

**T.C.**  
**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ  
TÜKETİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN OECD  
ÜLKELERİ İÇİN PANEL VERİ MODELLERİYLE  
ANALİZİ**

**DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**PROF. DR. LEVENT GÖKDEMİR**

**HAZIRLAYAN**  
**REMZİ HARK**

**MALATYA 2022**

**T.C.**  
**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ VE  
ENERJİ TÜKETİMİ ARASINDAKİ  
İLİŞKİNİN OECD ÜLKELERİ İÇİN PANEL  
VERİ MODELLERİYLE ANALİZİ**

**DOKTORA TEZİ**

HAZIRLAYAN

**Remzi HARK**

DANIŞMAN

**Prof. Dr. Levent GÖKDEMİR**

**MALATYA 2022**

## ONUR SÖZÜ

Prof. Dr. Levent GÖKDEMİR danışmanlığında hazırladığım “Toplam Faktör Verimliliği ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin OECD Ülkeleri İçin Panel Veri Modelleriyle Analizi” başlıklı bu tezdeki tüm bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını onurumla doğrularım.

Remzi HARK



## ÖNSÖZ

“Toplam Faktör Verimliliği ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin OECD Ülkeleri İçin Panel Veri Modelleriyle Analizi” başlıklı doktora tez çalışmamın hazırlanmasında yardım ve desteklerini esirgemeyen, değerli katkılarıyla çalışmamın nihayete erdirilmesini sağlayan kıymetli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Levent GÖKDEMİR’e en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez izleme sürecimde sağladıkları katkılar ve gösterdikleri anlayış için tez izleme jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Mehmet GÜNGÖR’e ve Sayın Dr. Öğretim Üyesi Şükrü İNAN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Lisansüstü eğitimim boyunca üzerimde emekleri bulunan başta Sayın Prof. Dr. Ali ŞEN, Sayın Prof. Dr. Ali KOÇYİĞİT, Sayın Prof. Dr. İrfan KALAYCI ve Sayın Doç. Dr. M. Ozan SARAY olmak üzere iktisat bölümü öğretim üyelerine sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın analiz kısmında bana vakit ayırma nezaketini gösteren, kullandığım yöntemleri ve elde ettiğim sonuçları inceleyen çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Ferda YERDELEN TATOĞLU’na panel veri ekonometrisi konusundaki desteklerinden dolayı şükranlarımı sunarım.

Munzur Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladığım günden itibaren desteklerini esirgemeyerek bana yol gösteren, doktora tezimi bitirmem yönündeki teşvikleri ile beni her zaman cesaretlendiren kıymetli hocalarım Sayın Doç. Dr. Görkemli KAZAR’a ve Sayın Doç. Dr. Altuğ KAZAR’a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yine çalışma arkadaşım, hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sacit SARI’ya tezimde kullandığım verilerin kontrolü ve analiz sonuçlarımın incelenmesi hususundaki katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca verdikleri manevi destekten dolayı sevgili anneme ve babama da teşekkür ederim. Ayrıca desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen eşim Betül DAĞOĞLU HARK’a ve mutluluk kaynağım biricik oğlum Metehan’a gönülden teşekkür ederim.

**Malatya-2022**

**Remzi HARK**

## ÖZET

**HARK, Remzi. Toplam Faktör Verimliliği ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkinin OECD Ülkeleri İçin Panel Veri Modelleriyle Analizi, Doktora Tezi, Malatya, 2022, 132ss.**

Ekonomik büyümenin sağlanabilmesi ve sürdürülebilir olması verimlilik artışları ile mümkün olabilmektedir. Küreselleşmeyle birlikte artan uluslararası rekabet ortamında ülke ekonomileri için verimliliği arttırmaya yönelik politikalar çok önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem dikkate alınarak 35 OECD ülkesinin toplam faktör verimliliği ve seçili belirleyicileri arasındaki ilişkiler incelenmektedir. Bu doğrultuda toplam faktör verimliliği ile GSYİH, doğrudan yabancı yatırımlar, enerji ithalatı, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri arasındaki olası ilişkiler heterojen panel veri model analizleri yöntemleriyle sınanmaktadır. Ayrıca çalışmada OECD ülkeleri için toplam faktör verimliliği havuzlanmış en küçük kareler (HEKK) yöntemi yardımıyla hesaplanmaktadır.

Analizde kullanılan sabit parametresi heterojen model sonuçlarına göre toplam faktör verimliliği ile GSYİH ve doğrudan yabancı yatırımlar değişkenleri arasında pozitif ve anlamlı ilişki tespit edilmiştir. Enerji ithalatı değişkeni ile TFV arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi açıklayıcı değişkenlerinin TFV ile parabolik bir ilişkisinin olduğu analiz sonuçlarından elde edilmiştir. Birincil enerji tüketimi TFV'yi belirli bir tüketim düzeyinden sonra azaltırken yenilenebilir enerji tüketimi ise TFV'yi belirli bir tüketim düzeyinden sonra arttırmaktadır. Genel itibariyle OECD ülkelerinin enerji tüketimlerinin TFV'yi azaltan düzeyde olduğu, yenilenebilir enerji tüketiminin ise incelenen ülkelerin çoğunluğunda TFV'yi arttıran düzeyin altında olduğu saptanmıştır. TFV ve enerji arasındaki ilişkinin araştırıldığı bu çalışmaya göre, TFV'nin arttırılabilmesi ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanabilmesi yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılmasıyla mümkün olabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Toplam Faktör Verimliliği, Enerji, Ekonomik Büyüme, Havuzlanmış En Küçük Kareler, Heterojen Panel Veri.

## ABSTRACT

**HARK, Remzi. Panel Data Models for the Analysis of the Relationship Between Total Factor Productivity and Energy Consumption in OECD Countries, PhD Thesis, Malatya, 2022, 132pp.**

Productivity increases make it possible to achieve and sustain economic growth. Policies to improve productivity have become a critical issue for national economies as globalization has increased international competition. The relationships between TFP and selected determinants of 35 OECD countries are investigated in this study, which includes the years 2002-2019. In this direction, heterogeneous panel data model analysis methods are applied to test possible relationships between TFP and GDP, foreign direct investments, energy imports, energy consumption, and renewable energy consumption variables. Furthermore, TFP for OECD countries is calculated using the pooled least squares method.

A positive and significant relationship was observed between total factor productivity and the variables of GDP and foreign direct investments, according to the results of the heterogeneous model with the constant parameter used in the analysis. The energy import variable and TFP were found to have no significant relationship. According to the findings of the analysis, the explanatory variables of energy consumption and renewable energy consumption had a quadratic relationship with TFP. While primary energy consumption reduces TFP after a certain level of consumption, renewable energy consumption increases TFP after a certain level of consumption. In general, it has been determined that OECD countries' energy consumption is at a level that reduces TFP, whereas renewable energy consumption is below the level that increases TFP in the majority of the countries studied. According to this study, which investigates the relationship between TFP and energy, increasing renewable energy consumption could increase TFP while also ensuring sustainable economic growth.

**Keywords:** Total Factor Productivity, Energy, Economic Growth, Pooled Least Squares, Heterogeneous Panel Data.

## İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ.....	iii
ÖNSÖZ .....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xi
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ

1.1. Verimliliğin Tanımı .....	6
1.2. Verimliliğin ve Ölçülmesinin Önemi .....	7
1.3. Verimliliği Ölçme Yöntemleri .....	8
1.3.1. Kısmi Verimlilik.....	12
1.3.2. Toplam Faktör Verimliliği.....	13
1.3.2.1. Veri Zarflama Analizi .....	15
1.3.2.2. Endeks Yaklaşımı .....	17
1.3.2.2.1. Fisher Endeksi .....	19
1.3.2.2.2. Törnqvist Endeksi .....	22
1.3.2.2.3. Malmquist Endeksi.....	23
1.3.2.3. Ekonometrik Yaklaşım .....	24
1.4. Verimlilik ve Büyüme İlişkileri.....	27
1.4.1. Ekonomik Büyümenin Kaynakları .....	29
1.4.2. Neoklasik Büyüme ve Solow Modeli.....	30
1.4.3. İçsel (Endojen) Büyüme Modelleri .....	31

### İKİNCİ BÖLÜM

#### ENERJİ TÜKETİMİ

2.1. Enerji Kavramı .....	32
2.2. Enerji Kaynaklarına Genel Bir Bakış.....	33

2.3. Enerji Verimliliği ve Politikaları.....	43
2.3.1.Kyoto Protokolü .....	45
2.3.2. Paris Anlaşması .....	46
2.4. Enerji ve Büyüme İlişkisi.....	46

### **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

#### **LİTERATÜR VE METODOLOJİ**

3.1. Literatür Taraması.....	49
3.2. Veri Seti ve Yöntem.....	61

### **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

#### **BULGULAR**

4.1. TFV Hesaplamalarına İlişkin Bulgular .....	70
4.2. TFV Belirleyicileri Panel Veri Analiz Bulguları .....	81
4.2.1. Modelin Fonksiyonel Formunun Belirlenmesi.....	81
4.2.2. Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi .....	86
4.2.3. Panel veri modelinin türünün belirlenmesi.....	87
4.2.4.Varsayımdan Sapmaların Testleri .....	90
4.2.5. Nihai Model.....	93
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	98
KAYNAKÇA.....	102



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Literatür Özeti .....	55
Tablo 3.2. TFV Hesaplamalarında Kullanılan Değişkenler .....	64
Tablo 3.3. TFV'nin Belirleyicileri Analizi için Kullanılan Değişkenler .....	65
Tablo 3.4. OECD ülkelerinin İncelenen Dönemde Toplam Enerji İthalatları Ortalamaları.....	66
Tablo 3.5. OECD ülkelerinin İncelenen Dönemde Toplam Enerji Tüketimleri Ortalamaları.....	67
Tablo 3.6. OECD ülkelerinin İncelenen Dönemde Toplam Yenilenebilir Enerji Tüketimleri Ortalamaları.....	68
Tablo 4.1. TFV Hesaplamalarında Kullanılan Değişkenlerin Özet İstatistikleri.....	70
Tablo 4.2. TFV'nin İncelenen Dönem Genel Ortalaması .....	75
Tablo 4.3. TFV Ortalamalarına Göre 2002-2007 Yılları İçin Ülke Sıralamaları .....	77
Tablo 4.4. TFV Ortalamalarına Göre 2008-2013 Yılları İçin Ülke Sıralamaları .....	78
Tablo 4.5. TFV Ortalamalarına Göre 2014-2019 Yılları İçin Ülke Sıralamaları .....	80
Tablo 4.6. Değişkenlere ait özet istatistikler.....	82
Tablo 4.7. Bağımsız değişkenlerin korelasyon katsayıları .....	86
Tablo 4.8. VIF kriteri sonuçları .....	87
Tablo 4.9. Birim ve/veya Zaman Etkisi Varlığını Sınayan Testler ve Sonuçları .....	88
Tablo 4.10. Hausman ve Rhausman Test Sonuçları .....	90
Tablo 4.11. Normal Dağılım Test Sonuçları.....	90
Tablo 4.12. Levene, Brown ve Forsythe' nin Test Sonuçları .....	90
Tablo 4.13. Durbin-Watson ve Baltagi-Wu' nun LBI Test Sonuçları.....	91
Tablo 4.14. Pesaran, Friedman ve Frees'in Test Sonuçları .....	92
Tablo 4.15. Driscoll – Kraay Tahmincisi ve Nihai Model .....	94

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sınır ve Sınırsız Üretim Fonksiyonları Yaklaşımları Açısından TFV Ölçümü .	9
Şekil 1.2. Verimliliğin Ölçülmesine Dair Yaklaşımlar .....	11
Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	33
Şekil 2.2. Enerji Kaynaklarının Dünya Enerji Üretimindeki Payı.....	34
Şekil 2.3. Dünya Enerji Tüketiminin Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı .....	35
Şekil 2.4. OECD Ülkeleri Enerji Tüketim Miktarlarının Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı.....	36
Şekil 2.5. Enerji Kaynaklarının OECD Ülkelerinin Enerji Tüketimindeki Payları...	37
Şekil 2.6. OECD Üyesi Olmayan ülkelerin Enerji Tüketim Miktarlarının Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı .....	38
Şekil 2.7. Enerji Kaynaklarının OECD Üyesi Olmayan Ülkelerinin Enerji Tüketimindeki Payları.....	38
Şekil 2.8. Enerji Tüketimi Miktarlarında Oluşan Değişimler.....	39
Şekil 2.9. Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Toplam Enerji Tüketimi İçindeki Payı(%)	40
Şekil 2.10. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi Miktarlarında Oluşan Değişimler .....	41
Şekil 4.1. TFV'nin Yıllara Göre Değişimi-1 .....	72
Şekil 4.2. TFV'nin Yıllara Göre Değişimi-2.....	73
Şekil 4.3. TFV'nin Yıllara Göre Değişimi-3.....	74
Şekil 4.4. TFV ve IgdP Değişkenleri Serpilme Diyagramı.....	83
Şekil 4.5. TFV ve IMenerji Değişkenleri Serpilme Diyagramı .....	83
Şekil 4.6. TFV ve ICenerji Değişkenleri Serpilme Diyagramı .....	84
Şekil 4.7. TFV ve ICyenerji Değişkenleri Serpilme Diyagramı .....	85
Şekil 4.8. TFV ve lfdi Değişkenleri Serpilme Diyagramı .....	85
Şekil 4.9. Enerji Tüketimleri ile TFV Değişkenleri Arasındaki Etkileşim.....	96

## KISALTMALAR LİSTESİ

- ABD:** Amerika Birleşik Devletleri
- ALM:** Düzeltilmiş Lagrange Çarpanı (Unadjusted Lagrange Multiplier)
- AR-GE:** Araştırma-Geliştirme
- BMİDÇS:** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ve Çerçeve Sözleşmesi
- BRICS:** Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti
- BP:** British Petroleum
- CCR:** Charnes, Cooper ve Rhodes Modeli
- CD:** Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu
- ÇDB:** Çoklu Doğrusal Bağlantı
- DYY:** Doğrudan Yabancı Yatırım
- DW:** Durbin Watson Testi
- ED:** Etkinlikteki Değişim
- EKK:** En Küçük Kareler
- FR:** Friedman Testi
- FRE:** Frees Testi
- GDEKK:** Gölge Değişkenli En Küçük Kareler
- GEKK:** Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
- GİT:** Grup İçi Tahminci
- GSYİH:** Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
- HEKK:** Havuzlanmış En Küçük Kareler
- IEA:** International Energy Agency
- MENA:** Middle East and North Africa
- MTFV:** Malmquist Toplam Faktör Verimliliği
- LBI:** Yerel En İyi Değişmez (Locally Best Invariant)
- LM:** Lagrange Çarpanı (Lagrange Multiplier)
- LR:** Olabilirlik Oranı (Likelihood Ratio)
- OECD:** Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
- SE:** Sabit Etkiler
- TD:** Teknolojideki Değişim
- TE:** Tesadüfi Etkiler
- TFV:** Toplam Faktör Verimliliği

**TFVB:** Toplam Faktör Verimliliği Büyümesi

**UNCTAD:** United Nations Conference on Trade and Development

**VAR:** Vektör Otoregresyon

**VIF:** Vector Inflation Factor

**VZA:** Veri Zarflama Analizi



## GİRİŞ

Küreselleşmenin de etkileriyle uluslararası rekabetin giderek artması, ülke ekonomileri için verimlilik konusunu daha önemli hale getirmiştir. Günümüzde gelişmiş ülkelere bakıldığında üretimde etkinliğin artırılması yoluyla ekonomik büyümeyi sürdürebildikleri görülmektedir. Üretimde etkinliğin yakalanması sayesinde daha yüksek büyüme sağlayan ülkeler, kişi başına düşen gelir artışıyla birlikte refah artışını da sağlamışlardır. Etkinlik kavramı üretimde kullanılan kaynakların en iyi şekilde kullanılarak en iyi sonucun elde edilmesini ifade etmektedir. Mevcut teknolojilerin ve üretim için gerekli girdilerin daha etkin kullanılması da verimlilik artışlarını doğurmaktadır. Sürdürülebilir büyümenin ve refah artışının sağlanması için önemli olan verimlilik kavramı, kullanılan kaynaklarla azami miktarda çıktının elde edilmesini ifade etmektedir.

Üretim miktarındaki değişim, üretime dahil edilen emek ve sermaye gibi üretim faktörlerinden doğrudan etkilendiği gibi verimlilik artışlarından da etkilenmektedir. İşgücünü ve sermaye stokunu arttırarak üretim artışı sağlanabileceği gibi aynı düzeyde üretim faktörü kullanarak öncesine göre daha yüksek üretim miktarlarını yakalamak verimlilik artışı ile mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla üretim faktörlerinin verimliliklerinde meydana gelecek artışlar oldukça önemlidir. Belirli bir üretim düzeyinde işgücü veya sermaye faktörlerindeki kullanılan miktarlarda değişiklik yapmak üretim faktörlerinin verimliliğinde de değişim meydana getirecektir. İşgücü arzının arttıramadığı bir ortamda sermaye stokundaki artışların verimliliğe bir süre sonra katkı sağlayamayacağı azalan verimler kanunu sonucu ortaya çıkacaktır. Üretimde kullanılan teknolojide bir değişim olmadıkça üretim faktörlerinin kullanım yoğunluğundaki artışlar verimliliğe olumsuz katkıda bulunacaktır.

Verimlilik üretim süreci sonunda elde edilen çıktılar ile bu üretim esnasında kullanılan girdilerin birbirine oranı şeklinde tanımlanabilir. Ekonomilerin uzun dönem büyüme performansları üzerinde önemli bir etkiye sahip olan verimlilik kavramı ülkeler arasında rekabetin giderek hız kazanmasıyla birlikte önemli bir inceleme alanı haline gelmiştir. Birçok çalışmanın konusu olan verimlilik ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile doğrudan ilişkili bir oran ve gösterge olarak ön plana çıkmaktadır. Makro ve mikro

düzeyde yapılan çalışmalarda verimlilik analizleri sayesinde büyümenin kaynakları ortaya koyulabilmekte ve ülke ekonomileri, endüstriler veya firmalar için ileriye dönük stratejiler geliştirilebilmektedir. Genel olarak ölçüm amacına göre verimlilik üretimde kullanılan tek bir faktör için kısmi faktör verimliliği şeklinde hesaplanabileceği gibi çok faktörlü olarak da hesaplanabilmektedir. Kısmi faktör verimliliği analizlerinin sadece ilgili üretim faktörüne ait bir gösterge olması nedeniyle üretimde kullanılan tüm girdilerin dikkate alındığı toplam faktör verimliliği (TFV) analizleri ekonomik performanslar açısından daha anlamlı sonuçlar vermektedir. R. Solow (1957) büyüme muhasebesi modeline dayanan TFV yaklaşımı Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu yardımı ile ekonomik büyümenin kaynaklarını ortaya koymaktadır.

Neo klasik büyüme modelinin öncülerinden olan Solow, ekonomik büyümenin sadece sermaye ve işgücü artışından kaynaklı olmadığını teknolojik yeniliklerinde önemli bir etken olduğunu vurgulamıştır. Büyüme muhasebesi yaklaşımıyla ekonomik büyümenin, üretim faktörlerindeki (sermaye ve emek) artışlarıyla beraber bu artışlardan kaynaklanmayan teknolojik yeniliklerden etkilendiği ortaya konmuştur. Bu modele göre üretim faktörleri azalan verimler kanuna tabidir. Üretim esnasında bu girdilerin marjinal getirilerinin azalarak sıfır olacağı ve durağan durum dengesi oluşuktan sonra girdilerin çıktı üzerinde etkisinin kalmayacağı ileri sürülmektedir. Böylelikle uzun dönem ekonomik büyüme performansı teknolojik gelişmelerdeki artışlarla açıklanabilecektir. Ekonomik büyümenin kaynağı olarak teknolojik gelişmeler Solow artışı olarak adlandırılmıştır. Solow artışı üretimdeki artışın üretim faktörlerindeki (emek ve sermaye) artış ile açıklanamayan kısmı yani TFV olarak tanımlanabilmektedir. TFV üretimde kullanılan tüm faktörlerin bir arada dikkate alınması açısından ekonomik büyüme için önemli bir kavram olmaktadır. TFV üretim sonucunda elde edilen çıktının üretimde kullanılan girdiler ile açıklanamayan kısmını ifade etmektedir. Bu nedenle TFV üretimde kullanılan faktörlerin ne kadar yoğun ve ne kadar verimli olarak kullanıldığı ile doğrudan ilişkilidir.

Bu çalışma kapsamında enerji ithalatı, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri TFV'nin belirleyicileri açısından ele alınmak istenmektedir. Ayrıca çalışmada bu değişkenlere ek olarak GSYİH ve doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) değişkenleri de analizlere dahil edilmektedir. TFV ile bu değişkenler arasındaki ilişki yıllık veriler ile 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem dikkate alınarak OECD ülkeleri için

panel veri modelleri yardımıyla araştırılmaktadır. Bu bağlamda analiz için gerekli TFV serisi çalışmada ekonometrik yöntemlerle tahmin edilen emek ve sermaye esneklikleri yardımıyla hesaplanarak panel veri setine eklenmiştir. Böylelikle çalışma kapsamında önce TFV serisi elde edilmiş, daha sonra GSYİH ve DYY'ler kontrol değişkenleri de kullanılarak OECD ülkeleri için enerji ithalatı enerji ve yenilenebilir enerji tüketiminin TFV ile arasındaki ilişki incelenmiş olacaktır.

Enerji konusunun büyük önem taşıdığı günümüzde bir üretim girdisi olarak enerjinin TFV ile ilişkisi araştırılması gereken bir alandır. Bu açıdan çalışmada TFV ile enerji arasındaki ilişki enerji ithalatı ve tüketimi açısından ele alınmaktadır. Bu amaçla çalışmada aşağıda belirtilen sorulara cevap aranmaktadır.

- A) İncelenen dönemde OECD ülkeleri için TFV ne seviyededir?
- B) İncelenen dönemde enerji ithalatı, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi miktarları ülkelere göre nasıl gerçekleşmiştir?
- C) TFV ile GSYİH, DYY, enerji ithalatı, enerji ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri arasındaki ilişki ekonometrik olarak anlamlı mıdır?
- D) TFV'nin belirleyicileri açısından analize dahil edilen değişkenlerin TFV ile ilişkilerinin yönü ve şiddeti nedir?
- E) Enerji tüketimindeki değişimler TFV düzeyini ne şekilde etkilemektedir?
- F) Yenilenebilir enerji tüketimi ile TFV arasında nasıl bir etkileşim vardır?
- G) OECD ülkeleri enerji ithalatı, birincil enerji ve yenilenebilir enerji tüketimlerinde TFV'deki etki açısından uygun tüketim kalıplarına sahipler mi?

Genel itibariyle OECD ülkelerinin 2002-2019 yıllarındaki enerji ithalatı, enerji ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerine ek olarak GSYİH ve DYY değişkenlerinin TFV üzerindeki etkileri bu çalışmada araştırılmaktadır. Enerji konusunda TFV'ye ilişkin çıkarımlar yaparak verimliliği arttıracak politika önerilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın girişten sonra dört bölüm ve sonuçtan oluşması planlanmıştır. İlk bölümde verimlilik ve TFV kavramları açıklanmaktadır. Ayrıca ekonomik büyüme açısından TFV'nin önemi ortaya koyulmak istenmektedir. İkinci bölümde dünyada ve OECD ülkelerinde enerji tüketimi ve enerji kaynaklarının tüketim miktar ve oranlarına göre dağılımları yer almaktadır. Ayrıca ikinci bölümde enerji verimliliği ve politikalarıyla beraber ekonomik büyüme ilişkisinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde ise literatür özeti ve çalışmanın veri seti ve metodolojisine yer verilmektedir. Bu bölümde TFV konusunda yazında yer alan çalışmalar özetlenmekte ve analizlerde kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler verilmektedir. Ayrıca panel veri modelleriyle analiz edilecek veri setleri ve kullanılacak ekonometrik modeller bu kısımda yer almaktadır. Dördüncü bölümde analiz bulguları yer almaktadır. Bu bölümlerin ardından sonuçta ise analiz bulgularından elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır. Ayrıca çalışmanın sonunda değerlendirme ve politika önerilerine yer verilmektedir.





## BİRİNCİ BÖLÜM

### TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ

Verimlilik kelimesinin literatürde ortaya çıkışına bakıldığında ilk olarak G. Agricola'ya ait "Metaller Üzerine (De Re Metallica)" isimli 1530'da yayımlanan çalışma öne çıkmaktadır (Kök ve Deliktaş, 2003:31). Kökeni 1530'lara kadar dayanan verimlilik kelimesini iktisat literatüründe klasik iktisat teorisinin öncüsü A. Smith "Ulusların Zenginliği" (1776) eserinde iş bölümü ve uzmanlaşma açısından ele almıştır (Ünsal, 2020:9). Ayrıca fizyokrat düşüncenin hâkim olduğu 18. yy.'ın ilk yarısında F. Quesnay "Historical Viewpoint of Economic Theories" adlı çalışmasında tarımı ve toprağı refahın kaynağı olarak işaret etmiş ve tarımsal üretimde verimliliğin önemine değinmiştir. Neoklasik iktisatçılar ise bu kavramı iktisat literatürüne kazandırdıkları marjinal verimlilik teorisi çerçevesinde ele almışlardır. (Çoban, 2007:21-22).

Verimlilik ve etkinlik kavramları her ne kadar birlikte kullanılsa da farklı anlamları ifade etmektedir. Etkinlik bir girdi çıktı mekanizması vasıtasıyla var olan kapasitenin kullanılma durumunu göstermektedir. Dolayısıyla kaynakların ne ölçüde etkin kullanıldığını ifade etmektedir. Verimlilik ise en az maliyet ile istenilen çıktının elde edilmesini anlatan bir kavramdır (Kayar, 2012: 36-37). Etkinlik üretim sonucunda elde edilen çıktı düzeyi ile ilgili bir kavram iken, verimlilik bu sonuca ulaşılmasını sağlayan bir araç niteliğindedir. Ayrıca verimlilik kavramı uzun dönemde teknolojiye meydana gelen değişim ile ilişkilidir. Etkinliğin ise değişken teknoloji boyutu yoktur ve kısa dönemde veri teknoloji ile daha fazla çıktı üretmeyi ifade etmektedir (Uzay ve Barış, 2019:5-6).

Bir ülkede mevcut yaşam standartları da verimlilikle doğrudan ilişkilidir. İnsanların yaşam standartları ülkenin verimlilik seviyesi hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Ülkelerin verimlilik düzeylerindeki değişimler ekonomilerin uzun dönem performanslarındaki gelişmeleri ortaya koyan önemli bir husustur (Uzay ve Barış, 2019:15). Ayrıca bilgi ve iletişim teknolojileri harcamalarındaki artışlar verimlilik seviyesini artırmakta ve ekonomik büyümeyi de olumlu yönde etkilemektedir. Nitekim yüksek verimlilik düzeyi yüksek ekonomik büyümeyi de beraberinde getirmektedir (Lewis vd., 2002:4).

Çalışmanın bu bölümünde verimlilik kavramı ve önemine yer verildikten sonra toplam faktör verimliliği konusuna değinilmektedir. Verimliliğin hesaplanma yöntemleri kapsamında TFV'nin literatürde yer alan hesaplanma yöntemleri de bu bölümde incelenmektedir. Ayrıca verimlilik ve büyüme arasındaki ilişki de bu bölümde açıklanmaktadır.

### **1.1.Verimliliğin Tanımı**

Verimlilik kavramı araştırmacıların çalışma alanlarına göre farklı anlamlar içermektedir. Dolayısıyla bir iktisatçının, bir girişimcinin ya da bir mühendisin verimlilik algıları farklılıklar göstermektedir. İktisat bilimi çerçevesinde ülkelerin kalkınmışlık ölçütleri arasında önemli bir yere sahip olan verimlilik üretime karşılık kullanılan kaynakları belirten bir kavramdır. Ayrıca bu kavram, ekonomik ve örgütsel yetenekler, çevreyi koruma, çalışanların yaşam şartları gibi hususları da dikkate alan geniş bir tanımlamayı içinde barındırmaktadır (Kayar, 2012:33-35)

Verimlilik kavramı literatürde birçok farklı şekilde tanımlanmıştır. En genel anlamıyla verimlilik üretim sonucunda elde edilen çıktı ve üretimde kullanılan girdi arasındaki oransal ilişkiyi ifade etmektedir (Cardona vd., 2013:1). Ayrıca verimlilik birim girdi başına çıktı oranı olarak ya da üretim sürecinde tüketilen faktörlerin miktarına bölünen üretim değeri olarak da tanımlanabilir (Frija vd., 2015:2). Başka bir deyişle iktisadi anlamda verimlilik kavramı kullanılan üretim faktörleri ile üretim sonucunda ortaya çıkan mal ve hizmetler arasındaki oran olarak ifade edilmektedir (Miribel, 2001:11; Oyeranti, 2000:2). Kelime kökeni olarak bakıldığında, Fransızca olan "Prodüktivite" kelimesi kavramın aslını ifade etmekte ve Türkçede verimlilik olarak karşılık bulmaktadır (Özgüler, 2005:3). Verimlilik kavramı girdi başına çıktı miktarının artması anlamına ek olarak ürün ve hizmet kalitesinde ilerleme, çevreyi ve doğal yapıyı koruma ve çalışanların refah seviyelerini yükseltme çabaları şeklinde de tanımlanabilmektedir (Yükçü ve Yatağan, 2009:4).

Ekonomik anlamda verimlilik, aynı zaman aralığında üreticiler arasındaki üretkenlik farklılıklarının olması ya da belirli bir dönemde üretkenlikte meydana gelen değişimler üretimde yer alan girdiler ile elde edilen çıktılar arasındaki ilişki ile açıklanamayan kısım olarak tanımlanmaktadır (Fried vd.; 2008:26). Çeşitli çalışmalar tarafından farklı şekillerde tanımlanan verimlilik kavramı OECD'ye (2001:11) göre elde

edilen çıktının üretim faktörlerine bölünmesine eşit olduğu şeklinde tanımlanmıştır. Milli Prodüktivite Merkezi'nin verimlilik tanımı ise; ekonomik anlamda herhangi bir üretim sürecinde kullanılan üretim faktörleri ile ortaya çıkan çıktı arasındaki ilişkiyi tanımlayan oran veya katsayıdır (Verimlilik Raporu, 2003:25). Verimlilik basit bir şekilde Eşitlik 1'de;

$$\text{Verimlilik (V)} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (1)$$

olarak gösterilebilir (Ukav, 2020:22). Burada girdi veya çıktıda meydana gelecek değişimlerin verimlilikte de değişime neden olacağını göstermektedir. Yani üretimde kullanılan faktör maliyetlerinde ya da çıktı fiyatlarında meydana gelecek bir değişiklik verimlilik düzeyinde de değişim gerçekleştirecektir (Norsworthy ve Jang, 1992:155). Eşitlik 1'deki ifade ayrıca tüketilen toplam kaynakların elde edilen toplam sonuçlara bir oranı ya da verimliliğin etkinliğe oranı şeklinde de ifade edilebilmektedir (Oyeranti, 2000:3).

## 1.2. Verimliliğin ve Ölçülmesinin Önemi

Ülkelerin sahip oldukları verimlilik düzeyleri ile mevcut yaşam standartları arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bunun nedeni verimlilik artışının ülkelerin refah düzeyi üzerinde yarattığı pozitif etkidir. Çünkü verimlilik artışları sonucunda artan refah düzeyi sayesinde insanların daha kaliteli sağlık ve eğitim hizmetine ulaşabilmesinin yanı sıra, daha iyi alt yapı olanaklarına ve toplumun ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik daha güçlü sosyal imkanlara sahip olma olanakları artacaktır (Kayar, 2012:33). Verimlilik artışı ülke ekonomileri açısından oldukça önemlidir. Çünkü verimlilik artışları ulusların refahını arttırabilmelerine olanak vermektedir. Ayrıca kaynakların kullanımını açısından verimlilik artışlarıyla büyüme sağlanırsa, daha fazla girdi kullanmadan daha fazla çıktı üretimine olumlu katkılar sağlanacaktır. (Miribel, 2001:13).

Ekonomilerin üretim açısından yüksek performans gösterip göstermediğini görebilme imkânı sağlaması sebebiyle ülkelerin verimlilik seviyeleri önem arz etmektedir. Ekonomik büyüme ve kişi başına düşen gelir artış hızları ile verimlilik düzeyleri arasındaki ilişki ülkelerin ekonomik büyümelerini açıklamada oldukça önemlidir. Bunun nedeni, verimlilik artış hızındaki değişimlerin büyüme hızını da doğrudan etkiliyor olmasıdır (Stiroh ve Steindel, 2001:14). Verimliliğin artması üretimde

kullanılan (emek, sermaye ve doğal kaynaklar) girdiler ile daha fazla mal ve hizmet üretilmesinin sağlanması anlamına gelmektedir. Böylece üretim faktörlerinin daha etkin kullanımı ile üretimde de ilerleme sağlanmış olacaktır. Toplumda hiçbir bireyin gelirini azaltmadan diğer bireylerin gelirlerinde artış meydana getirebilmek sadece verimlilik artışlarıyla mümkün olacaktır (Gürak, 2006:57).

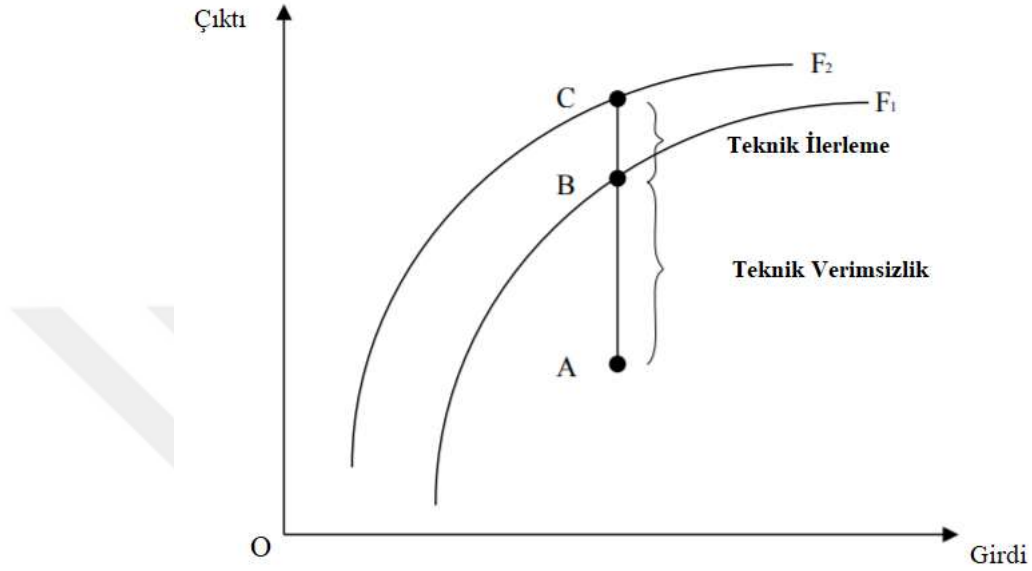
Verimliliğin ekonomide yer alan birçok değişkenle doğrudan ilişkili olması konuya toplumun her kesiminin ilgi göstermesi sonucunu doğurmaktadır. Bu yüzden verimlilik ve verimlilik artış hızı önemli hale gelmektedir. Verimlilik artışı, tüketiciler açısından mal ve hizmet fiyatlarının nispi olarak düşmesi sonucu alım güçlerinde artış meydana gelmesi, çalışanlar açısından ise daha yüksek ücret, daha iyi çalışma koşulları ve daha kısa çalışma süresi anlamına gelmektedir. Ülkeler için ise, verimlilik artışları ekonomik büyüme ve dolayısıyla kalkınmayı olumlu yönde etkileyeceği için oldukça önemli bir konudur (Lovell, 1999:1183). İstihdamın azaldığı ve işgücü kalitesinin düştüğü sektörlerde daha düşük TFV artışı görülmektedir. Ayrıca nitelikli işgücünün yokluğu yeni üretim tekniklerine adaptasyonu da geciktirmektedir. Bu bağlamda verimlilik artış hızının istihdamı arttırıcı etkisi de konuya verilen önemi daha anlaşılır hale getirmektedir. (Ünlü, 2010:175). Ayrıca verimlilik düzeyi ve bu düzeyde meydana gelen değişimler ülke ekonomileri hakkında bilgi vermesi sebebiyle iktisatçılar için de önem arz etmektedir (Cardona vd. 2013:2).

### **1.3. Verimliliği Ölçme Yöntemleri**

Üretim faktörlerinin verimlilikleri ile ilgili analizler yapabilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu ölçüm yöntemlerini genel olarak tekli ve çoklu faktör verimliliği ölçümleri olarak ayırdığı görülmektedir (OECD, 2001:12). Ayrıca TFV ölçüm yöntemlerine ilişkin çeşitli yaklaşımlar ve hesaplama yöntemleri literatürde yer almaktadır.

Verimlilik ölçüm yaklaşımlarının kategorizasyonunda metodolojik öneme sahip bir ayırım olarak sınır fonksiyonu yaklaşımı ve sınırsız üretim fonksiyonu (sınır dışı) yaklaşımı yer almaktadır. Sınır yaklaşımı, teknik verimliliğin genel firma performansındaki rolünü tanımlarken; sınır dışı yaklaşım firmaların teknik olarak verimli olduklarını varsaymaktadır (Mahadevan, 2002:7). Şekil 1.1’de bu durum ifade edilmektedir. Başka bir deyişle teknolojiye meydana gelen ilerleme potansiyel üretim

sınırını yukarı doğru itmektedir. Verimlilikte meydana gelen pozitif bir değişim ise üretim yapan birimlerin mevcut girdi ve teknoloji seviyesindeki üretimi iyileştirme yeteneklerini arttırmaktadır (Kokkinou, 2012:45). Şekil 1.1’de  $F_1$  ve  $F_2$  (üretim fonksiyonları) 1 ve 2 numaralı dönemler için potansiyel üretim sınırını ifade etmektedir.



