**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**
**İKTİSAT ANABİLİM DALI**
**İKTİSADİ GELİŞME VE ULUSLARARASI İKTİSAT**
**BİLİM DALI**

# YENİLENEBİLİR ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: DİNAMİK PANEL VERİ ANALİZİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erdal Eren KIZILIRMAK**

**KOCAELİ 2021**

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**
**İKTİSAT ANABİLİM DALI**
**İKTİSADİ GELİŞME VE ULUSLARARASI İKTİSAT BİLİM DALI**

# YENİLENEBİLİR ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: DİNAMİK PANEL VERİ ANALİZİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erdal Eren KIZILIRMAK**

**Doç. Dr. Gülten DURSUN**

**Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 02.06.2021/12**

**KOCAELİ 2021**

## İÇİNDEKİLER

**İÇİNDEKİLER** ..... i

**ÖZET** ..... v

**ABSTRACT** ..... vi

**SİMGE VE KISALTMALAR** ..... vii

**ŞEKİLLER** ..... ix

**TABLOLAR** ..... xi

**GİRİŞ** ..... 1

## BİRİNCİ BÖLÜM

**1. ENERJİ KAYNAKLARI VE EKONOMİK BÜYÜME: KAVRAMSAL VE TEORİK ÇERÇEVE** ..... 6

1.1. ENERJİNİN TANIMI VE TARİHSEL SÜRECİ ..... 6

1.1.1. Potansiyel Enerji ..... 7

1.1.2. Kinetik Enerji ..... 7

1.2. ENERJİ KAYNAKLARI VE SINIFLANDIRMASI ..... 8

1.2.1. Kullanılışlarına Göre Enerji Kaynakları ..... 9

1.2.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları ..... 9

1.2.1.1.1. Fosil Bazlı Enerji Kaynakları ..... 9

1.2.1.1.2. Çekirdek Kaynaklı Enerjiler ..... 15

1.2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ..... 17

1.2.1.2.1. Biyokütle Enerjisi ..... 17

1.2.1.2.2. Dalga Enerjisi ..... 18

1.2.1.2.3. Güneş Enerjisi ..... 19

1.2.1.2.4. Hidrojen Enerjisi ..... 20

1.2.1.2.5. Hidrolik Enerji ..... 20

1.2.1.2.6. Jeotermal Enerji ..... 21

1.2.1.2.7. Rüzgâr Enerjisi ..... 22

1.2.2. Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Kaynakları ..... 23

1.2.2.1. Birincil Enerji Kaynakları ..... 23

1.2.2.2. İkincil Enerji Kaynakları ..... 23

1.3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI ..... 24

1.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ ..... 24

1.4.1. Yenilenebilir Enerjinin Önemi ..... 25

1.4.2. Yenilenebilir Enerji ve Çevre ..... 26
1.5. ENERJİ YOĞUNLUĞU ..... 27
1.6. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE EKONOMİK BÜYÜMENİN STİLİZE GERÇEKLERİ ..... 27
1.7. EKONOMİK BÜYÜMENİN HESAPLANMASI ..... 30
1.8. EKONOMİK BÜYÜME TEORİLERİ ..... 31
1.8.1. Geleneksel Büyüme Teorileri ..... 32
1.8.1.1. Adam Smith'in Büyüme Teorisi ..... 32
1.8.1.2. Thomas R. Malthus'un Büyüme Teorisi ..... 33
1.8.1.3. David Ricardo'nun Büyüme Teorisi ..... 34
1.8.1.4. Karl Marx'ın Büyüme Teorisi ..... 35
1.8.1.5. Joseph A. Schumpeter'in İktisadi Büyüme Üzerine Görüşleri ..... 37
1.8.1.6. John Maynard Keynes Büyüme Üzerine Görüşleri ..... 40
1.8.2. Modern Büyüme Teorileri ..... 40
1.8.3. Neoklasik Büyüme Modeli ..... 43
1.8.4. İçsel Büyüme Modelleri ..... 53
1.8.4.1. $AK$ Modeli ..... 53
1.8.4.2. Lucas'ın Beşerî Sermaye Modeli ..... 55
1.8.4.3. Romer Modeli ..... 57
1.8.4.4. Grossman ve Helpman Modeli ..... 59
1.8.4.5. Aghion ve Howitt Modeli ..... 61
1.8.4.6. Barro'nun Kamu Harcamaları Modeli ..... 63

**İKİNCİ BÖLÜM**

**2. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE YENİLENEMEZ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİ POLİTKALARI ..... 65**
2.1. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE EKONOMİK VERİMLİLİK ..... 65
2.2. ENERJİ PİYASALARI VE FİYAT OLUŞUM SÜRECİ ..... 66
2.3. ENERJİ YATIRIMLARI VE ÖNEMİ ..... 66
2.4. POLİTİK TAAHHÜTLER ..... 67
2.4.1. Kyoto Protokolü ..... 67
2.4.2. Paris Anlaşması ..... 69
2.5. TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI ..... 70
2.6. AVRUPA BİRLİĞİ YOL HARİTASI ..... 71

