkiyi araştıran ampirik çalışmalardan farklı örnekleme ve farklı araştırma bulgularına sahip olanlar Tablo 1’de özetlenerek gösterilmektedir.

**Tablo 1: Ampirik Çalışmalar**

<b>1. Doğrudan ve Dolaylı Ar-Ge Etkisi</b>		
<b>Yazarlar</b>	<b>Örneklem – Periyot</b>	<b>Araştırma Bulguları</b>
<b>Verspagen (1995)</b>	OECD ülkeleri, 1973-1988	İleri teknoloji sektörlerinde yüksek katma değer
<b>Los ve Verspagen (2000)</b>	Amerika (sektörel düzeyde),1974-1993	İleri teknoloji sektörlerinde ölçeğe göre artan getiri
<b>Ballot vd. (2001)</b>	İsveç ve Fransa (firma düzeyinde), 1987-1993	Anlamsız veya pozitif etki
<b>Kim ve Park (2003)</b>	Kore (sektörel düzeyde), 1976-1996	Her ikisinde de pozitif etki,Dolaylı Ar-Ge etkisi > Doğrudan Ar-Ge etkisi
<b>Voutsinas ve Tsamadias (2014)</b>	Yunanistan, 1981-2007	Anlamsız veya pozitif etki
<b>Fikirli ve Çetin (2015)</b>	Türkiye, 1990-2014	Anlamsız
<b>2. DYY ve Verimlilik</b>		
<b>Yazarlar</b>	<b>Örneklem - Periyot</b>	<b>Araştırma Bulguları</b>
<b>Djankov ve Hoekman (1998)</b>	Çek Cumhuriyeti, 1992-1996	Anlamsız veya negatif etki
<b>Chuang ve Lin (1999)</b>	Tayvan, 1991	Pozitif etki
<b>Konings (2000)</b>	Polonya, Bulgaristan ve Romanya	Negatif etki
<b>Ciruelos ve Wang (2005)</b>	57 ülke, 1988-2001	Pozitif etki
<b>Cecchini ve Lai-Tong (2008)</b>	Akdeniz ülkeleri, 1980-2000	Negatif etki

3. İthalat ve Verimlilik		
Yazarlar	Örneklem - Periyot	Araştırma Bulguları
Djankov ve Hoekman (1998)	Çek Cumhuriyeti, 1992-1996	Pozitif etki
Xu ve Chiang (2005)	48 ülke, 1980-2000	Pozitif etki
Kim vd. (2009)	Kore, 1980-2003	Pozitif etki
Augier vd. (2013)	İspanya, 1991-2002	Pozitif etki

## 2. Model ve Veri

Toplam faktör verimliliği büyüme oranı ile Ar-Ge sermaye birikimi, ithalat ve DYY arasındaki ilişki, aşağıda matematiksel formu verilen üç farklı denklem üzerinden incelenmektedir.

$$TFVB = f(KARGE) \quad (1)$$

$$TFVB = f(DYY, İTH) \quad (2)$$

$$TFVB = f(KARGE, DYY, İTH) \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemlerde TFVB toplam faktör verimliliği büyüme oranını, KARGE Ar-Ge sermaye birikimini, DYY doğrudan yabancı yatırımların oranını ve ithal değişkeni de ithalat oranını ifade etmektedir. Birinci modelde Ar-Ge sermaye birikiminin TFV üzerine doğrudan etkisi incelenirken, ikinci modelde teknolojinin difüzyonu ile TFV arasındaki ilişki incelenmektedir. Üçüncü modelde ise Ar-Ge sermaye birikiminin doğrudan etkisi ile teknolojinin difüzyonu bir araya geldiğinde TFVB'yi nasıl etkilediği araştırılmaktadır. Başka bir ifadeyle ilk modelde yalnızca Ar-Ge sermaye birikiminin, ikinci modelde yalnızca teknoloji difüzyonunun TFVB'ye etkisi araştırılırken, üçüncü modelde teknoloji difüzyonu ile Ar-Ge sermaye birikimi bir araya geldiğinde TFVB'nin etkilerinin değişip değişmediği analiz edilmektedir. Dolayısıyla birinci modelde yapılan tahmin ile üçüncü modelde yapılan tahmin arasındaki fark, Ar-Ge sermaye birikiminin doğasına ilişkin bilgi vermektedir. Aynı zamanda ikinci modelde yapılan tahmin ile üçüncü modelde yapılan tahmin arasındaki fark, teknolojinin difüzyonunun Ar-Ge sermaye birikimi ile ilişkisine dair fikir oluşturmaktadır.

TFV serisi hiçbir kurum tarafından üretilmemesine karşın TFVB bazı veri kaynaklarında erişilebilir olarak bulunmaktadır ([www.conference-board.org](http://www.conference-board.org), [www.oecd.org](http://www.oecd.org)). Bu çalışmada kullanılan TFVB verisi Conference Board veri tabanından alınmıştır ([www.conference-board.org](http://www.conference-board.org)).

Ar-Ge sermaye birikimi, fiziksel sermaye birikimine benzer şekilde ve OECD ülkeleri için geçerli olan sabit amortisman (Perpetual Inventory Method - PIM) yöntemi ile hesaplanmıştır. Ar-Ge sermaye birikimi, toplam Ar-Ge yatırım harcamaları kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam Ar-Ge harcaması ile toplam Ar-Ge yatırım harcamasının birbirinden farklı olduğuna dikkat edilmelidir. Toplam Ar-Ge harcaması, personel harcamaları gibi cari harcamaları da kapsarken, toplam Ar-Ge yatırım harcaması sadece Ar-Ge amaçlı makine, tesis gibi yatırım harcamalarını göstermektedir. Ar-Ge sermaye birikimi denklem 4 ile hesaplanmıştır. (Voutsinas ve Tsamadias, 2014; Cecchini ve Lai-Tong, 2008).

$$K_{tARGE} = (1 - \alpha) K_{t-1ARGE} + I_{tARGE} \quad (4)$$

Denklem 4'teki  $K_{tARGE}$ , t yılına ait Ar-Ge sermaye birikimini;  $I_{tARGE}$ , t yılına ait Ar-Ge yatırım harcamalarını (Ar-Ge için yapılan makine, teçhizat gibi yatırım harcamalarını);  $\alpha$  ise aşınma katsayısını göstermektedir. Ar-Ge sermaye birikimi için aşınma katsayısı %5 ile %15 arasında kabul edilmektedir. Bu çalışmada ortalama bir değer olarak %10 alınmıştır (Higón, 2007; Cameron vd., 2005). Ar-Ge sermaye birikim serisinin başlangıç değerinin hesaplanmasında denklem 5'ten faydalanılmıştır (Higón, 2007; Cameron vd., 2005).

$$K_{0ARGE} = I_{0ARGE} / (\alpha + g) \quad (5)$$

Denklem 5'te  $K_{OARGE}$ , başlangıç Ar-Ge sermaye birikimini;  $I_{OARGE}$ , başlangıç Ar-Ge yatırım harcamalarını;  $\alpha$ , aşınma oranını (bu çalışmada 0,1 kabul edilmiştir) ve  $g$  ise Ar-Ge yatırım harcamaları ortalama yıllık büyüme oranını göstermektedir.