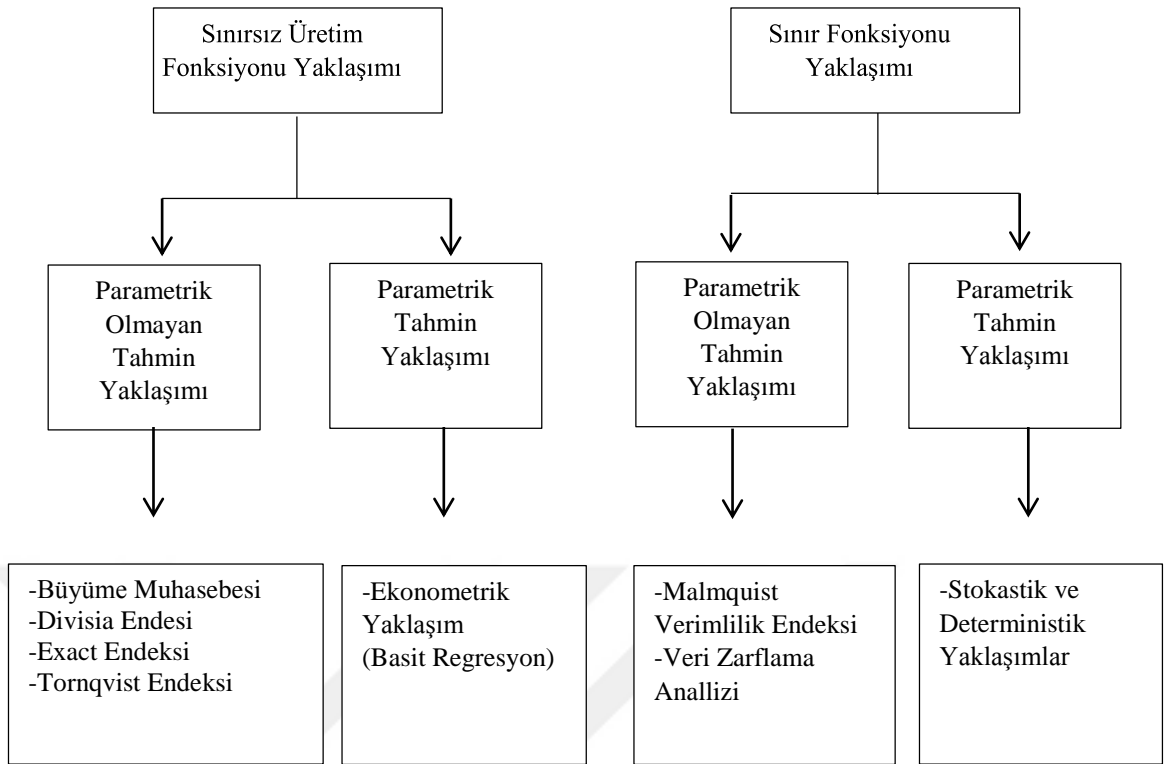
**Şekil 1.1.** Sınır ve Sınırsız Üretim Fonksiyonları Yaklaşımları Açısından TFV Ölçümü

**Kaynak:** Mahadevan (2002:7)

Şekil 1.1’de A noktasından B noktasına doğru olan hareket teknik verimliliği temsil etmektedir. Teknik verimlilik ise yaparak öğrenme sürecinde oluşan bilgi birikimini, yeni teknolojilerin yayılımını, yönetsel uygulamalardaki iyileşmeyi, girdi ve teknolojinin daha verimli kullanıldığını ifade etmektedir. Bu bağlamda Şekil 1.1’deki A-B aralığı 1. dönem için mevcut teknik verimsizliği göstermektedir. Sınır dışı yaklaşımda, firmaların girdi ve teknoloji kullanımlarını uygun şekilde ayarlayabilmeleri için zamanları vardır. Çünkü firmalar bu yaklaşımda örtülü olarak uzun dönem denge davranışına sahiptirler ve bundan dolayı tam verimli oldukları varsayımı söz konusudur. Bu nedenlerle sınır dışı yaklaşım için TFV büyümesinin ölçüsü teknolojik gelişmelere bağlı olarak teknik ilerlemeyi temsil eden B’den C’ye doğru olan harekettir. Sonuç olarak sınır dışı yaklaşım için TFV büyümesi teknik ilerlemeye eşit olmaktadır. Sınır yaklaşımında ise TFV büyümesi teknik ilerlemeyle beraber teknik ilerlemelerin üretim fonksiyonunu dışa kaydırmasıyla oluşan teknik verimlilik kazanımlarını içermektedir (Mahadevan, 2002:7-8).

Ekonomi, endüstri ve firma düzeyinde yapılabilen verimlilik ölçümleri çeşitli değerlendirmeler yapılabilmesi için çalışmalarda yer almaktadır. Genel olarak bir ekonomi için yapılan verimlilik ölçümleri söz konusu ülkelerdeki gelişmeleri anlayabilmeyi ve farklı ülkelerle karşılaştırma yapabilme fırsatı oluşturacağı için makro değerlendirmeler yapabilmeyi sağlamaktadır. Endüstri veya belirli bir firma için yapılabilecek verimlilik ölçümü ise ilgili endüstri veya firmanın verimlilik düzeyindeki değişimlere ilişkin mikro değerlendirmeler yapabilme olanağı sunmaktadır. Verimlilik analizlerine ilişkin yaklaşımlar Şekil 1.2’de yer almaktadır (Vergil ve Abasız, 2008:162).

Verimliliğin ölçülmesine ilişkin yaklaşımlar sınırsız üretim fonksiyonu ve sınır fonksiyonu yaklaşımları çerçevesinde detaylandırıldığında Şekil 1.2’deki sınıflandırmalar ortaya çıkmaktadır. Sınırsız üretim fonksiyonu ve sınır fonksiyonu yaklaşımları ayrımını ifade ettikten sonra burada bir diğer önemli ayrım olarak parametrik ve parametrik olmayan (non-parametrik) yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır. Verimlilik hesaplamalarında kullanılan parametrik yaklaşımlar sınıflamasında yer alan yöntemler ekonometrik analizleri içermektedir. Parametrik olmayan yaklaşımlar sınıflamasında yer alan yöntemler için ise matematiksel programlama yöntemleri ile yapılan hesaplamalar söz konusudur (Sarafidis, 2002:2).



**Şekil 1.2.** Verimliliğin Ölçülmesine Dair Yaklaşımlar

**Kaynak:** Sarafidis (2002:3), Oyeranti (2000:19), Mahadevan (2002:6) ve Vergil ve Abasız (2008:162) çalışmaları dikkate alınarak detaylandırılmıştır.

Şekil 1.2’de genel olarak verimliliğin ölçülmesine ilişkin iki yaklaşımın olduğu görülmektedir. Bunlar sınırsız üretim fonksiyonu yaklaşımı ve sınır fonksiyonu yaklaşımlarıdır. Her iki yaklaşımda kendi içerisinde gruplara ayrılmaktadır. Parametrik ve parametrik olmayan verimlilik ölçüm yöntemleri temelde üretim fonksiyonları kullanılarak yapılan verimlilik hesaplamalarıdır ve büyüme muhasebesi yaklaşımı çerçevesinde verimliliğin ölçülmesine olanak verir (Vergil ve Abasız, 2008:162). Sınırsız üretim fonksiyonları yaklaşımı ve parametrik olmayan tahmin yaklaşımları içerisinde yer alan büyüme muhasebesi en bilinen yöntemdir. Büyüme muhasebesi yaklaşımıyla TFV’nin ölçülmesi girdi miktarındaki artışın çıktı miktarında ne derece arttırdığını ortaya koymaktadır. Parametrik tahmin yaklaşımı içerisinde ekonometrik yaklaşım bulunmakta ve bu yaklaşım üretim fonksiyonunun doğrudan tahmin edilmesine dayalı yaklaşımdır. Bu yaklaşım ekonometrik tahmin yöntemlerinin kullanılması açısından büyüme muhasebesinden ayrılır (Diewert ve Lawrence 1999:5). Sınır fonksiyonu yaklaşımında ise amaç, verilen girdiler ve fiyat seviyeleri ile sınırlayıcı bir fonksiyonun tahminine

dayalı olarak elde edilebilecek en iyi pozisyonları tahmin etmektir. Örneğin, bir maliyet sınırı, verilen girdi fiyatları ve çıktının minimum ulaşılabilir maliyetini takip ederken, bir “üretim sınırı”, belirli bir girdi ve teknoloji seti için ulaşılabilir maksimum çıktı setini takip eder. Bu yaklaşım, ortalama bir fonksiyonun genellikle örnek veriler aracılığıyla sıradan en küçük kareler regresyonu ile tahmin edildiği parametrik sınırsız üretim fonksiyonu yaklaşımından farklıdır (Frija vd., 2015:6)

Ölçüm yöntemlerinden Malmquist Verimlilik Endeksi, farklı zamanlar için üretim teknolojisi sabitken girdi ve çıktı düzeylerinin uzaklığını göstermektedir. Üretim teknolojisinden bağımsız olarak ise doğrusal programlama yöntemi kullanılarak üretim sürecindeki girdi ve çıktı miktarları için bir oran olarak verimlilik düzeyleri belirlenir. Malmquist Verimlilik Endeksi'nin diğer verimlilik endekslerine göre en büyük avantajı herhangi bir fiyat verisine ihtiyaç duymamasıdır (Sowlati ve Vahid, 2006:425). Stokastik ve deterministik yaklaşımlarda ise Malmquist Verimlilik Endeksi'nde olduğu gibi doğrusal programlama yöntemiyle uzaklık fonksiyonları hesaplanarak verimlilik düzeyleri belirlenebilmektedir. (Vergil ve Abasız, 2008:164-165).

### **1.3.1. Kısmi Verimlilik**

Üretim sürecinde kullanılan emek veya sermaye gibi üretim faktörlerinin verimliliklerinin ölçülmesi kısmi verimlilik şeklinde tanımlanmaktadır. Kısmi verimlilik hesaplamalarında sermaye için sermaye stokları girdi olarak dikkate alınmaktadır. Bu tip verimlilik ölçümlerinde emek girdisine ilişkin hesaplamalar daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hesaplamalarda emek verimliliği için genellikle çalışma saatleri ya da çalışan işgücü girdisinin çıktıya oranı kullanılır. Hesaplamalarda işgücü miktarının kullanılması işgücünün yetenek ve becerisini göz ardı etmesi açısından doğru sonuçlar vermeyebilecektir. Çünkü beşerî sermayenin verimliliğe yaptığı katkının dikkate alınması gerekmektedir. Bu sebeple çalışma saatinin girdi olarak kullanılması daha doğru bir tercih olmaktadır (Cardona vd., 2013:112).

$$\text{Kısmi Faktör Verimliliği} = \text{Toplam Çıktı} / \text{Kısmi Girdi Miktarı} \quad (2)$$

Emek, sermaye gibi üretim faktörlerinin her biri için ayrı ayrı verimlilik hesaplanması kısmi verimlilik hesaplamalarıyla mümkündür. Kısmi verimlilik ile belirli bir dönemde üretim faktörlerinden birinde meydana gelen gelişmelerin görülmesi mümkündür. Ayrıca o faktöre ne derecede müdahale edilmesi gerektiği de belirlenebilir.



Ancak üretimde meydana gelmiş genel verimlilik düzeylerindeki değişimleri tespit için kısmi faktör verimliliği kullanılamamaktadır. Bu durumda tüm girdi ve çıktıları beraber ele alan toplam faktör verimliliği kullanılmalıdır (Yükçü ve Atağan, 2009:5).

### **1.3.2. Toplam Faktör Verimliliği**

Çıktının girdiye oranını ifade eden teknik bir kavram olarak verimlilik, tek bir girdiye göre (emek veya sermaye) kısmi olarak hesaplanabileceği gibi tüm üretim faktörlerinin beraber dikkate alındığı şekliyle de hesaplanabilir. Emek ve sermaye gibi birden fazla girdinin hesaba katıldığı toplam faktör verimliliği, ortak emek ve sermaye birimi başına çıktı olarak ifade edilebilir. Bu hesaplamalarda girdi üretim faktörlerinin bir ağırlıklı ortalamasıdır (Nadiri, 1970:1138; 1972:130). Toplam faktör verimliliği, üretimde kullanılan tüm girdilerin çıktıda katkıyı içermesi sebebiyle üretkenlik seviyesinin genel durumu hakkında bilgi vermektedir (Taymaz vd.,2008:21). Ekonomilerin üretim potansiyelleri üzerinde verimlilik değişimlerinin etkilerinin doğru bir şekilde izlenebilmesi üretime dahil olan tüm girdilerin dikkate alınmasıyla mümkün olmaktadır. Bu noktada toplam girdi başına üretimi ifade eden toplam faktör verimliliği verimlilik ölçümlerinde ön plana çıkmaktadır (Uzay ve Barış, 2019:18).

Ülkelerin büyüme performanslarına ilişkin temel göstergelerden biri de verimliliklerdir. Büyüme performanslarını değerlendirmek için kısmi verimlilik göstergelerine göre toplam faktör verimliliği (TFV) daha anlamlı çıkarımlar ortaya koymaktadır. Verilerin toplanması ve hesaplanmasına ilişkin kullanılacak yöntemlerle ilgili sorunlar, TFV ölçümlerinde karşılaşılabilecek engeller arasındadır (Saygılı vd., 2005:79). Buna rağmen TFV herhangi bir üretim sisteminin performansını ve büyüme sürecinin sürdürülebilirliğini değerlendirebilmek açısından daha anlamlı sonuçlar vermektedir. Ayrıca TFV teknoloji, kurumsal reform, altyapı geliştirme, insan kaynakları geliştirme ve diğer faktörlerdeki değişikliklerden etkilenir. Üretimdeki kalitede meydana gelen artışlar Ar-Ge'ye yapılan yatırımlarla belirlenen araştırma çıktıları yansıtmakta ve TFV'yi açıklamada dışsal bir değişken olarak ön plan çıkmaktadır (Kumar vd., 2008:148).

TFV'yi ya da çok faktörlü verimliliği, üretimde kullanılan tüm faktörlerin birimi başına çıktı miktarı olarak ifade edilebilir. Elde edilen girdi başına çıktı oranı, üretimde kullanılan teknoloji düzeyindeki verimliliği ortaya koymaktadır. (Stiroh ve Steindel, 2001:16). Bu hesaplama yöntemi çıktının üretimde kullanılan girdilere ayrı ayrı

oranlanması yerine, üretimde kullanılan tüm faktörlerin toplu olarak oranlanması şeklindedir. Bu sayede her üretim faktörü için ayrı bir kısmi verimlilik oranı yerine tek bir oran hesaplanır ve bir etkinlik derecesi elde edilmiş olur (Abasız, 2006:23).

Esasen toplam faktör verimliliği üretimde kullanılan girdilerin üretim esnekliklerinin bulunmasıyla elde edilmektedir. Söz konusu esneklikler girdilerin üretim değerinden aldıkları payı ifade etmektedir. Üretim faktörleri ile elde edilen çıktının içerisindeki payını o faktörün esnekliği göstermektedir. Verimlilik ölçüm hesaplamalarında en yaygın şekilde kullanılan Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi Eşitlik 3'te görmekteyiz.

$$Y = A K^{\alpha} L^{\beta} \quad (3)$$

Eşitlik 3'te Y çıktıyı, K sermayeyi, L emek girdisini gösterirken  $\alpha$  ile  $\beta$  ise sermaye ve emek esnekliklerini göstermektedir. Eşitlikte yer alan A parametresi ise, toplam faktör verimliliğidir. (Aghion ve Howitt, 2007:80). Ayrıca bu parametre Solow artığı olarak da nitelendirilmektedir. TFV'deki değişim aynı zamanda verimlilikte nasıl bir mesafe kat edildiğini göstermektedir. Bu sebeple TFV, teknolojik ilerlemelerle birlikte üretim faktörlerinin etkin kullanımındaki iyileşmeyi göstermektedir (Schreyer, 2001:345).

TFV belirli bir firma ya da sektörün üretim sürecindeki teknik kapasitesinde meydana gelen artışları yansıtmaktadır. Ancak ölçek ekonomilerinin ve olası ölçüm hatalarının etkilerini tam olarak ortaya koyabilen bir yöntem değildir (OECD, 2001:16). Üretim faktörleri ve çıktı arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan TFV, girdilerin tümünü dikkate alan bir verimlilik ölçütüdür. Çıktı miktarında meydana gelen artışların üretim faktörlerinin verimliliklerindeki değişimlerle açıklanamayan kısım olarak nitelendirildiğinden kalıntı olarak da bilinmektedir (Miribel, 2001:12). Söz konusu bu kalıntı teknolojik ilerlemelerden kaynaklı olabileceği gibi kaynak dağılımındaki iyileşmeler, buluş ve yenilikler, organizasyonel gelişmeler gibi girdi dışı unsurları da içermektedir. Dolayısıyla TFV bu unsurlardan da doğrudan etkilenmektedir (Ünlü, 2010:21).

TFV'nin ölçülmesi için kullanılan hesaplanma yöntemleri çalışmada üç başlık altında incelenmektedir. Bunlar veri zarflama analizi, endeks yaklaşımı ve ekonometrik yaklaşım şeklindedir. Çalışmada da hesaplanma yöntemleri bu çerçevede ele

alınmaktadır. İzleyen başlıklar altında hesaplama yöntemlerinin teorik içerikleri incelenmektedir.

### 1.3.2.1. Veri Zarflama Analizi

Parametrik olmayan yöntemler içerisinde yer alan veri zarflama analizi (VZA), ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) çalışması tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem benzer üretim yapısına sahip ekonomik birimlerin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amaçlamaktadır. VZA, bir yatay kesit analizidir ve statik bir analiz yapar (Kula vd., 2009:191). Doğrusal programlama tabanlı bilgisayar programlarının gelişmesiyle birlikte (DEA-Excel Solver, EMS, DEA-Solver Pro, DEAP, Warwick-DEA, Frontier Analyst gibi paket programlar) VZA analizleri etkinliklerin ölçümü ve karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Özden, 2008:168).

Temelde VZA benzer ekonomik birimlerinin üretim etkinliklerini değerlendirir ve bu yöntemde incelenen birimler için benzer piyasa koşullarında olması koşulu vardır. Analiz edilecek birimlerinin farklı yoğunluk ve büyüklüklerde olması analize bir engel teşkil etmez (Esenbel vd.,2001: 6). VZA çok sayıda girdi ve çıktı ile ekonomik birimlerin göreceli etkinliklerini ölçer ve etkinliği düşük olan birimi belirleyerek ve bunlar için etkinliğin ne derecede arttırılabileceği ile ilgili veriler ortaya koyar (Cingi ve Tarım, 2000: 5).

Herhangi bir karar verme birimi için ağırlıklandırılmış çıktı ve girdilerin oranını maksimize eden verimlilik ölçümü Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen VZA modeli Eşitlik 4'te verilmiştir.

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (4)$$

Eşitlik 4'te  $y$  ve  $x$  sırasıyla karar verme birimleri için çıktı ve girdiyi temsil etmektedir.  $s$  adet çıktı ve  $m$  adet girdi için  $n$  adet karar verme biriminin olduğu varsayımı altında, karar verme birimlerinin  $r$  kadar çıktı miktarı ve  $i$  kadar girdi miktarı için vereceği ağırlıklandırmaları sırasıyla  $u_r$  ve  $v_i$  tarafından temsil edilmektedir.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$v_r v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \quad (6)$$

Eşitlik 5 ve 6'da yer alan girdi yönlü modelde karar birimlerinin çıktılarının ağırlıklı ortalamasını maksimum yapabilme koşulu ifade edilmiştir. Modelde karar birimlerine ait girdilerin ağırlıklı ortalaması 1'e eşittir. Her karar birimi için ağırlıklı çıktı ortalamaları, ağırlıklı girdi ortalamalarından küçük olmalıdır. Buna göre görelî etkinliği hesaplanan karar birimlerinin çıktılarının ağırlıklı ortalaması maksimum olarak 1 değerini almaktadır. Böylelikle etkin bir karar birimi için etkinlik değeri 1, etkin olmayan bir karar birimi için etkinlik değeri 1'den küçük olmalıdır (Charnes vd., 1978:430).

Girdi yönlü VZA modeli etkin üretim için gerekli çıktı bileşimini elde etmek için en etkin girdi bileşimini ortaya koymaktadır. Çıktı yönlü VZA modeli ise belirli girdi bileşimi yardımıyla en etkin çıktı bileşimini araştırmaktadır. Çıktı yönlü model Eşitlik 7'de yer almaktadır (Charnes vd., 1978:431).

$$\min f_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} / \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (7)$$

Eşitlik 8 ve 9'da karar birimlerinin girdilerin ağırlıklı ortalamasını minimum yapabilme koşulu ifade edilmiştir.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} / \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$v_r v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

Eşitlik 4'teki dalgalı programla modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülmesi sonucu modele CCR modeli ismi verilmiştir. CCR modeli (Banker, 1984:38-39);

$$\max h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} \quad (10)$$

Eşitlik 10 karar verme birimi k'nın çıktığı maksimum yaptığı modeli ifade etmektedir.

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0 \quad ; \quad j = 1, \dots, n \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1 \quad (12)$$

$$u_{rk} \geq 0 \quad ; \quad r = 1, \dots, s \quad (13)$$

$$v_{ik} \geq 0 \quad ; \quad i = 1, \dots, m \quad (14)$$

Eşitlik 11, 12 ve 13'te model için gerekli kısıtlarlar yer almaktadır. Eşitlik 12 karar verme birimi k için etkin girdi bileşimi durumu koşulunu göstermektedir. Ayrıca k için girdi ve çıktı ağırlıklarını ifade eden  $u_r$  ve  $v_i$ 'nin negatif olamayacağı Eşitlik 13 ve 14' verilmiştir.

### 1.3.2.2. Endeks Yaklaşımı

Üretimde kullanılan tüm girdiler ile elde edilen çıktıların dikkate alındığı genel bir performans ölçümü olan TFV'de meydana gelen değişimler çeşitli endeksler yardımıyla da ortaya koyulabilmektedir. Bu endeksler Laspeyres (1871), Paasche (1874), Fisher (1922) ve Törnqvist (1936) gibi endekslerdir. TFV'de meydana gelen değişimleri ölçmek için endeks yaklaşımını kullanan çalışmalarda Fisher ve Törnqvist endeksleri ön plana çıkmaktadır (Ray, 2004:274).

TFV hesaplamalarında kullanılan bu endeksler belirli bir baz dönem ile cari dönem arasında değişkenlerin düzeylerinde meydana gelen değişimleri ölçmektedir. Bu endekslerden Laspeyres endeksi baz dönem miktar veya fiyatların ağırlıklandırılmalarını kullanırken, Paasche endeksi cari dönem ağırlıklandırılmalarını kullanır. Fisher endeksi de Laspeyres ve Paasche endekslerinin geometrik ortalaması alınarak elde edilir. Törnqvist endeksi ise logaritmik bir dönüşüm şeklindedir ve belirli bir malın fiyatı veya miktarının logaritmasındaki ağırlıklı ortalama değişikliği ifade etmektedir (Jacobs vd., 2006:129).

Söz konusu bu endeksler yardımıyla belirli bir dönemdeki üretkenliği ölçmek için genellikle her yılı bir önceki yıllarla karşılaştırmak ve üretkenlikteki yıllık değişimleri

ortaya koymak amaçlanmaktadır (Coelli vd., 1998:96). Bu endeksler TFV'deki değişimi ortaya koyarken ilgili firmanın üretim teknolojisine ilişkin herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymamaktadır (Ray, 2004:274). TFV hesaplamalarında kullanılan Fisher veya Törnqvist gibi endeksler için ilgili karar birimlerinin (firma) kar maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu yaptıkları varsayımı söz konusudur. Bu varsayım literatürde popüler olarak kullanılan bir diğer endeks Malmquist (1953) TFV endeksi için geçerli değildir. Bu bağlamda endeksin hesaplanmasında adı geçen diğer endekslerden farklı olarak fiyat verilerine ihtiyaç yoktur (Ünal, 2012: 98-99).

Verimlilik hesaplamalarında çok sayıda girdi ve çıktı içeren üretim süreci için endeks yaklaşımı kullanılabilir. Literatürde tek çıktılı firmalar veya çoklu çıktılı firmalar için sırasıyla Solow (1957) ve Jorgensen ve Griliches (1967) endeks yaklaşımı çerçevesinde Divisia (1926) endeksini kullanan çalışmalar mevcuttur.<sup>1</sup> Genel itibariyle firma üretim süreçlerinde çoklu çıktı ve girdi durumlarının söz konusu olması TFV hesaplamalarında Divisia endeksi kullanımını zorlaştırmaktadır. Divisia endeksinin hesaplanması için firmaya ait fiyat ve miktar verilerinin sürekli zaman boyutu dikkate alınarak toplanmasını gerektirmektedir ki bu ampirik olarak çok zordur. Bu bakımdan gerekli verilerin zaman boyutunun kesikli olması daha uygun olmaktadır. Ancak bu durum ampirik uygulamalarda önemli farklılıkların görölmesine neden olmaktadır. Eşitlik 15'te Divisia endeksi gösterilmiştir (Diewert,1992: 211-212).

$$Q_D(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \frac{[y_{t+1}/y_t]}{[x_{t+1}/x_t]} \quad (15)$$

$X_t$  ve  $Y_t > 0$  olmak üzere ve sırasıyla  $t$  dönemi girdi ve çıktı miktarını ifade etmektedir. Burada ıktı girdiden daha hızlı (yavaş) büyür ise  $Q_D$  1'den büyük (küçük) olur ve firmanın bir verimlilik atışı (düşüşü) göstermiş olduğu anlamına gelir. Divisia endeksi ile ilgili olarak TFV hesaplaması yaparken karşılaşılan birtakım sorunlar mevcuttur. Bu endeks ile yapılan hesaplamalarda TFV büyümesi tahmini için gerekli girdi maliyetlerine ilişkin veriler ölçüm hatalarını içerebilmektedir (Lam ve Lam, 2005:61). Ayrıca bu

---

<sup>1</sup> Divisia Endeksinin teorik temelleri Solow (1957) ve Jorgensen ve Griliches (1967) alışmalarına ek olarak Diewert (1974), Domar (1961), (1973), Richter (1966) gibi çalışmalara dayanmaktadır (Star ve Hall, 1976:254).

endeks yaklaşımında piyasa kusurlarının da hesaplama da dahil edilmesi gerekmektedir (Boame ve Obeng, 2005:105).

### 1.3.2.2.1.Fisher Endeksi

Çok sayıda girdi ve çok sayıda çıktı içeren üretim sürecine sahip firmalarda TFV'deki değişimi ölçmek için girdi ve çıktılar ayrı ayrı ele alınarak oluşturulan Fisher miktar ve fiyat endeksleri kullanılan diğer endekslerdir. Fisher endeksi, Laspeyres ve Paasche endekslerinin geometrik ortalaması alınarak elde edilir. Bu endekslerin gösterimi için kullanılan notasyon;

$x_{i,j}^t \rightarrow t$  dönemi için  $i, j$  girdisi miktarı

$w_{i,j}^t \rightarrow t$  dönemi için  $i, j$  girdisi fiyatı

$y_{i,j}^t \rightarrow t$  dönemi için  $i, j$  çıktısı miktarı

$p_{i,j}^t \rightarrow t$  dönemi için  $i, j$  çıktısı fiyatı

şeklindedir.  $M$  çıktı üretim sürecini ifade etmek üzere Paasche ve Laspeyres çıktı miktarı endeksleri (Diewert, 1992:212);

$$Q_P(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^M p_i^{t+1} y_i^{t+1}}{\sum_{j=1}^M p_j^{t+1} y_j^t} \quad (16)$$

$$Q_L(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^M p_i^t y_i^{t+1}}{\sum_{j=1}^M p_j^t y_j^t} \quad (17)$$

$Q_P$  Paasche çıktı miktar endeksini  $Q_L$  ise Laspeyres çıktı miktar endeksini temsil etmektedir. Bu durumda Fisher çıktı miktar endeksi;

$$Q_F(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) = [Q_P(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) Q_L(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1})]^{1/2} \quad (18)$$

$N$  girdi üretim sürecini ifade etmektedir,  $Q_P^*$  ve  $Q_L^*$  ise Paasche ve Laspeyres girdi miktarı endekslerini göstermek üzere (Diewert, 1992:213);

$$Q_P^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i^{t+1} x_i^{t+1}}{\sum_{j=1}^N w_j^{t+1} x_j^t} \quad (19)$$

$$Q_L^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i^t x_i^{t+1}}{\sum_{j=1}^N w_j^t x_j^t} \quad (20)$$

O halde Fisher girdi miktar endeksi  $Q_F^*$  ise Eşitlik 21'deki gibidir (Diewert ve Nakamura, 2003:131).

$$Q_F^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) = [Q_P^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) Q_L^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1})]^{1/2} \quad (21)$$

Girdi ve çıktı miktar endeksleri olarak yukarıda gösterilen Paasche, Laspeyres ve Fisher endeksleri yardımıyla toplam faktör verimliliği büyümesi (TFVB) hesaplanabilir.  $i = P, L, F$  olmak üzere (Diewert, 1992:213; Diewert ve Nakamura, 2003:132);

$$TFVB_i = Q_i/Q_i^* \quad (22)$$

şeklinde gösterilir. Eşitlik 22 ile her üç endeks için ayrı ayrı hesaplama yapılabilir. Paasche, Laspeyres ve Fisher miktar endeksleri ile girdinin çıktı miktarına bir oranı olarak TFVB elde edilmiş olur.

$M$  ve  $N$  sırasıyla girdi ve çıktı üretim sürecini ifade etmek üzere Paasche ve Laspeyres girdi ve çıktı fiyat endeksleri;

$$P_P(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^M p_i^{t+1} y_i^{t+1}}{\sum_{j=1}^M p_j^t y_j^{t+1}} \quad (23)$$

$$P_P^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i^{t+1} x_i^{t+1}}{\sum_{j=1}^N w_j^t x_j^{t+1}} \quad (24)$$

$$P_L(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^M p_i^{t+1} y_i^t}{\sum_{j=1}^M p_j^t y_j^t} \quad (25)$$

$$P_L^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) = \frac{\sum_{i=1}^N w_i^{t+1} x_i^t}{\sum_{j=1}^N w_j^t x_j^t} \quad (26)$$



Eşitlik 23ve 24'te Paasche girdi ve çıktı fiyat endeksleri, Eşitlik 25 ve 26'de Laspeyres girdi ve çıktı fiyat endeksleri gösterilmiştir. Bu durumda Fisher girdi ve çıktı fiyat endeksleri Eşitlik 27 ve 28'deki gibi gösterilir.

$$P_F(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) = [P_P(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1}) P_L(p_{i,j}^t, p_{i,j}^{t+1}, y_{i,j}^t, y_{i,j}^{t+1})]^{1/2} \quad (27)$$

$$P_F^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) = [P_P^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1}) P_L^*(w_{i,j}^t, w_{i,j}^{t+1}, x_{i,j}^t, x_{i,j}^{t+1})]^{1/2} \quad (28)$$

Fiyat endeksleri açısından TFVB'nin hesaplanması için girdi ve çıktıdaki fiyat değişikliğinin yanı sıra firmanın marjındaki artış oranı da dikkate alınır.<sup>2</sup> Eşitlik 29'da firma gelirlerinin maliyetleri aştığı durum ifade edilmiştir (Diewert ve Nakamura, 2003:134). C ve R sırasıyla toplam maliyet ve toplam geliri ifade etmek üzere;

$$1 + m^t = R^t / C^t \quad (29)$$

$$TFVB_i = \left[ \frac{(1 + m^{t+1})}{(1 + m^t)} \right] (P_i^* / P_i) \quad (30)$$

Eşitlik 30'da  $i = P, L, F$  olmak üzere her üç endeks için TFVB'deki değişim fiyat endeksleri ile gösterilmektedir.

Fiyat endeksleri bir miktar endeksinin örtülü karşılığı olabilmektedir. Bu durum miktar ve fiyat endekslerinin çarpımının girdi yönlü endeksler için toplam maliyet oranına veya çıktı yönlü endeksler için toplam gelir oranına eşit olmasını gerektirir. Genellikle örtülü fiyat endeksi aynı işlevsel biçime sahip miktar endeksiyle ilişkili değildir. Örneğin Paasche fiyat endeksi Laspeyres miktar endeksinin, Laspeyres fiyat endeksi ise Paasche miktar endeksinin örtülü karşılığıdır. Fisher endeksi için durum farklıdır. Fisher girdi yönlü fiyat ve miktar endeksleri çarpımı toplam maliyete (C), Fisher çıktı yönlü fiyat ve miktar endeksleri çarpımı toplam gelire (R) karşılık gelmektedir.

$$Q_P^* P_L^* = Q_i^* P_P^* = Q_F^* P_F^* = C^{t+1} / C^t \quad (31)$$

$$Q_P P_L = Q_L P_P = Q_F P_F = R^{t+1} / R^t \quad (32)$$

<sup>2</sup> Firmalar gelirlerinin maliyetlerini aşmasını sağlamakla ilgilenir. Buda firmanın marjlarıyla ilgilidir. t dönemi marjı  $m^t$  ile gösterilmektedir (Diewert ve Nakamura, 2003:129)

Eşitlik 31 ve 32’de sırasıyla girdi yönlü ve çıktı yönlü fiyat ve miktar endekslerinin çarpımının toplam maliyet ve gelir ile ilişkisi gösterilmiştir (Diewert ve Nakamura, 2003:132).

### 1.3.2.2.2. Törnqvist Endeksi

Firmaların görece fiyat veya miktarlarındaki artış oranlarının ağırlıklandırılmış geometrik ortalaması olan Törnqvist endeks ampirik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Doğal logaritmik bir form şeklinde olan Törnqvist endeksin çıktı yönlü miktar ve fiyat endeksleri Eşitlik 33 ve 34’te verilmiştir (Diewert ve Nakamura, 2005: 16).

$$\begin{aligned} \ln Q_T(p_{i,j,m}^t, p_{i,j,m}^{t+1}, y_{i,j,m}^t, y_{i,j,m}^{t+1}) \\ = 1/2 \sum_{i=1}^M \left[ \left( p_m^t y_m^t / \sum_{i=1}^M p_i^t y_i^t \right) + \left( p_m^{t+1} y_m^{t+1} / \sum_{j=1}^M p_j^{t+1} y_j^{t+1} \right) \right] \ln \left( \frac{y_m^{t+1}}{y_m^t} \right) \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \ln P_T(p_{i,j,m}^t, p_{i,j,m}^{t+1}, y_{i,j,m}^t, y_{i,j,m}^{t+1}) \\ = 1/2 \sum_{i=1}^M \left[ \left( p_m^t y_m^t / \sum_{i=1}^M p_i^t y_i^t \right) + \left( p_m^{t+1} y_m^{t+1} / \sum_{j=1}^M p_j^{t+1} y_j^{t+1} \right) \right] \ln \left( \frac{p_m^{t+1}}{p_m^t} \right) \end{aligned} \quad (34)$$

Törnqvist girdi yönlü miktar ve fiyat endeksi ise ( $Q_T^*$  ve  $P_T^*$ ) yukarıdaki denklemler dikkate alınarak çıktı miktar ve fiyatları yerine ( $y$  ve  $p$ ) girdi miktar ve fiyatlarının ( $x$  ve  $w$ ) geçmesiyle elde edilir.

Diewert (1992:212) çalışmasındaki çıktı yönlü Törnqvist miktar endeksi  $Q_T$  Eşitlik 35’te verilmiştir.

$$Q_T(p_i^t, p_i^{t+1}, y_i^t, y_i^{t+1}) = \prod_i^M \left[ \frac{y_i^{t+1}}{y_i^t} \right]^{(1/2)[s_i^t + s_i^{t+1}]} \quad (35)$$

$$s_i^t = \frac{p_i^t y_i^t}{p^t y^t} \quad (36)$$

Eşitlik 35’te  $s_i^t$   $t$  dönemi için gelirin  $i$  çıktısı içindeki payını göstermektedir. Benzer şekilde Törnqvist girdi miktar endeksi de ( $Q_T^*$ ) Eşitlik 35’teki gibi tanımlanır ancak çıktı fiyat ve miktarları yerine ( $y$  ve  $p$ ) girdi miktar ve fiyatlarının ( $x$  ve  $w$ ) geçmesi

gerekir. TFV'deki büyüme ise bu endeks için çıktı miktar endeksinin girdi miktar endeksine oranı olarak gösterilir.

$$TFVB_T = Q_T(p_i^t, p_i^{t+1}, y_i^t, y_i^{t+1}) / Q_T^*(w_i^t, w_i^{t+1}, x_i^t, x_i^{t+1}) \quad (37)$$

Eşitlik 37'de TFVB'deki değişim Törnqvist endeksi yardımıyla ifade edilmiştir.

### 1.3.2.2.3. Malmquist Endeksi

Üretimde kullanılan girdilerin ve üretim sonrası elde edilen çıktıların ortak teknoloji düzeyine olan uzaklıklarını bir oran olarak hesaplamak ilk olarak Malmquist (1953) tarafından ortaya konulmuştur. Sonrasında benzer çalışmalar olarak Bergson (1961), Moorsteen (1961) verimlilik endeksi çalışmaları için öncü çalışmalar olmuşlardır (Fare vd., 1994:19). Caves, Christensen ve Diewert (1982) ise verimlilik ölçümü için girdi ve çıktı tabanlı olarak VZA temelli bir endeksi geliştirmişlerdir. Malmquist toplam faktör verimliliği (MTFV) endeksi, iki veri noktası arasında TFV'deki değişimi uzaklık fonksiyonları yardımı ile ölçmektedir. Çıktıya göre uzaklık fonksiyonu  $x$  ile üretilebilecek  $y$ 'lerin kümesi  $S$  ile gösterilmek üzere;

$$D_o^S(x, y) = \min\{\delta: (y|\delta) \in S\} \quad (38)$$

olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik 38'de ifade edilen  $D_o^S(x, y)$  uzaklık fonksiyonu  $S$  üretim sınırı dikkate alınacak şekilde farklı değerler alır. Burada  $y$  vektörü  $S$  üretim sınırı üzerinde ise 1'e eşit;  $y$  vektörü  $S$  içindeki teknik etkin olmayan bir noktayı ifade ediyorsa 1'den büyük; ve  $y$  vektörü  $S$  dışındaki bir noktayı ifade ediyorsa 1'den küçük değerler alır (Cingi ve Tarım, 2000:10).

MTFV değişim endeksi Eşitlik 40 ve 41'deki gibi ifade edilebilir:

$$m(Y_t, X_t, Y_{t+1}, X_{t+1}) = \sqrt{\left[ \frac{d^t(Y_{t+1}, X_{t+1})}{d^t(Y_t, X_t)} \times \frac{d^{t+1}(Y_{t+1}, X_{t+1})}{d^{t+1}(Y_t, X_t)} \right]} \quad (39)$$

$$m(Y_t, X_t, Y_{t+1}, X_{t+1}) = \frac{d^{t+1}(Y_{t+1}, X_{t+1})}{d^t(Y_t, X_t)} \sqrt{\left[ \frac{d^t(Y_{t+1}, X_{t+1})}{d^{t+1}(Y_{t+1}, X_{t+1})} \times \frac{d^t(Y_t, X_t)}{d^{t+1}(Y_t, X_t)} \right]} \quad (40)$$

Eşitlik 39'da  $t$  ve  $t + 1$  ardışık dönemleri ifade etmek üzere  $d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})$  ifadesi  $t$  ve  $t + 1$  dönemleri arasındaki teknolojik uzaklığı gösteren bir fonksiyondur. Eşitlik 40'ta ise karekök dışında yer alan oran teknik etkinlikteki değişimi, karekök içindeki ifade ise teknolojide meydana gelen değişimi göstermektedir.

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksini ifade eden Eşitlik 40 iki kısma ayrıldığında etkinlikteki değişmeyi (ED) ve teknolojideki değişmeyi (TD) ayırtmış oluruz. Bu durum Eşitlik 41 ve 42'deki denklemlerde yer almaktadır (Fare vd., 1994:227-235).

$$\text{Etkinlikteki Değişme} = \frac{d^{t+1}(Y_{t+1}, X_{t+1})}{d^t(Y_t, X_t)} \quad (41)$$

$$\text{Teknolojik Değişme} = \left[ \frac{d^t(Y_{t+1}, X_{t+1})}{d^{t+1}(Y_{t+1}, X_{t+1})} \times \frac{d^t(Y_t, X_t)}{d^{t+1}(Y_t, X_t)} \right]^{1/2} \quad (42)$$

Burada, etkinlikteki değişme karar birimlerinin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesini ifade ederken, teknolojideki değişme etkin sınırın zaman içindeki değişimini ortaya koymaktadır.

### 1.3.2.3. Ekonometrik Yaklaşım

TFV'nin hesaplanma yöntemlerinden biri de ekonometrik yöntemlerle üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi yoludur. Bu yöntem ile üretim fonksiyonunu veya maliyet fonksiyonunun tahmin edilmesiyle elde edilen parametreler ile toplam faktör verimliliği arasındaki bağlantının ortaya koyulması amaçlanmaktadır (Alakbarov vd. 2018:260; Açıkgöz ve Çatalbaş, 2010:5).

TFV'ye ilişkin çalışmalar genellikle Solow'un (1957) çalışmasına dayandırılrsa da aslında çıktı ile reel faktör girdileri arasındaki oran olarak tanımlanan TFV kavramı ilk olarak Tinbergen (1942) tarafından Almanca yazılmış bir makalede ortaya atılmıştır (Chen, 1997:20). Tinbergen (1942)<sup>3</sup> üstel bir zaman trendi kullanarak teknolojik ilerlemeyi toplam üretim fonksiyonunda ayrı bir kalem olarak açıkça tahmin etmiştir. Bu

<sup>3</sup> Ekonomik büyümenin kaynaklarının analiz edildiği çalışmada 1870–1914 dönemi için Fransa, Almanya, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri için TFV'nin uluslararası bir karşılaştırması yapılmıştır.