2.7. AVRUPA YEŞİL MUTABAKATI ..... 74
2.8. ENERJİNİN EKONOMİK GÖRÜNÜMÜ ..... 75
2.8.1. Yenilenemez Enerji Ekonomik Görünümü ..... 75
2.8.1.1. Kömür Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 76
2.8.1.2. Petrol Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 78
2.8.1.3. Doğal Gaz Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 80
2.8.1.4. Nükleer Enerji Ekonomik Görünümü ..... 83
2.8.2. Yenilenebilir Enerji Ekonomik Görünümü ..... 83
2.8.2.1. Biyokütle ve Jeotermal Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 84
2.8.2.2. Güneş Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 85
2.8.2.3. Hidrolik Enerji Ekonomik Görünümü ..... 86
2.8.2.4. Rüzgâr Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 87
2.8.2.5. Biyoyakıt Enerjisi Ekonomik Görünümü ..... 88

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

**3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI TÜKETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE ETKİSİ: SEÇİLMİŞ ÜLKELER İÇİN AMPİRİK BİR ANALİZ ..... 90**
3.1. LİTERATÜR TARAMASI ..... 90
3.2. MODEL VE VERİ SETİ ..... 98
3.3. YÖNTEM ..... 103
3.3.1. Panel Veri Yöntemi ..... 103
3.3.2. Dinamik Panel Veri Yöntemi ..... 104
3.3.3. Moment Kavramı ..... 105
3.3.4. Momentler Metodu ve Genelleştirilmiş Momentler Metodu ..... 106
3.3.5. Yatay-Kesit Bağımlılık Testleri ..... 107
3.3.6. Ridge Regresyon ..... 109
3.3.7. Panel Birim Kök Testi ..... 110
3.3.8. Genelleştirilmiş Dickey-Fuller ve Phillips-Perron Testleri ..... 110
3.4. EKONOMETRİK MODELLER VE BULGULAR ..... 112
3.4.1. Modelin Tanımlayıcı İstatistikleri ..... 112
3.4.2. Yatay-Kesit Bağımlılık Test Sonuçları ..... 113
3.4.3. Panel Birim Kök Test Sonuçları ..... 114
3.4.4. Diğer Birim Kök Test Sonuçları ..... 116

3.4.5. Ridge Regresyon Sonuçları ..... 118
3.4.6. Genelleştirilmiş Momentler Metodu Tahmin Sonuçları ..... 120
3.5 ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ ..... 128
**SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 135**
**KAYNAKLAR ..... 141**
**EKLER ..... 152**
**ÖZ GEÇMİŞ ..... 163**

## ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin "Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi" (RECAI)'nde yer alan 33 ülkede 1991-2015 dönemi baz alınarak Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) ve Ridge Regresyon yaklaşımıyla analiz edilmesidir. GMM uygulamasında incelenen 33 ülke tek bir panel olarak ele alınmış, ayrıca ilgili ülkeler içinden 21 yüksek gelirli ülke seçilerek başka bir araştırma grubu oluşturulmuştur. Bağımlı değişken reel GSYH ve açıklayıcı değişken yenilenebilir enerji tüketimi olarak belirlenmiş, bunun yanı sıra sermaye yatırımı, işgücü, kentsel nüfus ve karbondioksit emisyonu modele kontrol değişkenleri olarak eklenmiştir.

Panel GMM analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik tüketiminin reel GSYH üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki payı birçok ülkede oldukça düşük olmasına rağmen yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Bu sonuçlar politika uygulayıcılarının yenilenebilir enerji ve sermaye yatırımlarını arttırarak ekonomik büyümeyi sürdürmeye yönelik politikalar geliştirmelerini desteklemektedir. Yenilenebilir enerjiyle ilgili politikalar sadece ekonomik büyümeye değil, aynı zamanda iklim değişikliği ile mücadele edilmesine de katkı sağlayacağı dikkate alınmalıdır.



**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji, Sermaye Yatırımları, Dinamik Panel Veri, Genelleştirilmiş Momentler Metodu, Ridge Regresyon.

**ABSTRACT**

In this thesis study, 33 countries were selected among the countries included in the Renewable Energy Country Attractiveness Index (RECAI) and the relationship between renewable energy consumption and economic growth for the economies of these countries was investigated with a multivariate approach. The research was carried out using the Generalized Moments Method (GMM) and Ridge Regression methods. Using the Generalized Moments Method, estimates were made for 33 sample countries, and another research group was formed by selecting 21 high-income countries among the relevant countries. The dependent variable was determined as real GDP and the explanatory variable as renewable energy consumption, besides, capital investment, labor force, urban population and carbon dioxide emission are added to the model as control variables.

According to the panel GMM analysis results, the effect of electricity consumption generated from renewable energy on real GDP is positive and statistically significant. Although the share of renewable energy in total energy is quite low in many countries, renewable energy consumption supports economic growth. These results support policy practitioners to develop policies to sustain economic growth by increasing renewable energy and capital investments. It should be noted that policies regarding renewable energy will not only contribute to economic growth but also to combat climate change.