KARGE değişkeninin hesaplamasında kullanılan Ar-Ge yatırım harcamaları verisi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) istatistiklerinden elde edilmiştir. İthalat ve DYY değişkenlerine ait istatistikler Dünya Bankası tarafından yayınlanan "World Development Indicators" veri setinden alınmıştır. TFVB değişkeni büyüme oranı, KARGE, ithalat ve DYY değişkenleri ise GSYH'ye oranları olarak ele alınmıştır. Ar-Ge sermaye birikimi verisi Türkiye için 1990 yılından itibaren mevcut olduğundan dolayı, çalışmada 1990-2015 yılları arası 26 gözlem kullanılmıştır.

Modellerde ve tahminlerde kullanılan değişkenlere ait verilerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler				
İstatistikler/Değişkenler	TFVB	KARGE	İTH	DYY
Ortalama	-0.041466	0.769618	23.96246	1.167540
Medyan	0.942697	0.756204	24.38519	0.616926
Maksimum	7.736525	0.954016	30.40053	3.653361
Minimum	-11.54675	0.506493	16.63488	0.305998
Std Hata	4.526106	0.087798	4.002550	0.946939
Skewness	-0.826415	-0.464047	-0.272286	1.156235
Kurtosis	3.168650	4.908911	2.085386	3.473912
Jarque-Bera	2.990313	4.880743	1.227500	6.036456
Olasılık	0.224214	0.087128	0.541317	0.048888
Toplam	-1.078117	20.01006	623.0238	30.35605
Gözlem Sayısı	26	26	26	26

### 3. Ampirik Uygulama

#### 3.1 Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (ARDL) Sınır Testi Yaklaşımı

ARDL sınır testi yaklaşımı Peseran ve Shin (1999) ve Peseran vd (2001) tarafından geliştirilen bir eşbütünleşme testi ve tahmin edicisidir. Ar-Ge sermaye birikiminin toplam faktör verimliliği üzerine etkisinin incelendiği çalışmada ARDL sınır testi kullanılmıştır. Bunun nedeni, ARDL sınır testi yaklaşımının diğer eşbütünleşme testlerine göre bazı avantajlarının olmasıdır. ARDL tahmin yöntemi değişkenlerin tamamının  $I(0)$ , tamamının  $I(1)$  veya bu duraganlık dereceleri  $I(0)$  ve  $I(1)$  olan değişkenlerin kombinasyonları ile etkin uzun dönem sonuç veren bir tahmin yöntemidir. (Peseran, Shin, & Smith, 2001). Ayrıca ARDL tahmin edicisi düşük gözlem sayılarında etkin sonuç vermektedir. (Peseran, Shin, & Smith, 2001) Matematiksel formu verilen denklemleri Peseran ve Shin(1999) ve Peseran vd (2001) tarafından geliştirilen doğrusal ARDL modeli olarak şu şekilde yazabiliriz;

$$\Delta TFVB = \beta_0 + \beta_1 TFVB_{t-1} + \beta_2 KARGE_{t-1} + \sum_{i=1}^n \theta_{1i} TFVB_{t-1} + \sum_{i=1}^m \theta_{2i} KARGE_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (6)$$

$$\Delta TFVB = \alpha_0 + \alpha_1 TFVB_{t-1} + \alpha_2 DYY_{t-1} + \alpha_3 İth_{t-1} + \sum_{i=1}^h \delta_{1i} TFVB_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_{2i} DYY_{t-1} + \sum_{i=1}^l \delta_{3i} İTH_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (7)$$

$$\Delta TFVB = \sigma_0 + \sigma_1 TFVB_{t-1} + \sigma_2 KARGE_{t-1} + \sigma_3 DYY_{t-1} + \sigma_4 İth_{t-1} + \sum_{i=1}^p \pi_{1i} TFVB_{t-1} + \sum_{i=1}^r \pi_{2i} KARGE_{t-1} + \sum_{i=1}^s \pi_{3i} DYY_{t-1} + \sum_{i=1}^z \pi_{4i} İTH_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemlerde  $\beta_i$ ,  $\alpha_i$  ve  $\sigma_i$  ( $i=1,2,3,4$  için) uzun dönem katsayıları ifade ederken,  $\theta_i$ ,  $\delta_i$  ve  $\pi_i$  ( $i=1,2,3,4$  için) kısa dönem katsayıları ifade etmektedir. Ayrıca  $\Delta$  fark operatörü olup,  $\varepsilon_{it}$  ( $i=1,2,3$  için) beyaz gürültü (White Noise) özelliğine sahip hata terimini ifade etmektedir. TFVB ile bu değişkene etki ettiği düşünülen bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı Peseran vd. (2001) tarafından geliştirilen sınır testi ile incelenebilir. Kısa dönem katsayıların anlamlılığı üzerinden geliştirilen ve F-istatistiği üzerinden bakılan test prosedüründe boş hipotezin kabul veya ret edilmesine Peseran vd. (2001) tarafından belirlenen alt ve üst sınır kritik değerlerine göre karar verilmektedir. Sınır testinde hesaplanan

F-istatistiği eğer alt değer altında ise değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki yoktur şeklindeki boş hipotez kabul edilmektedir. Hesaplanan F-istatistiği üst değer üstünde ise bu kez değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olduğunu ifade eden alternatif hipotez kabul edilmektedir. Eğer hesaplanan F-istatistiği bu iki değer arasında ise o zaman herhangi bir yorum yapılamamaktadır.