çalışma TFV tahmini yapan öncü çalışma olmuştur. Çalışmada Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu yardımıyla yapılan ekonometrik analizlerde EKK kullanılarak doğrudan tahmin yolu izlenmiştir (Kennedy ve Thirlwallê, 1972: 17). Tinbergen (1942) tarafından sunulan neoklasik ekonomik büyüme modelinde tasarruf, sermaye girdisinde büyüme yaratır ve nüfus artışı da emek girdisinde büyüme yaratır. Ortaya koyulan bu büyüme modeli bu özellikleriyle neoklasik büyüme teorisinin öncü çalışmalarında da (Solow (1956) ve Tobin (1955)) korunmuştur (Jorgensen, 1988:35).

İktisadi büyüme kaynakları açısından ele alındığında üretim girdilerindeki bir artış veya emek ve sermaye gibi girdilerin verimliliklerinde meydana gelen bir artış akla gelmektedir. Büyüme muhasebesi yaklaşımında kullanılan girdilerdeki ve bu girdilerin verimliliğindeki değişimler ile çıktıda meydana gelen değişim açıklanmaktadır (Karahan, 2017:66). Büyüme muhasebesi olarak bilinen yaklaşımda yalnızca  $Q_t = A_t F(K_t, L_t)$  gibi bir toplam üretim fonksiyonuna değil, faktör fiyatlaması için gerekli olan marjinal verimlilik teorisinin geçerliliğine de bağlı bir durum söz konusudur. Büyüme muhasebesi yönteminde Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla üretim faktörlerinin çıktıdaki değişime verdikleri katkının ortaya koyulabilmesi emek ve sermayenin hasıladan almış oldukları payların bilinmesini gerektirir. Yani Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda yer alan sermayenin ve emeğin çıktı esnekliklerine ( $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerine) göre üretim faktörlerinin çıktıya katkısı hesaplanabilecek ve böylece TFV ortaya koyulacaktır (Vergil ve Abasız, 2008:163-164).

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (43)$$

Burada  $Y_t$ ,  $K_t$  ve  $L_t$  sırasıyla t zamanı için çıktı, sermaye ve emeği  $A_t$  ise TFV'yi ifade etmektedir.  $\alpha$  ve  $(1 - \alpha)$  ise sırasıyla sermayenin ve emeğin çıktı esnekliklerini göstermektedir. Ölçeğe göre sabit getiri ve tam rekabet varsayımı altında TFV'deki büyüme;

$$\begin{aligned} TFVG_{t+1} &= \ln(A_{t+1}/A_t) \\ &= \ln(Y_{t+1}/Y_t) - \alpha \ln(K_{t+1}/K_t) - (1 - \alpha) \ln(L_{t+1}/L_t) \quad (44) \end{aligned}$$

şeklinde gösterilmektedir. TFV'deki değişim ifade edildiği Eşitlik 44'te Solow artığı olarak ifade edilen TFV artışının hesaplanmasında sermayenin çıktı esnekliği bilgisine ihtiyaç vardır (Diewert ve Lawrence, 1999:5-6; Bakış ve Acar, 2020:10).<sup>4</sup>

Büyüme muhasebesi yaklaşımı temellerini Solow büyüme modelinden alır ve ekonomik büyümenin faktör girdilerindeki değişikliklerle ilişkili bileşenleri ve teknolojik ilerlemeyi ve diğer unsurları yansıtan kalıntıyı ortaya koyar (Barro, 1999:119) TFV, kesikli veriler kullanan ve örtük olarak bir toplu üretim fonksiyonunu varsayan milli gelir veya büyüme muhasebesi ile ölçülebildiği gibi ekonometrik yöntemler yardımıyla toplu bir üretim fonksiyonunun açık kullanımı ile de tahmin edilebilir (Chen, 1997:20). Toplam üretim fonksiyonun doğrudan tahmin edilmesi büyüme muhasebesi yaklaşımına bir alternatif yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Üretim fonksiyonunun tahmin edilmesiyle ekonomik büyüme süreci daha anlaşılır ve basit bir hale gelecektir. Bu yaklaşımda en yaygın kullanılan üretim fonksiyonu biçimi ise Cobb-Douglas tipi fonksiyondur (Kim ve Lau, 1994).

$$A_t = A_0 e^{\lambda t} \quad (45)$$

Eşitlik 46'da  $A_t$  üretim fonksiyonunun değişimini yöneten teknoloji parametresidir. Ayrıca denklemdeki  $\lambda$  teknolojinin sabit üstel bir oranda arttığını ifade etmektedir.

$$Y = A_0 K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} e^{\lambda t} \quad (46)$$

$$\ln(Y_t) = \ln(A_0) + \lambda t + \alpha \ln(K_t) + (1 - \alpha) \ln(L_t) \quad (47)$$

Eşitlik 46'da Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu verilmiştir. Eşitlik 47'de ise üretim fonksiyonunun her iki tarafının logaritması alınarak fonksiyon doğrusal bir hale getirilmiştir. Burada çıktı, sermaye ve emek değişkenleri için zaman serileri mevcut ise  $\lambda$  ve çıktı esnekliklerini ekonometrik olarak tahmin etmek mümkün olmaktadır. Eşitlik 47'nin zamana göre türevi alındığında Eşitlik 48 elde edilir (Chen, 1997:20; Rath ve Akram, 2017:199).

---

<sup>4</sup> Literatürdeki çalışmalarda genellikle sermayenin çıktı esnekliği 0,35 ve emeğin çıktı esnekliği 0,65 olarak alınmıştır. Ampirik çalışmalarda çoğunlukla  $\alpha = 1/3$  oranında alınmakta ve bu oranın kabul gördüğü anlaşılmaktadır. Bunun için Mankiw vd. (1992), Bosworth ve Collins (2003), Liman ve Miller (2004) ve McCombie (2000) gibi çalışmalar referans gösterilebilir.

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left[ (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L} + \alpha \frac{\dot{K}}{K} \right] \quad (48)$$

Bu yaklaşım büyüme muhasebesinden bazı açılardan ayrılmaktadır. Ekonometrik bir yöntem kullanarak TFV hesaplanırken de esasında üretim fonksiyonu kullanılmaktadır. Ancak büyüme muhasebesi yaklaşımının stokastik hata terimi içermemesinden dolayı model istatistiksel olarak tahmin edilememektedir. Yani ekonometrik çalışmalarda kullanılan test istatistikleri büyüme muhasebesinde kullanılamaz (Beyoğlu Güllü, 2018:21). İkinci bir fark ise uygulamada ekonometrik yöntemi büyüme muhasebesine karşı avantajlı kılmaktadır. Bu fark ekonometrik yöntem yaklaşımının, faktör esnekliklerini faktör üretim paylarına eşitleyen kar maksimizasyonu varsayımını kullanarak modeldeki parametrelerine tahminine ilişkin zorunluluğu ortadan kaldırmasıdır. Büyüme muhasebesi yaklaşımında ölçüğe göre sabit getiri varsayımı olduğundan Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu parametreleri (üretim faktörlerinin çıktı esnekliklerinin toplamı) toplamının 1 olması gerekmektedir (Ünlü, 2010:127).

Verimlilik konusu ve konunun ekonomik büyüme ile olan ilişkisi çalışmanın bir diğer inceleme alanı olarak görülmektedir. Bu çerçevede verimlilik ve verimlilik artış hızının ekonomik büyüme ile olan ilişkisiyle beraber büyüme teorilerinin verimlilik konusundaki çıkarımları izleyen başlık altında incelenmektedir.

#### **1.4. Verimlilik ve Büyüme İlişkileri**

Sürdürülebilir büyümenin gerçekleştirilebilmesi ülkelerdeki üretim faktörlerinin arttırılabilmesinin yanı sıra verimlilik artışlarının da sağlanabilmesi ile mümkün olmaktadır. İktisat literatüründe birçok çalışma üretim faktörlerinin ekonomik büyümeyi açıklamada yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda ülkeler arasındaki büyüme farklılıklarını açıklamada esas itici bir güç olarak verimlilik kavramının önemi belirgin hale gelmiştir (Doğan, 2016:23-24). Milli gelir artışı olarak ifade edilen büyüme sadece emek ve sermaye stoğundaki artışlarla değil, emek ve sermayenin niteliğinde ve etkinliğinde meydana gelen artışlarla da sağlanır. Ekonomideki verimlilik seviyesi ve bu seviyedeki artışlar ekonomik büyüme üzerindeki en önemli belirleyici olarak ön plana çıkmaktadır (Aksu, 2017:40-41).

Ekonomik büyüme ulusal çıktıda meydana gelen artış olarak ifade edilirken, verimlilik artışı girdi başına çıktıdaki büyüme olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamadan hareketle verimlilik artışı ekonomideki teknolojik değişim oranının bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır (Wolf, 2014:10). Bir ülkedeki ekonomik büyüme sermaye stokundaki bir artış ile olabileceği gibi toplam faktör verimliliğinde meydana gelecek artışlarla da gerçekleşebilecektir. Yalnızca sermaye stokunda meydana gelen bir artış ile sağlanabilecek milli gelir artışı, cari açık sorununu da beraberinde getirecektir. Ancak toplam faktör verimliliğindeki artışlar ile gerçekleşecek bir büyüme için ülkenin diğer alanlarının gelişmesi gerekmektedir. Bu nedenle toplam faktör verimliliğinde artış olabilmesi için ekonomilerin geri kalmış alanlarına yatırım yapılması zorunluluğunu getirecektir.

Verimlilik düzeyi birçok faktörden etkilendiği gibi birçoğunu da etkileyebilecek çift yönlü bir değişkendir. Verimlilik düzeyi teknolojiye ilerlemeler, sermaye birikimindeki değişimler, piyasa oyuncuları gibi birçok faktörden etkilenmekte ve etkilenmektedir. Genel anlamda verimlilikteki artış sebepleri ekonomik, sosyal ve coğrafi olarak sınıflandırılabilir de bu konuyla ilgili yapılan birçok çalışmanın makro ekonomik değişkenler üzerinde odaklandığı görülmektedir. Ancak yalnızca makro ekonomik değişkenlerin, büyüme ve verimlilik arasındaki ilişkiyi açıklamak için yeterli olması oldukça zordur (Sharpe, 2004: 18).

Uzun dönemli büyümenin temel kaynağı olarak gösterilen teknolojik gelişme, verimlilik artışlarının bir göstergesidir. Bu durum içsel büyüme teorilerinde olduğu gibi neoklasik büyüme teorilerinde de kabul görmüştür. Ayrıca verimlilik ve büyüme ilişkileri ülkeler ve sektörler arasındaki dış ticaret ve rekabet üstünlüğü çerçevesinde iktisatçılar tarafından tartışılmaktadır (Taymaz ve Suiçmez, 2005:4).

Ekonomik etkinlik açısından verimlilik düzeyinde meydana gelen değişimler, mevcut üretim düzeylerinde maksimum çıktı üretebilme kabiliyetiyle ekonomik etkinliği arttırıcı etki göstermektedir. Elde edilen etkinlik artışları ekonomik ve sosyal şartların iyileşmesini sağlamakla beraber gelir artışlarına da neden olmaktadır. Verimlilik artışının bir sonucu olarak üretimde meydana gelen artışlar ve ortaya çıkan gelir artışları toplumun hayat standartlarının gelişmesini sağlayarak toplumsal refah açısından konu önemli bir noktaya gelmektedir. Verimlilik artışları ülkelerin uluslararası rekabetçiliklerini sürdürebilmelerini sağladığı gibi ekonomik istikrarın sağlanmasına da katkıda



bulunmaktadır. Ayrıca verimlilik atışları kaynak dağılımını iyileştirerek dağılımın etkinliğini de arttırmaktadır (Link and Siegel, 2003:1-2).

Toplam faktör verimliliği artışı ile sağlanan büyüme ekonominin her alanı için bir ilerlemeyi ifade etmektedir. Buna karşın sermaye birikimindeki artıştan kaynaklı bir büyüme ekonominin bütününe etkilemediği için cari açık başta olmak üzere çeşitli sorunlarla karşı karşıya kalınmasına yol açabilmektedir. TFV artışları açısından büyük öneme sahip Ar-Ge ve inovasyon gibi etkenler mevcut üretim faktörleriyle daha fazla üretim sonucunu doğurmaktadır. Bireylerin gelirini ve dolayısıyla refahını arttıran verimlilik artışları teknolojik ilerleme ve ölçek ekonomileri kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır (Hacıbekiroğlu, 2019:51).

#### **1.4.1. Ekonomik Büyümenin Kaynakları**

Ekonomik büyüme, milli gelirden meydana gelen reel artış şeklinde tanımlanabilmektedir. Bir ülkede bulunan üretim faktörlerinin miktarları artması üretimi ve dolayısıyla arzı arttırmakta ve ekonomik büyüme gerçekleşmektedir (Ülgener, 1980: 409). Ekonominin büyümenin belirleyicileri olarak literatürde sermaye miktarı ve birikim hızı, işgücünün miktar ve kalitesindeki gelişmeler, ülke ekonomisinde var olan doğal kaynaklardaki artışlar, üretim teknolojisindeki ilerlemeler, üretim bilgi ve teknolojisindeki gelişmeler ve ölçek ekonomileri şeklinde sıralanabilmektedir. Fiziki ve beşerî sermayenin yanı sıra mevcut üretim faktörlerinin tümü üretim bilgi ve teknolojisiyle bir araya gelerek üretimi gerçekleştirmektedir. Verimlilikte meydana gelen değişimler girdi ve çıktı miktarlarında oluşan değişimleri de içermekte ve gelir artışlarına neden olarak ekonomik büyümeyi desteklemektedir (Kibritçioğlu, 1998:214).

Ekonomik büyümeyi doğrudan etkileyen verimlilik düzeyindeki değişimler üretim teknolojisi ve ölçek ekonomileri hakkında da bilgi vermektedir. Büyüme kavramı en geniş anlamıyla, meydana gelen verimlilik değişimlerini dikkate alarak üretim girdilerinin ölçülmesini ve kalitelerindeki değişimlerin belirlenmesini, teknolojinin durumunu ve ölçek ekonomilerini içermektedir. Genel anlamda konuya ilişkin literatür incelendiğinde girdilerdeki meydana gelen değişimle beraber teknolojidaki değişimlerin de dikkate alındığı analizlerin yapıldığı görülmektedir. Ayrıca konuyla ilgili çalışmalarda araştırmacılar büyümenin kaynaklarının ortaya konulmasına yönelik yapılan ölçümlerde farklı sonuçlar ortaya koymuşlardır (Türker, 2007:32).

İktisadi büyümenin kaynağı toplam faktör verimliliği ise ortaya çıkan refah artışı ve zenginleşme teknolojik gelişmenin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Büyümenin kaynaklarını ortaya koyabilmek için yapılan çalışmalarda kaynağın sermaye birikimi mi yoksa teknolojik gelişme mi olduğu noktası temel bir tartışma halini almıştır. Bu çerçevede literatürde büyümenin kaynaklarına yönelik farklı sonuçların yer aldığı söz konusu ampirik çalışmalarda dikkate alınan üretim fonksiyonunun seçimi oldukça belirleyici bir konudur (Açıkgöz ve Mert, 2015:495).

#### **1.4.2. Neoklasik Büyüme ve Solow Modeli**

Büyüme teorilerinin birincil amacı ekonomik büyümenin kaynaklarını belirleyebilmek ve ülkeler arasındaki kişi başına düşen milli gelir seviyelerindeki farklılıkların nedenlerini ortaya koyabilmektir. Dünyada büyüme kuramları üzerinde en önemli ve yoğun çalışmalar II. Dünya Savaşı'ndan sonra büyüme teorilerine olan ilgi artmış ve bu bağlamda dönemde yapılan çalışmalar Neoklasik büyüme teorisini ortaya çıkarmıştır. Keynesyen iktisadın klasik iktisada yönelttiği eleştirilerin bir analizi boyutunda olan Neoklasik büyüme teorisi 1980'li yıllara kadar yapılan çalışmalardaki analizlere teorik öncülük etmiştir.

Solow-Swan tipi neoklasik büyüme modelinde teknolojik gelişme modele dışsal bir faktör olarak dahil olmuştur. Modele dışsal bir faktör olarak dahil edilen teknolojik gelişme Solow artışı olarak tanımlanmıştır ve modelde toplam faktör verimliliğini temsil etmektedir (Tuncer ve Özüğurlu, 2004: 9; Çiftçi, 2008:38).

Solow-Swan tipi neoklasik büyüme modelinde üretim faktörlerine teknolojik gelişme dışsal bir faktör olarak dahil edilmiştir. Azalan getiriler varsayımının dikkate alındığı modelde yakınsama hipotezi öne sürülmüştür. Teknolojik gelişmenin dışsal olarak modele dahil edilmesi modelin büyümeyi açıklamada yetersiz kalmasına neden olmuştur. Daha sonra bu eksiklikleri ortadan kaldıracak içsel büyüme modelleri geliştirilmiştir (Taş vd., 2017:198). Modern büyüme teorileriyle birlikte ölçeğe göre artan getiri varsayımı dikkate alınmış ve teknolojik gelişme modele içsel olarak dahil edilmiştir. Bu modellerle birlikte ölçeğe göre artan getiri konusuna dikkat çekmiş ve durağan durum büyüme oranının üstünde bir büyümenin gerçekleşebileceğine değinmişlerdir (Genç vd., 2010:29).

### 1.4.3. İçsel (Endojen) Büyüme Modelleri

Niceliksel ekonomik büyümenin önemi üzerinde duran Neoklasik büyüme teorisi yeni bir ekolün ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Böylelikle büyümenin niteliksel yönü de önem kazanmıştır. Schumpeter'in icat ve yenilik kavramlarını yeniden gündeme getirmesiyle büyüme literatüründe teknolojik gelişmenin niteliği giderek ön plana çıkmıştır. (Kibritçioğlu, 1998: 210).

M. Romer, R. Lucas ve R. J. Barro gibi iktisatçılar içsel büyüme teorisinin öncüleri olmuş, ekonomik büyümenin beşerî sermaye ve inovasyona dayalı olduğunun altı çizilirken, teknolojinin içsel ve büyümenin itici gücü olduğu ortaya konulmuştur. Böylece beşerî sermaye ve AR&GE de içsel büyüme modeli ile birlikte büyümenin kaynakları arasında yer almıştır (Ünlü, 2010:35)

İçsel büyüme teorisine göre durağan durum dengesinde olan bir ekonomide pozitif bir büyümenin yakalanabilmesi teknolojik gelişmeden bağımsızdır. Ekonomik büyümenin gerçekleşebilmesi tasarruf oranı, işgücü artış hızı, yıpranma oranı gibi değişkenlere bağlıdır. Neoklasik büyüme teorisinden farklı olarak bu modelde tasarruf oranlarındaki ve nüfus artış hızındaki değişimler ekonomik büyümeyi hızlandırabilmektedir (Ateş, 1998:6-7).

Romer (1990:99)'a göre teknolojik gelişme üretimin ve bilginin gelişmesine neden olmaktadır. Teknolojik gelişmenin olmadığı bir ekonomide uzun dönemli bir büyümeden bahsetmek mümkün olmayacaktır. Bu durumda etkin kaynak kullanımı olmayacak ve üretim de verimlilik imkânsız hale gelecektir. Bu durumu aşmak için beşerî sermaye yatırımları ve AR&GE faaliyetlerine ağırlık verilmelidir. Ayrıca dış ticaret açıklarının da bu duruma katkı sağlayacağı belirtilmiştir

İçsel büyüme teorilerine göre ülkelerin dışa açık olmalarının bir sonucu olarak teknoloji transferi ve nitelikli işgücü transferleri gerçekleşir ve bu durum verimlilik ve üretimde artışlar sağlar. Dış ticaretin sağladığı bu dışsallıklar ekonomik büyüme üzerinde önemli katkılar sağlamaktadır (Kurt ve Terzi, 2007:26).

## İKİNCİ BÖLÜM

### ENERJİ TÜKETİMİ

Enerji ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ile ilgili konular tüm dünya için oldukça önemli bir husus haline gelmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımındaki bilinçsizlik, artan çevre kirliliği ve sürekli artan enerji ihtiyacı gibi sorunlar dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin bir yönelim ortaya çıkarmıştır (Külekçi, 2009:83).

Bu bölümde ilk olarak enerji ve enerji kaynakları ile ilgili bilgiler verilecektir. Ayrıca bu kaynakların tüketim boyutlarına ilişkin betimleyici istatistikler yardımıyla mevcut durum ortaya konulmaya çalışılacaktır. Bölümün devamında enerji verimliliği konusunun yanı sıra enerji politikaları ve enerji ekonomik büyüme ilişkisi gibi konulara da yer verilecektir.

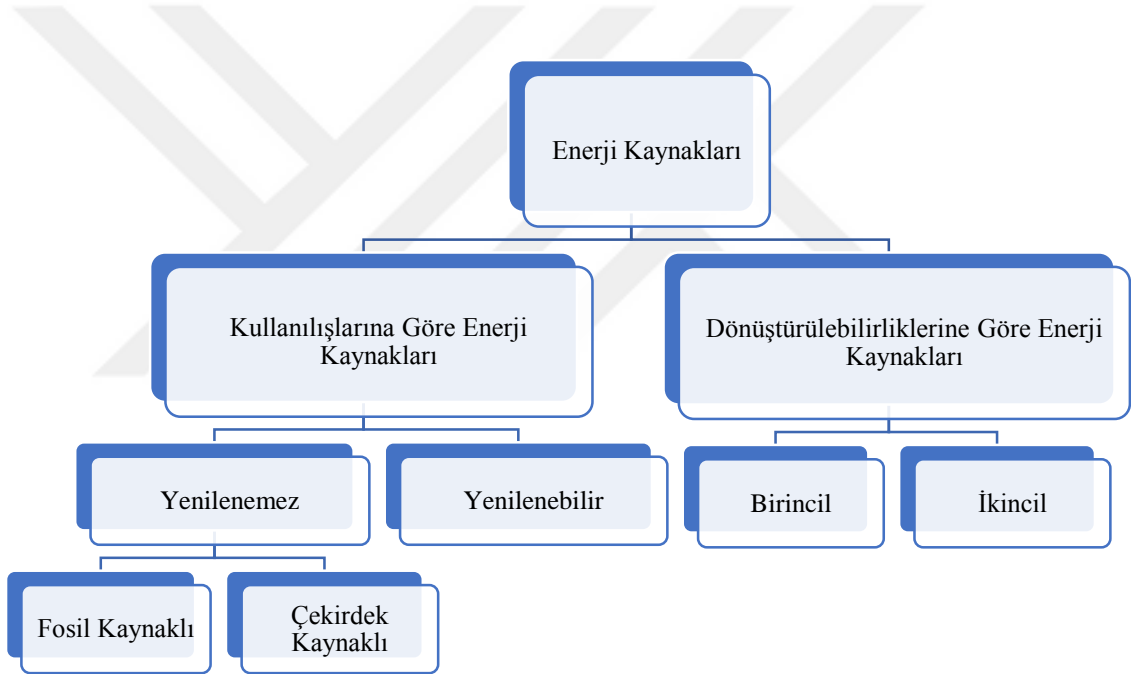
#### 2.1. Enerji Kavramı

Ülkelerin kalkınmışlık düzeyleri için önemli bir gösterge olan enerji unsuru, ekonomik gelişme ve uluslararası rekabet gücünün sürdürülebilirliği gibi konularda vazgeçilmez bir konuma yerleşmiştir (Aktaş ve Alioğlu, 2012:282). Ekonomik faaliyetlerin gerçekleşebilmesi için temel bir güç olan enerji, günümüzde üretim sürecine dahil olan bir üretim faktörü ve ticarete konu olan bir tüketim malı olma özelliği göstermektedir (Yapraklı, 2013:12).

Hayatın her alanında önemli bir ihtiyaç haline gelen enerjinin çevreyi tehdit etmemesi ve yeterli seviyede erişiminin sağlanması oldukça önemlidir (Çukurçayır ve Sağır, 2008:257). Sanayi devrimiyle beraber enerji ihtiyacı giderek artmış, sonrasında ortaya çıkan teknolojik gelişmeler ve nüfus artışları bu ihtiyacın şiddetinin katlanarak artmasına neden olmuştur (Koç ve Şenel, 2013:33). Ülke ekonomileri için önemli bir unsur haline gelen enerjiye ulaşımın ucuz ve istikrarlı olması daha rekabetçi ve modern ekonomilerin gelişimleri için gerekli bir durum haline gelmiştir (Tutak ve Brondy, 2022:344).

## 2.2. Enerji Kaynaklarına Genel Bir Bakış

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Bunlar kullanılışlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları şeklindedir. Kullanılışlarına göre enerji kaynakları sınıflandırması yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları şeklinde iki kısımda ele alınırken, dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ele alınmaktadır. Ayrıca kullanılışlarına göre enerji kaynakları sınıflandırmasında yer alan yenilenemez enerji kaynakları ise fosil kaynaklı ve çekirdek kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Koç ve Kaya, 2015:37). Bu bağlamda enerji kaynaklarının sınıflandırılmasına Şekil 2.1’de yer verilmiştir.

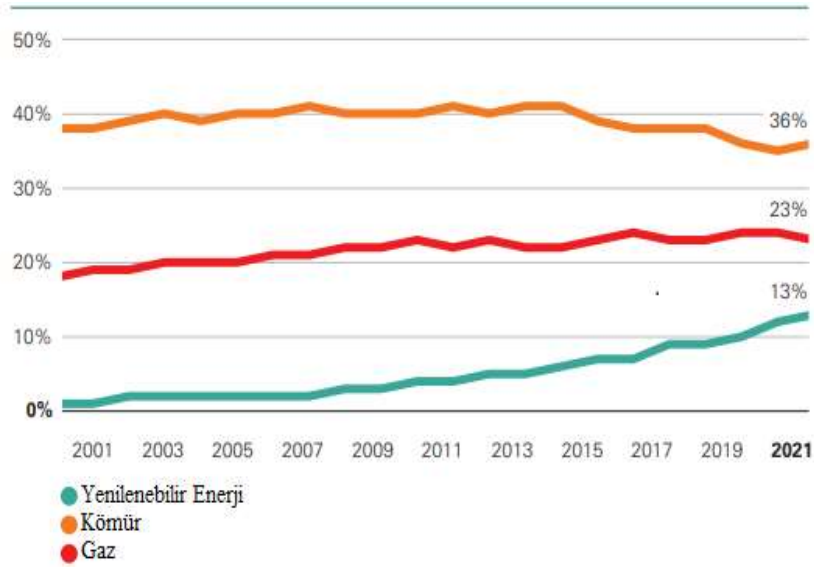


Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

**Kaynak:** Koç ve Şenel, 2013:33

Enerjinin bir dönüşüm veya değişim geçirmeden kullanılabilirdiği durumu birincil enerji kaynakları ifade ederken, birincil enerji kaynaklarının dönüşümünden elde edilen enerji kaynağını ise ikincil enerji kaynakları kavramı ile ifade edilmektedir. Birincil enerji kaynakları için petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgâr sayılabilirken elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı gibi kaynaklar ise ikincil enerji kaynakları arasında sayılmaktadır. Yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları ayrımı için tükenebilirlik

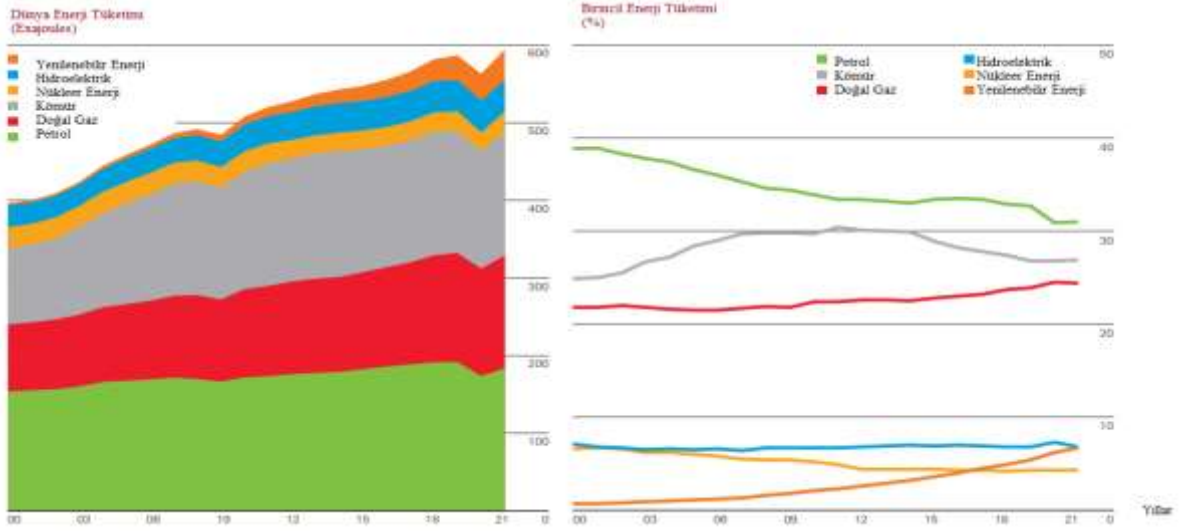
ölçütü dikkate alınmakta ve sırasıyla kullanımı sonrası tükenen ve kullanım sonrası tükenmeyen şekilde açıklanmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları içerisinde kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklı olanlar yer alırken uranyum ve toryum ise çekirdek kaynaklı enerji kaynakları arasında yer almaktadır (Koç ve Şenel, 2013:33).



Şekil 2.2. Enerji Kaynaklarının Dünya Enerji Üretimindeki Payı

Kaynak: BP,2022

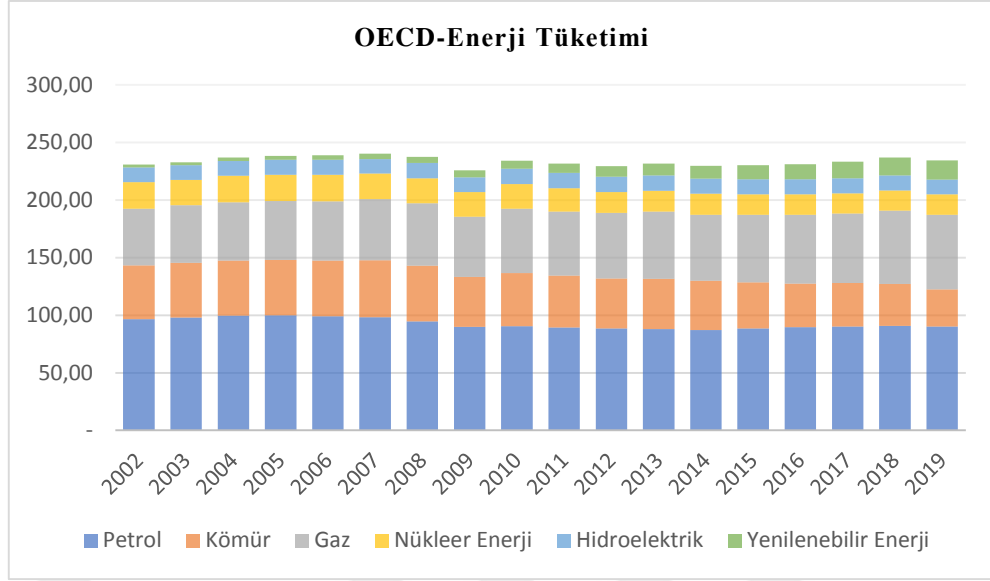
Şekil 2.2’de Dünya genelindeki enerji üretiminin yıllar içerisindeki değişimlerinin enerji kaynaklarına göre dağılımı gösterilmektedir. Enerji üretiminde kömürün payı 2015 yılına kadar yatay bir seyir izlerken, ilgili yıldan sonra düşüş trendine girmiştir. Enerji üretiminde doğal gazın payı incelenen dönem boyunca yatay bir seyir izlemektedir. Buna karşın enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2007 yılından sonra önemli artışlar göstermiştir. 2021 yılına gelindiğinde dünya enerji üretiminin %13’ünün yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlandığı görülmektedir. BP 2022 Raporu’nda da belirtildiği üzere incelenen son iki yılda yenilenebilir enerji kaynakları, kömür ve doğal gaz arzındaki toplam artıştan daha fazla büyümüştür. Bu durumun 1997 yılında imzalanarak 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü dolayısıyla ortaya çıktığı düşünülmektedir. İklim değişiklikleri ile mücadele kapsamında yenilenebilir enerji tüketiminin artırılmasına yönelik hedeflerin gerçekleştirilmesi için ülkelerin izlediği politikalar, Kyoto Protokolü’ne taraf ülkelerin sayısındaki artışlar ve çevre konusundaki toplumsal farkındalığın artması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik olumlu gelişmelerin yaşanmasına neden olmaktadır.



**Şekil 2.3.** Dünya Enerji Tüketiminin Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı

**Kaynak:** BP,2022

Enerji tüketiminin Dünya genelinde farklı enerji kaynaklarına göre dağılımı Şekil 2.3 yardımıyla izlenebilmektedir. İlgili şeklin sol panelinde Dünya enerji tüketiminde 2000-2021 yılları arasında enerji kaynaklarının tüketim miktarları exajoule birim cinsinden verilmiştir. En yüksek tüketim miktarlarının sırasıyla petrol, kömür ve doğal gaz olduğu ve bu tüketimlerin diğer enerji kaynaklarına nispeten daha yoğun şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Bu kaynakların ardından hidroelektrik ve nükleer enerji kaynaklarının tüketim miktarlarının incelenen dönemde belirgin değişimler yaşamadan devam ettiği görülmektedir. Ayrıca incelenen dönemde yenilenebilir enerji tüketim miktarında önemli artışların olduğu izlenmektedir. Şeklin sağ panelinde ise Dünya genelinde birincil enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre oransal dağılımlarına yer verilmiştir. 2000-2021 yılları arasında enerji tüketiminde kullanılan kaynağa göre meydana gelen değişimler dikkate alındığında petrol ve kömür kalemlerinde ortaya çıkan dalgalanmalar dikkat çekmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen oransal artışlar da dikkat çeken bir diğer husustur. Ayrıca hidroelektrik, doğal gaz ve nükleer enerji kaynaklarının tüketimlerinde incelenen yıllarda ortaya çıkan değişimler nispeten daha durağan bir seyir izlemektedir.



**Şekil 2.4.** OECD Ülkeleri Enerji Tüketim Miktarlarının Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı

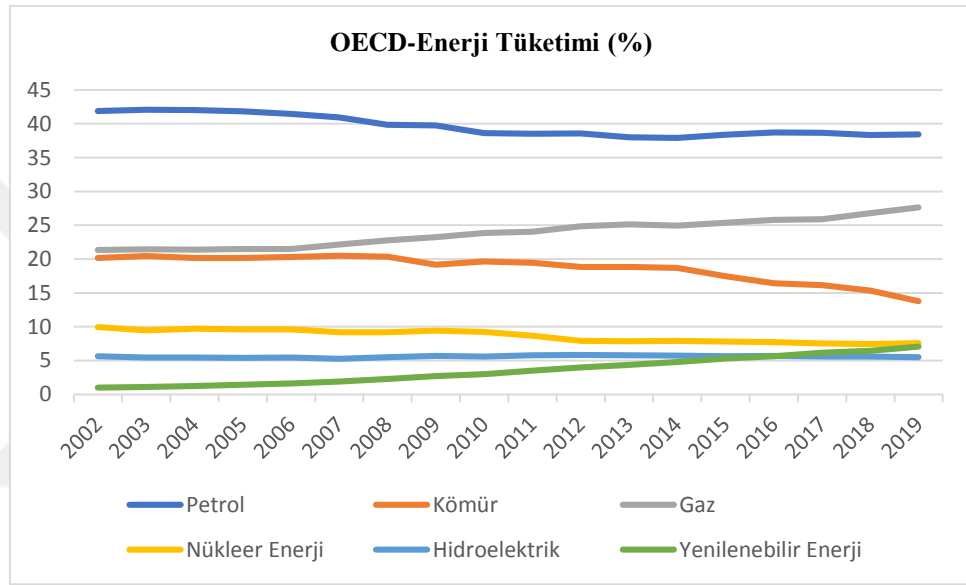
**Kaynak:** BP, 2021

OECD ülkelerinin exajoule birim cinsinden enerji tüketim miktarlarının 2002-2019 yıllarını kapsayan dönemdeki değişimleri ve enerji kaynaklarına göre dağılımları Şekil 2.4'te yer almaktadır. Genel itibariyle incelenen dönemde toplam enerji tüketimi açısından OECD ülkelerinin tüketimlerinde belirgin artışların olmadığı görülmektedir. Bu tüketimlerin yıllar itibariyle enerji kaynaklarına dağılımları incelendiğinde ise petrol ve kömür tüketimlerinin yanı sıra nükleer enerji tüketiminde de küçük boyutlarda azalmalar meydana gelmiştir. Buna karşın yenilenebilir enerji tüketimi ve gaz tüketimlerinde ise 2002 yılından 2019 yılına gelindiğinde artışların olmuş olduğu anlaşılmaktadır. Grafik incelendiğinde incelenen dönem sonunda, özellikle yenilenebilir enerji tüketimi açısından belirgin şekilde miktar artışlarının olduğu dikkat çekmektedir.