**Keywords:** Economic Growth, Renewable Energy, Capital Investments, Dynamic Panel Data, Generalized Method of Moments, Ridge Regression

## SİMGE VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| AB | : Avrupa Birliği |
| ADF | : Augmented Dickey Fuller |
| APEC | : Asya-Pasifik Ekonomik İş birliği Örgütü |
| ARDL | : Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi |
| AR-GE | : Araştırma Geliştirme |
| ASEAN | : Association of Southeast Asian Nations |
| BP | : British Petroleum |
| BRIC | : Brazil, Russia, India, China |
| BTU | : British Thermal Unit |
| CNG | : Compress Natural Gas |
| CUP-FM | : Continuously Fully Modified Ordinary Least Square |
| DOLS | : Dynamic Ordinary Least Squares Estimator |
| EIA | : Energy Information Administration |
| EKK | : En Küçük Kareler |
| FMOLS | : Fully Modified Ordinary Least Square |
| GSMH | : Gayrisafi Milli Hasıla |
| GSSO | : Gayrisafi Sabit Sermaye Oluşumu |
| GSYH | : Gayrisafi Yurt İçi Hasıla |
| GW | : Gigawatt |
| IEA | : International Energy Agency |
| IRENA | : International Renewable Energy Agency |
| İİBF | : İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi |
| J | : Joule |
| Kcal | : Kilokalori |
| KW | : Kilowatt |
| LLC | : Levin, Lin ve Chu |
| LM | : Lagrange Multiplier |
| LNG | : Liquefied Natural Gas |
| LPG | : Liquified Petroleum Gas |
| MS. | : Milattan Sonra |

| | |
|---|---|
| MTEP | : Milyon Ton Eşdeğer Petrol |
| MW | : Megawatt |
| OECD | : Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OPEC | : Organization of The Petroleum Exporting Countries |
| PP | : Philips ve Peron |
| RE | : Yenilenebilir Enerji |
| RECAI | : Renewable Energy Country Attractiveness Index |
| SAARC | : South Asian Association for Regional Cooperation |
| TEP | : Ton Eşdeğer Petrol |
| T.C. | : Türkiye Cumhuriyeti |
| TPAO | : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı |
| TW | : Terawatt |
| W | : Watt |
| WB | : World Bank |
| WDI | : World Development Indicators |
| WTI | : Western Texas Intermediate |

## ŞEKİLLER

**Şekil-1.1:** Kömür Enerjisi Oluşum Süreci ..... 10
**Şekil-1.2**: Kömür Türleri, Rezerv Oranları ve Kullanım Alanları ..... 11
**Şekil-1.3:** Ham Petrol Enerjisi Oluşumu ..... 13
**Şekil-1.4:** Ham Petrolden Elde Edilen Yakıtlar ve Diğer Maddeler ..... 14
**Şekil-1.5:** Doğal Gaz Enerjisi Oluşumu ..... 15
**Şekil-1.6:** Hidroelektrik Enerji Üretimi ..... 21
**Şekil-1.7:** Konjonktürel Dalgalanmalar ..... 28
**Şekil-1.8:** İşgücü Başına Değerler ..... 46
**Şekil-1.9:** Durağan Durum Dengesi ..... 47
**Şekil-1.10:** Sermaye Birikiminin Altın Kuralı ..... 49
**Şekil-1.11:** Tasarruflar ve Büyüme ..... 50
**Şekil-1.12:** Nüfus ve Büyüme ..... 51
**Şekil-1.13:** AK Modelinde Büyüme ..... 54
**Şekil-2.1:** Birincil Enerji Tüketimi ..... 76
**Şekil-2.2:** Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (MTEP; 2018) ..... 77
**Şekil-2.3:** Kişi Başı Kömür Tüketimi (TEP) ..... 78
**Şekil-2.4:** Kanıtlanmış Petrol Rezervleri (MTEP; 2018) ..... 79
**Şekil-2.5:** Kişi Başı Petrol Tüketimi (TEP) ..... 80
**Şekil-2.6:** Petrol Enerjisi Kullanım Alanları ..... 80
**Şekil-2.7:** Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervleri (Milyar Metreküp; 2018) ..... 81
**Şekil-2.8:** Kişi Başı Doğal Gaz Tüketimi (TEP) ..... 82
**Şekil-2.9:** Doğal Gazın Sektörlere Göre Kullanım Alanları ..... 82
**Şekil-2.10:** Nükleer Enerji Kişi Başı Tüketimi (TEP) ..... 83
**Şekil-2.11:** Yenilenebilir Enerji Kişi Başı Tüketimi (TEP) ..... 83
**Şekil-2.12:** Yenilenebilir Enerji Tüketimi Büyüme Oranları ..... 84
**Şekil-2.13:** Biyokütle, Jeotermal ve Diğer Enerjiler/Kişi Başı Tüketimi (TEP) ..... 85
**Şekil-2.14:** Biyokütle, Jeotermal ve Diğer Enerjiler/Büyüme Oranları ..... 85
**Şekil-2.15:** Güneş Enerjisi Kişi Başı Tüketimi (TEP) ..... 86
**Şekil-2.16:** Güneş Enerjisi Tüketimi Büyüme Oranları ..... 86
**Şekil-2.17:** Hidrolik Enerji Kişi Başı Tüketimi (TEP) ..... 87
**Şekil-2.18:** Rüzgâr Enerjisi Kişi Başı Tüketimi (TEP) ..... 87
**Şekil-2.19:** Rüzgâr Enerjisi Tüketimi Büyüme Oranları ..... 88
**Şekil-2.20:** Kişi Başı Biyoyakıt Üretimi (TEP) ..... 88