### 3.2 Tahmin ve Sonuçlar

#### 3.2.1 Birim Kök Testleri

Yapılacak ampirik analizde kullanılacak tahmin yöntemi için değişkenlere ait istatistiklerin yapısının incelenmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle etkin bir tahmin edicinin kullanılması için değişkenlere ait durağanlık sınaması gereklidir. Durağanlık sınaması için iki farklı test kullanılmıştır. Bunlardan ilki literatürde sıklıkla kullanılan “Augmented Dickey Fuller(ADF)” birim kök testi iken diğer test yapısal kırılmaları göz önüne alan “Clemente-Montanes-Reyes(CMR) birim kök testidir.

Değişkenler	Düzye		Birinci Fark	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
<b>TFVB</b>	-4.226829*** (0.0041)	-4.193948** (0.0181)	-3.797441** (0.0107)	-3.708317** (0.0470)
<b>KARGE</b>	-2.227410 (0.2026)	-2.092363 (0.5228)	-4.675321*** (0.0011)	- 4.826062*** (0.0000)
<b>DYY</b>	-1.792083 (0.3755)	-3.060186 (0.1418)	-4.114773*** (0.0047)	-3.999990** (0.0245)
<b>İTH</b>	-2.363641 (0.1615)	-3.650372** (0.0464)	-4.511063*** (0.0018)	-4.524264*** (0.008)

**Not:** (1) \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 hata payı ile değişkenlerin birim kök içermediğini (boş hipotezin kabul edilemeyeceğini) göstermektedir. (2) ) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anlamlılık düzeyi) değerini göstermektedir. (3) ADF birim kök testi için uygun gecikme Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir.

ADF birim kök testi sonuçlarına göre TFVB düzey durağan iken diğer değişkenler birinci farkta durağan hale gelmektedir.

DEĞİŞKENLER	Düzye		Karar	Birinci Fark		Karar
	Tek Kırılma	İki Kırılma		Tek Kırılma	İki Kırılma	
<b>TFVB</b>	-4.833 (4.270)	-8.894 (5.490)	<i>Durağan</i>	-6.993 (3.560)	-8.700 (5.490)	<i>Durağan</i>
<b>KARGE</b>	-3.188 (3.560)	-5.215 (5.490)	<i>Birim Kök</i>	-3.824 (3.560)	-5.821 (5.490)	<i>Durağan</i>
<b>DYY</b>	-3.903 (3.560)	-5.755 (5.490)	<i>Durağan</i>	-3.682 (3.560)	-6.421 (5.490)	<i>Durağan</i>
<b>İTH</b>	-2.901 (3.560)	-3.253 (5.490)	<i>Birim Kök</i>	-5.828 (3.560)	-6.236 (5.490)	<i>Durağan</i>

CMR birim kök testi bir ve iki kırılma altında değişkenlerin birim kök sınamasını ayrı ayrı yapmaktadır. Tabloda verilen istatistiklere göre TFVB ve DYY değişkenleri düzeyde durağan iken KARGE ve ithalat değişkeni birinci farkta durağan hale gelmektedir.

#### 3.2.2 Eşbütünleşme

Eşbütünleşme analizi sonuçlarının verildiği tablo 5 ‘te açıkça görülmektedir ki üç modele ait F-istatistiği %1 anlamlılık düzeyi kritik üst değerlerden daha yüksektir. Bu sonuçlar üç farklı modelde de değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

<b>Tablo 5: ARDL Sınır Testi (Eşbütünleşme Analizi)</b>					
	<b>F-İstatistiği</b>	<b>Anlamlılık Düzeyi</b>	<b>I(0) Kritik Değer</b>	<b>I(1) Kritik Değer</b>	<b>Karar</b>
<b>Model 1</b>	30.52	%1	5.15	6.36	Uzun dönem ilişki (Eşbütünleşme) vardır
		%5	3.79	4.85	
		%10	3.17	4.14	
<b>Model 2</b>	16.252	%1	4.29	5.61	Uzun dönem ilişki (Eşbütünleşme) vardır
		%5	3.23	4.35	
		%10	2.72	3.77	
<b>Model 3</b>	17.415	%1	3.74	5.06	Uzun dönem ilişki (Eşbütünleşme) vardır
		%5	2.86	4.01	
		%10	2.45	3.52	

### 3.2.3. ARDL Tahmini

#### 3.2.3.1 Birinci Model

Birinci model için optimum gecikme uzunluğu belirlenirken Akaike Bilgi Kriteri kullanılmış ve bağımlı ve bağımsız değişken için optimal gecikme 1 olarak belirlenmiştir. Tablo 6'da birinci modelin ARDL tahmin sonuçları gösterilmektedir. Tablo 6'ya göre, TFVB ve KARGE arasında uzun dönem ilişkisini yorumlamak istersek; KARGE %10'da anlamlı çıkmıştır. KARGE'deki yüzde bir artış TFVB üzerinde yüzde 13.28 azalmaya sebep olmaktadır. KARGE değişkeni, Ar-Ge sermaye birikiminin GSYH'ya yüzde oranını göstermekteydi. Dolayısıyla Ar-Ge sermaye birikiminin GSYH'ya yüzde oranındaki bir birimlik artış, toplam faktör verimliliğinin büyüme hızında yüzde 13.28 azalmaya sebep olmaktadır.

<b>Tablo 6: Birinci Model ARDL Tahmini</b>		
<b>Değişkenler/Katsayı ve İstatistikler</b>	<b>Katsayı</b>	<b>t-istatistiği</b>
<b>KARGE</b>	-13.28*	-2.04 (0.054)
<b>Sabit Terim</b>	13.80*	2.08 (0.050)
<b>Kukla Değişken</b>	-4.12**	-2.47 (0.023)
<b>Hata Düzeltme Katsayısı(ECT<sub>t-1</sub>)</b>	-1.2707***	-9.52 (0.000)
R2 = 0.87710      Düzeltilmiş R2= 0.85252		

**Not:** (1) \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 hata payı ile katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir. (2) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anlamlılık düzeyi) değerini göstermektedir.