Şekil 2.5'te ise OECD ülkelerinin birincil enerji tüketimleri içerisinde enerji kaynaklarının yüzdelik olarak paylarının incelenen dönemdeki değişimleri gösterilmektedir. Toplam enerji tüketimindeki enerji kaynaklarının yüzde dağılımları dikkate alındığında enerji kaynak kalemlerinde yıllar içerisinde oluşan değişimler daha belirgin şekilde gözlenebilmektedir. Şekil 2.5 incelendiğinde kömür, petrol ve nükleer enerji kaynak kullanımındaki yıllara göre aşağı yönlü hareket dikkat çekmektedir. 2002 yılı itibariyle petrol, kömür ve nükleer enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içindeki payları yaklaşık olarak sırasıyla %42, %20 ve %10 şeklinde gerçekleşmişken 2019 yılına gelindiğinde ise tüketim miktarları azalarak sırasıyla yaklaşık %38, %14 ve



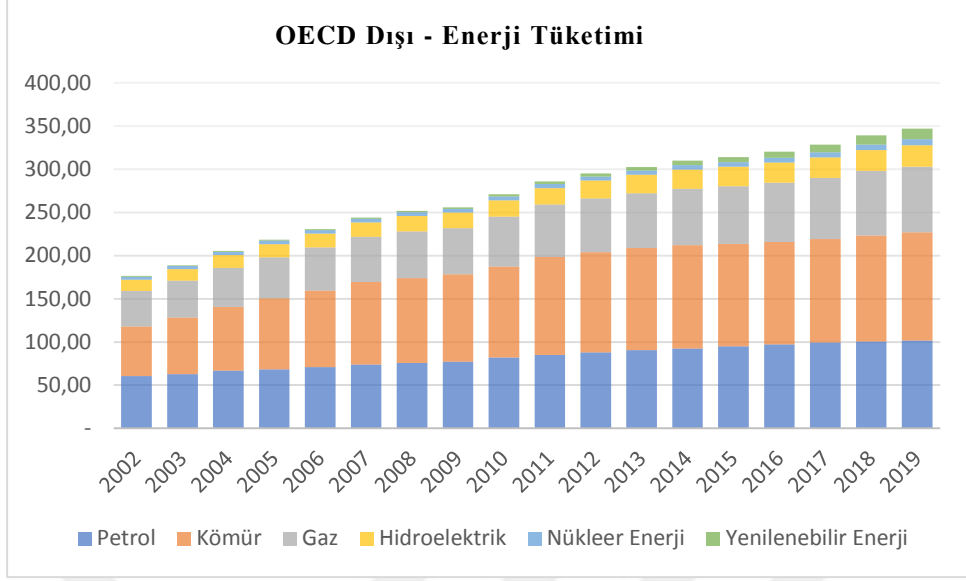
%7 şeklinde gerçekleşmiştir. Hidroelektrik kaynak kullanımının toplam enerji tüketimi içerisindeki payı dönem boyunca yaklaşık %5 seviyesinde istikrarlı bir seyir izlemektedir. Bunlara ek olarak toplam tüketim miktarı içindeki payı artan enerji kaynağı kalemleri ise gaz ve yenilenebilir enerji olarak ön plana çıkmaktadır. Gaz ve yenilenebilir enerji kullanımı toplam enerji tüketimi içerisinde 2002 yılı itibariyle yaklaşık olarak sırasıyla %21 ve %1 oranlarında pay alırken 2019 yılında sırasıyla yaklaşık %28 ve %7 oranlarında pay almaktadır. Bu bağlamda OECD ülkelerinin enerji tüketim kompozisyonlarının incelenen dönemde gaz ve yenilenebilir enerji kaynakları lehine değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 2.5. Enerji Kaynaklarının OECD Ülkelerinin Enerji Tüketimindeki Payları

Kaynak: BP, 2021

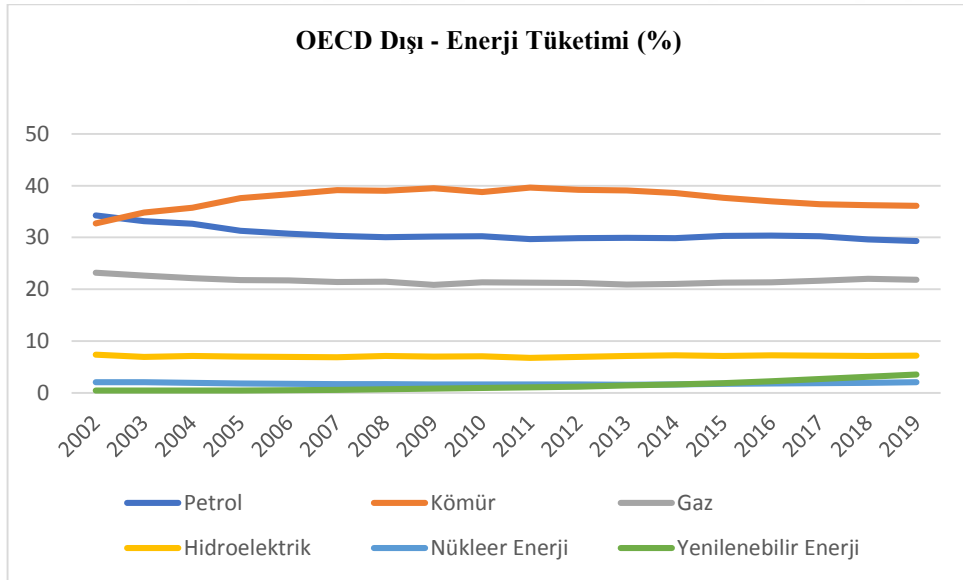
OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji tüketim miktarlarının enerji kaynak kullanımına göre nasıl şekillendiği Şekil 2.6 yardımıyla görülebilmektedir. 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem itibariyle OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji tüketim miktarları giderek artmıştır. Bu değişimin toplam enerji tüketimi içerisinde özellikle petrol, kömür ve gaz gibi enerji kaynaklarındaki artıştan kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca benzer şekilde diğer kaynaklara nispeten daha küçük miktarlarda artmış olsa da hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynak kullanımının da arttığı görülmektedir.



**Şekil 2.6.** OECD Üyesi Olmayan ülkelerin Enerji Tüketim Miktarlarının Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı

**Kaynak:** BP, 2021

OECD üyesi olmayan ülkelerin 2002-2019 yıllarını kapsayan dönemde enerji tüketimlerinde meydana gelen değişimin enerji kaynakları açısından oransal olarak görülebilmesi için Şekil 2.7 verilmiştir.

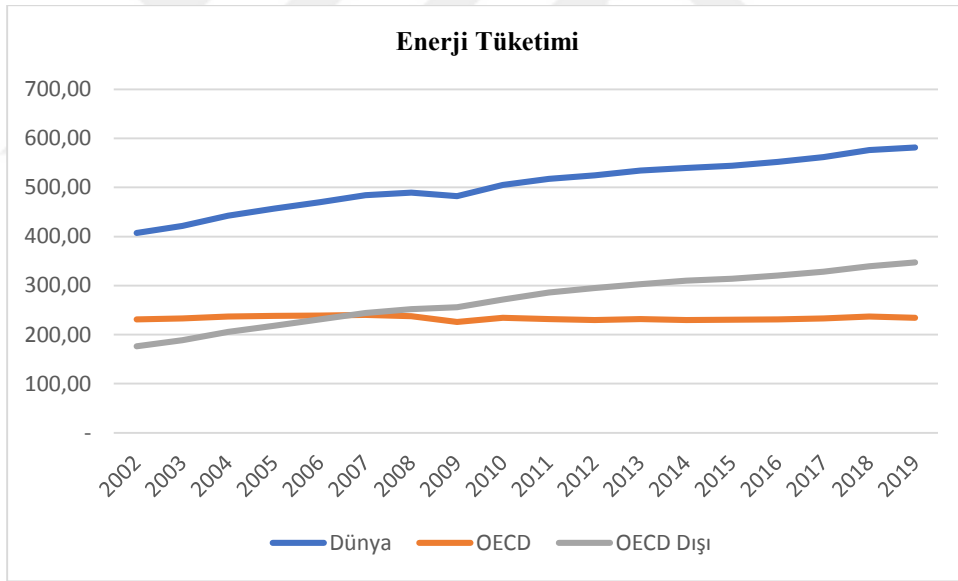


**Şekil 2.7.** Enerji Kaynaklarının OECD Üyesi Olmayan Ülkelerinin Enerji Tüketimindeki Payları

**Kaynak:** BP, 2021

Şekil 2.7 incelendiğinde OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji tüketimlerini büyük oranda petrol, kömür ve gaz gibi fosil kaynaklı enerji kaynaklarından

gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca hidroelektrik, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kaynaklarının kullanımının diğer kaynaklara göre oldukça düşük oranlarda kaldığı gözlemlenmektedir. Genel itibariyle OECD üyesi olmayan ülkelerin enerji tüketimleri içerisinde incelenen dönemin ilk yıllarında petrolün payının azaldığı, kömürün payının ise artış gösterdiğinin yanı sıra sonrasındaki yıllarda önemli bir değişikliğin olmadığı görülmektedir. Gaz, hidroelektrik, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ise toplam enerji tüketimi içerisindeki oranları incelenen dönemde yatay bir seyir izlemektedir. 2002 yılında petrolün payı yaklaşık olarak %34 iken 2019 yılında %29 seviyelerine gerilemiştir. Kömür için ise durum dönem başında yaklaşık olarak %32 iken 2019'da %36 seviyelerine yükselmiştir. Diğer enerji kaynaklarından gaz kullanımı yaklaşık olarak %23'ten %21'e gerilemiş ve yenilenebilir enerji kullanımı ise yaklaşık olarak %0,4'ten %3,5'e yükselmiştir. Toplam enerji tüketimi içerisinde oransal olarak hidroelektrik ve nükleer enerji kaynaklarının kullanımına bakıldığında dönem boyunca yaklaşık olarak sırasıyla %7 ve %2 dolaylarında seyrettiği görülmektedir.

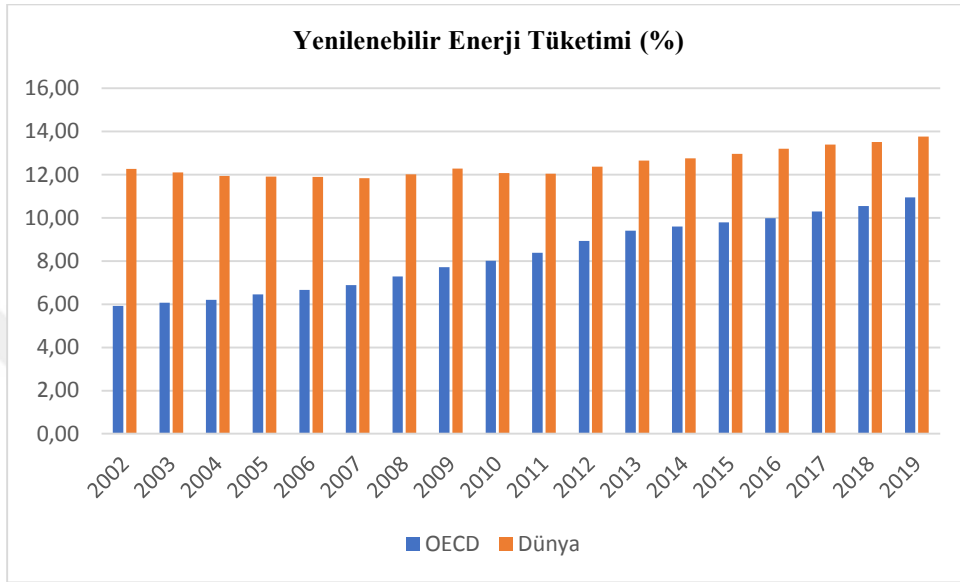


**Şekil 2.8.** Enerji Tüketimi Miktarlarında Oluşan Değişimler

**Kaynak:** BP, 2021

Şekil 2.8'de enerji tüketim miktarlarında meydana gelen değişimler 2002-2019 yılları için gösterilmektedir. Bu değişimler Dünya, OECD ve OECD üyesi olmayan ülkeler (OECD Dışı) için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Enerji tüketim miktarındaki değişimlerin Dünya ve OECD üyesi olmayan ülkeler için ele alındığında incelenen dönemde yukarı yönlü meydana geldiği görülmektedir. Enerji tüketiminde Dünya için

meydana gelen artışlar OECD üyesi olmayan ülkelerde de benzer şekilde gerçekleşmiştir. Dünya genelinde enerji tüketim düzeyinde incelenen dönem boyunca meydana gelen artışların 2008 yılı küresel finans krizi sonrasında bir kırılma yaşadığı ve sonrasında yukarı yönde hareketini devam ettirdiği dikkat çekmektedir. OECD üyesi ülkeler için ise incelenen dönemde enerji tüketim düzeyi yatay bir seyir izlemektedir.

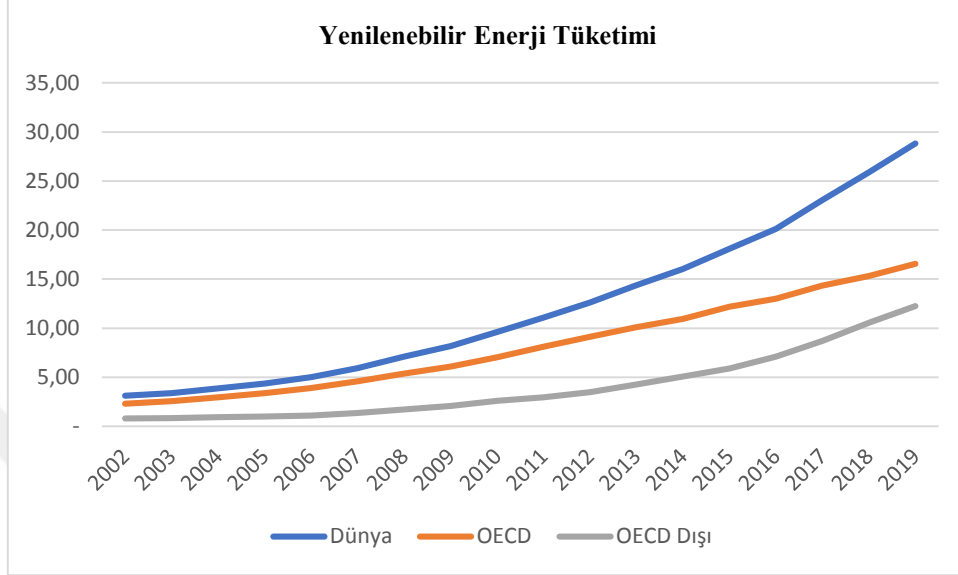


**Şekil 2.9.** Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Toplam Enerji Tüketimi İçindeki Payı (%)

**Kaynak:** OECD,2022

Dünya ve OECD ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketiminden aldığı payın 2002-2019 yıllarını kapsayan dönemdeki değişimleri Şekil 2.9'da yer almaktadır. İncelenen dönemde OECD ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki payının istikrarlı bir şekilde arttığı gözlenmektedir. OECD ülkeleri yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payı 2002 yılında %6 civarındayken 2019 yılına gelindiğinde ilgili oranın artarak yaklaşık olarak %11 düzeylerinde gerçekleştiği görülmektedir. Dünya genelinde ise yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki oranının 2011 yılına kadar %12 düzeyinde stabil olduğu ve sonrasında artmaya başlayarak 2019 yılında yaklaşık olarak %14 düzeylerine geldiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimindeki oransal artışlar, özellikle OECD ülkeleri için sera gazı emisyonlarının küresel ölçekte artarak oluşturduğu iklim değişikliği ve hava kirliliği konusundaki önleyici faaliyet ve tedbirlerin gerçekleşme eğiliminden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca incelenen dönemde 2010 yılında Şili, Estonya, Slovenya ve

İsrail 2016 yılında Letonya, 2018 yılında ise Litvanya gibi ülkeler OECD'ye üye olmuş ve örgüt genişlemiştir. Üye sayısında meydana gelen artışlar da OECD ülkelerinin enerji tüketimlerinin enerji kaynaklarına dağılımlarını etkilemektedir.



Şekil 2.10. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi Miktarlarında Oluşan Değişimler

**Kaynak:** BP, 2021

Yenilenebilir enerji tüketiminin 2002-2019 yıllarını kapsayan dönemdeki değişimleri exajoule birim cinsinden Şekil 2.10'da OECD ve OECD üyesi olmayan ülkeler (OECD Dışı) için gösterilmiştir. Dünya genelindeki değişimlerinde yer aldığı şekilde, genel itibariyle yenilenebilir enerji tüketimi miktarının bir artış trendinin olduğu gözlenmektedir. OECD ülkeleri tarafından OECD üyesi olmayan ülkelere göre yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji tüketimi noktasında daha yüksek miktarlarda kullanıldığı elde edilen çıkarımlar arasındadır. Ayrıca, OECD ülkelerinin bu yöneliminin Dünya genelindeki yenilenebilir enerji kaynak kullanımını açısından benzer şekilde gerçekleşmiş olduğu ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak özetlemek gerekirse, tüm dünyada incelenen dönemde enerji tüketiminde artışların olduğu ve enerji tüketiminin kullanılan enerji kaynağına göre dağılımlarında da önemli değişikliklerin olduğu ortaya çıkmaktadır. Enerji üretim ve tüketim miktarları dikkate alındığında dünya geneli verilerine göre petrol ve kömürün paylarının arttığı tespit edilmiştir. Petrol ve kömürdeki artışlara göre daha düşük seviyelerde artışlar gaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminde yaşandığı gözlenmiştir. Ayrıca incelenen dönemde dünyada nükleer enerji kaynakları kullanımı

görece azalırken hidroelektrik kaynaklarının kullanımında dikkate değer değişiklikler olmamıştır (BP Raporu, 2022). OECD üyesi ülkelerin ve üye olmayan ülkelerin enerji tüketimleri incelendiğinde OECD üyesi ülkelerin incelenen yıllarda birincil enerji tüketim miktarlarında belirgin artışların olmadığı görülmektedir. OECD üyesi olmayan ülkeler de ise enerji tüketim miktarlarında artışların olmuş olması dikkat çekmektedir. OECD ülkelerinin petrol ve kömür gibi fosil kaynaklı enerji tüketimlerinde düşüşler izlenirken OECD üyesi olmayan ülkeler için ise bu kaynaklardan tüketimin arttığı izlenmektedir. OECD üyesi olmayan ülkelerde gaz tüketimi miktar olarak artarken toplam enerji tüketimi içerisindeki payında görece değişiklik olmamıştır. OECD ülkelerinde ise gaz tüketiminin ve toplam enerji tüketim içerisinde payının arttığı saptanmıştır. Hidroelektrik enerjisi tüketim miktarı ve toplam enerji tüketimi içerisindeki payı açısından hem OECD üyesi hem de OECD üyesi olmayan ülkeler için incelenen dönemde belirgin bir değişimin olmadığı elde edilen bulgular arasındadır. Nükleer enerji ve yenilenebilir enerji tüketim seviyeleri OECD üyesi olmayan ülkeler için çok düşük seviyelerdedir. Nükleer enerji tüketiminde OECD ülkeleri ile üye olmayan ülkeler için dünya genelinde olduğu gibi incelenen dönemde düşüşler tespit edilmiştir (BP, 2021). Yenilenebilir enerji tüketiminin de ise OECD üyesi ülkeler için incelenen dönem sonuna gelindiğinde hem tüketim miktarı açısından hem de toplam enerji tüketimi içindeki pay açısından belirgin artışların olduğu görülmektedir (OECD, 2022).

Dünya üzerindeki enerji kaynaklarının dağılımı bölgelere göre farklılık göstermektedir. Ortadoğu ülkeleri petrol ve doğal gaz gibi enerji kaynakları bakımından diğer ülkelere göre avantajlı ve zengin rezervlere sahiptir. Enerji tüketimi nüfus ve gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılıdır. Bu bağlamda düşük nüfuslu ve sanayileşmemiş ülkeler sahip oldukları enerji kaynaklarının büyük bir bölümünü ihraç etmektedir. AB ülkeleri, ABD, Çin, Rusya, Japonya ve Hindistan gibi ülkeler ekonomik büyüme ve gelişme süreçlerini devam ettirebilmek için bu kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. Buna bağlı olarak dünya üzerindeki enerji kaynaklarının ve enerji kaynak rezervlerinin olduğu bölgelerin önemi artmaktadır (Öztürkler, 2009:77-79). Dünyada enerji ihtiyacının büyük bir bölümü petrol, doğal gaz ve kömür gibi enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Dünyada yaşanan petrol krizleri sonrası enerji arz güvenliği konusu gündeme gelmiş ve fosil kaynakların çevre kirliliğine neden olması sebebiyle birlikte yeni enerji kaynakları için arayışlar artmıştır (Yılmaz, 2012:34). OECD ülkelerinin gelişmişlik düzeyi ve ülke

grubundaki toplam nüfus gibi etkenlerin yanı sıra ihtiyaç duyulan enerji kaynaklarının arz güvenliği ile ilgili sorunlar dikkate alındığında enerji tüketimi ve bu tüketimin enerji kaynaklarına dağılımı ile ilgili çıkarımlar temellendirilebilmektedir. Dolayısıyla incelenen dönemde OECD ülkelerinin enerji tüketimindeki artışlar ve enerji tüketimlerinin enerji kaynaklarına göre dağılımlarındaki değişimler, sanayileşmiş ülkelerin ekonomik büyüme ve gelişim süreçlerini devam ettirme çabaları olarak görülmektedir. Ayrıca OECD ülkelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru olan tüketim eğilimleri çevre kirliliği ve enerji arz güvenliği konusundaki tedbirler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

### **2.3. Enerji Verimliliği ve Politikaları**

Yaşanan teknolojik ilerlemeler, sanayileşme ve artan nüfus beraberinde enerji tüketiminin yüksek boyutlara ulaşmasını sağlamaktadır. Ülkelerin nüfus ve ekonomik kalkınmışlık düzeyleri enerji tüketimlerinin artan birer fonksiyonudur (Öztürkler, 2009:79). Artan enerji tüketiminin karşılanabilmesinin bir sonucu olarak enerji kaynaklarına olan talep artmış ve enerjinin daha verimli kullanılması konusunu gündeme getirmiştir (Doğan ve Yılankıran, 2015:376). Enerji kaynaklarının kullanımında ortaya çıkan kayıpların azaltılması ve atıkların yeniden değerlendirilmesiyle üretime geri kazandırılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra yeni teknolojilerin kullanılması yolu ile mevcut üretim seviyesini ve sosyal refahı azaltmadan enerji tüketiminin azaltılabilmesi enerji verimliliği olarak tanımlanabilmektedir (Saatçioğlu ve Küçükaksoy, 2004:9).

Enerji üretim ve tüketim süreçlerinin çoğunlukla fosil yakıtlara dayalı şekilde sağlanması ve dünya ölçeğinde enerji talebinin giderek artış göstermesi enerji kaynaklarının ekonomik ve çevresel açıdan sürdürülebilirliklerinin sorgulanmasına neden olmuştur. Bu bağlamda yenilenebilir kaynaklara dayalı enerjinin üretilerek arzının artırılabilmesi ve mevcut enerji kaynaklarının da daha verimli kullanılabilmesi şeklinde iki husus ön plana çıkmıştır. Dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması ve bu kaynaklara dayalı enerji tüketiminin ortaya çıkardığı çevresel kirlilik sürdürülebilir enerji verimliliği politikaları açısından oldukça önemli konulardır. Bu konulara ek olarak enerjide dışa bağımlılık sorunuyla beraber sürdürülebilir enerji verimliliği politikaları için önemli bir çözüm yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesidir (Altun, 2018:94-95). Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çabalar, enerji tasarruflarını artırarak iklim değişikliklerini azaltıcı bir stratejiyi ortaya koymaktadır. Enerji verimliliğinin

düşük olması yüksek çevresel ve ekonomik maliyetleri de beraberinde getirmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması ve azaltılan emisyonlarla beraber sürdürülebilir kalkınmanın önünün açılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir alternatif olarak ortaya çıktığını görebilmek gerekmektedir (Naimoğlu ve Akal, 2021:4-5).

Enerji tüketiminin artmasıyla ortaya çıkan çevre kirliliğiyle mücadele sorunu, enerji kaynaklarının kıtlığından kaynaklı arz yanlı sorunlar, ülkelerin enerji bağımlılıklarını düşürecek verimlilik artışlarının sağlanabilmesi gibi problemler temelde çözülmesi gereken olgular olarak ortaya çıkmaktadır. Çevre kirliliğinin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılabilmesi için ülkeler çeşitli politika araçlarından faydalanabilmektedir. Enerji verimliliğinin artırılarak etkinliğin sağlanabilmesi için politika yapıcılar tarafından uygulanan piyasa müdahalelerinin başında vergiler gelmektedir. Bu bağlamda çevre kirliliğinin ve enerji yoğunluğunun düşürülmesi hedeflerine çevre ve enerji koruma politikaları çerçevesinde ulaşılmak istenmektedir (Aytaç, 2011:393). Enerji tüketimine yönelik vergiler enerji tasarruflarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca bazı ülkelerde uygulanan karbon vergisinin çevre kirliliğini azalttığı ve enerji verimliliğini arttırdığı tespit edilmiştir (Naimoğlu ve Akal, 2021:7).

Yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması ve verimliliğin sağlanabilmesi için uygulanan politikalardan bir diğeri yenilenebilir enerji için uygulanan teşvik ve desteklerdir. Diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuz ve temiz olmasının yanı sıra kıt olmayan kaynaklardan üretilmesi açısından yenilenebilir enerji kaynakları çevre ve ekonomi için oldukça önemlidir. Bu alanda uygulanan teşvik ve destekler yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak üretim yapabilen teknolojilerin benimsenmesine yardımcı olmaktadır. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji tüketiminin artması hükümetler tarafından uygulanan sübvansiyonlardan kaynaklanmaktadır (Ulusoy ve Bayraktar Daştan, 2018:125). Uygulanan teşvik ve destekler enerji kaynakları içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının rekabet gücünü arttırmaktadır. Ayrıca birçok ülkede yenilenebilir enerji kaynakları diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilir hale gelmiştir (Bhattacharya vd., 2016:734).

Enerji tüketimindeki artışlar sonucunda oluşan iklim değişikliği ile küresel çapta mücadele kapsamında uluslararası çalışmalar ve stratejiler ortaya koyulmuştur. Bunlardan en önemlisi Kyoto Protokolü ve Paris İklim Antlaşması'dır.



### 2.3.1.Kyoto Protokolü

Enerji tüketimi ve üretiminde önemli düzeyde emisyon ortaya çıkmaktadır. Özellikle fosil yakıt tüketimi sera gazlarının yanı sıra çeşitli zehirli gazlarında açığa çıkmasını sağlayarak çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Yaşanan iklim değişiklikleri açısından bu durum önemli bir sebep olarak görülmektedir. Ortaya çıkan emisyonların ve dolayısıyla iklim değişikliklerinin etkilerini azaltma ve sınırlandırmanın en etkin ve ekonomik yolu enerji verimliliğini sürdürülebilir noktaya taşımaktır. Sürdürülebilir enerji verimliliği enerji tüketimini azaltırken refah seviyesini de arttıran düşük karbon emisyon seviyeleri ile mümkün olmaktadır (Duman Altan ve Sağbaş, 2020:19).

1994 yılında yürürlüğe giren İklim Değişikliği ve Çerçeve Sözleşmesi 1992 yılında Rio'da yapılan dünya zirvesinde kabul edilmiştir. Bu sözleşmeye taraf olan ülkeler sera gazı emisyonlarının 1990 yılı seviyelerine indirmeyi ve alınacak önlemlere ilişkin program geliştirmeyi taahhüt etmişlerdir. Ayrıca sözleşmeye göre gelişmekte olan ülkelere yönelik teknolojik ve mali desteklerin verilmesi planlanmıştır (Özmen, 2009: 45). Bu çerçeve sözleşme kapsamında 1997 yılında ortaya koyulan Kyoto Protokolü tarafların 1990 yılı emisyon oranlarının %5'i kadar düşüş sağlamaları yükümlülüğünü getirmiştir (Demir, 2006:245). Gelişmiş ülkelere yönelik yükümlülükler getiren Kyoto Protokolü, gelişmekte olan ülkeler için ise iklim değişikliklerinin etkilerini en aza indirme çalışmalarını düşük maliyetlerle gerçekleştirebilmeleri için esneklikler tanıyarak ulusal sınırların dışına çıkabilme izni vermektedir (Türkeş vd., 2000 :86). Kyoto Protokolü 2005 yılında OECD'ye üye ülkeler tarafından (ABD ve Avustralya hariç) imzalanmış ve 2009 yılı itibariyle 192 ülke bu protokolü imzalayarak iklim değişikliği konusunun ortak bir sorun olduğunu kabul etmişlerdir (Bayraç, 2010:241-242).

Kyoto Protokolü kapsamında tarafların 1990 yılı emisyon oranlarının %5'i kadar düşüş sağlamaları yükümlülüğü protokolün birinci taahhüt dönemi olan 2008-2012 yılları için geçerli olmuştur. Daha sonra protokolün ikinci taahhüt dönemi ise 2013-2020 yıllarını kapsayan dönem olarak belirlenmiştir. Buna göre 2020 yılına kadar tarafların emisyonlarını 1990 yılı emisyon oranlarına göre %18 azaltması kararlaştırılmıştır. Kyoto Protokolü'ne getirilen bu değişiklik (Doha Değişikliği) 144 ülke tarafından kabul edilmesi gerekirken 2019 yılı itibariyle 135 ülke tarafından kabul edilmiş ancak yürürlüğe girmemiştir. Doha Değişikliği ile başlayan ikinci taahhüt döneminde ABD, Japonya,

Rusya ve Yeni Zelanda yer almamışlardır. Bu gelişmelerle iklim değişikliği ile mücadele konusu, AB ile bazı küçük sanayileşmiş ülkelerin emisyon azaltım taahhütlerine bırakılmıştır (<https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu>, 01.12.2022).

### **2.3.2. Paris Anlaşması**

Aralık 2015'te Paris'te gerçekleştirilen 21. Taraflar Konferansı'nda küresel iklim değişikliği ile ilgili yeni bir anlaşma müzakere edilmiş ve Paris Anlaşması ortaya çıkmıştır. Kyoto Protokolü'nün ikinci taahhüt döneminin 2020 yılında sona ermesiyle ihtiyaç duyulan yeni iklim rejiminin belirlenmesi için ülkelerin ortaya koydukları taahhütlerine dayanan yeni bir dönem olarak bu anlaşma ortaya koyulmuştur. Diğer iklim değişikliği mücadele programlarına nazaran daha az bağlayıcılığı olan bu anlaşma aynı zamanda emisyonların düşürülmesinde gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasında bir ayırım yapmamaktadır (Öztürk ve Öztürk, 2019:536).

21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ve Çerçeve Sözleşmesi kapsamındaki Paris Anlaşması, dünyadaki sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 ülkenin anlaşmayı imzalaması şartının sağlanmasıyla birlikte 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye bu anlaşmayı 175 ülke temsilcisiyle birlikte yüksek katılımlı bir şekilde New York'ta imzalanmıştır. Bu anlaşma ile iklim değişikliği tehlikesine karşı sosyoekonomik anlamda küresel bir dayanıklılık ortaya koyabilme amaçlanmıştır. Ayrıca Paris Anlaşması'yla uzun dönemde küresel sıcaklık artışının 2°C'nin altında tutulabilmesi hedeflenmektedir. Bu hedefin gerçekleşebilmesi için fosil yakıt (petrol, kömür) kullanımının azaltılması ve yenilenebilir enerjiye kaynaklarının kullanımının artırılması gerekmektedir. Ayrıca anlaşmaya göre iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan olumsuzlukların etkilerini ortadan kaldırabilmek ve ülkelerin uyum ve direnç kabiliyetlerinin artırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda gelişmekte olan ülkelere ihtiyaçları dikkate alınarak finansman, teknoloji transferi ve kapasite geliştirme imkanları sağlanması öngörülmektedir (<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi>, 01.12.2022).

### **2.4. Enerji ve Büyüme İlişkisi**

Sanayileşmenin giderek artış gösterdiği günümüz dünyasında nüfus artışlarının da etkisiyle beraber enerji tüketimi artmakta ve paralelinde de çevreye verilen zarar artmaktadır. Artan enerji tüketiminin bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirliliği ile

mücadele etmek için çeşitli enerji koruma politikaları uygulanmaktadır. Bu bağlamda ülkeler sera gazı emisyonlarını düşürmeyi hedeflerken enerji tüketiminin azaltılması konusunda piyasalara yönlendirmelerde bulunurlar. Bu noktada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin varlığı, ülkelerin uyguladığı enerji koruma politikalarının etkinliğinin bir belirleyicisi olacaktır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında görülen nedensellik, enerji tüketimini azaltıcı politikaların ekonomik büyüme üzerinde de etkili olacağı sonucunu doğuracaktır (Aytaç, 2010:483).

Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünün tespiti açısından oldukça önemlidir. Ayrıca çevre kirliliği ve küresel ısınmayla mücadele edilirken enerji üretim ve tüketiminde oluşacak azalmaların ekonomik büyüme üzerinde oluşturacağı etkiler ekonomi politikaları açısından da önem arz etmektedir (Şahinoğlu, 2019:38). Bu sebeple enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki birçok çalışmada açıklanmaya çalışılmıştır. Ancak bilgi, birikim ve kurumları göz ardı ederek büyümeyi sadece enerji arzının bir fonksiyonu olarak gören teoriler eksiktir. Enerjinin ekonomideki rolüne uyarlanan termodinamik yasaları, enerjiyi ekonominin tümünde üretim için gerekli vazgeçilmez bir unsur olarak görmektedir. Bu nedenle enerjinin ekonomik büyümedeki rolünü anlayabilmek için enerjinin üretimdeki rolü de anlaşılmalıdır (Stern, 2011:26).

Payne'ye (2009:127) göre ekonomik büyüme ve enerji arasındaki ilişki dört farklı hipotezle açıklanabilmektedir. Bunlar büyüme, koruma, geri besleme ve tarafsızlık hipotezleridir. Birincisi, enerji tüketiminin üretim sürecinde ekonomik büyümeye doğrudan katkıda bulunduğunu ileri süren büyüme hipotezidir. Bu durumda politika çıkarımları, enerji tüketimini azaltan enerji tasarrufu politikalarının çıktıyı azaltabileceği şeklindedir. Büyüme hipotezi, enerji tüketiminden reel çıktıya doğru tek yönlü nedenselliği savunmaktadır. İkinci olarak koruma hipotezi, enerji tüketimini ve israfı azaltmak için uygulanan enerji tasarrufu politikalarının çıktıyı azaltmayacağını öne sürmektedir. Böylelikle reel çıktıdan enerji tüketimine tek yönlü nedensellik ilişkisi söz konusu olmaktadır. Geri besleme hipotezi olan üçüncü ilişki ise enerji tüketiminin ve çıktının birbirine bağlı olduğunu ve birbirini tamamlayıcı olarak hareket ettiği şeklindedir. Enerji tüketimi ile reel çıktı arasındaki çift yönlü bir nedenselliğinin varlığı, geri besleme hipotezini doğrulamaktadır. Son olarak tarafsızlık hipotezi, enerji tüketimini çıktının üretiminde nispeten küçük bir faktör olarak görmekte ve bu durumda enerji

tasarrufu politikalarının reel çıktıyı olumsuz etkilemeyeceğini savunmaktadır. Enerji tüketimi ile reel çıktı arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı durum tarafsızlık hipotezini temsil etmektedir (Payne, 2009:127).



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### LİTERATÜR VE METODOLOJİ

Çalışmanın bu bölümünde TFV'ye ilişkin literatür taramasına yer verilecektir. Ayrıca bu bölümde çalışmanın metodolojisi veri seti ve yöntem başlığının altında yer almaktadır. Bu başlık altında çalışmada kullanılan veri seti ve değişkenler ilişkin bilgilere yer verilerek, çalışmanın analizlerinde test edilen modeller tanıtılmaktadır.

#### 3.1. Literatür Taraması

Toplam faktör verimliliği (TFV) literatürü Solow'un (1957) öncü çalışmasına dayanmaktadır. Genel itibariyle konuya ilişkin literatür incelendiğinde birçok çalışma TFV konusunda Solow (1957) çalışmasını öncü çalışma olarak işaret etse de esasen Tinbergen'in (1942) yaptığı çalışmanın TFV kavramını ilk olarak ortaya atan çalışma olduğu bilinmektedir. Sonraki yıllarda birçok çalışmada TFV'nin ekonomik büyüme ile ilişkisi, makro ekonomik değişkenlerin TFV üzerindeki etkileri, ülkelerin veya sektörlerin TFV'leri ve TFV'lerdeki değişimler çeşitli şekillerde ele alınmıştır. Bu bölümde literatürde yer alan çalışmaların kullandıkları yöntemler ve elde ettikleri sonuçlar dikkate alınarak özetlerine yer verilecektir.

Ozanne (2001), Asya ekonomilerinin (Endonezya, Malezya, Singapur, Güney Kore ve Tayland) ekonomik performansları ile TFV ilişkisini incelemiştir. Penn World Table'dan alınan TFV verileri yardımıyla faktör verimliliğinin belirleyicileri araştırılmıştır. 1973-1990 arasındaki dönem için ticari açıklık, kamu harcamaları ve beşerî sermaye ile TFV arasındaki ilişki panel veri analizi yardımıyla ele alınmıştır. Kamu harcamalarının TFV üzerinde pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir. Beşerî sermaye ile TFV arasında önemli bir etki saptanamasa da daha düşük ticari açıklığa sahip olmanın ülkelerin TFV'si üzerinde negatif bir etki yarattığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmada Pakistan'ın 8 ana sektörüne ait toplamda 113 alt sektör için 1980-1995 yıllarını kapsayan döneme ait verilerle Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla TFV tahmin edilmiştir. İhracat teşvik politikalarının uygulandığı tekstil sanayi sektöründe TFV'nin diğer sektörlerle göre düşük olması hesaplamalar sonucunda dikkat çeken bir nokta olmuştur. Dış ticaret verileri ve fiyat marjlarının TFV ile ilişkisi panel veri analizi yardımıyla ele alınmıştır. Ticaretin serbestleşmesi ile TFV arasındaki ilişkinin incelendiği

çalışmada ticari açıklığın TFV üzerinde etkili olmadığını ortaya koymuştur. Ticaretin serbestleşmesinin verimliliği arttırması, İş hacminin genişlemesini destekleyen hükümet politikaları ve kaynakların daha verimli sektörlere doğru yeniden tahsis edilmesi ile mümkün olacağı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada TFV'deki artışların incelenen sektörlerdeki maliyetleri düşürdüğü ve karları arttırarak pazar payının artmasına neden olduğu elde edilen bir diğer sonuçtur (Salam, 2004).

Higon (2004) Birleşik Krallık imalat sanayi alt sektörleri (8 alt sektör) için 1970-1998 yıllarını kapsayan dönemi dikkate alınarak TFV büyümesi hesaplamıştır. Ayrıca çalışmada TFV'nin belirleyicisi olarak Ar&Ge harcamaları ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmanın bir diğer bölümünde ise uluslararası verimlilik karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla TFV tahmin edilmiş ve metalik olmayan maden endüstrisi, kâğıt endüstrisi, ahşap endüstrisi ve ana metal endüstrisi gibi sektörlerde önemli TFV artışları saptanmıştır. İncelenen sektörlerdeki TFV ile Ar&Ge arasındaki ilişki panel veri analizi yardımıyla incelenmiştir. Analiz sonucuna göre Birleşik Krallık 8 alt sektörü için TFV ile Ar&Ge arasında pozitif ve güçlü bir uzun dönemli ilişki saptanmıştır. Ayrıca çalışmada ABD, Almanya, Fransa ve Japonya gibi ülkelerle İngiliz imalat endüstrisi verimliliği karşılaştırıldığında Birleşik Krallık'ın bu ülkelerin gerisinde olduğu elde edilen bir diğer sonuç olarak çalışmada yer almıştır.

Qian ve Smyth (2006), büyümenin sermaye, emek, eğitim ve verimlilik ile aralarındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışma 1990-2000 yıllarını kapsayan dönemde Çin'deki 27 bölge dikkate alınarak yapılmıştır. Ayrıca çalışmada TFV hesaplamalarında büyüme muhasebesi yöntemi kullanılmıştır. Beşerî sermaye ve fiziksel sermaye stoğu incelenen bölgelerin ekonomik büyümeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu çalışmada elde edilen bulgular arasındadır. İncelenen yıllardaki hasıla artışlarının %22'sinin TFV'deki artışlardan oluştuğu vurgulanmıştır.

Kim vd. (2009) çalışmalarında dış ticaret ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi TFV çerçevesinde ele almışlardır. Çalışmada Güney Kore için 1980-2003 yıllarını kapsayan dönem incelenmiştir. İthalatın TFV üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu saptanmış ancak ihracat ile TFV arasında bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. İthalatın TFV üzerindeki olumlu etkisinin sadece tüketim malı ithalatından değil sermaye malı ithalatından da kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca gelişmiş ülkelerden yapılan ithalatla birlikte sağlanan teknoloji transferinin TFV üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Uçak ve Arısoy (2011) çalışmalarında Türkiye ekonomisi için dış ticaret ve verimlilik arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Büyüme muhasebesi yöntemiyle hesaplanan TFV ile ihracat-ithalat arasındaki nedensellik ilişkisi 1980-2007 dönemi çerçevesinde araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda TFV, ihracat ve ithalat arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Dış ticaretteki artışların verimlilik artışlarının önemli bir belirleyicisi olduğu ortaya konmuştur.

Van Beveren (2012) Belçika yiyecek ve içecek sektörünü 1996-2003 dönemi için incelemiştir. Çalışmada TFV analizlerinde literatürde kullanılan çeşitli tahminciler kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. En küçük kareler (EKK) yöntemiyle yapılan TFV tahminleri için incelenen dönemdeki sapmaları doğruladığına işaret edilmiştir. EKK tahmincisi için analiz sonuçlarına göre, 1999'da ülkede yaşanan kriz sonrası TFV'de açık bir artış eğilimi tespit edilmiştir. Uygulanan diğer tahminciler içerisinde (GMM-Genelleştirilmiş Momentler Metodu ve Sabit etkiler tahmincisi) yarı parametrik tahmincilerin tercih edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Dougherty (2013) çalışmasının ilk bölümünde seçili OECD ülkelerindeki (Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, İspanya, İsveç ve İngiltere) verisine ulaşılabilen 79.513 firma için 1995-2005 yıllarını kapsayan dönem dikkate alınarak TFV hesaplamaları yapmıştır. Bu hesaplamalar Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılarak sermaye stoğu ve işgücü verileri dikkate alınarak yapılmıştır. TFV ile dış ticaret arasındaki ilişkinin endüstri seviyesinde incelendiği çalışmada yüksek ithalat hacmine sahip sektördeki firmaların yüksek TFV'ye sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde 1998-99 ve 2007-08 dönemleri için Hindistan'ın TFV hesaplanmış ve işgücü piyasasında yapılan reformların etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak daha yumuşak işgücü düzenlemelerinin olduğu bölgelerdeki emek yoğun firmalarda TFV açısından pozitif kazanımlar tespit edilmiştir. Üçüncü bölümde Hindistan'da imalat sektöründe DYY'nin (doğrudan yabancı yatırımlar) TFV üzerindeki etkileri 1999-2009 yılları için incelenmiştir. Analizler sonucunda firmaların uluslararasılaşması ile verimlilikleri arasında etkin bir ilişki görülmemiştir. Dördüncü ve son bölümde ise Meksika için TFV ile adli (hukuki) kalite arasındaki ilişki ele alınmıştır. 2001-2003-2006-2008 ve 2011 yılları için firmalar Meksika'da yer aldıkları bölge farklılıkları dikkate alınarak analiz

yapılmıştır. Sonuç olarak hukuki kalitenin artmasının TFV üzerinde önemli bir pozitif etki yarattığı saptanmıştır.