**Şekil-2.21:** Biyoyakıt Üretimi Büyüme Oranları ..... 89
**Şekil-3.1:** Japonya'ya ait Reel GSYH ve GSSO Zaman Serileri ..... 130
**Şekil-3.2:** Güney Kore'ye ait Reel GSYH ile İşgücü Zaman Serileri ..... 132

## TABLOLAR

**Tablo-1.1:** Enerji Kaynakları Sınıflandırması ..... 9
**Tablo-1.2:** Kurulu Nükleer Santral Sayısı ..... 16
**Tablo-1.3:** Biyokütle Kaynakları Kullanılan Çevrim Teknikleri, Bu Teknikler ..... Kullanılarak Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları ..... 18
**Tablo-1.4:** Dalga Enerjisi Dönüştürme Sistemleri ..... 18
**Tablo-1.5:** Küçük ve Büyük Rüzgâr Türbinlerinin Karşılaştırılması ..... 23
**Tablo-1.6:** Enerji Kaynaklarının Çevre Üzerindeki Etkileri ..... 26
**Tablo-2.1:** Kömür Üretim ve Tüketim Miktarı (MTEP) ..... 77
**Tablo-2.2:** Petrol Üretim ve Tüketim Miktarları (MTEP) ..... 79
**Tablo-2.3:** Doğal Gaz Üretim ve Tüketim Miktarları (MTEP) ..... 81
**Tablo-3.1:** Literatür Taraması ..... 97
**Tablo-3.2:** Değişkenlerin Adı, Tanımı, Kaynağı ve Beklenen İşareti ..... 101
**Tablo-3.3:** Çalışmada Yer Alan Ülkeler ve Kodları ..... 102
**Tablo-3.4:** Ülkelerin RE/E ve GSSO/GSYH Oranları ..... 102
**Tablo-3.5:** Modelin Tanımlayıcı İstatistikleri/33 Ülke Örneği ..... 112
**Tablo-3.6:** Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları ..... 113
**Tablo-3.7:** Bireysel Birim Kök Testi Sonuçları ..... 115
**Tablo-3.8:** LLC, Fisher-ADF, Fisher-PP Birim Kök Test Sonuçları ..... 117
**Tablo-3.9:** Ridge Regresyon Sonuçları ..... 118
**Tablo-3.10:** Korelasyon Matrisi/33 Ülke Örneği ..... 121
**Tablo-3.11:** Dinamik Panel Veri Tahminleri/33 Ülke Örneği ..... 123
**Tablo-3.12:** Korelasyon Matrisi/21 Yüksek Gelirli Ülke Örneği ..... 125
**Tablo-3.13:** Modelin Tanımlayıcı İstatistikler/21 Yüksek Gelirli Ülke Örneği ..... 125
**Tablo-3.14:** Yüksek Gelirli Ülkeler İçin Dinamik Panel Veri Tahminleri/21 Ülke 127
**Tablo-3.15:** Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Reel GSYH İlişkisi ..... 129
**Tablo-3.16:** Gayrisafi Sabit Sermaye Oluşumu ve Reel GSYH İlişkisi ..... 130
**Tablo-3.17:** İşgücü ve Reel GSYH İlişkisi ..... 131

## GİRİŞ

Dünya ekonomisinin 19. ve 20. yüzyılda hızlı sanayileşmesi ile birlikte yeni enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç artmış, hızlı sanayileşmenin bir sonucu olarak da çevresel kirlilik ortaya çıkmıştır. Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanılan Brundtland Raporunda (1987) çevre ile bağlantılı olarak "sürdürülebilir kalkınma" kavramı kullanılmış, bu kavram zamanla birçok farklı alanda kullanılmaya başlanmıştır. Sürdürülebilirlik temel olarak ekonomik, sosyal ve çevre bağlamında ele alınıp bu tanımlar çerçevesinde düşünüldüğünde yenilenebilir enerjinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji, hem ekonomilerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlayabilmesi hem de fosil yakıtlara kıyasla çevreyi daha az kirletmesi bakımından sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumludur.

İnsanlığın geçmişten bugüne enerjiye duyduğu ihtiyaç değişmemiş, ancak enerjiyi elde ettiği kaynaklar zamanla değişmiştir. Sanayi devriminden önce odun bir ısınma kaynağı olarak kullanılmış, sanayi devrimiyle birlikte kömür enerjisi kullanımı artmış ve 1960'lı yıllara kadar dünyada en çok kullanılan enerji kaynağı olagelmiştir. Petrol enerjisi kullanımı, 1960'lı yıllarda kömür enerjisi kullanımını aşarak en çok kullanılan enerji kaynağı olmuştur. Nükleere dayalı ilk elektrik üretimi 1951 yılında gerçekleştirilmiş ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine devam edilmiştir. Ayrıca, 21. yüzyılda konutlarda odun ve kömür gibi enerji kaynakları kullanımı sürdürülse de doğal gaz kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Yeni enerji kaynaklarının keşfedilmesi diğer enerji kaynaklarının kullanımını sonlandırmamış, aksine farklı kaynaklardan enerji elde edinilmesi desteklenen politik bir tercih olmuştur. Fosil bazlı enerji kaynaklarının sonsuz miktarda olmadığı, çevre üzerinde yarattığı tahribat ve toplumlarda artan çevre bilinci düşünüldüğünde "enerji dönüşümü" ve "sürdürülebilirlik" bağlamında yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaktadır. Hatta geleneksel enerji üretim ve kullanım biçimlerinin olumsuz çevresel etkileri ve sınırlı getirileri nedeniyle yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik talep özellikle gelişmiş ülkelerde acil bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kullanımının genişletilmesine yönelik teşvik politikaları özel bir önem kazanmıştır. Örneğin Avrupa Birliği (AB) sera gazı emisyonunun 2020 yılına kadar 1990 yılına oranla en az %20 azaltılması, enerji arzında yenilenebilir enerji