Birinci model ve diğer tüm modellerde kullanılan kukla değişken 1994-1995 yılları için modele dahil edilen sabit terim kukla değişkenidir. Bunun nedeni TFVB değişkeninin bu yıllarda ortalamasının çok altında bir düşüş göstermesi ve ortalama büyüme oranının farklılaşmasıdır. Hata düzeltme katsayısı sistemin dengeden sapması durumunda tekrar dengeye gelebileceğini göstermektedir. Bu katsayının 0 ile -1 aralığında olması beklenmektedir fakat -1.2707 olarak bulunmuştur. Katsayının -1 ile -2 arasında bir değer alması sistemin denge patikasında monoton bir yakınsama göstermesi yerine dalgalı bir yakınsama göstereceğini ifade etmektedir. (Narayan & Smyth, 2006). Tahmin edilen modelin hata terimi gerekli varsayımları sağladığı için model güvenilirdir. Tablo 7'de modelin hata terimine ait test istatistikleri verilmiştir.



**Tablo 7: Birinci Model Otokorelasyon ve ARCH Testler**

Gecikme	BG-Godfrey Lm Test Ki-Kare Değerleri	Gecikme	LM Test Ki-Kare Değerleri
AR(1)	2.659 (0.1030)	ARCH(1)	0.477 (0.4898)
Ar(2)	4.147 (0.1258)	ARCH(2)	0.449 (0.7990)
Ar(3)	4.218 (0.2389)	ARCH(3)	0.445 (0.9308)
Ar(4)	4.471 (0.2460)	ARCH(4)	1.128 (0.8897)
Ar(5)	4.579 (0.2801)	ARCH(5)	3.543 (0.6170)

**Not:** (1) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anamlılık düzeyi) değerini göstermektedir. (2) ARDL(1,1) modelinin hata teriminde otokorelasyon ve otoregresif koşullu değişen varyans sorunu bulunmamaktadır. (3) Hata terimi ayrıca CUSUM ve CUSUM<sup>2</sup> testlerinde belirlenen aralıkta bulunmaktadır.

### 3.2.3.2 İkinci Model

İkinci model için de gecikme uzunluğunun belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır fakat belirlenen (1,1,0) gecikme uzunluğu ile tahmin edilen modelin hata terimi gerekli varsayımları sağlamadığından gecikme uzunluğuna (1,1,1) olarak karar verilmiştir. Tablo 8'de ikinci model için ARDL tahmin sonuçları gösterilmektedir. Tablo 8'e göre DYY'm TFVB'na etkisi %5 düzeyinde anlamlıyken, ithalat oranının TFVB'na etkisi %10 düzeyinde anlamlıdır. DYY'daki yüzde birlik artış, TVFB'nda yüzde 1.55 azalma yaratmaktadır. İthalat oranındaki yüzde birlik artış, TFVB'nda yüzde 0.32'lik bir artış sağlamaktadır.

**Tablo 8: İkinci Model ARDL Tahmini**

Değişkenler/Katsayı ve İstatistikler	Katsayı	t-istatistiği
DYY	-1.5532**	-2.11 (0.048)
İTH	0.329*	1.94 (0.067)
Sabit Terim	-8.606	1.52 (0.118)
Kukla Değişken	-4.3714**	-2.12 (0.048)
Hata Düzeltme Katsayısı (ECT <sub>t-1</sub> )	-1.4280***	-9.52 (0.000)
R <sup>2</sup> = 0.7876		Düzeltilmiş R <sup>2</sup> = 0.7318

**Not:** (1) \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 hata payı ile katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir. (2) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anamlılık düzeyi) değerini göstermektedir.

İkinci model için de tahmin edilen hata düzeltme katsayısı -1 ile -2 aralığında olduğundan bu model de dengeye dalgalı bir şekilde yakınsayacaktır. İkinci modele ait hata terimi gerekli varsayımları sağladığı için model tutarlıdır. Tablo 9'da modelin hata terimine ait test istatistikleri verilmiştir.

Gecikme	BG-Godfrey Lm Test Ki-Kare Değerleri	Gecikme	LM Test Ki-Kare Değerleri
<b>AR(1)</b>	0.473 (0.4917)	ARCH(1)	0.858 (0.3542)
<b>Ar(2)</b>	1.817 (0.4021)	ARCH(2)	0.917 (0.6321)
<b>Ar(3)</b>	2.179 (0.5361)	ARCH(3)	1.836 (0.6071)
<b>Ar(4)</b>	3.752 (0.4405)	ARCH(4)	3.176 (0.5288)
<b>Ar(5)</b>	3.753 (0.5855)	ARCH(5)	5.710 (0.3354)

**Not:** (1) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anamlılık düzeyi) değerini göstermektedir. (2) ARDL(1,1,1) modelinin hata teriminde otokorelasyon ve otoregresif koşullu değişen varyans sorunu bulunmamaktadır. (3) Hata terimi ayrıca CUSUM ve CUSUM<sup>2</sup> testlerinde belirlenen aralıkta bulunmaktadır.

### 3.2.3.3 Üçüncü Model

Üçüncü modele ait tahmin sonuçları tablo 10'da, hata terimine ait test sonuçları ise tablo 11'de verilmiştir.

Değişkenler/Katsayı ve	Katsayı	t-istatistiği
<b>KARGE</b>	-16.661**	-2.43 (0.026)
<b>DYY</b>	-1.791**	-2.81 (0.012)
<b>İTH</b>	0.329**	2.29 (0.034)
<b>Sabit Terim</b>	10.954	1.16 (0.259)
<b>Kukla Değişken</b>	-4.872**	-2.75 (0.013)
<b>Hata Düzeltme Katsayısı</b>	-1.502***	-8.82 (0.000)
R <sup>2</sup> = 0.8391    Düzeltmiş R <sup>2</sup> = 0.7855		

**Not:** (1) \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 hata payı ile katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir. (2) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anamlılık düzeyi) değerini göstermektedir.

Gecikme	BG-Godfrey Lm Test Ki-Kare Değerleri	Gecikme	LM Test Ki-Kare Değerleri
<b>AR(1)</b>	2.224 (0.1359)	<b>ARCH(1)</b>	0.751 (0.3862)
<b>Ar(2)</b>	2.383 (0.3038)	<b>ARCH(2)</b>	1.605 (0.4482)
<b>Ar(3)</b>	3.286 (0.3497)	<b>ARCH(3)</b>	1.268 (0.7369)
<b>Ar(4)</b>	4.269 (0.3708)	<b>ARCH(4)</b>	0.992 (0.9111)
<b>Ar(5)</b>	4.298 (0.5074)	<b>ARCH(5)</b>	0.821 (0.9757)

**Not:** (1) Parantez içindeki değerler boş hipotezin reddedilebileceği en düşük olasılık (anamlılık düzeyi) değerini göstermektedir. (2) ARDL(1,1,1) modelinin hata teriminde otokorelasyon ve otoregresif koşullu değişen varyans sorunu bulunmamaktadır. (3) Hata terimi ayrıca CUSUM ve CUSUM<sup>2</sup> testlerinde belirlenen aralıkta bulunmaktadır.