Bir diğer çalışmada Çin’de 31 farklı bölgede 26 farklı sektörde yer alan firmalar için TFV hesaplaması yapılmıştır. 1998-2007 yıllarının dikkate alındığı çalışmada 2.183.709 farklı firmaya ait veri seti kullanılmıştır. TFV hesaplaması Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla hem bölgeler hem de sektörler için ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışmada TFV’nin belirleyicileri olarak DYY, firmanın yeri ve siyasi ilişkileri, firmaların rekabet edebilirlik, pazarlama yetenekleri ve ihracat faaliyetleri gibi değişkenler dikkate alınarak panel veri analizi yapılmıştır. Sonuç olarak siyasi bağlantı, devlet dışındaki yatırımcıların sermayedeki payları, firmaların pazarlama yetenekleri ve endüstriyel rekabet edebilirlik gibi değişkenlerin TFV üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Tocco, 2015).

İran’daki tarım sektöründe 1974-2012 yıllarını kapsayan dönem için enerji tüketimi ve TFV büyümesi arasındaki ilişki Moghaddasi ve Pour (2016) tarafından yapılan çalışmada incelenmiştir. Çalışmada Cobb–Douglas üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi yoluyla ilgili dönem için TFV’deki değişimler saptanmıştır. Tarım sektöründeki sermaye stoğu, işgücü ve kullanılan enerji miktarları verilerinin kullanıldığı çalışmada tarım sektöründeki iş gücünün TFV üzerinde etkisinin diğer değişkenlere göre daha büyük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca TFV büyümesi ve enerji tüketimi arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Gehring vd. (2016) çalışmalarında 1995-2007 yılları için 17 AB ülkesi ve 13 sektör için TFV’deki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada ilk aşamada üretim fonksiyonunun ekonometrik olarak tahmin edilmesiyle ilgili ülkelerin TFV’leri toplam ve sektörel olarak ayrı ayrı bulunmuştur. İkinci aşamada TFV’nin belirleyicileri analiz edilmek istenmiştir. Bu amaçla doğrudan yabancı yatırımlar, bilgi ve iletişim teknolojileri, Ar-Ge, ticari açıklık, beşerî sermaye gibi değişkenler modele dahil edilmiştir. Dinamik EKK yöntemiyle TFV ve bu değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiş, beşerî sermaye ile bilgi ve iletişim teknolojileri değişkenlerinin TFV’nin itici gücü olarak ön plan çıktığı bulunmuştur.

Ünsal (2017) yaptığı çalışmada Türkiye ekonomisinin dışa açılma sürecini incelemiş ve 1980-2014 yıllarını kapsayan dönemi dikkate almıştır. Türkiye için TFV verileri Federal Reserve Bank of St. Louis veri tabanından alınmıştır. Sermaye



yatırımları, dış ticaret, DYY ve para arzı gibi değişkenler modele eklenerek zaman serisi analizi yardımıyla TFV ile aralarındaki ilişki incelenmiştir. Sonuç olarak sermaye yatırımları, dış ticaret ve DYY hem uzun hem kısa dönemde TFV'yi olumlu yönde etkilediği ortaya konmuştur. Ayrıca çalışmada Türkiye'nin TFV verileri sektörel olarak da incelenmek istenmiş ve bunun için Cobb Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla hesaplama yapılmıştır. Sektörel TFV hesaplamaları sonucunda en yüksek TFV'nin imalat sektörüne ait olduğu saptanmıştır.

İsabetli (2017) çalışmasında 1995-2016 dönemi için Türkiye'nin de dahil olduğu 123 ülkede toplam faktör verimliliği ve gayri safi yurt içi hasıla arasındaki ilişki dengesiz panel veri analizi yardımıyla incelenmiştir. TFV verileri Penn World Table'dan alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda TFV'nin kriz dönemlerinde negatif, likidite bolluğu ve büyümenin olduğu dönemlerde pozitif olduğu elde edilmiştir.

Alakbarov vd. (2018) çalışmalarında 1991-2016 yılları için Türkiye için GSYH'deki büyümenin belirleyicilerini ekonometrik yöntemlerle ele almışlardır. Eşbütünlüşme analizlerinin yapıldığı çalışmada üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi yoluyla elde edilen TFV'deki değişimler incelenmiştir. Türkiye için elde edilen sonuçlara göre üretim faktörlerinden sermaye emeğe göre toplam hasılaya daha fazla katkı yapmaktadır. Ayrıca TFV'nin hasıla üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu çalışmada elde edilen sonuçlar arasındadır.

Kreuser ve Newman (2018) Güney Afrika imalat sektöründeki büyüme ve verimlilik düzeyini 2010-2013 yıllarını kapsayan dönem için firma düzeyindeki veriler yardımıyla incelemişlerdir. Çalışmada TFV, üretim fonksiyonunun EKK yöntemiyle tahin edilmiştir. Çalışmada firma büyüklüğünün verimlilik üzerinde etkili olduğu sonucunun yanı sıra Ar-Ge ve dış ticaretin TFV üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Lee (2018) Kore'nin ekonomik performansı ile çevresel düzenlemelerdeki sıkılık arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada TFV, DYY ve dış ticaret performansı ile ilgili analizler aşamalı olarak yapılmıştır. İlk olarak çalışmada Kore'nin yerel çevresel kısıtlamalarının endüstri ve firma açısından TFV üzerindeki etkileri incelenmiştir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla Kore bankasından alınan sermaye stoğu ve işgücü sayısı verileri yardımıyla hem endüstri hem firma bazında 2004-2016 yılı için TFV hesaplanmıştır. Daha sonra Ar&Ge ve çevre koruma harcamaları verileriyle beraber

endüstri ve firma bazında TFV'ler yardımıyla aynı yıllar dikkate alınarak panel veri analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre çevresel düzenlemelerin ve kısıtlamaların artması TFV üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca 2010-2016 yılları arasında artan Ar&Ge harcamalarının firma düzeyinde TFP üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu tespit edilmiştir. Çalışmada çevresel düzenlemelerdeki katılıkların Kore ve OECD ülkeleri arasındaki DYY ve dış ticaret performansı üzerindeki etkileri de bir diğer bölümde incelenmiştir.

Kargın Akkoç vd. (2018) yaptıkları çalışmada teknoloji transferinin TFV üzerindeki etkilerini BRICS ülkeleri ve Türkiye için 2001-2015 yıllarını kapsayan dönemi dikkate alarak incelemişlerdir. Teknoloji transferlerinin etkilerini görebilmek için Ar-Ge harcamaları verileri dikkate alınmıştır. İthalat yoluyla yurt dışı Ar-Ge faaliyetleri ithalatçı ülkeleri dolaylı olarak etkilediğinden ithalat verileri de dikkate alınmıştır. Ayrıca çalışmada doğrudan yabancı yatırımların da TFV üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda ithalat yapılan ülkedeki Ar-Ge faaliyetlerinin ithalatçı ülkenin TFV'sini arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımlar da TFV üzerinde düşük de olsa olumlu etkiler yaratmaktadır.

1971-2017 yıllarını kapsayan dönemi dikkate alan çalışmada 101 ülke için TFV hesaplanmış ve analizler yapılmıştır. TFV hesaplanması Cobb Douglas üretim fonksiyonunun tahmin edilmesi ile hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca çeşitli makro ekonomik faktörlerin ve demografik faktörlerin TFV üzerindeki etkisi de panel veri analizi ile test edilmiştir. Analizler düşük, orta ve yüksek gelir grubu olarak ülkelerin ayrı ayrı gelir seviyelerine göre tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlardan bazıları; TFV artışı ile enflasyon oranı arasında, yüksek gelir grubundaki ülkelerde negatif, orta ve düşük gelir ülkelerde ise anlamsız bir ilişki olduğu şeklindedir. Nüfus yoğunluğu değişkeni ile verimlilik artışı arasında, sadece gelişmekte olan ülkelerde anlamlı bir pozitif etki görülmektedir. Ticari açıklığın ise verimlilik artışını olumlu etkilediği ancak orta gelirli ülkelerde bu etkinin negatif olduğu elde edilen bulular arasındadır (Tekiner, 2020).

Sohag vd. (2021) çalışmalarında 1980-2015 dönemini 25 OECD ülkesi için panel zaman serileri yardımıyla TFV analizleri yapmışlardır. Çalışmada yenilenebilir enerjinin TFV üzerindeki etkileri beşerî sermaye, inovasyon ve ticari açıklık değişkenleri de modele dahil edilerek incelenmiştir. Değişkenlerin durağan olmadıkları ve incelenen ülkeler arasında güçlü bir şekilde ilişkili oldukları elde edilen bulgular arasındadır. Ayrıca

çalışmada üretim sürecinde yenilenebilir enerji kullanımının TFV'yi uzun vadede arttırdığı, fosil yakıt kullanımının ise uzun vadede TFV üzerindeki etkisinin yetersiz olduğu saptanmıştır.

Toplam faktör verimliliği çerçevesinde literatürde yer alan çalışmalara Tablo 3.1'de yer verilmiştir. Literatür özeti olarak verilen tabloda çalışmanın yazarı, incelenen dönem ile ülke grubu veya sektör, kullanılan yöntem ve son olarak da çalışmanın sonucu yer almaktadır.

**Tablo 3.1.** Literatür Özeti

Yazar	İncelenen dönem	Ülke/Sektör	Kullanılan Yöntem	Sonuç
Nehru ve Dbareshwar (1994)	1960-1987	83 Ülke	Regresyon analizi	Milli gelir ve TFV büyüme hızı arasındaki ilişki incelenmiştir. Ekonomik büyümenin faktör birikimiyle ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Cooper vd. (2001)	1981-1997	Çin, otomotiv sektörü	Veri zarflama analizi	İncelenen dönem çerçevesinde Çin otomotiv sektöründeki firmaların üretim de etkin olarak faaliyet gösterdikleri beş yıl tespit edilmiştir.
Hatemi-J (2002)	1960-1990	Japonya	Granger nedensellik testi	Ekonomik büyüme ile ihracat arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır.
Hacker ve Hatemi-J (2003)	1970-1999	İsveç	Granger nedensellik testi	İsveç'in milli geliri ile TFV arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır.
Kumar (2004)	1982-2001	Hindistan, imalat sanayi	Malmquist endeks	1993 yılı öncesi %1.7 olan TFV artış hızı 1993 sonrasında %3'e yükselmiştir.
Saygılı vd. (2005)	1973-2003	Türkiye	Solow artık yöntemi	1980'e kadar büyüme, işgücü verimliliği ve yatırımlar aracılığı ile sağlanmıştır. TFV 1980'lerden sonra artan bir seyir izlemiştir. 1990'lardan sonra ise TFV'deki artışlarda dalgalanmaların olduğu sonucu elde edilmiştir.

Sowlati ve Vahid (2006)	1994-2002	Kanada, imalat sanayi	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	İncelenen yıllarda TFV'nde %9 oranında artış tespit edilmiştir.
Dinçer (2008)	2005-2006	Türkiye, İMKB'de işlem gören 31 firma	Veri zarflama analizi	İncelenen firmalar içerisinde sadece 3 firma etkinlik değerine sahiptir.
Vergil ve Abasız (2008)	1968-2006	Türkiye	Collins Bosworth varyans yöntemi	TFV artış hızı büyüme üzerinde pozitif etki yaratmaktadır.
Adak (2009)	1987-2007	Türkiye	En küçük kareler yöntemi	TFV artış hızı ile büyüme arasında doğrusal bir ilişki saptanmıştır.
Kasap (2010)	2007-2008	Türkiye, TKİ'ye ait 8 işletme	Girdi bazlı parametrik olmayan doğrusal programlama yöntemi	2008 yılına gelindiğinde toplam etkinlikte azalış, teknolojik düzeyde artış meydana gelmiştir. 2008 yılında 2007 yılına göre TFV'de %14,6 artış gerçekleşmiştir. Etkinsizliğin temel nedeni fazla kaynak kullanımı olarak gösterilmiştir.
Lorcu (2010)	2003-2007	Türkiye, otomotiv ve yan sanayi firmaları	Malmquist endeks	İncelenen İşletmelerin TFV ortalamalarında anlamlı bir değişime rastanmamıştır.
Zhao ve Xia (2010)	2003-2008	Çin, Beijing'deki otomotiv firmaları	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	İncelenen yıllarda TFV artış hızının % 4.9 oranında azaldığı tespit edilmiştir.
Raheman vd. (2010)	1998-2007	Pakistan, 20 şeker fabrikası	Malmquist endeks	Sektörde teknolojik ilerleme (%0,08) oldukça düşüktür ve TFV incelenen dönem itibari ile sapmalı bir seyir izlemektedir.
Şimşek (2011)	1995-2008	24 OECD ülkesi	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	Enerji ithalatının üretimde etkinliği düşürdüğü tespit edilmiştir.

Srairi (2011)	1999-2007	Körfez İşbirliği Konseyi (CCS), bankacılık sektörü	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	Konsey ülkelerinde 2007 yılına gelindiği zaman finansal serbestleşmeyle birlikte etkinliğin arttığı tespit edilmiştir.
Herzer (2011)	1980-2005	Gelişmekte olan 33 ülke	Panel veri analizi	Gelişmekte olan ülkelerdeki toplam faktör verimliliği üzerinde ortalama olarak dışa doğru doğrudan yabancı yatırımların uzun vadeli pozitif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.
Şeker (2011)	2005-2009	80 ülke için Dünya Bankası işletme anketleri	Solow artık yöntemi	Ülkeler içerisinde ağırlıklı TFV’de görece üst sıralarda olan Türkiye ortalama TFV’de alt sıralarda yer almaktadır.
Ateş (2012)	1963-1998	Türkiye, Özel ve kamu imalat sanayi firmaları	Kısıtsız-VAR modeli	Ekonomideki pozitif şokların kamu firmalarında uzun dönemde büyüme üzerinde büyüme üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır
Keskin Benli (2012)	2007-2010	Türkiye, konaklama işletmeleri	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	Genel olarak işletmelerin etkin olmadığı görülmüştür. Ek olarak Akdeniz ve Ege Bölgelerindeki işletmelerin Marmara bölgesindekilere görece önde olduğu saptanmıştır.
Lovric (2012)	2001-2010	AB-25 ülkeleri, Bilgi iletişim teknolojileri sektörü	Dinamik panel veri analizi	Bilgi iletişim teknolojilerinin işgücü verimliliği üzerindeki etkisi incelendiğinde gelişmiş ve gelişmekte olan AB ülkeleri için pozitif etki tespit edilmiştir
Altıyas ve Bakış (2014)	1971-2010	Türkiye ve 98 ülke	Büyüme muhasebesi yaklaşımı	Türkiye için TFV daha önceki dönemlere görece artış göstermiştir. Tarım sektöründeki TFV artışı diğer sektörlerden daha yüksektir.

Kolsuz ve Yeldan (2014)	1980-2010	Türkiye	Regresyon Analizi	Türkiye’de 1980’den sonra büyümesini inşaat ve hizmetler sektörleri üzerinden gerçekleştirmiştir.
Altıntaş ve Mercan (2015)	1996-2011	21 OECD ülkesi	Panel veri analizi	Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme pozitif yönde etkilediği saptanmıştır. Ar-Ge harcamalarındaki 1birimlik artış büyüme yi 3,4 birim arttırmaktadır.
Khadimee (2016)	1981-2013	İran	Zaman serisi analizi	TFV artışlarının milli gelir üzerinde % 15 oranında etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulguya göre İran gelişmiş ülkelerin gerisindedir.
Işık (2016)	1990-2014	Türkiye	Zaman serisi analizi	TFV ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir pozitif ilişki olmasına karşın TFV’nin büyüme üzerindeki etkisi sürdürülebilir değildir.
Tebaldi, (2016)	1960-2011	63 ülke	Yakınsama analizi	Türkiye TFV’si en hızlı büyüyen ülke grubu içerisinde yer almaktadır. 2011 yılına gelindiğinde Türkiye’nin yüksek gelirli gelişmiş ülkelerle aynı grupta yer alması dikkat çeken sonuçlardandır.
Çınar (2016)	2005-2016	Türkiye	Yakınsama analizi	Verimliliğin düşük olduğu tarım sektöründen sanayi ve hizmetler sektörüne doğru iş gücü çıkışı olmaktadır. Yüksek katma değer üreten sektörlerde işgücü verimliliği yüksektir ve bu bölgelere sürekli iş gücü gelmesi verimliliği düşürmektedir.

Bayram (2016)	2009-2013	Türkiye, aracı kurumlar	Veri zarflama analizi	İncelenen kurumlar içerisinde banka kökenli olanların daha verimli olduğu ve bunun teknolojik etkinlikten kaynaklandığı ortaya çıkmıştır.
Balkan ve Suiçmez (2017)	2005-2014	24 OECD ülkesi	Dünya Bankası verilerinin karşılaştırılması	İncelenen dönemde Türkiye 24 OECD ülkesi içerisinde verimlilik değişimleri dikkate alındığında 17. sıradadır ve yıllık ortalama %1,64 oranında işçü verimliliği artışına sahiptir.
Rath ve Akram (2017)	1995-2014	Güney Asya bölgesi	Panel veri analizi	TFV ve ihracat arasında kısa dönemli olmasa da uzun dönemde bir ilişkinin olduğu bulunmuştur.
Alancioğlu ve Şit (2019)	2000-2016	BRICS ülkeleri	Panel veri analizi	TFV ekonomik büyümenin kaynakları içerisinde önemli bir göstergedir. BRICS ekonomilerinde TFV ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.
Karık vd. (2020)	2009-2013	OECD ve BRICS ülkeler	Veri zarflama ve Malmquist endeks	OECD ülkelerinin BRICS ülkelerine göre daha yüksek enerji etkinliğine sahip olduğu ve yüksek etkinliğe sahip ülkelerin OECD üyesi olduğu sonucuna varılmıştır. OECD üyesi olan Türkiye'nin ise enerji etkinliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir.
Ünlü (2021)	1999-2014	41 ülke	Panel veri analizi	Çevresel inovasyonların TFV üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi vardır. Çevresel inovasyon ve TFV arasında iki yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir.

Asker (2021)	2010-2017	30 havayolu işletmesi	Malmquist endeks	İncelenen işletmelerin etkinlik ve verimlilik değerleri 2013 yılına kadar operasyonel ve finansal açıdan artış göstermiştir. 2013 yılı ve sonrasında ise azalış gösterdiği saptanmıştır.
Yağcı ve Sözen (2021)	2015-2017	Türkiye ve AB ülkeleri	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	Çalışmada enerji verimliliği etkinliği ve yenilenebilir enerji etkinliği şeklinde iki farklı model test edilmiştir. İncelenen dönemde Türkiye'nin özellikle yenilenebilir enerji etkinliğinde ciddi bir gerileme söz konusudur. Ayrıca enerji verimliliği etkinliği modeli için İsveç, yenilenebilir enerji etkinliği modeli için ise Danimarka TFV hesaplamalarında ilk sırada yer alan ülkelerdir.
Koç vd. (2021)	1967-2016	MENA Ülkeleri, tarım sektörü	Veri zarflama analizi ve Malmquist endeks	MENA ülkeleri içerisinde gelire göre yapılan düşük ve yüksek gelirli ülke grupları karşılaştırılmıştır. Tarım sektöründe düşük gelirli ülke grubunun daha yüksek TFV artışına sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 3.1 incelendiğinde, TFV'ye ilişkin yapılan çalışmaların ülke, bölge ve sektör bazlı yapıldığı göze çarpmaktadır. İncelenen çalışmalarda TFV hesaplamalarında çoğunlukla parametrik olmayan ve ekonomik karar birimlerinin üretimde etkinliklerini ölçen veri zarflama analizi temelindeki malmquist toplam faktör verimliliği endeksi kullanılmıştır. Ayrıca parametrik yöntemler çerçevesinde çeşitli ekonometrik analiz yöntemlerinin kullanıldığı saptanmıştır. Bu çalışmalarda genel olarak zaman serisi ve panel veri analizlerinin yapıldığı tespit edilmiştir. Bu analizlerde çoğunlukla EKK



tahmincisi ve VAR yönteminin yanı sıra nedensellik ve yakınsama analizlerinin de kullanıldığı belirlenmiştir.

TFV literatürü incelendiğinde, çalışmaların ülke veya sektör bazında TFV değişimlerinin ortaya koyulabilmesi için yapıldığı gibi (Raheman vd., 2010; Zhao ve Xia, 2010; Tebaldi, 2016; Çınar, 2016; Balkan ve Suiçmez, 2017) TFV ve büyüme arasındaki ilişkiyi de inceledikleri görülmektedir (Hacker ve Hatemi-J, 2003; Saygılı vd., 2005; Vergil ve Abasız, 2008; Adak, 2009; Alakbarov vd., 2018).

TFV ile makro değişkenler arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların çoğunlukta olduğu dikkat çekmektedir. TFV üzerindeki etkilerinin incelendiği bu değişkenler çoğunlukla dış ticaret (Hatemi-J, 2002; Rath ve Akram, 2017; Kim vd., 2009; Srairi, 2011; Uçak ve Arısoy, 2011), Ar-Ge yatırım ve harcamaları (Higon, 2004; Altıntaş ve Mercan, 2015; Kargın Akkoç vd., 2018; Kreuser ve Newman, 2018)) ve doğrudan yabancı yatırımlar (Herzer, 2011; Ünsal, 2017; Gehringer vd., 2016; Tocco, 2015; Lee, 2018) olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca enerji etkinliği ve tüketimi (Karık vd., 2020; Moghaddasi ve Pour, 2016), yenilenebilir enerji (Sohag vd., 2021) ve enerji ithalatı (Şimşek, 2011) gibi enerji konusundaki çeşitli değişkenlerinde TFV üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalar dikkat çekmektedir.

### **3.2. Veri Seti ve Yöntem**

Ekonomik teorileri ampirik olarak sınarken ve ekonomik olguları açıklarken ampirik çalışmalarda iktisat bilimi ekonometriden faydalanmaktadır. Ekonometrik analizlerde genel olarak üç veri tipi bulunmaktadır. Bir birime ait verilerin yıllar içindeki seyri zaman serisi ismini alırken, birden çok birime ait verilerin tek bir zaman diliminde izlenmesi ise yatay-kesit veri olarak adlandırılmaktadır. Panel veri birçok bağımsız ekonomik birime ait bilgilerin farklı zaman dilimlerinde gözlenmesinden oluşmaktadır (Pesaran, 2015; 633).

Panel verinin zaman serisi ve yatay kesit verilerine göre birtakım avantajları bulunmaktadır. Farklı birim ve zamanlarla çalışma imkânı verdiği için panel veri daha fazla veri ile çalışma fırsatı sunmaktadır. Böylece modelin serbestlik derecesi artmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2018a:9). İkinci olarak, aralarında ilişki bulunan (korelasyonlu), zamanla değişmeyen heterojenliği fiilen gözlemlemeden kontrol etmesidir

(Pesaran,2015: 633). Panel verinin zaman serisi ve yatay kesit verisine göre bir diğer üstünlüğü ise bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal bağlantıyı azaltarak, ekonometrik tahminlerin etkinliğini ve güvenilirliğini artırmaktır. (Pesaran, 2015; Yerdelen Tatoğlu, 2018a).

Panel verilerin genel olarak gösterimi şu şekilde yapılmaktadır.

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + u_{it} \quad (49)$$

$i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T$

Bu eşitlikte;  $Y_{it}$  bağımlı değişkeni,  $i$  birimi,  $t$  ise zaman boyutunu temsil etmektedir.  $x_{it}$  açıklayıcı değişkenlere ait  $k \times n$  boyutlu bir matristir.  $u_{it}$  hata terimidir ve  $\alpha_i$  gözlenemeyen birime özgü etkileri belirtirken,  $\beta$  ise bilinmeyen parametrelerin  $k$ -boyutlu bir vektörüdür (Pesaran,2015:634).

Bu çalışma kapsamında ilk olarak 35 OECD ülkesi<sup>5</sup> için, 2002-2019 zaman aralığında toplam faktör verimliliği (TFV) serisinin elde edilebilmesi için model Havuzlanmış En Küçük Kareler yöntemi (HEKK) ile tahmin edilmiştir. Bu tahmin yönteminde tüm birimler için parametrelerin homojen olduğu varsayılmaktadır (Pesaran,2015: 636).

HEKK yönteminde model tahmininden önce birtakım varsayımlar test edilmektedir. Bunlar;

- a) Açıklayıcı değişkenler arasında tam çoklu doğrusal bağlantı olmaması,
- b) Zayıf dışsallık
- c) Otokorelasyon olmaması
- d) Heteroskedasite olmamasıdır (Yerdelen Tatoğlu, 2018a; 40).

---

<sup>5</sup> OECD; The Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) 2018 yılı itibarıyla 36 üye ülkeden oluşmaktadır. 2020 yılında Kolombiya ve 2021 yılında Kosta Rika'nın örgüte dahil olmasıyla beraber üye sayısı artarak 38'e ulaşmıştır. Söz konusu ülkelere ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Kolombiya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Şili, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yunanistan analize dahil edilmiştir. Belçika, Kosta Rika ve Lüksemburg analiz dışında bırakılmıştır. Panel veri analizi için oluşturulan veri setinde yer alan değişkenlerin incelemeye dahil edilen zaman ve birim boyutunda kayıp veriye sahip ülkeler analizin dışında bırakılmıştır.

Çalışmada OECD ülkeleri için HEKK yöntemi yardımıyla TFV serisi oluşturulduktan sonra analizin ikinci kısmında ise 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem için aynı örnekleme ait veriler dikkate alınarak TFV'nin seçili belirleyicileri, sabit parametresi heterojen modeller yardımıyla incelenmektedir. TFV serisi elde edilirken aşağıdaki modelden yararlanılmıştır.

$$Y = A f(K, L) \quad (50)$$

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta \quad (51)$$

$$\ln(Y_t) = \ln(A_t) + \alpha \ln(K_t) + \beta \ln(L_t) \quad (52)$$

Eşitlik 50'de Y geliri, A teknoloji parametresi olarak modelde yer alan TFV'yi, K ve L ise sırasıyla sermaye ve emek değişkenlerini ifade etmektedir. Eşitlik 51'de ise Cobb Douglas (CD) üretim fonksiyonu verilmiştir. Bu eşitliğin doğal logaritmasının alındıktan sonraki gösterimi Eşitlik 52'dedir. CD üretim fonksiyonu logaritması alınarak doğrusal hale getirilmiştir. TFV'yi ifade eden teknoloji parametresinin hesaplanması Eşitlik 53'teki gibidir.

$$\ln(A_t) = \ln(Y_t) - [\alpha \ln(K_t) + \beta \ln(L_t)] \quad (53)$$

CD üretim fonksiyonu yardımıyla üretim faktörlerinin çıktıdaki değişime verdikleri katkının ortaya koyulabilmesi emek ve sermayenin hasıladan almış oldukları payların bilinmesini gerektirir. Bu sebeple emek ve sermayenin çıktı esnekliklerini ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri bilinir ise TFV'nin hesaplanması için Eşitlik 53 kullanılabilir.

$$\ln(Y_{it}) = \ln(A_{it}) + \alpha \ln(K_{it}) + \beta \ln(L_{it}) + u_{it} \quad (54)$$

Eşitlik 54'te çalışmanın analiz kısmının ilk adımında TFV'nin hesaplanması için gereken  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin ekonometrik olarak tahmin edilmesi için kullanılan model değişkenlerin logaritmik dönüşümlerinin alınmış olduğu haliyle verilmiştir. Y, A, K ve L değişkenlerinin logaritması alınarak modelin fonksiyonel formu oluşturulmuştur. Bu model HEKK yöntemi aracılığıyla ülke grubu bazında incelenen dönem aralığı için sermayenin ve emek girdisinin çıktı esnekliklerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Burada CD üretim fonksiyonunun logaritmik dönüşümleri sonucunda elde edilen

denklemdaki emek ve sermaye değişkenlerinin katsayıları doğrudan esneklikleri vermektedir.

Tablo 3.2’de Eşitlik 54’te yer alan modelin ekonometrik olarak tahmin edilmesinde kullanılan değişkenlere ilişkin kullanılan gösterimlere yer verilmiştir. Söz konusu değişkenlerden oluşan veri seti OECD ülkeleri için 2002-2019 yıllarını kapsamaktadır. Ayrıca tabloda kullanılan değişkenlere ait verilerin kaynağı da belirtilmiştir.

**Tablo 3.2.** TFV Hesaplamalarında Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Açıklama	Veri Kaynağı
Y	Reel GSYİH (2017 baz yılı)	Dünya Bankası (Databank)
L	İş gücü sayısı	Dünya Bankası (Databank)
K	Sermaye stoğu (2017 baz yılı)	Penn World Table 10.0

Çalışmada Eşitlik 54’teki denklemin tahmin edilmesiyle elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  katsayıları kullanılarak Eşitlik 53 yardımıyla TFV hesaplanmıştır. Böylece literatürde yer alan bu hesaplama yöntemi aracılığıyla Chen (1997) ve Gehringer vd. (2016) çalışmaları temel alınarak analizin devamında kullanılmak üzere TFV serisi elde edilmiştir.

Çalışmanın analiz kısmının diğer bölümünde ise TFV’nin belirleyicileri sabit parametresi heterojen panel veri model analiziyle incelenmiştir. 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem için 35 OECD ülkesinin dikkate alındığı analizde TFV’yi belirleyen faktörleri incelemek üzere planlanan ekonometrik model Eşitlik 55’te verilmiştir.

$$TFV_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 lgdp_{it} + \beta_2 lMenerji_{it} + \beta_3 lCenerji_{it} + \beta_4 lCyenerji_{it} + \beta_5 lfdi_{it} + u_{it} \quad (55)$$

Eşitlik 55’te verilen denklemde TFV’nin belirleyicileri konuyla ilgili literatür dikkate alınarak modellenmiştir. Ekonometrik olarak tahmin edilmesinde kullanılan sabit parametresi heterojen panel veri kullanılan modeldeki değişkenlerden bağımlı değişken dışındaki diğer tüm değişkenler logaritmik dönüşüme tabi tutularak denkleme dahil edilmiştir. Burada GSYİH, enerji ithalatı, enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımlar değişkenlerinin logaritmik formlarını sırasıyla  $lgdp$ ,  $lMenerji$ ,  $lCenerji$ ,  $lCyenerji$  ve  $lfdi$  ifadeleri temsil etmektedir. Tablo 3.3’te

TFV'nin belirleyicileri üzerine yapılan incelemede kullanılan veri setinde yer alan değişkenlere ait bazı bilgilere yer verilmiştir.

**Tablo 3.3.** TFV'nin Belirleyicileri Analizi için Kullanılan Değişkenler

<b>Değişkenler</b>	<b>Açıklama</b>	<b>Veri Kaynağı</b>
<b>TFV</b>	Toplam Faktör Verimliliği	Yazarın hesaplamaları
<b>GDP</b>	Reel GSYİH (2017 baz yılı)	Dünya Bankası (Databank)
<b>Menerji</b>	Enerji İthalatı	International Energy Agency (IEA)
<b>Cenerji</b>	Enerji Tüketimi	BP Statistical Review of World Energy
<b>Cyenerji</b>	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	International Energy Agency (IEA)
<b>FDI</b>	Doğrudan Yabancı Yatırımlar	UNCTAD Statistics

Analizde kullanılan değişkenlere ait tüm seriler yıllık verilerden oluşmaktadır ve TFV verisi yazarın hesaplamalarına dayanmaktadır. Enerji ithalatı, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji serilerine ait veriler petajoule (PJ) cinsindedir. GSYİH verisi (2017 baz yılı) reel olarak analizlere dahil edilmiştir. Son olarak bir diğer açıklayıcı değişken olan FDI verisi GSYİH'nın yüzdesi (%) olarak veri setine dahil edilmiştir.

Esasen bu çalışma kapsamında incelenen dönem ve ülke grubu dikkate alınarak enerji ithalatı ve tüketimlerinin başta olmak üzere GSYİH ve doğrudan yabancı yatırımlar da modele dahil edilerek değişkenlerin TFV ile olan ilişkilerini ve bu ilişkilerin yönlerini ortaya koymak amaçlanmıştır. TFV olgusu sürdürülebilir büyüme, kalkınma, rekabet gücü gibi konuların yanı sıra birçok makro değişken ile etkileşimi açısından ülke ekonomileri için itici bir güç pozisyonunda yer almaktadır. Bu bakımdan enerji konusunun büyük önem taşıdığı günümüzde bir üretim girdisi olarak enerjinin TFV ile ilişkisi incelenmesi gereken bir çalışma alanıdır. Bu amaçla çalışmada TFV'deki değişimleri enerji ithalatı ve tüketimi boyutunda ele almak hedeflenmektedir.

OECD ülkelerinin enerji ithalatı ile enerji tüketim verilerine ilişkin 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem ortalamaları Tablo 3.4, 3.5 ve 3.6'da yer almaktadır. Toplam enerji ithalatı verilerinin 18 yıllık ortalamaları OECD ülkelerine göre Tablo 3.4'te sıralanmıştır. İncelemeye dahil edilen 35 ülke içerisinde en yüksek enerji ithalatı ortalamaları sırasıyla ABD, Japonya, Güney Kore, Almanya ve Hollanda'ya aittir. Türkiye dönem ortalaması itibarıyla 10. sırada yer almaktadır. En düşük ortalama enerji ithalatı değerleri ile Slovenya, Letonya, Kolombiya, Estonya ve İzlanda son sıraları paylaşmaktadır.

**Tablo 3.4.** OECD ülkelerinin İncelenen Dönemde Toplam Enerji İthalatları Ortalamaları

Ülkeler	Toplam Enerji İthalatı (Menerji)
1. Amerika Birleşik Devletleri	28840,3914
2. Japonya	18075,3707
3. Güney Kore	11072,3189
4. Almanya	10482,6811
5. Hollanda	7205,5879
6. İtalya	7045,9483
7. Fransa	6854,0348
8. Birleşik Krallık	5816,7721
9. İspanya	5305,0896
10. Türkiye	3742,3202
11. Kanada	3573,7102
12. Meksika	2323,6071
13. Polonya	1925,1732
14. Avustralya	1739,2832
15. İsveç	1370,6557
16. Yunanistan	1365,1818
17. Avusturya	1243,6541
18. Finlandiya	1080,8484
19. Portekiz	1024,5053
20. Şili	1022,2750
21. İsrail	968,7072
22. Çek Cumhuriyeti	887,6338
23. Macaristan	851,3581
24. İsviçre	751,2264
25. Slovakya	678,6928
26. Danimarka	662,4433
27. İrlanda	588,1899
28. Litvanya	547,1358
29. Yeni Zelanda	322,6386
30. Norveç	317,7065
31. Slovenya	221,8819
32. Letonya	165,2730
33. Kolombiya	157,1627
34. Estonya	98,9150
35. İzlanda	38,8053

Not : Veriler incelenen döneme (2002-2019) ait ortalama enerji ithalatını (PJ)petajoule cinsinden ifade etmektedir. **Kaynak:** IEA, 2022.

OECD ülkelerinin toplam enerji tüketimi ortalamalarının verildiği Tablo 3.5'e göre sırasıyla ABD, Japonya, Kanada, Almanya ve Güney Kore ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'nin 12. sırayı aldığı ülke grubunda Slovenya, Litvanya, Estonya, İzlanda ve Letonya en düşük enerji tüketimi ortalamalarına sahip ülkeler olarak dikkat çekmektedir.

**Tablo 3.5.** OECD ülkelerinin İncelenen Dönemde Toplam Enerji Tüketimleri Ortalamaları

Ülkeler	Toplam Enerji Tüketimi (Cenerji)
1. Amerika Birleşik Devletleri	93614,5478
2. Japonya	20478,6587
3. Kanada	13755,2910
4. Almanya	13737,4005
5. Güney Kore	10671,0789
6. Fransa	10469,2861
7. Birleşik Krallık	8741,4960
8. Meksika	7235,5895
9. İtalya	7093,0413
10. İspanya	5967,1309
11. Avustralya	5397,9167
12. Türkiye	4758,2782
13. Polonya	4023,5739
14. Hollanda	3765,5509
15. İsveç	2197,4008
16. Norveç	1840,0627
17. Çek Cumhuriyeti	1780,9549
18. Kolombiya	1482,3586
19. Avusturya	1447,3379
20. Şili	1405,0071
21. Yunanistan	1292,9030
22. Finlandiya	1238,0382
23. İsviçre	1209,3252
24. Portekiz	1046,9663
25. İsrail	982,9189
26. Macaristan	980,2402
27. Yeni Zelanda	846,7958
28. Danimarka	784,6408
29. Slovakya	714,5262
30. İrlanda	645,7398
31. Slovenya	295,5588
32. Litvanya	284,7915
33. Estonya	246,1620
34. İzlanda	181,0275
35. Letonya	158,1971

Not : Veriler incelenen döneme (2002-2019) ait ortalama birincil enerji tüketimini (PJ)petajoule cinsinden ifade etmektedir. **Kaynak:** BP, 2022.

Tablo 3.6’da ise yenilenebilir enerji tüketimine göre dönem ortalamaları dikkate alınarak ülke sıralamaları oluşturulmuştur. Buna göre ABD, Almanya, Kanada, Fransa ve Meksika gibi ülkeler başta gelen ülkelerdir. Türkiye’nin yenilenebilir enerji tüketiminde incelenen dönem baz alındığında OECD ülkeleri içerisinde 8. Sırada yer aldığı görülmektedir. Ayrıca en düşük tüketime sahip son beş ülke ise Slovenya, Slovakya, Estonya, İrlanda ve son olarak İzlanda şeklinde sıralanmaktadır.

**Tablo 3.6.** OECD ülkelerinin İncelenen Dönemde Toplam Yenilenebilir Enerji Tüketimleri Ortalamaları

Ülkeler	Toplam Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Cyenerji)
1. Amerika Birleşik Devletleri	2956,2679
2. Almanya	583,7511
3. Kanada	487,5601
4. Fransa	455,8596
5. Meksika	314,2935
6. İtalya	302,0274
7. Japonya	256,1910
8. Türkiye	252,5497
9. İsveç	235,6796
10. Polonya	221,8352
11. Finlandiya	210,9267
12. İspanya	208,1249
13. Şili	180,4402
14. Avustralya	171,5428
15. Kolombiya	171,4052
16. Avusturya	156,4003
17. Güney Kore	127,9930
18. Birleşik Krallık	107,5524
19. Portekiz	103,0132
20. Çek Cumhuriyeti	100,6539
21. Macaristan	72,3769
22. Yunanistan	54,5928
23. Yeni Zelanda	54,5812
24. İsviçre	51,6420
25. Danimarka	50,8315
26. Norveç	49,7197
27. Hollanda	43,8978
28. Letonya	42,7305
29. Litvanya	29,8567
30. İsrail	27,4462
31. Slovenya	27,3473
32. Slovakya	24,1751
33. Estonya	20,2623
34. İrlanda	12,2501
35. İzlanda	4,1679

Not : Veriler incelenen döneme (2002-2019) ait ortalama yenilenebilir enerji tüketimini (PJ)petajoule cinsinden ifade etmektedir. **Kaynak:** IEA, 2022.