payının 2020 yılına kadar en az %20'ye çıkarılması ve 2050 yılına kadar enerji kaynaklı sera gazı salınımının %80'in üzerinde azaltılması hedefini koymuştur. Ayrıca, Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 21. Taraflar Konferansı'nda (2015) küresel ortalama sıcaklık artışının sanayi öncesi seviyelerin 2°C altında tutulması ve düşük sera gazı emisyonlu kalkınmaya yönelik uyumlu finansman akışı sağlanması konusunda anlaşmaya varılmıştır.

Odun, kömür, petrol vb. enerji kaynakları ile süregelen enerji dönüşümü, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji kullanımı özellikle enerji arzı güvenliği, daha düşük fiyatlarla sürdürülebilir enerji, teknolojik gelişme ve inovasyonun yanı sıra çevresel, sosyal ve sağlık açısından ortaya çıkacak faydalar açısından önemlidir. Bir başka göz ardı edilmemesi gereken önemi ise düşük nüfus yoğunluğuna sahip olan ve sanayileşmede geç kalmış bölgelerde gerek istihdam gerekse de bölgesel kalkınma için büyük bir fırsat olarak görülmesidir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji, daha az çevre kirliliğine neden olmasının yanı sıra ekonomik büyümeye de katkı sağlayabilir mi? Bu sorudan yola çıkarak araştırmanın konusu "yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi" olarak belirlenmiştir. Bu tez çalışmasının temel amacı sürdürülebilir enerji politikaları bağlamında yenilenebilir enerjinin yenilenemeyen enerji kaynaklarına alternatif olarak çıkmasının bir sonucu olarak, yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu bağlamda çalışma, yenilenebilir ve yenilenemez enerji girdilerinin, sermaye ve emek gibi diğer önemli üretim girdileri ve kentleşme ile birlikte ekonomik çıktı üzerindeki göreceli etkisini ölçmeyi amaçlamaktadır.

Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini anlamaya yönelik literatürde dört temel hipotez geliştirilmiştir. Birincisi, yansızlık hipotezi, enerji tüketimi ile GSYH arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını ima eder. İkincisi, koruma hipotezi, ekonomik büyümenin enerji tüketimini desteklediğini ifade eder. Dolayısıyla, enerji tasarrufu politikalarının ekonomik büyüme üzerinde çok az veya hiç etkisinin olmayacağı anlaşılır. Üçüncüsü, geri besleme hipotezi, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin var olduğunu gösterir. Bu sonuçtan, enerji tasarrufu politikalarının ekonomik büyümeye üzerinde negatif bir etkiye yol açacağı

anlaşılmaktadır. Dördüncüsü, büyüme hipotezi, enerji tüketiminin ekonomik büyümeye doğrudan katkı sağladığını öne sürmektedir (Payne, 2009: 127). Bu dört hipotez, enerji-büyüme literatüründe, genellikle nedensellik analizlerinden elde edilen ampirik kanıtlardan yola çıkarak oluşturulmuştur.

Bu tez çalışmasında büyüme hipotezi benimsenerek, başlıca hipotez "yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerine pozitif katkı yapacağı" üzerine temellenmiştir. Yenilenebilir enerji sosyal açıdan önemli bir yatırımdır ve toplam enerji içerisindeki payının artması ekonomik büyümenin niteliğinin ve kalitesinin artırılması açısından önemlidir. Yanı sıra iklim değişikliği ve çevre sorunlarına bir çözüm üretirken, aynı zamanda fosil yakıtlar gibi yenilenemez enerji kaynaklarına önemli bir alternatiftir. Bu bağlamda tezin istatistiksel olarak kurulan hipotezleri şöyledir:

$H_0$: Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki yoktur.

$H_1$: Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki vardır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ve büyüme ilişkisinin yanı sıra yanıt aranılan diğer konular şu şekildedir:

- Karbondioksit salınımı ile gayrisafi yurt içi hasıla arasında bir ilişki var mı?
- Sermaye yatırımları, işgücü ve kentlerde yaşayan insanlar ile gayrisafi yurt içi hasıla arasında bir ilişki var mı?