Tablo 10'a göre KARGE, DYY ve ithalatın TFVB'na etkileri %5 düzeyinde anlamlıdır. Tablo 10'dan üç önemli sonuç elde etmekteyiz;

Bunlardan ilki, KARGE'deki yüzde bir artışın TFVB üzerinde yüzde 16.66 azalmaya sebep

olduğudur. Başka bir ifadeyle Ar-Ge sermaye birikiminin GSYH'ya yüzde oranındaki bir birimlik artış, toplam faktör verimliliğinin büyüme hızında yüzde 16.66 azalmaya sebep olmaktadır. Dolayısıyla Ar-Ge sermaye birikimindeki artış, toplam faktör verimliliğini azaltmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde Ar-Ge harcamaları yüzde 1 civarında iken, Ar-Ge yatırım harcamaları bu orandan daha da düşüktür (Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge yatırım ve Ar-Ge cari harcamaları toplamına eşit olduğu için). Bu negatif ilişkinin bir sebebi, Ar-Ge yatırım harcamalarının çok az olması ve az olmasından ötürü ileri teknoloji üretimini sağlamaması olabilir. Ar-Ge yatırım harcamalarının ileri teknoloji üretimini sağlaması ve verimlilik artışını beraberinde getirmesi beklenmektedir. Bu durumda ilişki pozitif bulunacaktır. Bu negatif ilişkinin başka bir sebebi, Ar-Ge yatırım harcamalarının, ileri teknoloji üretimi sağlanmasına etkisinin zaman içerisinde ortaya çıkması olabilir. Başka bir ifadeyle başlangıçta Ar-Ge yatırım harcamaları, ileri teknoloji üretimi sağlamadığı için verimliliği olumsuz etkiliyor gözükülebilir. Zaman içerisinde Ar-Ge yatırım harcamaları ileri teknoloji üretimini sağladığında bu ilişki pozitif olabilecektir. Literatürde Ar-Ge sermaye birikiminin TFV üzerinde etkisinin pozitif olduğu birçok araştırma bulunmaktadır (Coe ve Helpman, 1995; Cecchini ve Lai-Tong, 2008; Los ve Verspagen, 2000). Bu çalışmaların, yapılan çalışmadan farkı neredeyse tamamının Ar-Ge harcamaları ve dolayısıyla Ar-Ge sermaye birikimi yüksek olan ülkeleri incelemeleridir (Los ve Verspagen, 2000; Verspagen, 1995; Ballot vd., 2001). Ar-Ge harcamaları gelişmiş ülkelere göre daha düşük olan Yunanistan için yapılan çalışmada ise Ar-Ge sermaye birikiminin bazı bileşenlerinin verimlilik üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu belirtilmiştir (Voutsinas ve Tsamadias, 2014). Yüksek Ar-Ge harcamasına sahip ülkeler ile düşük Ar-Ge harcamasına sahip ülkeler arasında bir takım farklılıklar bulunmaktadır. İleri teknoloji üretimini hızlandıran ulusal inovasyon sistemi ve absorbe kapasitesi, inovasyonların finansmanı için gelişmiş finansal yapı, bu farklılıkların başında gelmektedir. Bu farklılıkların bir sonucu olarak da çalışmalarda farklı bulgular elde edilmektedir.

İkinci sonuç, DYY'daki yüzde birlik artışın TFVB'nda yüzde 1.79 azalmaya yol açtığıdır. DYY, teknolojinin doğrudan transferini sağlayan mekanizmalardan birini oluşturmaktadır. Ülkeye yabancı sermaye girişi genellikle gelişmiş ülkelerin firmaları tarafından yapılmaktadır. Bu firmalar kendi ülkelerindeki ileri teknolojileri yatırım yaptıkları ülkeye transfer ederlerse DYY ile TFVB arasında pozitif bir ilişki olacaktır. Çünkü ileri teknolojinin transferi kaynakların etkin kullanımını sağlarken verimlilik artışı ortaya çıkarmaktadır. Tahmin sonucuna göre DYY ile TFVB arasındaki ilişkinin negatif çıkmasının bir sebebi, yabancı yatırımın düşük teknoloji ürünlerini üretmek için ülke kaynaklarına ihtiyaç duyması ve bu sebeple ülkeye yatırım yapması olabilir. Bu durumda ileri teknoloji transferi gerçekleşmeyecektir. Ülke kaynaklarını etkisiz kullanarak, düşük teknoloji üretimi yaptığı için verimlilik üzerinde negatif bir etki ortaya çıkacaktır. Literatürde bulunan çalışmalarda DYY yoluyla teknoloji difüzyonunun verimlilik üzerine etkisi genellikle pozitif olarak belirlenmiştir (Chuang ve Lin, 1999; Ciruelos ve Wang, 2005). Nitekim negatif etkinin olduğu (Konings, 2000; Cecchini ve Lai-Tong, 2008) veya etkinin olmadığı (Djankov ve Hoekman, 1998) sonucuna ulaşan çalışmalar da bulunmaktadır. Djankov ve Hoekman (1998), Çek Cumhuriyeti'ni ele aldıkları çalışmalarında etkinin olmadığını ortaya koymuşlardır. Konings (2000) ve Cecchini ve Lai-Tong (2008) yaptıkları çalışmalarda DYY aracılığıyla teknoloji difüzyonu etkisinin negatif olduğunu tespit etmişlerdir. Konings (2000), Polonya, Bulgaristan ve Romanya'yı, Cecchini ve Lai-Tong (2008) ise Akdeniz ülkelerini (Cezayir, Mısır, İsrail, Ürdün, Fas, Tunus ve Türkiye) ele almışlardır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar, yapılan çalışmada elde edilen sonuç ile benzerlik göstermektedir. Bunun temel sebebi ise bu ülkelerin gelişmekte olan ülkeler olmasıdır.