Çalışmada kullanılan veri setinde yer alan enerji ithalatı, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi serilerine ait incelenen dönem ortalamalarına göre OECD ülkeleri sıralamalarının benzer şekilde oluştuğu görülmektedir. İlk ve son sıraları oluşturan ülkelerin çoğunlukla aynı ülkeler olması dikkat çekmektedir. Burada nüfusu daha büyük olan ülkelerin sıralamada üst kısımlarda ve düşük nüfuslu ülkelerin ise son



sıralarda yer aldığı görülmektedir. Özellikle her üç tabloda da (Tablo 3.4, 3.5 ve 3.6) diğer ülkelere nispeten daha düşük nüfus sayısına sahip ülkeler son sıralarda yer almaktadırlar. Üst sıralardaki ülkelerinde nüfusunun diğer ülkelere göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Ayrıca üst sıralardaki ülkeler çoğunlukla diğer OECD ülkelerine nazaran sanayileşmiş ülkelerdir.



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### BULGULAR

Çalışmanın analiz kısmı iki aşamadan oluşmaktadır. Analizin ilk kısmında TFV hesaplaması yer almaktadır. İkinci kısmında ise elde edilen TFV serisi kullanılarak TFV'nin belirleyicilerine ilişkin analizler yapılmaktadır. Bu kapsamda bulgular bölümünde ilk olarak TFV hesaplamaları sonucu elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Ardından ise TFV ve belirleyicilerinin analiz edildiği panel veri model sonuçlarına ilişkin bulgular yer almaktadır.

#### 4.1. TFV Hesaplamalarına İlişkin Bulgular

TFV hesaplamalarında kullanılan değişkenlere ait özet istatistikler Tablo 4.1'de yer almaktadır. 35 OECD ülkesi için 2002-2019 yıllarını içeren dönemin dikkate alındığı panel regresyon analizinde 630 gözlem yer almaktadır. Ayrıca kullanılan değişkenlerin ortalamalarına, standart sapmalarına ve aldıkları en küçük ve en büyük değerlere Tablo 4.1'de yer verilmiştir.

**Tablo 4.1.** TFV Hesaplamalarında Kullanılan Değişkenlerin Özet İstatistikleri

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Max.
<b>Y</b>	630	1.47e+12	2.99e+12	2.06e+13	1.22e+10
<b>L</b>	630	1.78e+07	2.85e+07	1.66e+08	171169
<b>K</b>	630	6198761	1.12e+07	6.91e+07	58293.18

Çalışmanın analiz kısmında TFV serisinin oluşturulması için GSYİH (Y), iş gücü sayısı (L) ve sermaye stoğu (K) verileri yardımıyla HEKK yöntemi kullanılarak emeğin ve sermayenin çıktı esneklikleri tahmin edilmektedir. CD üretim fonksiyonu kullanılarak  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri tahmin edilmiştir.

CD üretim fonksiyonunun HEKK tahmincisi yardımıyla elde edilen analiz çıktıları TFV hesaplanmasında kullanılmaktadır. TFV hesaplaması için gerekli emek ve sermayenin gelir esnekliği katsayılarının tahmin edildiği model Eşitlik 56'da verilmiştir. GSYİH, sermaye stoğu ve iş gücü sayısı değişkenleri yardımıyla tahmin edilen CD üretim fonksiyonu panel regresyon katsayılarıyla beraber Eşitlik 57'de TFV hesaplaması için

kullanılan formülasyon verilmiştir. Bu hesaplama çalışmada dikkate alınan 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem baz alınarak OECD ülkeleri için yapılmıştır.

$$lY_{it} = lA + \alpha lK_{it} + \alpha lL_{it} + u_{it} \quad (56)$$

$$l(A_{it}) = l(Y_{it}) - [ 0,5657607 l(K_{it}) + 0,4465542 l(L_{it}) ] \quad (57)$$

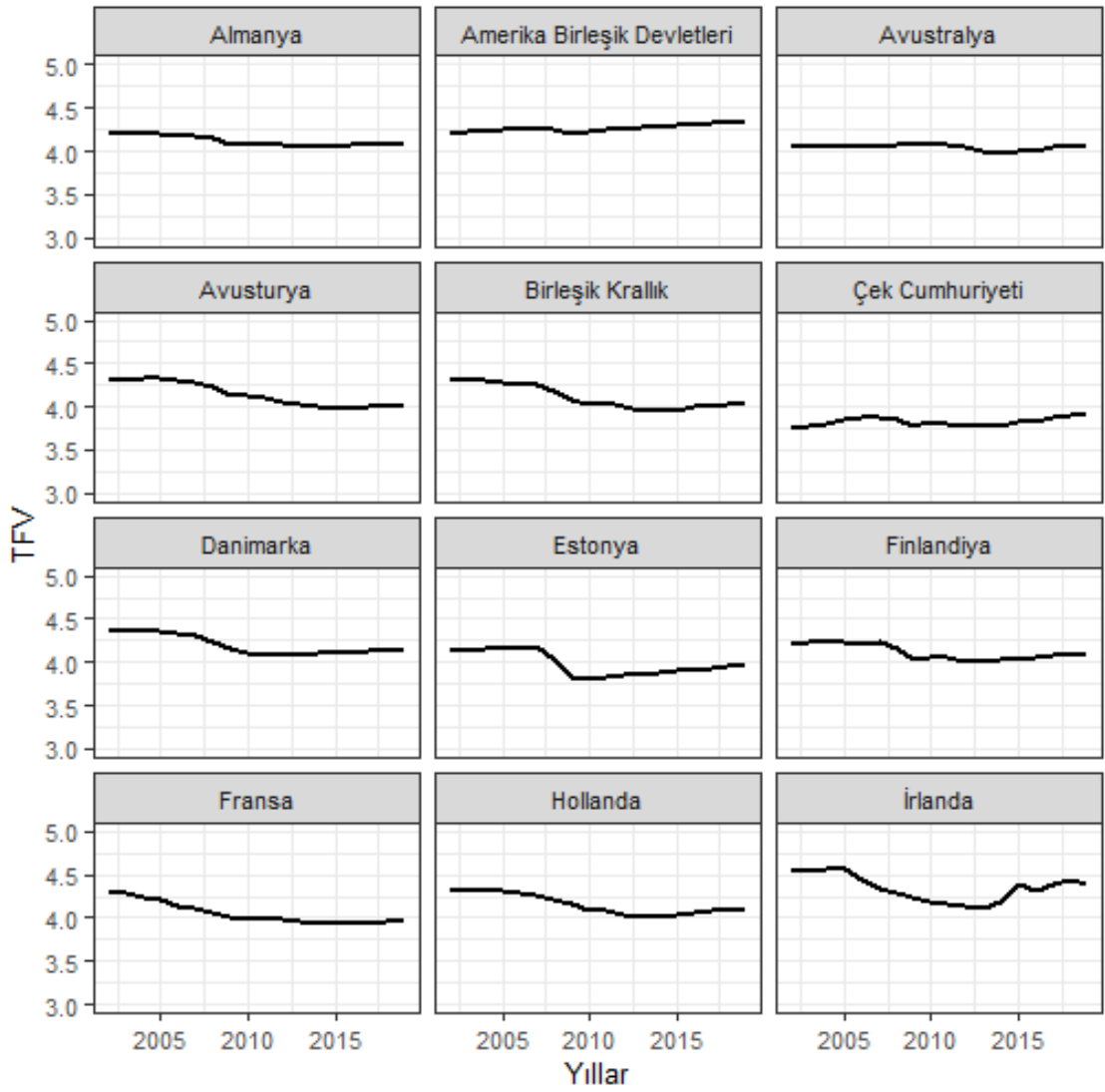
Burada  $l(A_{it})$  bağımlı değişkeni TFV'yi temsil ederken  $l(Y_{it})$ ,  $l(K_{it})$  ve  $l(L_{it})$  bağımsız değişkenleri de sırasıyla  $i$  birim ve  $t$  zaman boyutu için sırasıyla milli gelir, emek ve sermayeyi temsil etmektedir. TFV'yi gösteren  $l(A_{it})$  ifadesi, incelemeye dahil edilen her yıl için OECD ülkelerinin milli gelirlerindeki değişimin sermaye ve emek girdileriyle açıklanamayan kısmını ortaya koymaktadır. TFV'nin hesaplanma yönteminde Chen (1997)<sup>6</sup> ve Gehringer vd. (2016)<sup>7</sup> çalışmaları dikkate alınmıştır.

Yapılan panel regresyon analizi sonucunda, sermaye ve emeğin çıktı esneklik katsayısı tahmininin ( $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin) sırasıyla yaklaşık 0,56 ve 0,44 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu parametreler yardımıyla TFV Eşitlik 57'de ifade edildiği gibi hesaplanmaktadır. Ayrıca CD üretim fonksiyonunda yer alan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin tahmin sonuçları dikkate alındığında incelenen dönemde OECD ülkeleri için ölçüğe göre sabit getiri koşullarının geçerli olduğu tespit edilmiştir.  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin toplamları yaklaşık olarak 1'e eşit olduğu elde edilen önemli bulgular arasındadır.

OECD ülkeleri için hesaplanan TFV serisinin yıllara göre değişimi Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.1'de Almanya, ABD, Avustralya, Avusturya, İngiltere (Birleşik Krallık), Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda ve İrlanda için TFV'de meydana gelen değişimler görülebilmektedir. Genel itibariyle şekil incelendiğinde ülkelerin TFV'lerinin yıllara göre değişimlerinin düşük oranlarda gerçekleştiği dikkat çekmektedir. Ülke bazında incelendiğinde Estonya ve İrlanda'nın TFV'lerinde diğer ülkelere nispeten belirgin dalgalanmaların olduğu tespit edilmektedir.

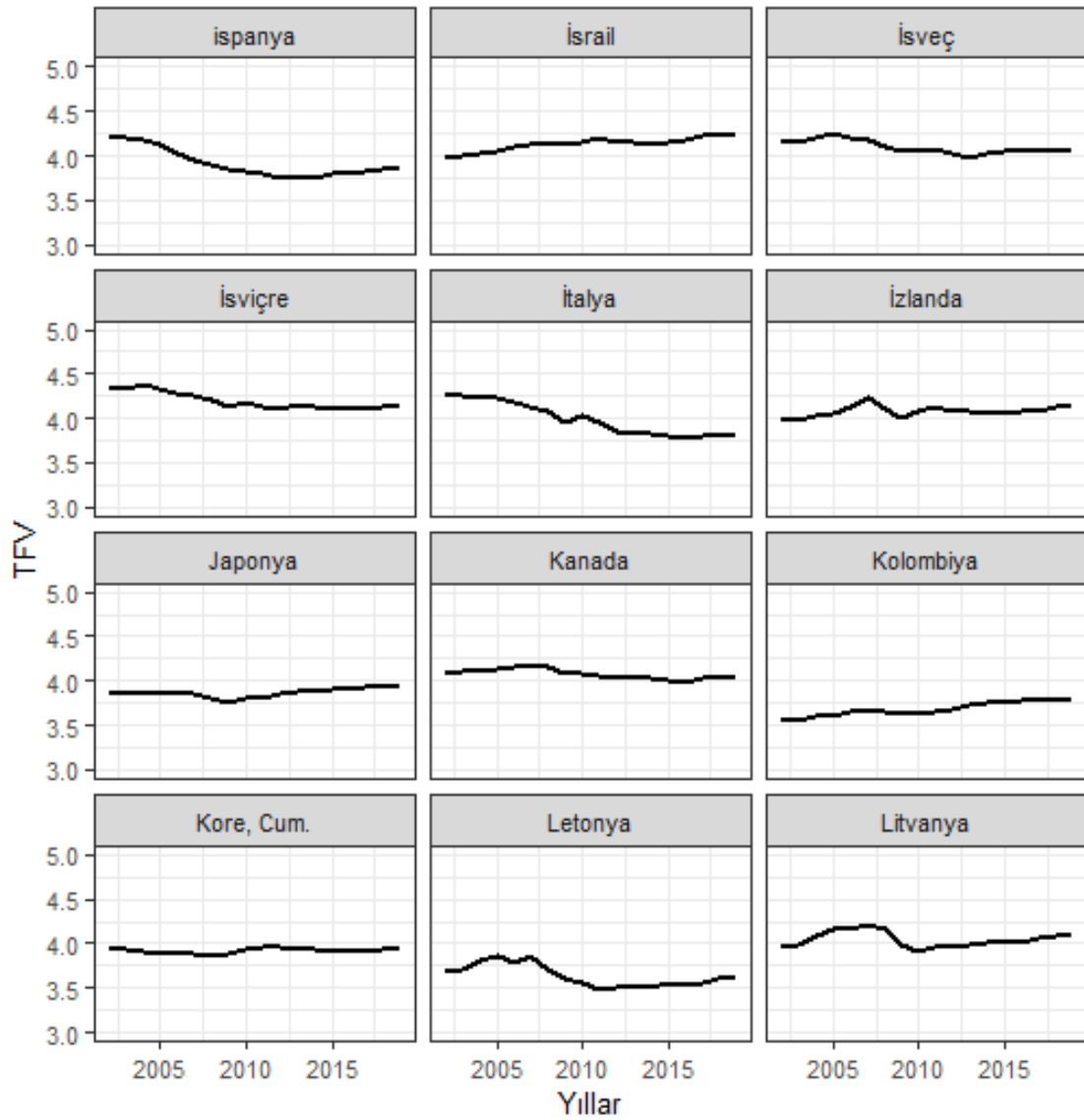
<sup>6</sup> HEKK tahminciyi yardımıyla CD üretim fonksiyonu parametreleri tahmin edildikten sonra TFV'nin hesaplanmasına ilişkin olarak benzer yöntemle Chen (1997:21) çalışmasındaki Eşitlik 7 ve Eşitlik 8'de yer vermiştir.

<sup>7</sup> Benzer şekilde CD üretim fonksiyonu yardımıyla TFV'nin hesaplanmasına Gehringer vd. (2016:408) çalışmasındaki Eşitlik 2 ve Eşitlik 3'te yer vermiştir.



**Şekil 4.1.** TFV'nin Yıllara Göre Değişimi-1  
**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

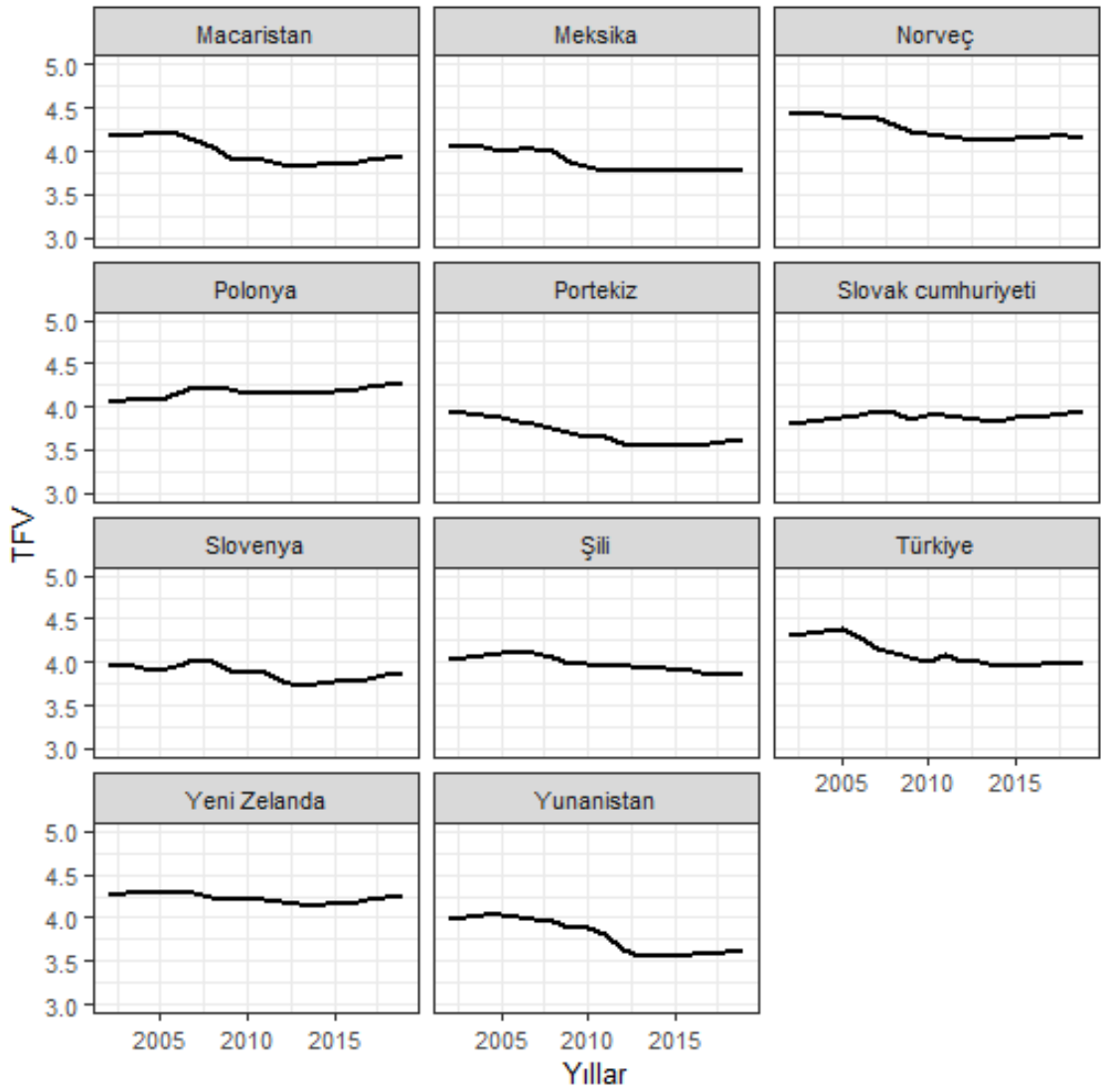
Şekil 4.2'de ise İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Kolombiya, Güney Kore, Letonya ve Litvanya için TFV'deki yıllara göre değişim grafiklerine yer verilmiştir. Ülke bazında grafikler incelendiğinde İtalya, İzlanda, Letonya ve Litvanya ülkelerinin TFV'lerinde meydana gelen dalgalanmalar ön plana çıkmaktadır. Ayrıca incelenen grafiklerde analiz döneminde İtalya ve İspanya'nın TFV'sinde meydana gelen azalışlar dikkat çekmektedir. İsrail ve Kolombiya'nın ise incelenen dönemde TFV değerlerinde görece artışların olduğu tespit edilmektedir.



**Şekil 4.2.** TFV'nin Yıllara Göre Değişimi-2

**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

TFV'nin yıllara göre değişiminin yer aldığı Şekil 4.3'te analize konu olan OECD ülkelerinden Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Şili, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yunanistan yer almaktadır. Burada yer alan ülkelerden Yeni Zelanda, Şili, Portekiz ve Norveç dışındakilerin TFV'sinde meydana gelen dalgalanmalar dikkat çekmektedir. Ayrıca grafikler incelendiğinde Macaristan, Norveç, Portekiz, Türkiye ve Yunanistan gibi ülkelerin TFV değerlerinde yıllara göre meydana gelen azalışlar ülke karşılaştırmaları açısından önemli bir husus olarak ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 4.3.** TFV'nin Yıllara Göre Değişimi-3  
**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

Genel itibariyle OECD ülkelerinin TFV'lerindeki değişim incelendiğinde, çalışmada yapılan analizlerde kullanılan TFV serisinin tüm ülkeler için yaklaşık bir aralıkta seyrettiği görülmektedir. Ayrıca TFV değişimlerinin yer aldığı şekillerdeki grafikler incelendiğinde TFV serisinde birimlere ve yıllara göre uç değerlerin görülmediği tespit edilmiştir.

**Tablo 4.2.** TFV'nin İncelenen Dönem Genel Ortalaması

Ülkeler	Yıllar
	2002-2019* (sıralı)
1. İrlanda	4,344792
2. Amerika Birleşik Devletleri	4,267451
3. Norveç	4,256729
4. Yeni Zelanda	4,228567
5. Danimarka	4,199500
6. İsviçre	4,196860
7. Polonya	4,169308
8. Hollanda	4,157849
9. Avusturya	4,142090
10. İsrail	4,135887
11. Almanya	4,122213
12. Finlandiya	4,116080
13. Birleşik Krallık	4,113747
14. Türkiye	4,109750
15. İsveç	4,094605
16. İzlanda	4,079584
17. Kanada	4,074777
18. Fransa	4,054922
19. Litvanya	4,042601
20. Avustralya	4,041606
21. Macaristan	3,995043
22. İtalya	3,991262
23. Şili	3,984680
24. Estonya	3,984334
25. Güney Kore	3,917287
26. İspanya	3,914564
27. Meksika	3,883179
28. Slovakya	3,882648
29. Slovenya	3,879003
30. Japonya	3,867123
31. Çek Cumhuriyeti	3,827754
32. Yunanistan	3,791618
33. Portekiz	3,704732
34. Kolombiya	3,677753
35. Letonya	3,634637

**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

İncelenen dönemde OECD ülkeleri TFV genel ortalamaları Tablo 4.2’de yer almaktadır. 2002-2019 yıllarının TFV ortalama değerine göre 35 OECD ülkesi sıralandığında İrlanda (4,34), ABD (4,26) ve Norveç’in(4,25) ilk üç ülke olarak önde geldiği görülmektedir. Portekiz (3,70), Kolombiya (3,67) ve Letonya’nın (3,63) ise en düşük TFV ortalamalarına sahip oldukları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Türkiye’nin ise incelenen dönem genel ortalaması açısından 35 OECD ülkesi içerisinde 4,10’luk TFV ortalaması ile 14. sırada yer aldığı saptanmıştır.

TFV’deki değişimlerin daha iyi tespit edilmesi için çalışmada incelenen yılların üç eşit döneme ayrılarak altışar yıllık ortalamaların karşılaştırıldığı Tablo 4.3’te sıralama ilk altı yıllık periyot için yapılmıştır. 2002-2007 yılı ortalama TFV değerlerine göre İrlanda (4,5), Norveç (4,41) ve Danimarka’nın (4,34) ilk sıraları paylaştığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca TFV ortalamalarının ilk altı yıllık periyot için karşılaştırılmasında Türkiye’nin (4,30) de yedinci sırada olması dikkat çeken bir husustur. İlk altı yıllık periyoda göre en düşük TFV ortalamalarına sahip ülkeler ise Çek Cumhuriyeti (3,82), Letonya (3,78) ve Kolombiya’dır (3,60).



**Tablo 4.3.** TFV Ortalamalarına Göre 2002-2007 Yılları İçin Ülke Sıralamaları

Ülkeler	Yıllar		
	2002-2007* (sıralı)	2008-2013	2014-2019
1. İrlanda	4,500921	4,185237	4,348218
2. Norveç	4,412945	4,201605	4,155637
3. Danimarka	4,346469	4,129086	4,122945
4. İsviçre	4,322432	4,153585	4,114562
5. Avusturya	4,312332	4,117878	3,996062
6. Hollanda	4,308794	4,098599	4,066154
7. Türkiye	4,308309	4,049145	3,971795
8. Birleşik Krallık	4,292110	4,047932	4,001201
9. Yeni Zelanda	4,285663	4,204895	4,195144
10. Amerika Birleşik Devletleri	4,241653	4,245568	4,315132
11. Finlandiya	4,226364	4,057224	4,064651
12. Fransa	4,216134	3,998806	3,949827
13. İtalya	4,214924	3,950165	3,808699
14. Almanya	4,202549	4,092255	4,071836
15. İsveç	4,188940	4,052720	4,042156
16. Macaristan	4,188124	3,908924	3,888082
17. Estonya	4,161613	3,865770	3,925618
18. Kanada	4,130297	4,077867	4,016166
19. İspanya	4,119521	3,813282	3,810887
20. Polonya	4,115045	4,179798	4,213083
21. Litvanya	4,090547	3,993446	4,043811
22. Şili	4,081665	3,982421	3,889956
23. İzlanda	4,070493	4,078645	4,089615
24. İsrail	4,051170	4,158703	4,197788
25. Avustralya	4,048076	4,057721	4,019021
26. Meksika	4,038634	3,836611	3,774293
27. Yunanistan	4,008275	3,787518	3,579060
28. Slovenya	3,961807	3,868550	3,806652
29. Güney Kore	3,904830	3,924196	3,922836
30. Portekiz	3,884194	3,652693	3,577309
31. Slovakya	3,869933	3,888549	3,889462
32. Japonya	3,859998	3,821497	3,919874
33. Çek Cumhuriyeti	3,823332	3,802928	3,857003
34. Letonya	3,780177	3,562509	3,561224
35. Kolombiya	3,607300	3,658955	3,767003

**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

**Tablo 4.4.** TFV Ortalamalarına Göre 2008-2013 Yılları İçin Ülke Sıralamaları

Ülkeler	Yıllar		
	2002-2007	2008-2013* (sıralı)	2014-2019
1. Amerika Birleşik Devletleri	4,241653	4,245568	4,315132
2. Yeni Zelanda	4,285663	4,204895	4,195144
3. Norveç	4,412945	4,201605	4,155637
4. İrlanda	4,500921	4,185237	4,348218
5. Polonya	4,115045	4,179798	4,213083
6. İsrail	4,051170	4,158703	4,197788
7. İsviçre	4,322432	4,153585	4,114562
8. Danimarka	4,346469	4,129086	4,122945
9. Avusturya	4,312332	4,117878	3,996062
10. Hollanda	4,308794	4,098599	4,066154
11. Almanya	4,202549	4,092255	4,071836
12. İzlanda	4,070493	4,078645	4,089615
13. Kanada	4,130297	4,077867	4,016166
14. Avustralya	4,048076	4,057721	4,019021
15. Finlandiya	4,226364	4,057224	4,064651
16. İsveç	4,188940	4,052720	4,042156
17. Türkiye	4,308309	4,049145	3,971795
18. Birleşik Krallık	4,292110	4,047932	4,001201
19. Fransa	4,216134	3,998806	3,949827
20. Litvanya	4,090547	3,993446	4,043811
21. Şili	4,081665	3,982421	3,889956
22. İtalya	4,214924	3,950165	3,808699
23. Güney Kore	3,904830	3,924196	3,922836
24. Macaristan	4,188124	3,908924	3,888082
25. Slovakya	3,869933	3,888549	3,889462
26. Slovenya	3,961807	3,868550	3,806652
27. Estonya	4,161613	3,865770	3,925618
28. Meksika	4,038634	3,836611	3,774293
29. Japonya	3,859998	3,821497	3,919874
30. İspanya	4,119521	3,813282	3,810887
31. Çek Cumhuriyeti	3,823332	3,802928	3,857003
32. Yunanistan	4,008275	3,787518	3,579060
33. Kolombiya	3,607300	3,658955	3,767003
34. Portekiz	3,884194	3,652693	3,577309
35. Letonya	3,780177	3,562509	3,561224

**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

TFV ortalamalarına göre ülke sıralamaları yapılırken ikinci altı yıllık periyot olan 2008-2013 yıllarının baz alındığı Tablo 4.4'e göre ABD (4,24), Yeni Zelanda (4,28) ve Norveç (4,41) ilk üç sırayı paylaşmaktadır. Ayrıca 2008-2013 yıllarını kapsayan periyotta en düşük TFV ortalamaları Kolombiya (3,66), Portekiz (3,65) ve Letonya'dır (3,56). İkinci altı yıl için TFV ortalaması dikkate alındığında Türkiye'nin de 17. sırada olduğu dikkat çekmektedir.

İncelenen yıllar açısından son altı yıllık periyota göre sıralama Tablo 4.5'de verilmiştir. Buna göre 2014-2019 periyodu sıralaması için ilk üç ülke İrlanda (4,50), ABD (4,24), Polonya'dır (4,11). Yunanistan (4,00), Portekiz (3,88) ve Letonya (3,78) ise son sıraları paylaşmaktadır. Son altı yıllık periyot ortalamaları incelendiğinde Türkiye'nin 19. sıraya gerilediği görülmektedir.

**Tablo 4.5.** TFV Ortalamalarına Göre 2014-2019 Yılları İçin Ülke Sıralamaları

Ülkeler	Yıllar		
	2002-2007	2008-2013	2014-2019* (sıralı)
1. İrlanda	4,500921	4,185237	4,348218
2. Amerika Birleşik Devletleri	4,241653	4,245568	4,315132
3. Polonya	4,115045	4,179798	4,213083
4. İsrail	4,051170	4,158703	4,197788
5. Yeni Zelanda	4,285663	4,204895	4,195144
6. Norveç	4,412945	4,201605	4,155637
7. Danimarka	4,346469	4,129086	4,122945
8. İsviçre	4,322432	4,153585	4,114562
9. İzlanda	4,070493	4,078645	4,089615
10. Almanya	4,202549	4,092255	4,071836
11. Hollanda	4,308794	4,098599	4,066154
12. Finlandiya	4,226364	4,057224	4,064651
13. Litvanya	4,090547	3,993446	4,043811
14. İsveç	4,188940	4,052720	4,042156
15. Avustralya	4,048076	4,057721	4,019021
16. Kanada	4,130297	4,077867	4,016166
17. Birleşik Krallık	4,292110	4,047932	4,001201
18. Avusturya	4,312332	4,117878	3,996062
19. Türkiye	4,308309	4,049145	3,971795
20. Fransa	4,216134	3,998806	3,949827
21. Estonya	4,161613	3,865770	3,925618
22. Güney Kore	3,904830	3,924196	3,922836
23. Japonya	3,859998	3,821497	3,919874
24. Şili	4,081665	3,982421	3,889956
25. Slovakya	3,869933	3,888549	3,889462
26. Macaristan	4,188124	3,908924	3,888082
27. Çek Cumhuriyeti	3,823332	3,802928	3,857003
28. İspanya	4,119521	3,813282	3,810887
29. İtalya	4,214924	3,950165	3,808699
30. Slovenya	3,961807	3,868550	3,806652
31. Meksika	4,038634	3,836611	3,774293
32. Kolombiya	3,607300	3,658955	3,767003
33. Yunanistan	4,008275	3,787518	3,579060
34. Portekiz	3,884194	3,652693	3,577309
35. Letonya	3,780177	3,562509	3,561224

**Kaynak:** Yazarın kendi hesaplamaları

Genel olarak incelen dönemde TFV ortalamalarında meydana gelen değişimler için altışar yıllık periyotlar dikkate alındığında Türkiye'nin yedinci sıradan on dokuzuncu sıraya; İtalya'nın on üçüncü sıradan yirmi dokuzuncu sıraya; İspanya'nın on dokuzuncu sıradan yirmi sekizinci sıraya doğru gerilemeler yaşadıkları tespit edilmiştir. Ayrıca Norveç, Portekiz ve Yunanistan TFV ortalamasında düşüş yaşayarak altışar yıllık periyotlar açısından sıralamalarında geriye doğru giden ülkeler arasındadır. Aynı şekilde incelenen periyotlar arasında TFV ortalamaları artarak üst sıralara doğru yer değiştiren ülkeler ise İsrail, ABD, Polonya ve Kolombiya'dır.

#### **4.2. TFV Belirleyicileri Panel Veri Analiz Bulguları**

TFV'nin belirleyicilerinin incelenmesinin amaçlandığı çalışmanın ikinci kısmında açıklayıcı değişkenler olarak reel GSYİH, enerji ithalatı, enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımlar dikkate alınmıştır. Konuya ilişkin literatür dikkate alındığında TFV'nin belirleyicileri açısından doğrudan yabancı yatırımlar (Herzer, 2011; Ünsal, 2017; Gehringer vd., 2016; Tocco, 2015; Lee, 2018) enerji tüketimi (Karık vd., 2020; Moghaddasi ve Pour, 2016), yenilenebilir enerji (Sohag vd., 2021) ve enerji ithalatı (Şimşek, 2011) değişkenlerinin çeşitli çalışmalara dahil edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca doğrudan milli gelir veya ekonomik büyüme değişkenlerinin TFV'yle birlikte ele alındığı (Hacker ve Hatemi-J, 2003; Saygılı vd., 2005; Vergil ve Abasız,2008) çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu bağlamda OECD ülkeleri için 2002-2019 yıllarını kapsayan dönem dikkate alınarak literatürde yer alan TFV'nin belirleyicileri incelenmektedir.

##### **4.2.1. Modelin Fonksiyonel Formunun Belirlenmesi**

Ekonometrik analize geçilmeden önce analize konu olan seriler incelenerek modelin fonksiyonel formuna karar verilmelidir. Çalışmada dikkate alınan serilerde TFV serisi dışındaki serilerin geometrik seri özelliği gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca bu özellik Tablo 4.6'da yer alan tanımlayıcı istatistiklerle beraber değişkenlerin standart sapmalarının yüksek olması gibi durumlarla da uyumlu bir çıkarımdır.

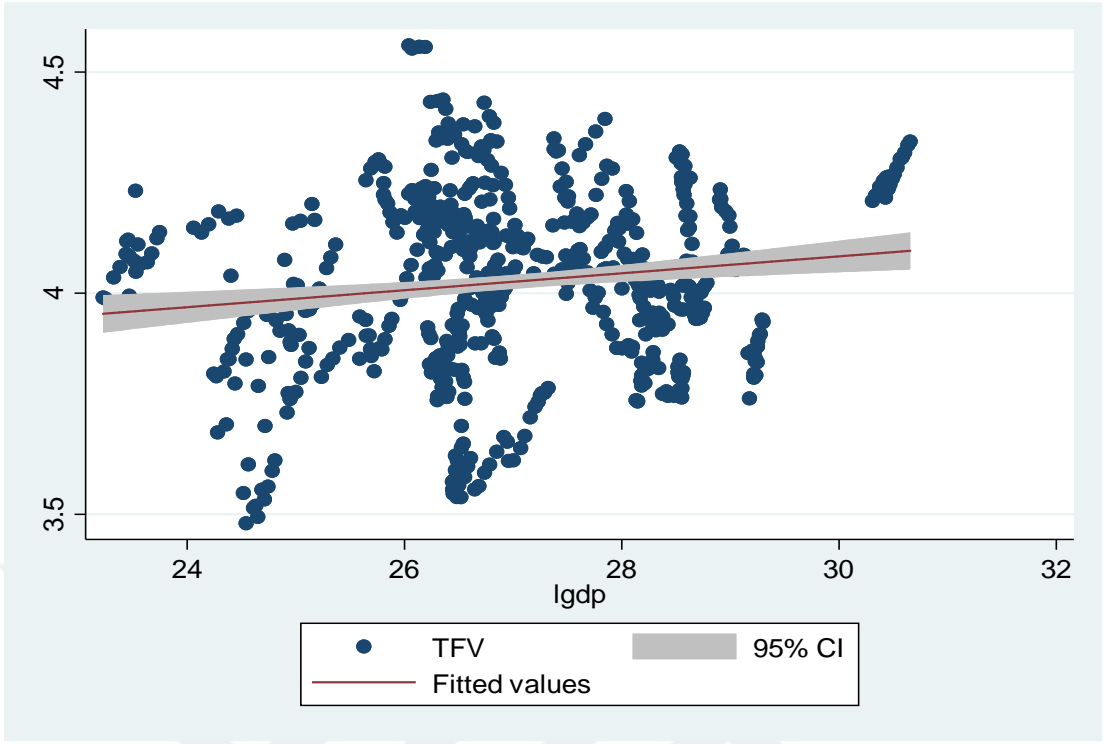
**Tablo 4.6.** Değişkenlere ait özet istatistikler

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Max.
<b>TFV</b>	630	4,025272	0,201225	3,479902	4,560494
<b>GDP</b>	630	1,47e+12	2,99e+12	1,11e+10	2,06e+13
<b>Menerji</b>	630	3667,634	5887,552	8,123388	35288,42
<b>Cenerji</b>	630	6593,423	15687,24	120,9381	96967,01
<b>Cyenerji</b>	630	233,427	499,8064	3,35186	3823,589
<b>FDI</b>	630	46,01145	37,09249	1,89892	311,7767

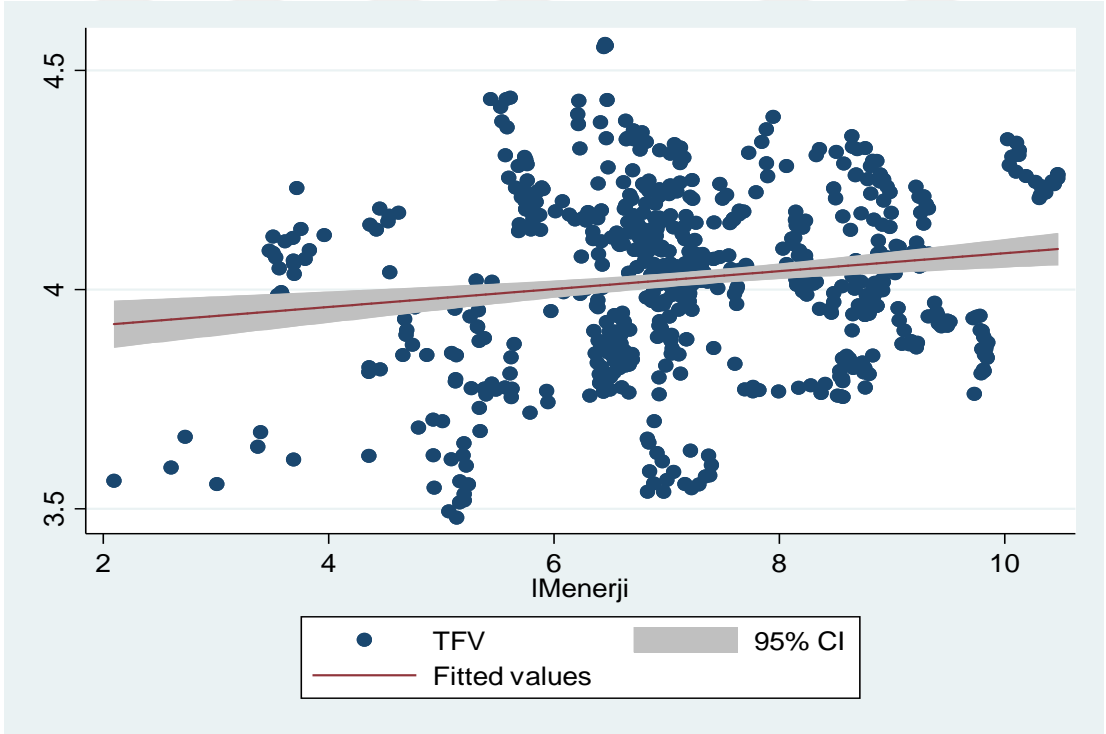
Tablo 4.6’da değişkenlerin ortalama, standart sapma değerlerinin yanı sıra aldıkları en küçük ve en büyük değerlere yer verilmiştir. Analizde kullanılan veri seti ise 630 gözlemden oluşmaktadır. Değişkenlere ilişkin istatistikler incelendiğinde TFV verisinin standart sapmasının diğer değişkenlere göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. TFV serisi ortalama 4,02 değerini alırken en küçük 3,48 ve en büyük 4,56 değerlerini almaktadır.

Analize tabi tutulacak modelin fonksiyonel formuna karar verilirken bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerle birlikte nasıl hareket ettiğinin serpilme diyagramları yardımıyla incelenmesi gerekmektedir. Bununla beraber değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal ya da ikinci dereceden olduğu hususları da diyagramlar yardımıyla ortaya çıkacaktır. TFV serisi dışındaki serilerin geometrik seri olma özelliği göstermelerinden dolayı analizlerde logaritmik dönüşümlerinin dikkate alınması uygun olmaktadır.