Araştırma yöntemi belirlenirken ekonomik ilişkilerin dinamik yapısı dikkate alınarak Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) seçilmiştir. GMM modeliyle reel gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan analitik modelde, sermaye ve işgücü ile birlikte enerjiyi içeren toplam üretim fonksiyonuna dayanan geleneksel neoklasik varsayımlar genişletilmektedir. Aynı zamanda çok değişkenli bir yaklaşım benimsenerek kentleşme ve karbondioksit emisyonları gibi kontrol değişkenlerinin ekonomik büyüme ile ilişkisi incelenmiştir. Araştırmanın kapsamı belirlenirken Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi'nde yer alan 40 ülkeden verilerine ulaşılabilen 33 ülke örneği seçilmiştir. Araştırma modelinde, incelenen 33 ülkeye ait

yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik tüketim miktarı, reel GSYH, gayrisafi sabit sermaye oluşumu, toplam işgücü, kentsel nüfus ve karbondioksit emisyonu verileri kullanılmıştır. Ayrıca, kullanılan ekonomekrik modellerin etkinlik kriterleri göz önünde bulundurularak zaman aralığı 1991-2015 yılları olarak belirlenmiştir.

Çalışmada öncelikle yatay kesit bağımlılığı testleri uygulanarak paneli oluşturan birimler arasındaki etkileşim araştırılmıştır. Yatay kesit bağımlılığının saptanmasından sonra yatay kesit bağımlılığı ve çoklu yapısal kırılmaları dikkate alan Carrion-i-Silvestre vd. (2005) tarafından geliştirilen Panel KPSS testi uygulanmıştır. Panel KPSS bireysel birim kök sınamasının yanı sıra panelin bütünü için durağanlık sınamasına olanak veren Levin, Lin ve Chu (LLC), Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Philips ve Peron (PP) testleri uygulanmıştır. Ridge regresyon yöntemi ile her bir ülke için ayrı ayrı tahminler yapılmış ve ülkeler ilgili değişkenler dâhilinde tekil olarak değerlendirilmiştir. Son olarak Genelleştirilmiş Momentler Metodu ile dinamik panel veri analizi gerçekleştirilmiştir. Dinamik bir model olan Genelleştirilmiş Momentler Metodu değişkenler arasındaki dinamik ilişkiyi araştırmak için uygun bir modeldir.

Literatürde enerji-ekonomik büyüme ilişkisini konu alan çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Araştırmacılar, büyük ölçüde nedensellik testleri kullanarak enerji-ekonomik büyüme ilişkisini anlamaya yönelik oluşturulan büyüme, yansızlık, koruma ve geri besleme hipotezlerinin doğrulanması veya yanlışlanması üzerine odaklanmışlardır. Bu çalışmanın enerji-büyüme literatürüne katkısı birkaç yönlüdür. İlk olarak çalışmada büyüme hipotezi sınanmış, nedensellik analizi yerine ülke bazında tahmin üretimine olanak veren Ridge Regresyon ve ayrıca ülkeleri grup olarak ele alan ve dinamik bir analiz yapmılmasını sağlayan GMM yöntemi kullanılmıştır. İkinci olarak, neoklasik üretim fonksiyonunda yer alan GSYH, işgücü ve sermaye yatırımları gibi üretim faktörlerinin yanı sıra ekonomik faaliyetlerle yakından ilişkili olan yenilenebilir enerji, kentsel nüfus ve karbondioksit emisyonu değişkenleri de modele eklenerek neoklasik üretim fonksiyonu genişletilmiştir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini konu alan bu tez toplam 3 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının yapısı, üretimi ve kullanımı ile ilgili bilgilerin yanı sıra sürdürülebilirlik kavramı çeşitli bağlamlarda ele alınmıştır. Ayrıca, ilgili bölümde ekonomik büyüme

kavramı ve ekonomik büyüme teorilerine yer verilmiştir. İkinci bölümde yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının bölgelere göre ekonomik değerleri, rezerv miktarları, kişi başı tüketim miktarları ve kişi başı tüketim büyüme oranları en güncel veriler kullanılarak enerjinin ekonomik görünümüne yer verilmiştir. Aynı bölümde enerji verimliliği, enerji piyasaları, Türkiye ve Avrupa Birliğinin geleceğe dönük enerji politikaları ile enerji kullanımına dair 2050 yılı öngörülerinin yanı sıra Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması çerçevesinde politik taahhütler üzerinde durulmuştur. Tezin üçüncü bölümünde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini anlamaya yönelik çok değişkenli bir yaklaşımla ekonometrik modeller yardımıyla ampirik sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç bölümünde ise analiz bulgularına yer verilerek, çeşitli politika önerileri yapılmıştır.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## 1. ENERJİ KAYNAKLARI VE EKONOMİK BÜYÜME: KAVRAMSAL VE TEORİK ÇERÇEVE

Tezin birinci bölümünde enerji ve ekonomik büyümenin daha iyi anlaşılabilmesi için enerji kaynakları ve ekonomik büyüme literatürüne kavramsal olarak yer verilmiştir. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının yapısı, üretimi (işlenmesi) ve ekonomilere sağladığı fayda ve zararlara ilişkin en güncel bilgiler sunulmuştur. Ekonomik büyümenin ölçülmesi, geleneksel ve modern büyüme teorilerinin yanı sıra sürdürülebilirlik kavramı ekonomi, çevre ve sosyal hayat bağlamında ele alınmıştır.

### 1.1. ENERJİNİN TANIMI VE TARİHSEL SÜRECİ

Aristoteles “energia” terimini, hareket eden ya da hareket eden bir şeyin zihinsel durumunu belirten bir metafor olarak açıklamıştır. Enerji kelimesi modern biçimde ilk olarak 1599 yılında kullanılmıştır. Terim ilk kullanıldığı dönemde fizik bilimi ile ilişki olarak değil dil ve ifade biçimi ile bağlantılı olarak kullanılmıştır (Broyles, 2006: 4).