Üçüncü sonuç ise, ithalat oranındaki yüzde birlik artışın TFVB'nda yüzde 0.32 artışa sebep olduğudur. İthalat ile ülkedeki firmaların dış ticaret yaparken yeni teknoloji ile karşılaşmaları ve bu yeni teknolojiyi kendi üretimlerine uyarlayıp, ileri teknolojiyi transfer etmeleri beklenmektedir. Bunun yanı sıra ithalat ile birlikte ortaya çıkan yaparak öğrenme mekanizması da verimlilik artışı sağlamaktadır. Nitekim Türkiye'de bu etkiler oldukça düşük düzeylerde. Başka bir ifadeyle Türkiye'de ithalat ile teknolojinin difüzyonu sağlansa da bu mekanizma çok etkin çalışmamaktadır. Bunun birinci sebebi, ileri teknoloji üretime geçmenin başlangıçtaki yüksek sabit maliyeti ve bu maliyeti karşılayacak gelişmiş finansal yapının eksikliği olabilir. Dolayısıyla ileri teknolojinin içselleştirilmesi için ileri teknoloji üretim

yapmak isteyen firmalara başlangıçtaki yüksek sabit maliyetler için teşvik verilebilir ve finansal yapının gelişimi desteklenebilir. Pozitif etkinin küçük olmasının bir sebebi ise, ileri teknoloji içselleştirilmezken, ithalat ile ileri teknoloji ürünleri temin edilirken, ülkenin kaynaklarının düşük teknoloji ürünlerinin üretimine hapsolmesi olabilir. Literatürde bulunan çalışmalar ithalat ile verimlilik arasında pozitif bir ilişki olduğu konusunda yoğunlaşmaktadır (Kim vd., 2009; Augier vd., 2013, Xu ve Chinag, 2005). Çalışmada elde edilen sonuç literatürdeki çalışmalar ile uyumludur.

ARDL tahmin sonuçlarına göre, birinci model ile üçüncü modelin ve ikinci model ile üçüncü modelin tahmin sonuçlarını karşılaştırmamız; i. KARGE'nin doğasına, ii. Teknolojinin difüzyonunun yapısına ve iii. KARGE ile teknolojinin difüzyonunun birleştiği duruma ilişkin bilgiler sunmaktadır.

Birinci modelde Ar-Ge sermaye birikiminin GSYH'ya yüzde oranındaki bir birimlik artış, tablo 5'e göre TFVB'nda yüzde 13.28 ve üçüncü modelde tablo 7'ye göre TFVB'nda yüzde 16.66 azalmaya sebep olmaktadır. Her iki modelde Ar-Ge sermaye birikiminin GSYH'ya yüzde oranındaki bir birimin TFVB üzerindeki negatiftir. KARGE ile TFVB arasındaki ilişki, birinci modelde yüzde 10 düzeyinde anlamlıken ikinci modelde yüzde 5 düzeyinde anlamlıdır. KARGE ile TFVB arasındaki ilişkiye dair anlamlılık düzeyleri farklı olduğu için katsayıların karşılaştırılması doğru değildir. Nitekim anlamlılık düzeylerine ilişkin karşılaştırma yapılabilir. Ar-Ge sermaye birikiminin GSYH'ya yüzde oranının TFV üzerine etkisi, teknolojinin difüzyonu söz konusu olduğunda daha etkili hale gelmektedir. Başka bir ifadeyle Ar-Ge sermaye birikiminin dolayısıyla Ar-Ge yatırım harcamalarının (sermaye birikimi yatırım harcamalarından oluşturulduğu için), TFV üzerinde etki yaratması için teknolojinin difüzyonu ile birleştirilmesi gerekmektedir.

İkinci modelde DYY'daki yüzde birlik artış, tablo 6'ya göre TFVB'nda yüzde 1.55 ve üçüncü modelde tablo 7'ye göre TFVB'nda yüzde 1.79 azalmaya sebep olmaktadır. DYY'ın TFVB'na etkisi ikinci modelde yüzde 5 düzeyinde anlamlıken üçüncü modelde yaklaşık yüzde 1 (tablo değeri 1.2) düzeyinde anlamlıdır. İkinci modelde ithalat oranındaki yüzde birlik artış, hem tablo 6'ya hem de tablo 7'ye göre TFVB'nda yüzde 0.32 artışa sebep olmaktadır. İthalat oranının TFVB'na etkisi ikinci modelde yüzde 10 düzeyinde anlamlıken üçüncü modelde yüzde 5 düzeyinde anlamlıdır. İkinci model ile üçüncü modelin karşılaştırılmasından elde edilen sonuç, birinci model ile ikinci modelin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçla benzerdir. Hem DYY'ın hem de ithalatın TFVB'na etkisi üçüncü modelde ikinci modele göre daha anlamlıdır. Dolayısıyla teknolojinin difüzyonunun TFVB üzerindeki etkisi, teknolojinin difüzyonu KARGE ile bir araya geldiğinde daha anlamlı olmaktadır.

Hem birinci model ile ikinci modelin hem de ikinci model ile üçüncü modelin karşılaştırılması sonucunda benzer bulgular elde edilmiştir. Teknolojinin difüzyonu ile Ar-Ge sermaye birikimi ayrılmaz bir bütün oluşturmaktadır. Ar-Ge yatırım harcamalarının etkin hale gelmesi ve teknolojinin difüzyon mekanizmasının daha anlamlı olması bu iki yapının bir arada bulunmasına başka bir ifadeyle iki kanalın da desteklenmesine bağlıdır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'de 1990-2015 yıllarında Ar-Ge sermaye birikimi ile teknolojinin difüzyonunun TFV üzerindeki etkisi incelenmiştir. Gözlem sayısının düşük olması ve yapısal kırılma bulunması göz önünde bulundurularak, çalışmada ARDL sınır test yaklaşımı kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Ar-Ge sermaye birikiminin TFVB üzerinde negatif bir etkisi bulunmaktadır. Literatürde Ar-Ge harcama oranı yüksek olan ülkeler için yapılan çalışmalarda Ar-Ge sermaye birikiminin verimlilik üzerinde olumlu etkisi tespit edilmiştir (Los ve Verspagen, 2000; Verspagen, 1995; Ballot vd., 2001). Çalışmada bulunan sonuç bu yönüyle diğer çalışmalarla çelişiyor gibi gözükmesine karşın Yunanistan gibi Ar-Ge harcama oranı görece düşük olan ülkeler için yapılmış çalışmalarla (Voutsinas ve Tsamadias, 2014) benzerlik göstermektedir.