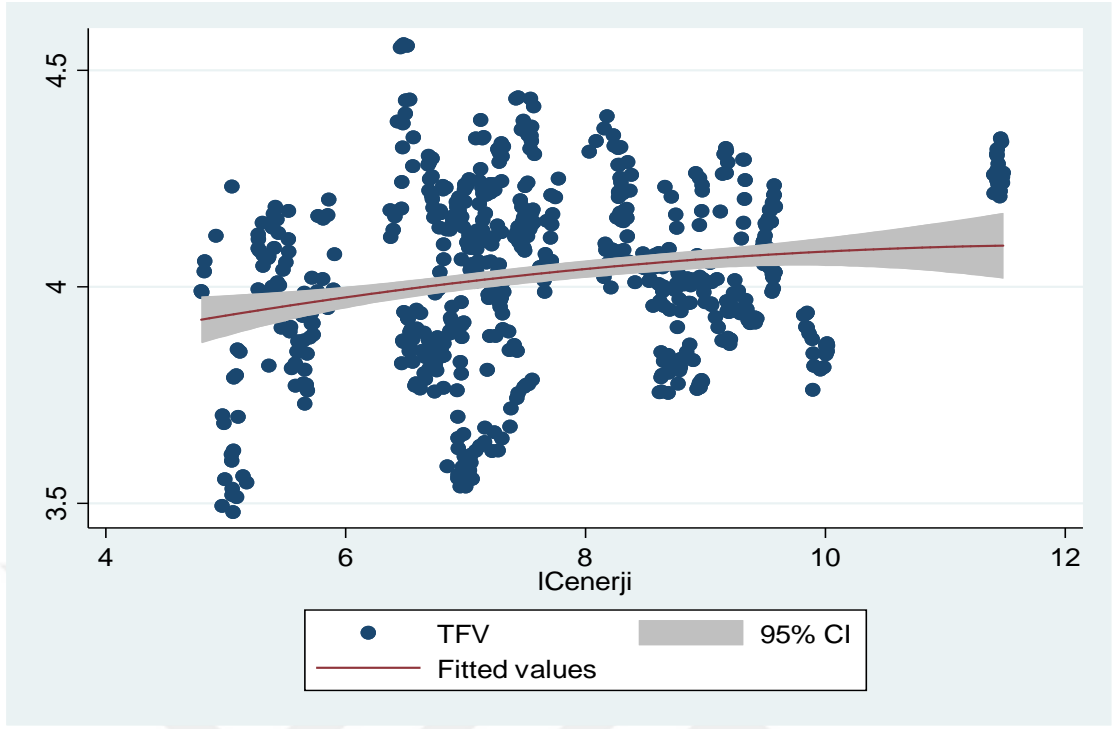
Şekil 4.4.’te TFV bağımlı değişkeni ile lgdp bağımsız değişkeni arasındaki ilişkiyi gösteren serpilme diyagramı verilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal bir yapıda olduğu görülmektedir. Şekil 4.5’te ise benzer şekilde bağımlı değişkenin IMenerji bağımsız değişkeni ile arasındaki ilişki doğrusaldır.



Şekil 4.4. TFV ve lgdp Değişkenleri Serpilme Diyagramı



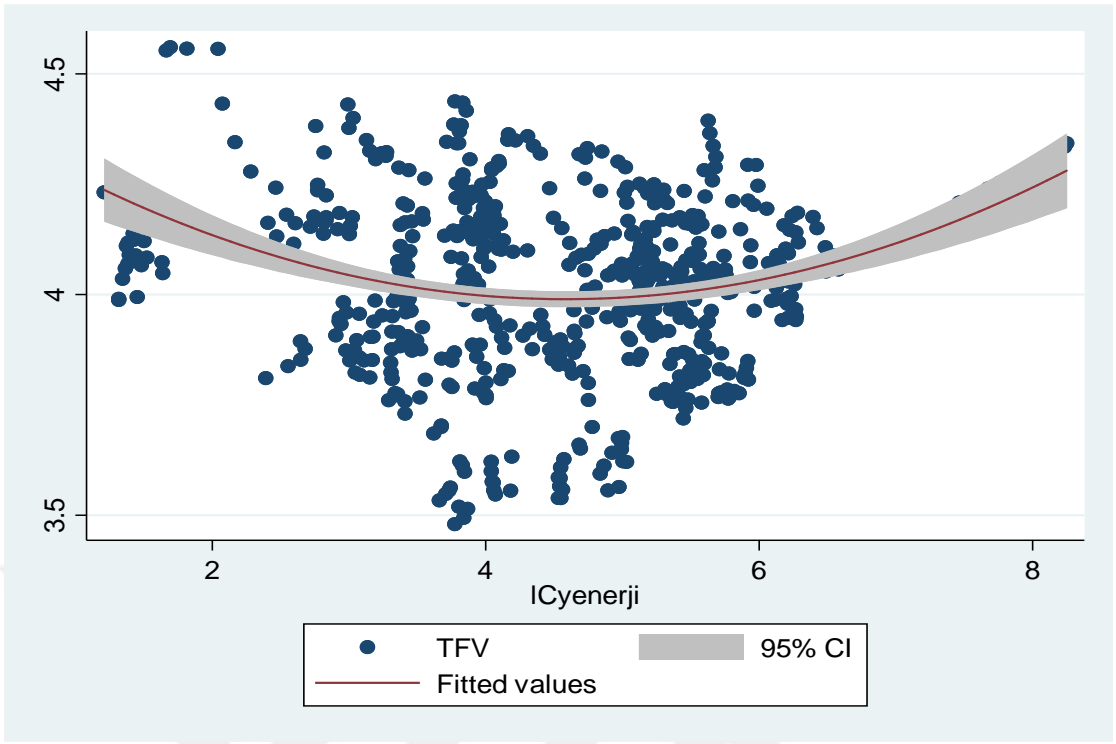
Şekil 4.5. TFV ve IMenerji Değişkenleri Serpilme Diyagramı



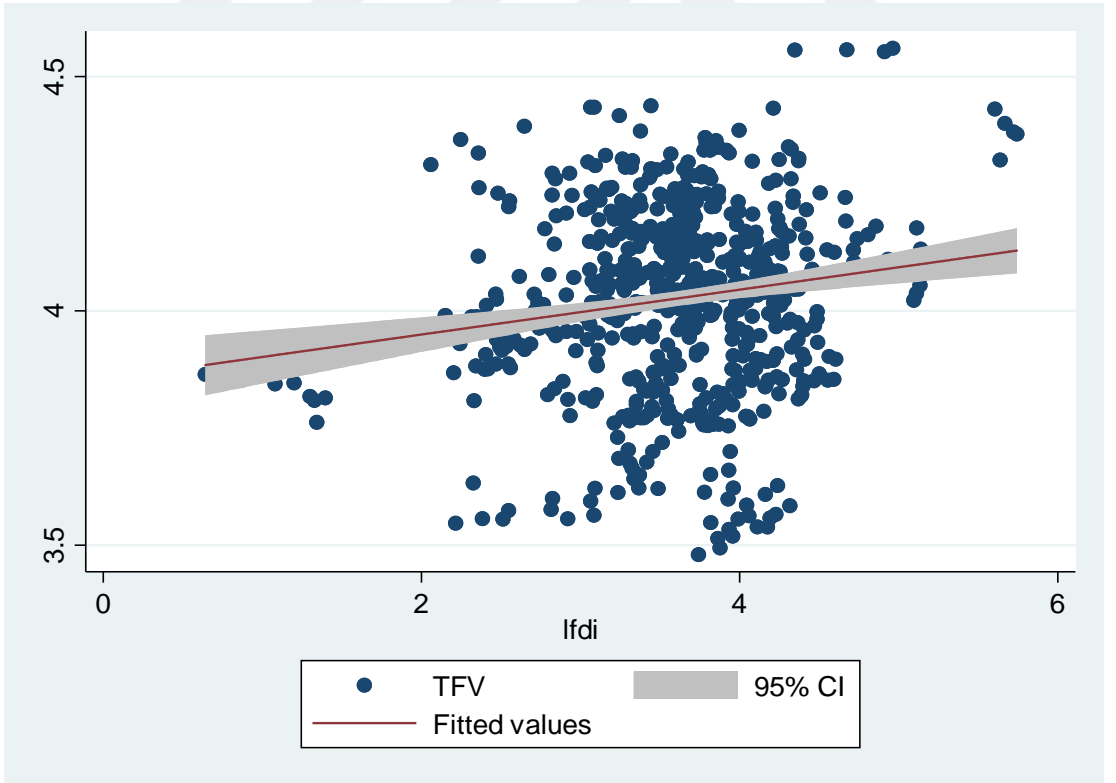
Şekil 4.6. TFV ve ICenerji Değişkenleri Serpilme Diyagramı

Şekil 4.6’da TFV ile ICenerji; Şekil 4.7’de ise TFV ile ICyenerji değişkenleri için serpilme diyagramları verilmiştir. TFV’nin enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri ile arasında doğrusal olmayan (ikinci dereceden) bir ilişkinin olduğu Şekil 4.6 ve 4.7 incelendiğinde görülmektedir. Belirli bir noktaya kadar enerjinin tüketiminin TFV’yi önce arttırdığı ve sonrasında azalttığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin ise TFV’yi önce azalttığı ve sonrasında arttırdığı saptanmıştır. Bu anlamda analizler yapılırken modellere enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimini serilerinin kareleri alınarak dahil edilmesi gerekmektedir ( $ICenerji^2$  ve  $ICyenerji^2$  değişkenleri).





Şekil 4.7. TFV ve ICyenerji Değişkenleri Serpilme Diyagramı



Şekil 4.8. TFV ve Ifdi Değişkenleri Serpilme Diyagramı

Şekil 4.8’de bağımlı değişken ile doğrudan yabancı yatırımlar serisi arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu görülmektedir. Veri setine ait özet istatistikler dikkate alınarak serpilme diyagramları yardımıyla bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birlikte hareketleri incelendikten sonra değişkenlerin fonksiyonel formu Eşitlik 57’de gösterilmektedir.

$$TFV_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 lgdp_{it} + \beta_2 lMenerji_{it} + \beta_3 lCenerji_{it} + \beta_4 lCenerji_{it}^2 + \beta_5 lCyenerji_{it} + \beta_6 lCyenerji_{it}^2 + \beta_7 lfdi_{it} + u_{it} \quad (58)$$

Eşitlik 58’de verilen sabit parametresi heterojen panel veri modeli kullanılarak TFV bağımlı değişkeninin denklemdaki bağımsız değişkenlerle arasındaki ilişkiler incelenmektedir.

#### 4.2.2. Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

TFV ile bağımsız değişkenlerin kısmi ve yarı kısmi korelasyon katsayıları Tablo 4.7’de verilmiştir. Kısmi ve yarı-kısmi korelasyon katsayıları yardımıyla iki değişken arasındaki ilişki ortaya koyulurken bu değişkenlerle ilişkisi olduğu düşünülen diğer değişkenlerin sırasıyla her ikisi ya da birisi üzerindeki etkisi sabit tutulmaktadır (Cohen vd., 2003: 73-74).

**Tablo 4.7.** Bağımsız değişkenlerin korelasyon katsayıları

	Kısmi Korelasyon	Yarı-Kısmi Korelasyon	Kısmi Korelasyon <sup>2</sup>	Yarı-Kısmi Korelasyon <sup>2</sup>	Olasılık Değeri
<b>lgdp</b>	-0,1474	-0,1259	0,0217	0,0159	0,0002***
<b>lMenerji</b>	0,0892	0,0756	0,0080	0,0057	0,0259**
<b>lCenerji</b>	0,3163	0,2817	0,1000	0,0794	0,0000***
<b>lCenerji<sup>2</sup></b>	-0,2528	-0,2208	0,0639	0,0488	0,0000***
<b>lCyenerji</b>	-0,3372	-0,3026	0,1137	0,0916	0,0000***
<b>lCyenerji<sup>2</sup></b>	0,2875	0,2536	0,0826	0,0643	0,0000***
<b>lfdi</b>	0,2078	0,1795	0,0432	0,0322	0,0000***

\*\*\* işareti % 1 anlamlılık düzeyini, \*\* işareti %5 anlamlılık düzeyini ve \* ise % 10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedirler.

Tablo 4.7’ye göre bağımlı değişken TFV ile bağımsız değişkenler arasında ilişki vardır ve anlamlıdır. Burada kısmi korelasyon sonuçlarına göre TFV ile bağımsız değişkenler arasında lgdp, lCenerji, lCenerji<sup>2</sup> değişkenleri için negatif diğer değişkenler için pozitif bir korelasyonun olduğu görülmektedir. Ayrıca, en düşük ve en yüksek korelasyon katsayıları sırasıyla lMenerji ve lCyenerji değişkenlerine aittir.

**Tablo 4.8.** VIF kriteri sonuçları

Değişken	VIF	1/VIF
lgdp	20,18	0,049552
IMenerji	5,41	0,184819
ICenerji	17,58	0,056899
ICyenerji	3,33	0,300644
lfdi	1,18	0,848454
Mean VIF	9,53	

EKK'nın ardındaki, önceli bir varsayım modelde çoklu doğrusal bağlantı olmamasıdır. Çoklu doğrusal bağlantı bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin varlığını ifade etmektedir (Arı ve Önder, 2012:169). Çoklu doğrusal bağlantı VIF (Variance Inflation Factor) kriteri yardımıyla saptanabilmektedir. Bu kriter yardımcı regresyon modellerinden elde edilen  $R^2$  değerleri yardımıyla hesaplanır.  $p-1$  bağımsız değişken için Eşitlik 59'da VIF kriteri gösterimi yer almaktadır (Craney ve Surles, 2002:392).

$$VIF_i = \frac{1}{1-R_i^2} \quad i = 1,2, \dots, p - 1. \quad (59)$$

Varyans enflasyon faktörü (VIF) değerlerinin büyümesi çoklu doğrusal bağlantı sorununun olduğuna işaret etmektedir. VIF değeri 10'un üzerinde olduğu durumlarda ( $VIF \geq 10$ ) çoklu doğrusal bağlantı olduğu kabul edilir (Topal vd., 2010:54). Tablo 4.8 incelendiğinde analiz edilen modele ait VIF değerinin 10'dan küçük olduğu görülmektedir. Bu bağlamda incelenen modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu yoktur. Tolerans katsayısı olarak bilinen  $1/VIF$  katsayısı 1'e yakın değerleri çoklu doğrusal bağlantı olmadığını göstermektedir.

#### **4.2.3. Panel veri modelinin türünün belirlenmesi**

Uygun panel veri modeline karar verirken öncelikle birim ve zaman etkilerinin varlığı test edilmelidir. Bu testler klasik modelin geçerliliğini sınamaktadır. Bu testlere örnek olarak olabilirlik oranı (LR) F testi ve Breusch-Pagan Lagrange (LM) testleri verilebilir. Tablo 4.9'da LR, F ve ALM test istatistikleri değerlerine yer verilmiştir. LM testi yerine burada otokorelasyon varlığında dirençli genişletilmiş lagrange çarpanı testi (ALM) yer almaktadır.

**Tablo 4.9.** Birim ve/veya Zaman Etkisi Varlığını Sınayan Testler ve Sonuçları

	LR Test İstatistiği	F Test İstatistiği	ALM Test İstatistiği
<b>Birim ve Zaman Etkisi</b>	905,87***	6,49***	-
<b>Birim Etki</b>	548,31***	38,53***	35,81***
<b>Zaman Etkisi</b>	77,24***	8,52***	14,20***

\*\*\* işareti %1 anlamlılık düzeyini, \*\* işareti %5 anlamlılık düzeyini ve \* ise %10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedirler.

LR testi, klasik modelin geçerliliğini tesadüfi etkiler modeli üzerinden test eder ve test istatistiği Eşitlik 60'taki gibi hesaplanır. Ayrıca bu testin  $H_0$  hipotezi ise klasik model uygundur şeklinde kurulmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2018b:173)

$$LR = -2[l(kısıtlı) - l(kısıtsız)] \quad (60)$$

F testi modelde zaman ve birim etkisinin olup olmadığını test etmektedir. Eğer sabit parametre birimlere göre farklılık göstermiyorsa model için HEKK yöntemi ile tahmin yapılır (Yerdelen Tatoğlu, 2018b:168-169). Bu testte iki tür model kullanılmaktadır. Bunlar kısıtlı ve kısıtsız modellerdir.

$$Y_i = \beta_i X_i + u_i \quad i = 1, \dots, N \quad (61)$$

$$Y = \beta X + u \quad (62)$$

$$H_0: \beta_i = \beta \quad (63)$$

Eşitlik 61'de kısıtsız model, Eşitlik 62'de ise kısıtlı model yer almaktadır. Ayrıca Eşitlik 63'te de F testi için sınanacak hipotez verilmiştir.

Modelde otokorelasyonun varlığı durumunda birim etki ve zaman etkisinin varlığını sınamak için dirençli genişletilmiş lagrange çarpanı testi (ALM) kullanılmaktadır. Sınanacak hipotez birim etkinin veya zaman etkisinin varyansının sıfıra eşit olduğunu ifade etmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2018b:178-179).

$$H_0: \sigma_{\lambda\mu}^2 = 0 \quad (64)$$

Tablo 4.9'da verilen test istatistikleri için üç farklı istatistiğe yer verilmiştir. İlk olarak modelde birim ve/veya zaman etkisinin varlığı test edilmiştir. Ardından birim etki ve zaman etkilerini ayrı ayrı test etmişlerdir. Yani üç farklı hipotez test edilmiştir. LR test istatistiği için tablodaki bütün değerler kritik değerlerle karşılaştırılınca  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. Eşitlik 65'teki hipotez birim etki ve zaman etki için de geçerlidir. Birim ve zaman etkileri içinde  $H_0$  hipotezleri reddedilmektedir. Bu durumda LR test istatistiğine göre modelde hem birim hem de zaman etki mevcuttur.

$$H_0: \text{Klasik model uygundur. (Birim ve\veya zaman etkisi yoktur.)} \quad (65)$$

Tablo 4.9’da F test istatistiği değerleri ve anlamlılıkları incelendiğinde Eşitlik 63’teki  $H_0$  hipotezi üç durum içinde reddedilmektedir. Bu bulgular dikkate alındığında incelenen modelde F test istatistiklerine göre hem birim hem de zaman etkisi vardır.

ALM test istatistiği sonuçları incelendiğinde birim etkisi ve zaman etkisinin varlığına ilişkin istatistiklerin anlamlı oldukları tespit edilmektedir. Bu bağlamda birim etkilerin varyanslarının sıfıra eşit olduğu ve zaman etkilerinin varyanslarının sıfıra eşit olduğu hipotez reddedilmektedir (Eşitlik 64). Diğer test istatistiklerinde olduğu gibi ALM testine göre de modelde birim ve zaman etkilerinin olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak panel veri modelinin türünün belirlenmesi için incelenen LR, F ve ALM test sonuçlarına göre model hem birim hem de zaman etkilerini içermektedir. Dikkate alınan testlerin sonuçları birbiriyle örtüşmektedir. Bu paralelde analiz edilecek model iki yönlü, birim ve zaman etkili bir model olarak belirlenmektedir.

Bağımsız değişkenlerin birim ve zaman etkileriyle korelasyonlu olup olmadıkları Hausman testleri yardımıyla ortaya koyulmaktadır. Bu test kapsamında etkinliği bozan bir varsayımdan sapma varsa dirençli standart hatalardan hareket eden dirençli Hausman (RHausman) testi sonuçları dikkate alınır. Bu testler doğrultusunda sınanan hipotezler Eşitlik 66 ve Eşitlik 67’de verilmiştir (Yerdelen Tatoğlu, 2018b:187-189).

$$H_0: E(\mu_i X_{it}) = 0, E(\lambda_t X_{it}) = 0 \quad \text{Sabit etkiler tutarlı, Tesadüfi etkiler etkin} \quad (66)$$

$$H_1: E(\mu_i X_{it}) \neq 0, E(\lambda_t X_{it}) \neq 0 \quad \text{Sabit etkiler tutarlı, Tesadüfi etkiler tutarsız} \quad (67)$$

Modelin birim ve zaman etkilerini içerdiği tespit edildikten sonra, sabit ve tesadüfi etkiler modelleri arasında tercih yapabilmek amacıyla Hausman ve Rhausman testleri kullanılmaktadır. Tablo 4.10’da test sonuçlarına ilişkin birim ve zaman etkileri dikkate alınarak ki-kare test istatistikleri ve olasılık değerlerine yer verilmiştir. Buna göre birim etki için Hausman testi  $H_0$  hipotezini reddederken, Rhausman testi için  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir. Zaman etkisi için ise Rhausman testi sonucuna göre  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. O halde nihai model birim etkinin tesadüfi, zaman etkisinin sabit olduğu iki yönlü karma modeldir.

**Tablo 4.10.** Hausman ve Rhausman Test Sonuçları

		<b>Ki-Kare Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Birim Etki</b>	<b>Hausman</b>	55,34	0,0000
	<b>Rhausman</b>	6,30	0,5055
<b>Zaman Etkisi</b>	<b>Hausman</b>	-1282,48	-
	<b>Rhausman</b>	169,92	0,0000

#### 4.2.4.Varsayımdan Sapmaların Testleri

Panel veri analizinde tahmin edilen parametrelerin sapmasız ve etkin olması için gerekli olan bazı varsayımlar vardır. Bu varsayımlardan burada sınanacak olanlar heteroskedasite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyondur. Ayrıca bu aşmada hata terimlerinin normal dağılımı da test edilecektir.

**Tablo 4.11.** Normal Dağılım Test Sonuçları

	<b>Ki-Kare Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Birleşik Test (<math>\mu_{it}</math>)</b>	2,24	0,3268
<b>Birleşik Test (<math>\mu_{it}</math>)</b>	2,08	0,3527

Tesadüfi etkiler modelinde hata teriminin iki bileşeni olduğu için ikisi içinde normal dağılım sınanmıştır ve D'Agastino, Belander ve D'agastino tarafından önerilen çarpıklık-basıklık testi kullanılmıştır. Bu test çarpıklık ve basıklık katsayılarını dikkate alarak hata teriminin normal dağılıp dağılmadığı ile ilgili bilgi vermektedir (Öztuna vd., 2006;173). Tablo 4.11'deki test sonuçlarına göre Eşitlik 68'deki hipotez sınanacaktır.  $H_0$  ve  $H_1$  hipotezleri;

$$H_0 : \text{Hata terimleri normal dağılmaktadır.} \quad (68)$$

$$H_1 : \text{Hata terimlerinormal dağılmamaktadır.} \quad (69)$$

Normal dağılım test sonuçlarına göre her iki hata bileşeni test için de olasılık değeri kritik değerlerden (%5) büyüktür. Bu durum  $H_0$  hipotezinin her ikisi için de reddedilemez olduğunu göstermektedir, hata terimleri normal dağılmaktadır.

**Tablo 4.12.** Levene, Brown ve Forsythe' nin Test Sonuçları

	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>W0</b>	8,4021036	0,0000
<b>W50</b>	4,2343436	0,0000
<b>W10</b>	7,8263275	0,0000

Heteroskedasitenin varlığı tesadüfi etkiler modelinde Levene, Brown ve Forsythe'nin testleri ile ele alınmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2018b:234). Hipotezler;

$$H_0: \text{Heteroskedasite yoktur} \quad (70)$$

$$H_1: \text{Heteroskedasite vardır} \quad (71)$$

Levene, Brown ve Forsythe'nin test istatistikleri birim sayısı ve her birime ait zaman boyutunun bir eksiğinin toplamı serbestlik dereceleri F dağılımına uymaktadır (Vergil ve Bahtiyar, 2017:681). Burada serbestlik derecesi (34, 595)'dir. Test istatistiği (W0, W50, W10) ait olasılık değerleri incelendiğinde her istatistik için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. Yani modelde heteroskedasite vardır.

**Tablo 4.13.** Durbin-Watson ve Baltagi-Wu' nun LBI Test Sonuçları

<b>Durbin-Watson</b>	0,24027585
<b>Baltagi-Wu LBI</b>	0,4439843

Tesadüfi etkiler modelinde otokorelasyon sorununun tespit edilmesi Baltagi-Wu'nun yerel en iyi değişmez (LBI) testi ve Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin Watson (DW) testi kullanılmaktadır. Bu test sonuçları Tablo 4.13'de yer almaktadır. Baltagi-Wu'nun (1999)  $H_0$  ve  $H_1$  hipotezleri Eşitlik 72 ve 73'te verilmiştir (Yerdelen Tatoğlu, 2008b; 223).

$$H_0: \rho = 0 \quad \text{Otokorelasyon sorunu yoktur.} \quad (72)$$

$$H_1: \rho > 0 \text{ ya da } \rho < 0 \quad \text{Otokorelasyon sorunu vardır.} \quad (73)$$

Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın (1982) DW testi AR(1) modeli kullanılarak kendi test istatistiğini önermiştir. Bu testin  $H_0$  ve  $H_1$  hipotezleri Eşitlik 74 ve 75'te yer almaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2008b; 225).

$$H_0: \rho = 0 \quad \text{Otokorelasyon sorunu yoktur.} \quad (74)$$

$$H_1: |\rho| < 1 \quad \text{Otokorelasyon sorunu vardır.} \quad (75)$$

Her iki test içinde sadece test istatistikleri dikkate alınmaktadır. Literatürde kritik değerler verilmemiş olmasına rağmen test istatistik değerleri 2'den küçükse otokorelasyonun önemli olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Bu bağlamda analiz çıktılarındaki her iki testinde test istatistiğinin (0,240 ve 0,444) 2'den küçük olmasından dolayı model açısından otokorelasyon sorununu gündeme getirmektedir.

**Tablo 4.14.** Pesaran, Friedman ve Frees'in Test Sonuçları

	Test İstatistiği	Olasılık Değeri		
<b>Pesaran CD</b>	23,662	0,0000		
<b>Friedman (FR)</b>	160,925	0,0000		
		Q Dağılımı Kritik Değerleri		
<b>Frees (FRE)</b>	11,250	0,2763*	0,1888**	0,1438***

\*\*\* işareti % 1 anlamlılık düzeyini, \*\* işareti %5 anlamlılık düzeyini ve \* ise % 10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedirler.

Pesaran'ın (2004) CD testi, birimler arası korelasyonun varlığını test etmek amacıyla önerilmektedir (De Hoyos ve Sarafidis, 2006; 485). Test sonuçlarına göre  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir, birimlerarası korelasyon vardır.

Spearman'ın rank korelasyon katsayısı yardımıyla hesaplanan ve non-parametrik olan Friedman (1937) testi birimler arası korelasyonu test etmek amacıyla kullanılır. Friedman (FR) istatistiği (T-1) serbestlik derecesiyle asimptotik  $\chi^2$  dağılmaktadır (De Hoyos ve Sarafidis, 2006;487; Yerdelen Tatoğlu, 2008b; 230). Tablo 4.14'te yer alan Friedman testi Eşitlik 74 ve 75'te ifade edilen hipotezler yardımıyla sınanmaktadır. Bu test istatistiğinin anlamlı olması sebebiyle  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. Bu test sonucuna göre birimler arası korelasyon vardır.

$$H_0: \text{Birimler arası korelasyon yoktur.} \quad (76)$$

$$H_1: \text{Birimler arası korelasyon vardır.} \quad (77)$$

Frees (1995,2004) rank korelasyon katsayılarının karelerinin toplamına dayanan bir test istatistiği ortaya koymuştur. Frees test istatistiği  $\chi^2$  dağılmaktadır ve Q dağılımına uymaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2008b; 232). Bu testin sınanmasında da Eşitlik 76 ve 77'deki hipotezler kullanılmaktadır. Frees'in testinin yorumlanmasında test istatistiği ve Q dağılımı kritik değerleri karşılaştırılır ve eğer test istatistiği Q dağılım değerinden büyükse  $H_0$  hipotezi reddedilir. Tablo 4.14'teki Frees test istatistiği (11,25) ile Q dağılımı kritik değerleri (%1 için 0,28, %5 için 0,19 ve %10 anlamlılık düzeyi için 0,14) karşılaştırıldığında bu model için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla birimler arası korelasyonun varlığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak analize tabi tutulan modelde Tablo 4.14'te verilen test istatistikleri için birimler arası korelasyonun varlığının sınanmasına ilişkin çıkarımlar birbiriyle örtüşmektedir.



#### 4.2.5. Nihai Model

Analizde esasen yorumlanmak istenen nihai modelin belirlenebilmesi için önce modelin fonksiyonel formuna karar verilmiş ve analize dahil olan değişkenlerin arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Ardından yapılan testler sonucu modelin birim ve zaman etkilerini içeren iki yönlü birim etkisi tesadüfi, zaman etkisi sabit olan karma etkiler modeli olduğu saptanmıştır. Analizin devamında modelin normal dağılıma uyduğu ve modelde çoklu doğrusal bağlantı sorununun olmadığı belirlenmiştir. Bunların devamında nihai modele karar vermeden önce modelin etkinliğini etkileyen varsayımdan sapmaların belirlenmesi yönelik testler yapılmıştır. Bu testler yardımıyla modelde heteroskedasite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon sorunlarının olduğu tespit edilmiştir. Modelde bulunan bu sorunlar yapılacak tahminler yardımıyla ortaya konulacak parametre tahminlerinin etkin olmasını engelleyecektir.

Literatürde heteroskedasite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon sorunlarının var olduğu modeller için uzamsal ve dönemsel korelasyonun genel formlarında dirençli standart hatalar üretebilen Driscoll ve Kraay'in yaklaşımı önerilmektedir. Driscoll-Kraay tahmincisi yardımıyla elde edilen standart hatalar heteroskedastik, otokorelasyonlu ve birimler arası korelasyonlu modeller için dirençli ve tutarlı tahminler yapabilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2008b; 276-278).

**Tablo 4.15.** Driscoll – Kraay Tahmincisi ve Nihai Model

<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Gözlem Sayısı</b>	<b>Wald Testi</b>	<b>Rho</b>	
0,0909	630	359402,46 prob > 0.0000	0,84673329	
	<b>Katsayı Değerleri</b>	<b>Dirençli Standart Hatalar</b>	<b>t istatistikleri</b>	<b>p&gt; t </b>
<b>lgdp</b>	0,3973167	0,0831505	4,78	0,0000***
<b>lMenerji</b>	0,0428026	0,0295963	1,45	0,1660
<b>lCenerji</b>	0,4058733	0,143837	2,82	0,0120**
<b>lCenerji<sup>2</sup></b>	-0,453952	0,0142422	-3,19	0,0050***
<b>lCyenerji</b>	-0,3125803	0,0330234	-9,47	0,0000***
<b>lCyenerji<sup>2</sup></b>	0,029036	0,0034229	8,48	0,0000***
<b>lfdi</b>	0,0262666	0,0146724	1,79	0,0910*
<b>yıl</b>				
<b>2002</b>	-	-	-	-
<b>2003</b>	-0,0064338	0,0018138	-3,55	0,002***
<b>2004</b>	-0,0067511	0,0046634	-1,45	0,166
<b>2005</b>	-0,0122523	0,0081582	-1,50	0,151
<b>2006</b>	-0,049122	0,0108363	-4,53	0,000***
<b>2007</b>	-0,0651014	0,0133496	-4,88	0,000***
<b>2008</b>	-0,1039161	0,0143811	-7,23	0,000***
<b>2009</b>	-0,179084	0,0150572	-11,89	0,000***
<b>2010</b>	-0,1855664	0,0152903	-12,14	0,000***
<b>2011</b>	-0,2005972	0,0184838	-10,85	0,000***
<b>2012</b>	-0,2442716	0,019726	-12,38	0,000***
<b>2013</b>	-0,2633437	0,021621	-12,18	0,000***
<b>2014</b>	-0,2744756	0,0245038	-11,20	0,000***
<b>2015</b>	-0,2710296	0,0268159	-10,11	0,000***
<b>2016</b>	-0,2815493	0,028312	-9,94	0,000***
<b>2017</b>	-0,2658591	0,0297475	-8,94	0,000***
<b>2018</b>	-0,2578627	0,0314128	-8,21	0,000***
<b>2019</b>	-0,2626639	0,0339313	-7,74	0,000***
<b>Sabit Katsayı</b>	-6,504279	2,293652	-2,84	0,0110**

\*\*\* işareti % 1 anlamlılık düzeyini, \*\* işareti %5 anlamlılık düzeyini ve \* ise % 10 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedirler.

Driscoll-Kraay tahmincisi yardımıyla elde edilen nihai modelin fonksiyonel formu aşağıda gösterilen Eşitlik 78’de verilmiştir.

$$\begin{aligned}
\widehat{TFV}_{it} = & -6,504 + 0,397 \lgdp_{it} + 0,043 lMenerji_{it} + 0,406 lCenerji_{it} - 0,454 lCenerji_{it}^2 \\
& - 0,313 lCyenerji_{it} + 0,029 lCyenerji_{it}^2 + 0,026 lfdi_{it} - 0,006yıl2003_t \\
& - 0,007yıl2004_t - 0,012yıl2005_t - 0,049yıl2006_t - 0,065yıl2007_t \\
& - 0,104yıl2008_t - 0,179yıl2009_t - 0,186yıl2010_t - 0,201yıl2011_t \\
& - 0,244yıl2012_t - 0,263yıl2013_t - 0,274yıl2014_t - 0,271yıl2015_t \\
& - 0,282yıl2016_t - 0,266yıl2017_t - 0,258yıl2018_t - 0,263yıl2019_t
\end{aligned}$$

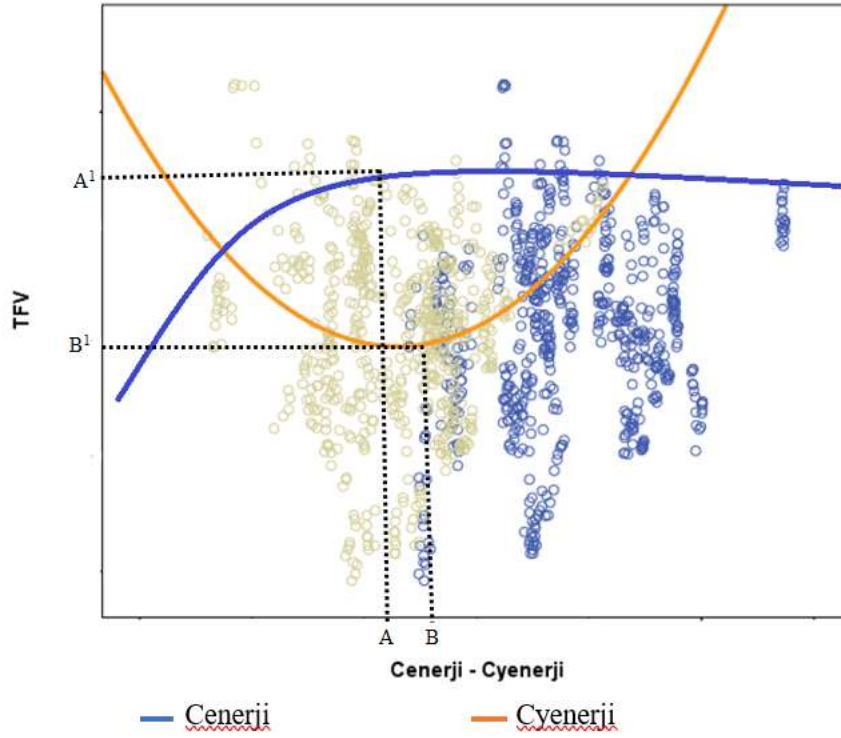
(78)

Tablo 4.15’te yer alan nihai modelin çıktıları incelendiğinde Wald testi olasılık değerine göre %95 güven aralığında modelin anlamlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Yarı

logaritmik bir formu olan modelde bağımsız değişkenlerin ve sabitin parametrelerinin anlamlılıkları incelendiğinde sadece IMenerji değişkeni için parametrenin anlamsız olduğu görülmektedir. Igdp, ICenerji ve ICyenerji değişkenleri %5 lfdi değişkeni ise %10 kritik değerleri için anlamlıdır. Birim etki varyansının toplam varyans içindeki payı olan rho katsayısı %85 olup, birim etki varlığının güçlü bir göstergesi olarak dikkat çekmektedir.

$R^2$  katsayısı modeldeki açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranını ifade etmektedir. Modelde yer alan açıklayıcı değişkenler bağımlı değişkeni açıklamakta anlamlıdır ancak TFV’de meydana gelen değişkenliklerin sadece %9’unu açıklayabilmektedir. Buna TFV’yi etkileyen diğer değişkenlerin çalışmanın amacına yönelik olarak analizin dışında bırakılmış olması neden olmuştur. Çalışmada enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve enerji ithalatının TFV üzerindeki etkisi ortaya konulmak istenmiş ve GSYİH ile doğrudan yabancı yatırımlar değişkenleri kontrol değişken olarak modele dahil edilmiştir. Bu sebeple literatürde TFV’nin belirleyicileri olarak dikkate alınan değişkenler içerisinden çalışmanın amacına uygun değişkenler seçilmiştir.

Model sonuçlarına göre diğer değişkenlerin etkisi sabitken GSYİH’daki her %1’lik artış toplam faktör verimliliğini 0,00397 birim arttırmaktadır. Yine diğer değişkenlerin etkisi sabitken doğrudan yabancı yatırımlardaki %1’lik bir artışa karşılık toplam faktör verimliliğinin 0,00026 birim arttığı görülmektedir. Modelde yer alan diğer değişkenler olan enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi (ICenerji, ICenerji<sup>2</sup> ve ICyenerji, ICyenerji<sup>2</sup>) değişkenleri parabolik formdaki ifadelerdir. Enerji tüketimleri ile ilgili olarak elde edilen bulgular ise Şekil 4.9’da yer almaktadır.



**Şekil 4.9.** Enerji Tüketimleri ile TFV Değişkenleri Arasındaki Etkileşim

Şekil 4.9’da TFV ile enerji tüketimleri arasındaki ilişki yer almaktadır. Dikey ekseninde TFV yer alırken yatay ekseninde enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi yer almaktadır. Analiz kısmında enerji tüketimi (Cenerji) ve yenilenebilir enerjinin (Cyenerji) TFV ile doğrusal olmayan (ikinci dereceden) bir ilişkisinin olduğu saptanmıştır. Buna bağlı olarak incelen dönem ve OECD ülkelerine ait veriler yardımıyla bu değişkenler arasındaki ilişki Şekil 4.9’da grafiksel olarak ifade edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça TFV azalmakta ve bir noktadan (B) sonra yenilenebilir enerji tüketimi artmaya devam ederken TFV’yi de arttırmaktadır. Benzer ilişki ters yönlü olarak enerji tüketimi ve TFV arasında mevcuttur. Enerji tüketimi artarken TFV’yi de arttırmakta fakat bir noktadan (A) sonra enerji tüketimindeki artış devam ettikçe TFV’yi bu kez azaltmaya başlamaktadır.

Enerji tüketimi 87,35 petajoule (A noktası) olana kadar TFV artışları devam etmekte ve bu noktada maksimum yapmaktadır. Bu noktadan sonra ise enerji tüketimindeki artışlar TFV’yi azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi 217,47 petajoule (B noktası) olana kadar TFV’yi azaltmakta ve bu noktada minimum

yapmaktadır. Bu noktadan sonra ise yenilenebilir enerji tüketimindeki oluşan artışlar TFV’de de artış olmasına neden olmaktadır.

Şekil 4.9’deki grafikte, analizde kullanılan veri setinde yer alan OECD ülkelerinin enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve TFV verilerinin saçılımları da gösterilmektedir. TFV ile enerji tüketim verileri arasındaki saçılım mavi; TFV ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki saçılımı sarı noktalar temsil etmektedir. Grafik bu saçılımlarla beraber incelenir ise enerji tüketimi açısından ülke grubunun serpilmelerinin enerji tüketimi-TFV ilişkisinin maksimum olduğu noktanın sağında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca incelenen ülke grubunun yenilenebilir enerji tüketimi açısından serpilmelerinin yenilenebilir enerji tüketimi-TFV ilişkisinin minimum olduğu noktanın çoğunlukla solunda yer almış olmaları önemli bulgular arasındadır.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Gelişmekte olan ekonomiler için TFV'nin yükseltilmesi mevcut üretim kaynaklarının optimal şekilde kullanılarak ülkenin istikrarlı bir ekonomik büyüme trendi yakalaması noktasında önem arz etmektedir. TFV'deki artışlar inovasyonun, AR-GE harcamalarının ve beşerî sermaye kapasitesinin arttırılabilmesiyle mümkün olmaktadır. Böylece ülke ekonomisinde üretim daha etkin ve verimli şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Küreselleşmeyle birlikte artan uluslararası rekabet ülke ekonomileri için verimlilik konusunu önemli bir noktaya taşımıştır. Sürdürülebilir büyüme için önemli bir husus olan verimlilik kavramı üretimde kullanılan kaynaklarla azami çıktının elde edilmesini ifade etmektedir.