Enerji fizik kitaplarında yaygın bir biçimde "iş yapma kapasitesi" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım büyük ölçüde doğru olsa da enerjinin fizikte farklı bir tanımını yapmak olasıdır. Bu noktada, enerjinin ne olduğunu anlamak için ne olmadığını tanımlamak faydalı olacaktır. Örneğin, enerji elektrik değildir, güneş ışığı değildir, bir sıvı değildir, radyasyon değildir ve kızılötesi ışık değildir. Bu örneklerin çoğunun enerjiyle ilgisi vardır, ancak onlar enerji değildir. Kısacası, enerji hiçbir maddi nesne değildir. Enerjinin ne olduğu ise şöyle açıklanabilir. Enerji, işe, ısıya ya da radyasyona dönüştürülebilen bir maddenin özelliğidir (Foland, 2007: 7-8).

Enerjiyi ekonomi, insanlar ve çevre ekseninde düşününce farklı bir tanım yapmak gerekir. Enerji ekonomik açıdan, maddenin yapısından kaynaklanan bir maliyet ve çabaya katlanarak, insanın yararına “iş yapma kapasitesi” olarak tanımlanabilir (Malanima, 2015: 2).

Enerjiyi ölçmede kullanılan dört farklı birim vardır. Uluslararası Birimler Sistemi’nin resmi enerji birimi Joule'dür (literatürde “J” olarak kısaltılır). Bir Newton'luk bir kuvvetin bir cismi kuvvet doğrultusunda bir metre hareket ettirmesiyle

yapılan işe eşittir. Diğer bir enerji birimi de kaloridir. Günlük hayatta sıkça karşılaşılan ölçü birimlerinden birisidir. Kalori bir gram suyun ısısını bir santigrat derece artırmak için gerekli olan enerji miktarı olarak ifade edilmektedir. Bir kalori yaklaşık olarak 4.184 Joule'a denk gelmektedir. Üçüncü olarak, atom ve moleküllerin hareketini anlamaya-ölçmeye çalışırken, "elektron volt" olarak çok küçük bir enerji birimi kullanılmaktadır. Dördüncü enerji birimi de British Thermal Unit (BTU, İngiliz Isı Birimi)'tir. Bir BTU 1.055 Joule eşittir. Örneğin, 10.000 BTU/saat kapasitesine sahip bir klima bir saat çalıştırıldığında bir odadaki 10.550.000 Joule enerjiyi bulunduğu mekânın dışına taşır (Foland, 2007: 11-12).

Enerjinin tanımlanması açısından bir diğer önemli konu enerjinin yoktan var edilemeyeceği ve vardan yok edilemeyeceğidir. Bu durum "enerjinin korunumu yasası" olarak bilinir ve kapalı bir devrede enerjinin bir türden diğerine dönüşebileceğini ve aynı zamanda iç enerjisini koruyabileceğini ifade eder (Eskin, 2018: 4)

Erken çağlarda yaşamış insanlar, her ne kadar tahıl ve saman hasadında ayrıştırma işlemi yaparken su ve havanın kinetik enerjisini kullansalar da enerjinin bilinçli bir biçimde makineleri hareket ettirmek için kullanımı oldukça yakın sayılabilecek bir zamana denk gelmektedir (Zumerchik, 2001: 692).

### 1.1.1. Potansiyel Enerji

Bir sistemde iş yapıldığında, sisteme bir miktar enerji aktarılır ve daha sonra depolama işlemini tersine çevirerek mekanik enerjiye geri dönüştürülebilecek şekilde depolanır. Depolanan bu enerji "potansiyel enerji" olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, mekanik bir saat içinde bir yayın enerji depolaması veya barajlarda biriken su potansiyel enerji taşımaktadır (Aubel, 2002: 5). Bir başka biçimde ifade edilirse, potansiyel enerji, bir cisim ya da sistemin konumundan dolayı sahip olduğu "depolanmış enerjidir". Cisim ya da sistem enerjiye sahip olmasına karşın henüz bir iş yapmamıştır, yani potansiyel enerjiye sahiptir.

### 1.1.2. Kinetik Enerji

Kinetik enerji, bir nesnenin hareketinden dolayı sahip olduğu enerjidir. Hareket hâlinde olan bir nesne hareketinden dolayı enerji taşır. Bu durum hareketli bir nesnenin

dinlenebileceği ve hareketin bu enerjisinin başka bir enerji şekline dönüştürülebileceği anlamına gelir (Zumerchik, 2001: 691).

Günlük yaşamda çok rahat gözlemlenebileceği üzere hareket hâlinde olan çoğu şey yavaşlama eğilimindedir. Bu durum sürtünmeden (hava direnci) kaynaklanmaktadır. Bir nesne yavaşlama eğilimine girdiğinde kinetik enerjisinin azalması gerekir. Bu azalan enerji ise ısıya dönüşmektedir (Foland, 2007: 18). Kinetik enerji hemen her yerde gözlemlenebilir bir biçimdedir. Örneğin, akarsu, düşen bir kalem, hareket eden bir bisiklet vb. şeyler kinetik enerjiye sahiptir.