Çalışmada DYY'ın TFVB üzerinde negatif etkisinin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Negatif etkinin bir sebebi, yabancı yatırımın düşük teknoloji ürünlerini üretmek için ülke kaynaklarına ihtiyaç duyması ve bu sebeple ülkeye yatırım yapması olabilir. Bu durumda ileri teknoloji

transferi gerçekleşmeyecek ve ülke kaynaklarını etkinsiz kullanarak, düşük teknoloji üretimi yaptığı için verimlilik üzerinde negatif bir etki ortaya çıkacaktır. DYY aracılığıyla teknolojinin doğrudan ülkeye transferinin sağlanması ve bu mekanizmanın verimlilik artışına yol açması beklenmektedir. Literatürde bulunan pek çok çalışmada DYY'ın verimlilik üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Chuang ve Lin, 1999; Ciruelos ve Wang, 2005). Nitekim DYY'ın verimlilik üzerinde etkisinin bulunmadığı (Djankov ve Hoekman, 1998) veya negatif etkisinin bulunduğu (Konings, 2000; Cecchini ve Lai-Tong, 2008) sonucuna ulaşan çalışmalar da bulunmaktadır. Negatif etkinin bulunduğu çalışmalar ile yapılan çalışmanın temel benzerliği ise gelişmekte olan ülkelerin incelenmesidir.

Çalışmada elde edilen bir diğer sonuç ise ithalat oranı ile TFVB arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğudır. Literatürde yer alan çalışmaların önemli bir kısmı, ithalatın verimlilik üzerinde olumlu etkisi olduğunu ortaya koymaktadır (Xu ve Chiang, 2005; Kim vd., 2009; Augier vd., 2013). Yapılan çalışmada ithalatın verimlilik üzerindeki etkisi pozitif olarak tespit edilmesine karşın bu etki oldukça küçüktür. Etkinin küçük olmasının olası sebepleri arasında ileri teknoloji üretime geçmenin başlangıçtaki yüksek sabit maliyeti ve bu maliyeti karşılayacak gelişmiş finansal yapının eksikliği sayılabilir. Dolayısıyla ileri teknolojinin içselleştirilmesi için ileri teknoloji üretim yapmak isteyen firmalara başlangıçtaki yüksek sabit maliyetler için teşvik verilebilir ve finansal yapının gelişimi desteklenebilir. Pozitif etkinin küçük olmasının olası sebepleri olabilir.

Çalışmada elde edilen bir diğer bulgu ise teknolojinin difüzyonu söz konusu olduğunda, Ar-Ge sermaye birikiminin TFVB ile ilişkisinin daha anlamlı olduğudur. Başka bir ifadeyle Ar-Ge sermaye birikimini oluşturan Ar-Ge yatırım harcamaları, ileri teknolojinin transferi ile birleştiğinde anlamlı hale gelmektedir. Benzer şekilde Ar-Ge sermaye birikiminin varlığı, DYY ve ithalat oranı ile TFVB arasındaki ilişkiyi daha anlamlı hale getirmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'de Ar-Ge yatırım harcamalarının anlamlı hale gelmesi ve teknolojinin difüzyonu mekanizmasının daha etkin çalışması için bu iki kanalın bir arada bulunması önemlidir. Dolayısıyla bu her iki kanal aynı anda desteklenmelidir. Bunun için Ar-Ge yatırım harcamaları, gelişmiş ülke seviyelerine çıkartılmalıdır. Teknolojinin difüzyonu ise, difüzyon için gerekli ulusal inovasyon sisteminin veya finansal piyasaların geliştirilmesi, ileri teknoloji üretimine yüksek sabit maliyetler için teşvik verilmesi ve doğrudan yabancı yatırımların ileri teknoloji üretimine yönlendirilmesini sağlayacak politikalar ile desteklenmelidir.

## KAYNAKÇA

- Augier, P., Cadot, O. ve Dervis, M. (2013). "Imports and TFP at the Firm Level: The Role of Absorptive Capacity". *Canadian Journal of Economics*, 46(3):956-981.
- Aghion, P. ve Howitt, P. (1992). "A Model of Growth through Creative Destruction". *Econometrica*, 60:323-351.
- Aitken, B. ve Harrison, A. (1999). "Do Domestic Firms Benefit from Direct Foreign Investment? Evidence from Venezuela". *American Economic Review*, 89(3):605-618.
- Ballot, G., Fakhfakh, F. ve Taymaz, E. (2001). "Firms' Human Capital, R&D and Performance: A Study on French and Swedish Firms". *Labour Economics*, 8: 443-462.
- Bell, S. ve Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators Measuring the Immeasurable?*. Earthscan, London.
- Borensztein, E., Gregorio, J.D. ve Lee, J-W. (1998). "How Does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth?". *Journal of International Economics*, 45: 115-135.
- Cameron, G., Proudman, J. ve Redding, S. (2005). "Technological Convergence, R&D, Trade and Productivity Growth". *European Economic Review*, 49:775-807.
- Cecchini, L. ve Lai-Tong, C. (2008). "The Links Between Openness and Productivity in Mediterranean Countries". *Applied Economics*, 40: 685-697.
- Chuang, Y.C. ve Lin, C.M. (1999). "Foreign Direct Investment, R&D and Spillover