Neoklasik büyüme teorisi öncülerinden Solow (1957), ekonomik büyümenin sadece sermaye ve işgücü artışından kaynaklanmadığını ve teknolojik yeniliklerin de önemli bir etken olduğunu ileri sürmüştür. Solow'a göre üretim sürecinde girdilerin marjinal getirileri giderek azalacak ve durağan durum dengesinin oluşmasıyla girdilerin çıktı üzerinde bir etkisi kalmayacaktır. Bu bağlamda uzun dönem ekonomik büyüme teknolojik gelişmelerle sağlanacak verimlilik artışlarıyla açıklanabilecektir.

TFV ile ilgili literatürde genellikle Solow'un (1957) çalışması öncü olarak gösterilmiş olsa da esasen konuya ilişkin öncü çalışma Tinbergen'nin (1942) çalışmasıdır. Tinbergen (1942) üstel bir zaman trendi kullanarak teknolojik ilerlemeyi toplam üretim fonksiyonunda ayrı bir değişken olarak tahmin etmiştir. Daha sonra Solow (1957) çalışmasında ise teknolojik gelişmeleri dışsal bir faktör olarak modele dahil etmiştir. Bu açıdan konuya ilişkin literatürde TFV'ye atfen incelenen teknolojik gelişmeler Solow artığı olarak adlandırılmıştır.

TFV hesaplanmalarında literatürde birçok yöntem yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında TFV bir parametrik tahmin yaklaşımı olan ekonometrik yöntemler yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde analize dahil edilen ülkeler arasında incelenen dönemde TFV'nin en yüksek olduğu ülkeler İrlanda, ABD, Norveç, Yeni Zelanda ve Danimarka iken, en düşük olduğu ülkeler ise Çek Cumhuriyeti, Yunanistan, Portekiz, Kolombiya ve Letonya'dır. Bu noktada AR&GE yatırımları yüksek, sanayileşmiş ve teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde TFV'nin yüksek olduğu öte

yandan görece olarak daha az gelişmiş ülkelerin TFV'lerin daha düşük olduğu görülmektedir.

Toplam faktör verimliliği hesaplamaları sonucunda elde edilen TFV serisi bağımlı değişken olarak panel veri analizlerinde kullanılmıştır. Ek olarak çalışma da TFV değişkeninin belirleyicileri olarak seçilen, GSYİH, enerji ithalatı, enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinden oluşan ve 2002-2019 yıllarını kapsayan dönemin dikkate alındığı veri seti kullanılmıştır. Dikkate alınan değişkenlerden enerji tüketimlerine ilişkin veriler incelendiğinde enerji tüketimi için ABD, Japonya, Kanada, Almanya ve Güney Kore gibi gelişmiş ülkelerin başat olduğu, Slovenya, Litvanya, Estonya, İzlanda ve Letonya gibi ülkelerin en düşük tüketime sahip olduğu görülmüştür. Yenilenebilir enerji tüketiminde ise ABD, Almanya, Kanada, Fransa ve Meksika'nın önde olduğu, Slovenya, Slovakya, Estonya, İrlanda ve İzlanda'nın ise son sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda nüfus ve sanayileşme açısından nispeten diğer ülkelere kıyasla önde gelen ülkelerin tüketimlerinin de yüksek olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada TFV ile ilişkilerinin incelendiği seçili değişkenlere ait veriler sabit parametresi heterojen panel modelleri yardımıyla analiz edilmiştir. Seçili değişkenlerin TFV üzerindeki etkileri birim etkisinin tesadüfi zaman etkisinin sabit olduğu iki yönlü karma model aracılığıyla tahmin edilmiştir. Analizde enerji ithalatı, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin TFV üzerindeki etkileri ortaya konulmak istenmiş ve GSYİH ve DYY açıklayıcı değişkenleri kontrol değişkeni olarak modele dahil edilmiştir.

Analiz bulgularına göre enerji ithalatı dışındaki tüm değişkenlerin TFV üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlıdır. Kontrol değişkeni olarak modele dahil edilen GSYİH ve DYY, TFV üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Bu sonuç literatürde TFV'nin belirleyicilerinin analiz edildiği çalışma sonuçlarıyla uyumludur. TFV ile GSYİH arasındaki ilişkinin yönü Alakbarov vd. (2018), Hacker ve Hatemi-J (2003) çalışmalarının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Ayrıca DYY ile TFV ilişkisi için elde edilen bulgu Herzer (2011) ve Tocco (2015) çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. TFV ile enerji ithalatı arasındaki ilişki açısından elde edilen bulgular ilişkinin yönünün pozitif

fakat katsayının istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermiştir. Bu sonuç Şimşek'in (2011) çalışmasında elde edilen bulgularla benzerlik göstermemektedir.

Analizde yer alan enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji serilerinin TFV ile saptanan ilişkisi kurulan modele göre istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu değişkenlerin TFV üzerindeki etkileri incelenirken söz konusu serilerin TFV ile aralarında parabolik bir ilişkinin olması dikkat çekmektedir. Bu ilişki sebebiyle yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça TFV azalmakta, bir noktadan sonra ilgili değişkenlerdeki artışlar TFV'yi pozitif yönde etkilemektedir. Bağlantılı olarak enerji tüketimi ise TFV'yi arttırmakta ve kritik bir noktadan sonra TFV'yi azaltıcı yönde etki yapmaktadır. Literatür incelendiğinde TFV ile enerji tüketimi Karık vd. (2020) ve Moghaddasi ve Pour (2016) çalışmalarında ulaşılan sonuçlarla farklılık göstermektedir. Enerji tüketimi ve TFV arasındaki ilişki açısından enerji tüketiminin TFV'yi arttırarak maksimum yapması bu çalışmalardan farklılık göstermekte ancak maksimum düzeyden sonra enerji tüketiminin artmasının TFV'yi azaltıcı etki yapması çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Yenilenebilir enerji bağlamında ise Sohag vd. (2021) çalışması ile yenilenebilir enerji tüketiminin arttıkça TFV için azaltıcı etki yaparak minimum bir noktaya ulaşması durumu örtüşmemekte ancak TFV'yi minimum yapan yenilenebilir enerji tüketimi sonrasında devam eden tüketimlerin TFV'yi arttırması sonucu çalışmayla uyum göstermektedir. Analiz sonucunda ortaya çıkan TFV ile enerji ve yenilenebilir enerji arasındaki dinamik ilişki çalışmanın literatüre sunduğu katkı olarak düşünülmektedir.

İncelenen dönem itibariyle OECD ülkelerinin enerji tüketim miktarları TFV'yi azaltıcı düzeyde yer alırken, yenilenebilir enerji tüketimlerinin ise çoğunlukla TFV'yi azaltan düzeyde olduğu saptanmıştır. Bu kapsamda OECD ülkelerinin enerji tüketim kalıplarını değiştirerek yenilenebilir enerji eksenine kaydırmaları gerekmektedir. Böylelikle TFV'nin arttırılarak sürdürülebilir ve ekolojik bir büyümenin sağlanabilmesinin adımları atılmış olacaktır.

Yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılması için yapılan harcamaların ilk etapta TFV'yi düşürücü etkiler ortaya çıkaracak olmasına rağmen uzun vadede TFV'yi birincil enerji kaynakları kullanımına göre daha yüksek oranda arttıracığı tespit edilmiştir. Ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ile TFV'deki değişimler arasında başlangıçta bir ödünleşim söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla bu ödünleşmeye



rağmen yenilenebilir enerji tüketiminin artmaya devam ederek uzun dönemde TFV için itici bir güç olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, gerekli altyapı yatırımlarının ve yasal düzenlemelerin yapılması politika yapıcılara tavsiye edilmektedir.



## KAYNAKÇA

Abasız, T., (2006) *Büyüme ve Verimlilik: Türkiye örneği (1968-2006)*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı, Zonguldak.

Açıkgöz, Ş., G. K., Çatalbaş, “Türkiye Ekonomisinde Büyümenin Kaynakları: Parametrik Olmayan Bir Yaklaşım”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2010/25 (2), ss. 1-22.

Açıkgöz, Ş., M., Mert, “Harrod-Nötr Teknolojik Gelişme Varsayımı Altında Türkiye'de Büyümenin Kaynakları”, *Ege Academic Review*, 2015/15 (4).

Adak, M., “Total Factor Productivity and Economic Growth”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2009, (5), ss. 49-56.

Aghion, P., P., Howitt, “Capital, Innovation, And Growth Accounting”, *Oxford Review Of Economic Policy*, 2007/23 (1), ss. 79-93.

Aksu, L., “Türkiye’de istihdam, verimlilik ve iktisadi büyüme ilişkilerinin analizi”, *Journal of Economic Policy Researches*, 2017/4 (1), ss. 39-94.

Aktaş, E., O., Alioğlu. "Türkiye’de enerji sektörü analizi: Marmara bölgesi termik santraller örneği." *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2012 / 21.(1), ss. 281-297.

Altun, T. "Hanelerde Enerji Verimliliği: Davranışsal Müdahaleler ve Kamu Politikaları için Anahtar İlkeler." *Electronic Turkish Studies*, 2018 / 13(22), ss. 91-106.

Alakbarov, N., M., Gündüz, M., B., Erkan, “Türkiye’de ekonomik büyümenin belirleyicisi olarak toplam faktör verimliliği”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2018, (57), ss. 253-270.

Alancioğlu, E., M., Şit, “BRICS Ekonomilerinde Toplam Faktör Verimliliği ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin Panel Veri Analizi: 2000-2016 Dönemi”, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 2019/11 (20), ss. 29-40.

Altıntaş, H., M., Mercan, “Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Eşbütünlük Analizi”, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 2015/70 (2), ss. 345-376.

Arı, A., H., Önder. “Farklı Veri Yapılarında Kullanılabilecek Regresyon Yöntemleri.” *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 2013/ 28(3), 168-174.

Asker, V., “Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ile Operasyonel ve Finansal Performans Analizi: Seçilmiş Havayolu İşletmelerinde Bir Uygulama”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2021, (59), ss. 435-460.

Atıyas, I., O., Bakış, “Aggregate and sectoral TFP growth in Turkey: a growth accounting exercise (Türkiye’de toplam ve sektörel toplam faktör verimliliği büyüme hızları: bir büyüme muhasebesi çalışması)”, *İktisat, İşletme ve Finans*, 2014/29 (341), ss. 9-36.

Ateş, S., (1998) *Yeni içsel büyüme teorileri ve Türkiye ekonomisinin büyüme dinamiklerinin analizi*, (Yayımlanmamış doktora tezi), Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü/İktisat Anabilim Dalı, Adana.

Ateş, S., “Türkiye imalat sanayinde toplam faktör verimliliği ve uzun dönem büyüme ilişkileri (No. 2012/70)”, *Discussion Paper*, 2012.

Aytaç, D. "Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisinin çok değişkenli VAR yaklaşımı ile tahmini." *Maliye Dergisi*, 2010/158. (1), ss. 482-495.

Aytaç, D. "Türkiye’de Enerji Etkinliğini Sağlama ve Çevresel Kirlenmeyi Engellemede Enerji Üzerindeki Zımnı Vergi Oranlarının Etkisi." *Maliye Dergisi*, 2011, 160 (1), ss. 392-410.

Bakis, O., U., Acar, “Türkiye Ekonomisinde Toplam Faktör Verimliliğinin Seyri: Sektörel Bakış 1980–2018”, *Betam Working Paper Series*, 2020, (19).

Balkan, D., H., Suiçmez, “Türkiye ve Dünyada İşgücü Verimliliğinin Karşılaştırmalı Analizi”, *Verimlilik Dergisi*, 2015, (1), ss. 93-113.

Banker, R. D., A., Charnes, W. W., Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 1984/30 (9), ss. 1078-1092.

Barro, R. J., "Notes On Growth Accounting", *Journal Of Economic Growth*, 1999/4 (2), ss. 119-137.

Bayraç, H.N. "Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar." *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2010/11 (2), ss. 229-259.

Bayram, N., "Veri Zarflama Analizi ve Toplam Faktör Verimliliği: Aracı Kurumlar Üzerine Bir Uygulama", *Verimlilik Dergisi*, 2016, (2), ss. 7-44.

Bergson, A., "National Income of the Soviet Union Since 1928", *Cambridge, MA: Harvard University Press*, 1961.

Beyoğlu Güllü, D., (2018) *Toplam Faktör Verimliliği ve Sürdürülebilir İhracat Artışları: Türkiye için Hesaplanabilir Genel Denge Analizi* (Yüksek lisans tezi), Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., Bhattacharya, S. The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 2016 / 162, ss. 733-741.

Boame, K. A., K., Obeng, "Sources of productivity change: a Malmquist total factor productivity approach", *Transport Reviews*, 2005/25 (1), ss. 103-116.

Bosworth, B., S. M., Collins, "The empirics of growth: An update", *Brookings papers on economic activity*, 2003/2003 (2), ss. 113-206.

BP, (2021). Statistical Review of World Energy. Erişim Adresi: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Erişim Tarihi: 10.01.2022.

BP, (2022). Statistical Review of World Energy Report. 71. Edition. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Erişim Tarihi: 10.01.2022

Cardona, M., T., Kretschmer, T., Strobel, “ICT And Productivity: Conclusions From The Empirical Literature”, *Information Economics And Policy*, 2013/25 (3), ss. 109-125.

Caves, R. E., L., Christensen, W. E. Diewert, “The Economic Theory Index Number and The Measurement of Output and Productivity”, *Econometrica*, 1982/50 (6), ss. 1393-1414.

Charnes, A., W. W., Cooper, E., Rhodes, “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 1978, II, ss. 429-444.

Chen, E. K., “The total factor productivity debate: determinants of economic growth in East Asia”, *Asian- Pacific Economic Literature*, 1997/11 (1), ss. 18-38.

Cingi, S., Ş. A., Tarım, “Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması”, *Türkiye Bankalar Birliği, Araştırma Tebliğleri Serisi*, 2000 (1), ss. 1-34.

Coelli, T., D. S. P., Rao, G., Battese, (1998), An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., Aiken, L. S. (2003). “Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences.” Third Edition. Lawrence Erlbaum Associates. *Mahwah, NJ*, London

Cooper, W. W., H., Deng, B., Gu, vd., “Using DEA to Improve the Management of Congestion in Chinese Industries (1981–1997)”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 2001, 35, ss. 227–242.

Craney, T. A., J. G. Surles. “Model-Dependent Variance Inflation Factor cut off Values.” *Quality engineering*, 2002/14(3), 391-403.

Çınar, İ. T., (2016) *Türkiye'de Bölgeler Arası İşgücü Verimliliğinin Yakınsaması: 2005-2011 Arası Mekansal Panel Veri Analizi* (Doktora tezi), Dumlupınar Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı, Kütahya.

Çiftçi, N., (2008) *İçsel Büyüme Teorileri Çerçevesinde Ar-Ge Harcamalarının Dış Ticaret ve Büyüme Üzerine Etkileri* (Doktora Tezi), Dumlupınar Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı, Kütahya.

Çoban, O., “Türk otomotiv sanayiinde endüstriyel verimlilik ve etkinlik”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2007, (29), ss. 17-36.

Çukurçayır, M. A., H., Sağır. "Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları." *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2008/20 (), ss. 257-278.

De Hoyos, R. E., V., Sarafidis. “Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel-Data Models” *The Stata Journal*. 2006/ 6.4, ss. 482-496.

Demir, İ. "Kyoto Protokolü Amaçlarına Ulaşabilme Yolunda Dünya Enerji Kullanımında Meydana Gelebilecek Değişiklikler." *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 2006/8.(2), ss.241-251.

Doğan, H., N., Yılankırkan. "Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu." *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology* , 2015/3 (1), ss. 375-384.

Domar, E., “On the Measurement of Technological Change”, *Economic Journal*, 1961, 71, ss. 709-729.

Diewert, W. E., (1974) “Applications of Duality Theory”, In M. D. Intrilligator and D. A. Kendrick (eds.). *Frontiers of Quantitative Economics*. Amsterdam; North-Holland Publishing Co., II, ss. 106-171.

Diewert, W. E., “Fisher ideal output, input, and productivity indexes revisited”, *Journal of Productivity Analysis*, 1992/ 3(3), ss. 211-248.

Diewert, E., v e Lawrence, D., (1999), Measuring New Zealand's Productivity (No. 99/05). New Zealand Treasury.

Diewert, W. E., A. O., Nakamura, "Index number concepts, measures and decompositions of productivity growth", *Journal of Productivity Analysis*, 2003/19 (2), ss. 127-159.

Diewert, W. E., A. O., Nakamura, "Concepts and measures of productivity: An introduction", *Services Industries and the Knowledge Based Economy*, 2005, ss. 19-37.

Dinçer, E., "Veri Zarflama Analizinde Malmquist Endeksiyle Toplam Faktör Verimliliği Değişiminin İncelenmesi ve İMKB Üzerine Bir Uygulama", *Marmara Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 2008/15 (2), ss. 825-846.

Doğan, İ., "Verimlilik, Ekonomik Büyüme ve Sağlık İlişkisi; Türkiye İçin Doğrusal Olmayan Nedensellik Testi", *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2016/5 (2), ss. 21-48.

Dougherty, S. M., (2013) *Regulation and trade in development: explaining productivity at the firm level*, Doctoral dissertation, Université Panthéon-Sorbonne-Paris I.

Duman Altan, A., A., Sağbaşı. "Türkiye'nin Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum ve Gelecek Projeksiyonu." *Verimlilik Dergisi*, 2020/1, ss: 7-26.

Esenbel, M., vd., (2001) Veri Zarflama Analizi ile Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Etkinliğinin Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi Yayını, Ankara.

Fare, R., vd., (1994) *Production frontiers*. Cambridge University Press. University of Cambridge.

Feenstra, Robert C., Robert Inklaar and Marcel P. Timmer, "The Next Generation of the Penn World Table" *American Economic Review*, 2015/105(10), 3150-3182, Erişim Adresi: [www.ggdc.net/pwt/](http://www.ggdc.net/pwt/). (Pen World Table 10.0).

Fisher, I., (1922), *The Making of Index Numbers*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Fried, H. O., vd., (2008) *Productivity and Efficiency*, in *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change*, ed. by H. O. Fried, C. A. K. Lovell, and S. S. Schmidt, chap. 1, pp. 1-105. Oxford University Press.

Frija, A., vd., (2015) *Approaches to Total Factor Productivity Measurements in the Agriculture Economy*, The CGIAR Research Program on Dryland Systems, <<https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/4389>> ().

Genç, M. C., M. K., Değer, M., Berber, “Beşeri sermaye, ihracat ve ekonomik büyüme: Türkiye ekonomisi üzerine nedensellik analizi”, *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 2010/5 (1), ss. 29-41.

Gehring, A., I., Martínez-Zarzoso, F., Nowak-Lehmann Danzinger, “What are the drivers of total factor productivity in the European Union?”, *Economics of Innovation and New Technology*, 2016/25 (4), ss. 406-434.

Gürak, H., (2006), *Ekonomik Büyüme ve Küresel Ekonomi*, Ekin Kitabevi.

Hacibebekoğlu, H. C., “Türkiye’nin Son Çeyrek Yüzyılının Büyüme Muhasebesi”, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2019/19 (37), ss. 49-61.

Hacker, R. S., A., Hatemi-J, “How Productivity and Domestic Output are Related to Exports and Foreign Output in the Case of Sweden”, *Empirical Economics*, 2003/28 (4), ss. 767-782.

Hatemi-J, A., “Export Performance and Economic Growth Nexus in Japan: A Bootstrap Approach”, *Japan and the World Economy*, 2002/14, (1), ss. 25-33.

Herzer, D., “The long-run relationship between outward foreign direct investment and total factor productivity: Evidence for developing countries”, *The Journal of Development Studies*, 2011/47 (5), ss. 767-785.



Higón, D. A., (2004) *The Sensitivity of Estimates of UK Manufacturing TFP to Definition and Measurement*, (Doctoral dissertation), University of Warwick.

Hulten, C. R., “Divisia Index Numbers”, *Econometrica*, 1973, (41), ss. 1017-1025.

Işık, C., “Türkiye’de Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi”, *Verimlilik Dergisi*, 2016, (2), ss. 45-56.

İsabetli, İ., (2017) *Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Çok Boyutlu Panel Veri Modelleri ile Analizi*, (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Jacobs, R., P. C., vd., (2006) *Measuring efficiency in health care: analytic techniques and health policy*, Cambridge University Press.

Jorgenson, D. W., Z., Griliches, “The Explanation of Productivity Change”, *Review of Economic Studies*, 1967/34 (3), ss. 249-283.

Jorgenson, D. W., “Productivity and postwar US economic growth”, *Journal of Economic Perspectives*, 1988/2 (4), ss. 23-41.

Karahan, H., “Bir Büyüme Muhasebesi: Türkiye’de Kişi Başına Gelir Gelişiminin Emek Dinamikleri”, *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 2013, (625), ss. 65-73.

Kargın Akkoç, G., U., Akkoç, Ö. F., Yücel, “BRICS-T Ülkelerinde Toplam Faktör Verimliliği ve Teknoloji Transferi”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 2018, (21), ss. 101-118.

Karik, F., Ü., İskender, C., Kilinc, “Turkey’s Energy Efficiency and Its Relative Position Against OECD and BRICS Countries”, *Politeknik Dergisi*, 2020/23 (2), ss. 515-525.

Kasap, Y., “Türkiye Kömür İşletmelerinde Teknik Etkinlik ve Toplam Faktör Verimlilik Gelişimi”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2010, (22), ss. 75-86.

Kayar, M., (2012), Üretim ve Verimlilik, Ekin Yayınevi, Bursa.

Kennedy, C., A. P., Thirlwall, “Surveys in applied economics: technical progress”, *The Economic Journal*, 1972/82 (325), ss. 11-72.

Keskin Benli, Y., “Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV): Konaklama İşletmelerinde Bir Uygulama”, *Ege Akademik Bakis*, 2012/12 (3), ss. 369.

Khadimee, M., “The Sources of Economic Growth in Iran’s Economy”, *Journal of Economics Library*, 2016/3 (4).

Kirbitçioğlu, A., “İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 1998/53 (1), ss. 207-230.

Kim, J. I., L. J., Lau, “The sources of economic growth of the East Asian newly industrialized countries”, *Journal of the Japanese and International Economies*, 1994/8 (3), ss. 235-271.

Kim, S., H., Lim, D., Park, “Imports, exports and total factor productivity in Korea”, *Applied Economics*, 2009/41 (14), ss. 1819-1834.

Koç, K., A., Özkan, N., DüNDAR, “MENA Ülkeleri Tarım Sektörlerinin Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ile İncelenmesi”, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2021/9 (4), ss. 1111-1126.

Koç, E., K., Kaya. "Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu." *Mühendis ve Makine*, 2015/ 56.(668), ss. 36-47.

Koç, E., M.C., Şenel. "Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme." *Mühendis ve Makina* 2013/639(54), ss. 32-44.

Kokkinou, A., (2012) *An industry and country analysis of Technical Efficiency in the European Union, 1980-2005*, (PhD thesis). University of Glasgow.

Kolsuz, G., A. E., Yeldan, “1980 Sonrası Türkiye Ekonomisinde Büyümenin Kaynaklarının Ayrıştırılması”, *Çalışma ve Toplum*, 2014, ss. 149-66.

Kök, R., E., Deliktaş, “Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme Ve Strateji Geliştirme Teknikleri”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Yayını*, 2003, İzmir.

Kreuser, C. F., C., Newman, “Total factor productivity in South African manufacturing firms”. *South African Journal of Economics*, 2018, (86), ss. 40-78.

Kula V., T., Kandemir, L., Özdemir, “Vza Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Ölçüsü: İmkb’ye Koteli Çimento Şirketleri Üzerine Bir Araştırma”, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2009/9 (17), ss. 186-202.

Kumar, P., S., Mittal, M., Hossain, “Agricultural growth accounting and total factor productivity in South Asia: A review and policy implications”, *Agricultural Economics Research Review*, 2008/21 (2), ss. 145-172.

Kurt, S., H., Terzi, “İmalat Sanayi Dış Ticareti Verimlilik ve Ekonomik Büyüme İlişkisi”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2007/21 (1), ss. 25-46.

Küleççi, Ö.C.. "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi." *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2009/1.(2), ss. 83-91.

Lam, P. L., T., Lam, “Total factor productivity measures for Hong Kong telephone”, *Telecommunications Policy*, 2005/29 (1), ss. 53-68.

Laspeyres, E., “Die Berechnung Einer Mittleren Waaren Preissteigerung”, *Jahrbücher für Nationaloekonomie und Statistik*, 1871, (16), ss. 296-314.

Lee, J., (2018) *The relationship between environmental regulations and Korean economy (TFP, outward FDI, trade)*. (Doctoral Dissertation). Lancaster University (United Kingdom).

Lewis, W. W., V., Palmade, B., Regout, vd., “What's Right With The US Economy: The Secret Behind The New Economy Isn't Information Technology

But Old-Fashioned Competition And Managerial Innovation”, *The Mckinsey Quarterly*, 2002, ss. 31-42.

Limam, Y. R., S. M., Miller, “Explaining Economic Growth: Factor Accumulation, Total Factor Productivity Growth, and Production Efficiency Improvement,” *Forthcoming in Quarterly Review of Economics and Finance*, 2004.

Lorcu, F., “Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi: Türk Otomotiv Sanayi Uygulaması”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 2010/39 (2), ss. 276-289.

Lovell, C., (1999), *Production Frontiers And Productive Efficiency*, Oxford University Press, S. 1116-1209.

Lovric, L., “Information-Communication Technology Impact on Labor Productivity Growth of EU Developing Countries”, *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics: Journal of Economics and Business*, 2012/30 (2): ss. 223-245.

Mahadevan, R., “New Currents in Productivity Analysis: Where to now? Productivity Series”, *Asian Productivity Organization*, 2002, APO, Tokyo.

Malmquist, S., “Index numbers and indifference surfaces”, *Trabajos de estadística*, 1953/4 (2), ss. 209-242.

Mankiw, N. G., D., Romer, D. N., Weil, “A contribution to the empirics of economic growth”, *The quarterly journal of economics*, 1992/107 (2), ss. 407-437.

McCombie, J. S., “The Solow Residual, Technical Change, And Aggregate Production Functions”, *Journal Of Post Keynesian Economics*, 2000/23 (2), ss. 267-297.

Miribel, F. G., (2001) *Impacts Of Information Technology On Labor Productivity: A Regional Panel Analysis Of The United States, 1977-1997* (Doctoral Dissertation, Lyon 2).

Moghaddasi, R., A. A., Pour, “Energy consumption and total factor productivity growth in Iranian agriculture”, *Energy Reports*, 2016, (2), ss. 218-220.

Moorsteen, R. H., "On Measuring Productive Potential and Relative Efficiency", *Quarterly Journal of Economics* 1961,(75), ss. 451-467.

MPM, (2003), Verimlilik Raporu, Milli Prodüktivite Merkezi, Ankara.

Nadiri, M. I., "Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: a survey", *Journal of Economic Literature*, 1970/8 (4), ss. 1137-1177.

Nadiri, M. I., "International studies of factor inputs and total factor productivity: A brief survey", *Review of Income and Wealth*, 1972/18 (2), ss. 129-154.

Naimoglu, M., M., Akal. "Enerji Verimliliği Üzerine Arz ve Talep Yönlü Genel Bir Bakış." *Verimlilik Dergisi* 2021/3, ss. 3-20.

Nehru, V., A., Dbareshwar, "New Estimates of Total Factor Productivity Growth for Developing and Industrial Countries", *World Bank Policy Research Working Paper*, 1994.

Norsworthy, J. R., S. L., Jang, "Role of measurement in determining science and technology policy", *In International Competitiveness and Business Techniques in Advanced Optics and Imaging*, 1992, (Vol. 1617, pp. 155-166). International Society for Optics and Photonics.

OECD, (2001), Measuring Productivity, OECD Publication.

OECD, Data Renewable energy. <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm>, Erişim Tarihi: 15.01.2022.

Oyeranti, G. A., (2000) Concept And Measurement Of Productivity. Department of Economics, University of Ibadan, < <http://citeseerx.ist.psu.edu/doi=10.1.1.511.9388> >

Ozanne, A. L., (2001) *The determinants of total factor productivity: The high-performing Asian economies revisited*, (Doctoral dissertation), University of Otago, Dunedin.

Özden, Ü., “Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye’deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 2008/37 (2), ss. 167-185.

Özgüler, V. C., (2005) Verimlilik. Eskişehir Odunpazarı Belediyesi Hizmetiçi Eğitim Seminer Notları, [Http://Www. Yeniekonomi. Com/Word\\_Belgeler/Verimlilik](Http://Www.Yeniekonomi.Com/Word_Belgeler/Verimlilik), 16.

Özmen, M. T. "Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü." *İMO Dergisi* 2009/453 (1), ss. 42-46.

Öztürk, M., A., Öztürk. "BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in iklim Değişikliğiyle Mücadele Çabaları." *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2019/12(4), ss. 527-541.

Öztürkler, H. "Ortadoğu Ülkelerinin Enerji Kaynaklarının Öneminin Ekonomi-Politik Bir Değerlendirmesi." *Ortadoğu Analiz*, 2009/7-8(1), ss 74-79.

Öztuna, D., A.H., Elhan, Ersöz, T. “Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions” *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2006/36.3, ss. 171-176.

Paasche, H., “Ueber Die Preisentwicklung der Letzten Jahre, nach den Hamburger Börsennotirungen”. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 1874, (23), ss. 168-178.

Payne, J E. "On the Dynamics of Energy Consumption and Employment in Illinois." *Journal of Regional Analysis and Policy* , 2009/ 39.1100-2016-89639.

Pesaran, M. H. (2015). “Time Series and Panel Data Econometrics.” Oxford University Press.

Qian, X., R., Smyth, “Growth accounting for the Chinese provinces 1990–2000: incorporating human capital accumulation”, *Journal of Chinese economic and business studies*, 2006/4 (1), ss. 21-37.

Raheman, A., A., Qayyum, T., Afza, "Efficiency Dynamics of Sugar Industry of Pakistan", *The Pakistan Development Review*, 2010/48 (4), ss. 921-938.

Rath, B. N., V., Akram, "Export Diversification and Total Factor Productivity Growth in Case of South Asian Region", *Journal of Social and Economic Development*, 2017/19 (1), ss. 196-210.

Ray, S. C., (2004), *Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research*, Cambridge university press.

Richter, M. K., "Invariance Axioms and Economic Indexes", *Econometrica*, 1966, (34), ss. 739-755.

Romer, P., "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 1990/ 98 (5).

Saatçioğlu, C., İ., Küçükaksoy. "Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi." *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2004(11), ss. 19-39.

Salam, N., (2004) *Trade reforms: total factor productivity and profitability of manufacturing sectors in Pakistan*, (Doctoral dissertation), Newcastle University.

Sarafidis, V., "An Assessment of Comparative Efficiency Measurement Techniques", *Europe Economics*, 2002, (16), ss. 01-21.

Saygılı, Ş., vd., (2005) *Türkiye Ekonomisinde Sermaye Birikimi Verimlilik ve Büyüme: 1972-2003*, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Yayın No: 2686.

Sowlati, T., S., Vahid, "Malmquist Productivity Index of The Manufacturing Sector in Canada from 1994 to 2002, with a focus on the Wood Manufacturing Sector", *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2006/21 (5), ss. 424-433.

Schreyer, P., “ Information And Communication Technology And The Measurement Of Volume Output And Final Demand-A Five-Country Study”, *Economics Of Innovation And New Technology*, 2001/10 (5), ss. 339-376.

Sharpe, A., (2004) Exploring The Linkages Between Productivity and Social Development in Market Economies (No. 2004-02), Centre for the Study of Living Standards.

Sohag, K., K., Chukavina, N., Samargandi, “Renewable energy and total factor productivity in OECD member countries”, *Journal of Cleaner Production*, 2021, (296), 126499.

Solow, R. M., “Technical change and the aggregate production function”, *Review of Economics and Statistics*, 1957/39 (3), ss. 312-320.

Sorrell, S. "Energy, Economic Growth and Environmental Sustainability: Five Propositions." *Sustainability*, 2010/ 2.(6), ss. 1784-1809.

Srairi, S. A., “Productivity Growth in the GCC Banking Industry: Conventional versus Islamic Banks”, *Journal of Knowledge Globalization*, 2011/4 (2).

Star, S., R. E., Hall, “An approximate Divisia index of total factor productivity”, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1976, ss. 257-263.

Stern, David I. "The Role of Energy in Economic Growth." *Annals of the New York Academy of Sciences* , 2011/1219.(1), ss. 26-51.

Stiroh, K. J., C., Steindel, “Productivity Growth: What is it, and why do we care about it?”, *Business Economics*, 2001/36 (4), ss. 13-31.

Şahinoğlu, T., (2019). “Enerji-Büyüme İlişkisi ve Enerji Büyüme İlişkisini Etkileyen Unsurlar”, Ekin Basım Yayın ve Dağıtım, Bursa.

Şeker, M., (2011) Dünya Bankası İşletme Anketlerinde Toplam Faktör Verimliliği, TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi Rekabet Forumu Toplam Faktör Verimliliği Çalıştayı, İstanbul.



Şimşek, N., “Türkiye’nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz”, Ege Akademik Bakış, 2011/11, (3), ss. 379-396.

Taş. Ş., İ., Taşar, Y., Açı, “Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye örneği”. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2017/10 (2), ss. 178-187.

Taymaz, E., H., Suiçmez, “Türkiye de Verimlilik Büyüme ve Kriz” (No. 2005/4). *Discussion Paper*. 2005, Turkish Economic Association, Ankara.

Taymaz, E., E., Voyvoda, K., Yılmaz, “Türkiye imalat sanayiinde yapısal dönüşüm, Üretkenlik ve Teknolojik Değişme Dinamikleri”, *Economic Research Center Working Papers in Economics*, 2008/8 (04).

Tebaldi, E., “The Dynamics Of Total Factor Productivity and Institutions”, *Journal of Economic Development*, 2016/41 (4).

Tekiner, İ., (2020) *Toplam Faktör Verimliliğinin Belirleyicileri: Farklı Gelir Grupları İçin Ampirik Bir Analiz*. (Doktora tezi). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

The International Energy Agency. (2022). World Energy Balances. Erişim Adresi: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances>. Erişim Tarihi: 10.01.2022

The World Bank Databank. (2022). *World Bank Open Data*. Erişim adresi: <https://databank.worldbank.org/databases>. Erişim Tarihi: 10.01.2022

Tinbergen, J., “Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung,” *Weltwirtschaftliches Archiv*, 1942, (55), ss. 511-549.

Tobin, J., “A dynamic aggregative model”. *Journal of political economy*, 1955/63 (2), ss. 103-115.

Tocco, C., (2015) *An analysis of the determinants of total factor productivity in China*, (Doctoral dissertation), Durham University.

Topal, Mehmet, vd. "Çoklu Doğrusal Bağlantı Durumunda Ridge ve Temel Bileşenler Regresyon Analiz Yöntemlerinin Kullanımı." *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2010/41.1, ss. 53-57.

Törnqvist, L., "The Bank of Finland's Consumption Price Index," *Bank of Finland Monthly Bulletin*, 1936, (10), ss. 1-8.

Tuncer, İ., Y., Özüğurlu, "Türkiye Ekonomisinde Büyüme ve Sektörel Üretkenlik Analizleri: Bölgesel Karşılaştırmalar, 1980-2000" (No. 2004/24). *Discussion Paper*, 2004.

Tutak, M., J., Brodny. "Renewable Energy Consumption in Economic Sectors in the EU-27. The Impact on Economics, Environment and Conventional Energy Sources. A 20-year Perspective." *Journal of Cleaner Production*, 2022/345-131076.

Türkeş, M., U. M., Sümer, G., Çetiner. "Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları." *Tesisat Dergisi*, 2000/52, ss. 84-100.

Türker, T., (2007), *Dışa Açık Büyüme: Türkiye Örneği*, Eskişehir: *Anadolu Üniversitesi İİBB Yayınları*.

Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>. Erişim Tarihi: 01.06.2022.

Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>. Erişim Tarihi: 01.06.2022.

Uçak, H., İ., Arısoy, "Türkiye ekonomisinde verimlilik, ihracat ve ithalat arasındaki nedensellik ilişkisinin analizi", *Ege Akademik Bakış*, 2011/11 (4), ss. 639-651.

Ukav, İ., (2020), *Türkiye'de Gıda Sanayi Ürünlerinin Piyasa Yapısı, Verimlilik Artışı, Gıda Sanayi Ürünlerinin Arz ve Talep Tahminleri*, *Duvar Yayınları*, İzmir.

Ulusoy, A., C., Bayraktar Daştan. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelik Vergisel Teşviklerin Değerlendirilmesi." *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 2018/7.(17), ss. 123-160.

United Nations Conference on Trade and Development. (2022). Investment statistics and trends. Erişim Adresi: <https://unctad.org/topic/investment/investment-statistics-and-trends>

Uzay, N., S., Barış, (2019), Verimlilik ve Büyüme, Nobel Yayınevi, Ankara.

Ülgener, F. S., (1980), Milli Gelir İstihdam ve İktisadi Büyüme, İstanbul: Der Yayınevi.

Ünal, G., (2012) Türkiye'nin Co2 Emisyonu Toplam Faktör Verimliliği, (Yüksek lisans tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ünlü, A., (2010) Verimlilik Artışları Ve Büyümeye Etkileri: Toplam Faktör Verimliliğiyle Türkiye Analizi (1972-2007), (Yayımlanmamış doktora tezi), Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.

Ünlü, F., “Çevresel İnovasyonların Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkisi: Panel Ardl Yaklaşımı”, *Verimlilik Dergisi*, 2021/ (4), ss. 21-34.

Ünsal, M. E., (2017) *Türkiye Ekonomisinin Dışa Açılma Sürecinde Toplam Faktör Verimliliği Artışının Kaynakları ve Sektörel Karşılaştırma*, (Doktora tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ünsal, M. E., “Ekonomik Büyümenin Kaynağı Olarak İşgücü Verimliliği, Sermaye Verimliliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerden Yeni Kanıtlar”, *Verimlilik Dergisi*, 2020, (3), T. C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayını.

Van Beveren, I., “Total Factor Productivity Estimation: A Practical Review”. *Journal of Economic Surveys*, 2012/26 (1), ss. 98-128.

Vergil, H., T., Abasız, “Toplam Faktör Verimliliği, Hesaplanması ve Büyüme İlişkisi: Collins Bosworth Varyans Ayrıştırması”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2008, (16), ss. 160-188.

Vergil, H., B., Bahtiyar. “Ekonomik Büyüme Farklılıklarının Açıklanmasında Sosyal Sermayenin Etkisi: Güven Düzeyi Üzerinden Karşılaştırmalı Bir Analiz” *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*. 2017/13.13. ss. 673-686.

Wolff, E. N., (2014), *Productivity Convergence: Theory and Evidence*, Cambridge University Press.

Yağcı, B. E., A., Sözen, “Türkiye’nin Enerji Verimliliği Etkinlik Analizi”, *Politeknik Dergisi*, 2021, 1-1.

Yapraklı, S. (2013). “Enerjiye Dayalı Büyüme, Türk Sanayi Sektörü Üzerine Uygulamalar”. Beta Yayınları, İstanbul.

Yerdelen Tatoğlu, F. (2018a). “İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı.” 3. Basım. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Yerdelen Tatoğlu, F. (2018b). “Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı.” 4. Basım. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Yılmaz, M. "Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi." *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2012/4(2), ss. 33-54.

Yükçü, S., G., Atağan, “Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık”. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2009/23 (4), ss. 1-13.

Zhao, L., Y., Xia, “An Analysis of Total Factor Productivity of Beijing Automobile Industry Based on Malmquist Index”, 2010 *International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2010, ss. 498-502.