- Efficiency: Evidence from Taiwan's Manufacturing Firms". *The Journal of Development Studies*, 35(4):117-137.
- Ciruelos, A. ve Wang, M. (2005). "International Technology Diffusion: Effects of Trade and R&D". *Atlantic Economic Journal*, 33:437-449.
- Coe, D. T. ve Helpman, E. (1995). "International R&D Spillovers". *European Economic Review*, 39: 859-887.
- Damijan, J.P., Knell, M., Majcen, B. ve Rojec, M. (2003). "The role of R&D, Trade Accumulation and Trade in Transferring Technology to Transition Countries: Evidence from Firm Panel Data for Eight Transition Countries". *Economic Systems*, 27:189-204.
- Djankov, S. ve Hoekman, B. (1998). "Avenue of Technology Transfer: Foreign Investment and Productivity Change in the Czech Republic". *CEPR Discussion Paper*, No:1883.
- Fikirli, Ö. ve Çetin, A.K. (2015). "Ar-Ge Sermaye Birikiminin Toplam Faktör Verimliliğine Etkisi: Türkiye Örneği". *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 4(2): 147-166.
- Frantzen, D. (2000). "R&D, Human Capital and International Technology Spillovers: A Cross-country Analysis". *The Scandinavian Journal of Economics*, 102(1):57-75.
- Girma, S. (2005). "Absorptive Capacity and Productivity Spillovers from FDI: A Threshold Regression Analysis". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(3): 281-306.
- Griliches, Z. (1980). "R&D and the Productivity Slowdown". *NBER Working Paper Series*, Working Paper No:434.
- Griliches, Z. ve Lichtenberg, F. (1984). "Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: A Reexamination". *Review of Economics and Statistics*, 66 (2) : 324-329.
- Grossman, G. M. ve Helpman, E. (1991). "Innovation and Growth in the Global Economy". Cambridge, MA: MIT Press.
- Ha, J. ve Howitt, P. (2007). "Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory". *Journal of Money, Credit and Banking*, 39(4):733-774.
- Higón, D.A. (2007). "The Impact of R&D Spillovers on UK Manufacturing TFP: A Dynamic Panel Approach". *Research Policy*, 36:964-979.
- Jerzmanowski, M. (2007). "Total Factor Productivity Differences: Appropriate Technology vs. Efficiency". *European Economic Review*, 51:2080-2110.
- Keller, W. (2002). "Trade and the Transmission of Technology". *Journal of Economic Growth*, 7: 5-24.
- Keller, W. (2010). *International Trade, Foreign Direct Investment, and Technology Spillovers*. Kenneth J. Arrow ve Michael D. Intriligator (Ed.), *Handbooks In Economics 2* :. 793-829 , UK: Elsevier.
- Kim, T. ve Park, C. (2003). "R&D, Trade and Productivity Growth in Korean Manufacturing". *Review of World Economics*, 139(3):460-483.
- Kim, S., Lim, H. ve Park, D. (2009). "Imports, Exports and Total Factor Productivity in Korea". *Applied Economics*, 41:1819-1834.
- Kinoshita, Y. (2000). *R&D and Technology Spillovers Via FDI: Innovation and Absorptive Capacity*. CEPR/WDI Annual Conference on Transition Economies, Moskova.
- Konings, J. (2000). "The Effects of Foreign Direct Investment on Domestic Firms: Evidence from Firm Level Panel Data in Emerging Economies". *CEPR Discussion Paper*, No:2586.

- Krugman, P. (1994). "The Myth of Asia's Miracle". *Foreign Affairs*, 73: 62-78.
- Kugler, M. (2006). "Spillovers From Foreign Direct Investment: Within Or Between Industries?". *Journal of Development Economics*, 80: 444– 477.
- Lichtenberg, F.R. ve Siegel, D. (1991). "The Impact of R&D Investment on Productivity - New Evidence Using Linked R&D – LRD Data". *Economic Inquiry*, 29(2):203-229.
- Liu, X. ve Wang, C. (2003). "Does Foreign Direct Investment Facilitate Technological Progress? Evidence From Chinese Industries". *Research Policy*, 32: 945–953.
- Los, B. ve Verspagen, B. (2000). "R&D Spillovers and Productivity: Evidence from U.S. Manufacturing Microdata". *Empirical Economics*, 25: 127-148.
- Lucas, R.E. (1988). "On the Mechanics of Economic Development". *Journal of Monetary Economics*, 22:3-42.
- Maskus, K.E. ve McDaniel, C. (1999). "Impacts of The Japanese Patent System on Productivity Growth". *Japan and the World Economy*, 11:557-574.
- Miller, S.M. ve Upadhyay, M.P. (2002). "Total Factor Productivity and the Convergence Hypothesis". *Journal of Macroeconomics*, 24:267–286.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2006). What Determines Migration Flows From Low-Income to High-Income Countries? An empirical Investigation of FJI-US. *Migration 1972-2001. Contemporary Economic Policy*, 332-342.
- Park, W.G. (2013). "International Patenting, Patent Rights, and Technology Gaps". *Review of Economics and Institutions*, 4(1): 1-25.
- Pesaran, M. H. ve Shin, Y. (1999). "An Autodistributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis". Strom, S. (Ed.). *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships". *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289–326.
- Prescott, E.C. (1998). "Lawrence R. Klein Lecture 1997 Needed: A Theory of Total Factor Productivity". *International Economic Review*, 39(3):525-551.
- Romer, P. (1986). "Increasing Returns and Long-run Growth". *Journal of Political Economy*, 94:1002-1037.
- Romer, P. (1990). "Endogenous Technical Change". *Journal of Political Economy*, 98:71-102.
- Rouvinen, P. (2002). "R&D - Productivity Dynamics: Causality, Lags, and 'Dry Holes'". *Journal of Applied Economics*, V(1): 123-156.
- Solow, R. M. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function". *Review of Economics and Statistics*, 39: 312-320.
- Verspagen, B. (1995). "R&D and Productivity: A Broad Cross-Section Cross-Country Look". *Journal of Productivity Analysis*, 6: 119-135.
- Verspagen, B. (1997). "Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases". *Economic Systems Research*, 9(1):47-65.
- 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: 631-651.
- Wang, J.C. ve Tsai, K.H. (2004). "Productivity Growth and R&D Expenditure in Taiwan's Manufacturing Firms". In *Growth and Productivity in East Asia*, NBER-East Asia Seminar on Economics, 13:277-296.
- Wu, Y. (2000). "Is China's Economic Growth Sustainable? A Productivity Analysis". *China Economic Review*, 11: 278 – 296.

Xu, B. ve Chiang, E.P. (2005). “Trade, Patents and International Technology Diffusion”.  
Journal of International Trade and Economic Development 14 (1): 115-135.

Zhu, L. ve Jeon, B.N. (2007). “International R&D Spillovers: Trade, FDI and Information  
Technology as Spillover Channels”. Review of International Economics, 15(5): 955–  
976.

[www.conference-board.org](http://www.conference-board.org), Erişim Tarihi: 23.06.2017.

[www.oecd.org](http://www.oecd.org), Erişim Tarihi: 23.06.2017.

[www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), Erişim Tarihi: 23.06.2017.