Formülde, $E_K = \frac{1}{2}mV^2$ , hızı $V$ olan $m$ gibi bir kütlenin kinetik enerjisinin nasıl hesaplanacağı görülmektedir. Bir cismin kinetik enerjisi, cismin kütlesinin, cismin hızının karesiyle çarpılıp 1/2 'ye bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Hesaplanan kinetik enerjinin birimi Joule'dir.

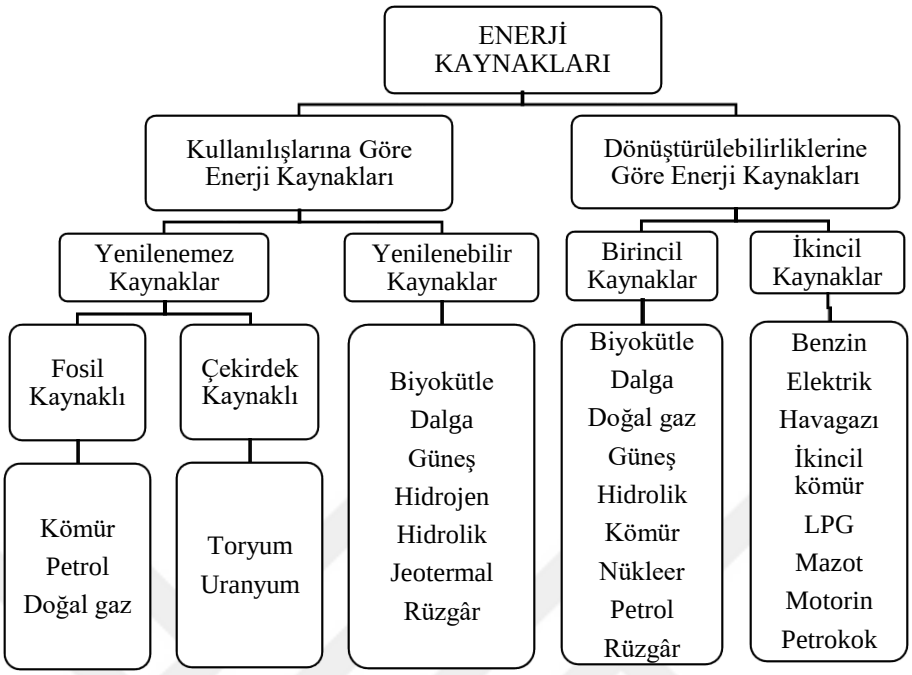
## 1.2. ENERJİ KAYNAKLARI VE SINIFLANDIRMASI

Enerji herhangi bir değişime-dönüşüme uğramamış ise bu birincil enerji olarak adlandırılmaktadır. Birincil enerji kaynakları, petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgârdır. Birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle birlikte ortaya çıkan enerjiye ikincil enerji denmektedir. İkincil enerji kaynakları elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazından (LPG) oluşmaktadır (Koç ve Kaya, 2015: 37).

Enerji kaynakları kullanılışlarına göre sınıflandırıldığında yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere iki ayrı kategoride değerlendirilmektedir. Yenilenemez enerji; tüketildikçe miktarı azalan ve kendini yenileyemeyen bir stok değişken olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji kaynakları da fosil kaynaklı ve çekirdek kaynaklı olmak üzere kendi içlerinde ikiye ayrılır. Yenilenebilir enerji ise doğada hazır olarak bulunan ve kendini yenileme özelliğine sahip olan, bir akım değişken olarak tanımlanmaktadır (Eskin, 2018: 6).

Tablo 1.1'de enerji kaynakları hem kullanılışlarına göre hem de dönüştürülebilirliklerine göre sınıflandırılmış olarak görülmektedir.

**Tablo-1.1:** Enerji Kaynakları Sınıflandırması




Enerjinin kıt olması, dünya genelinde eşit olarak dağılmamış olması ve dönüşümünün çevreyi kirletici bir etki yaratması, enerjinin üç temel özelliği olarak görülmektedir (Bilginoğlu, 1991: 123). Bu üç özellik, enerjinin geçmiş yıllarda yaygın olarak bilinen özelliği olsa da yenilenebilir enerji özelinde gerçeği tam olarak yansıtmamaktadır. Çünkü yenilenebilir enerjinin dönüşümü ve dağılımı yenilenemez enerji kaynaklarına göre büyük farklılıklar içermektedir.

### 1.2.1. Kullanılışlarına Göre Enerji Kaynakları

Kullanılışlarına göre enerji kaynakları, yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

#### 1.2.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Yenilenemez enerji kaynakları, doğada belirli biçimlerde bulunan, oluşumu çok uzun zaman sürdüğünden dolayı tüketildikçe toplam miktarı azalan ve yerine yenisinin konulmasının çok zor olduğu, büyük kısmı fosil yakıtlardan ve nükleer enerjiden oluşan enerji kaynaklardır (Eskin, 2018: 8)

##### 1.2.1.1.1. Fosil Bazlı Enerji Kaynakları

Fosil bazlı enerji kaynakları kömür, petrol ve doğal gaz olarak bilinmektedir. Bu enerji kaynakları, toprağın altında gömülü olan ölü bitki ve hayvan kalıntılarının

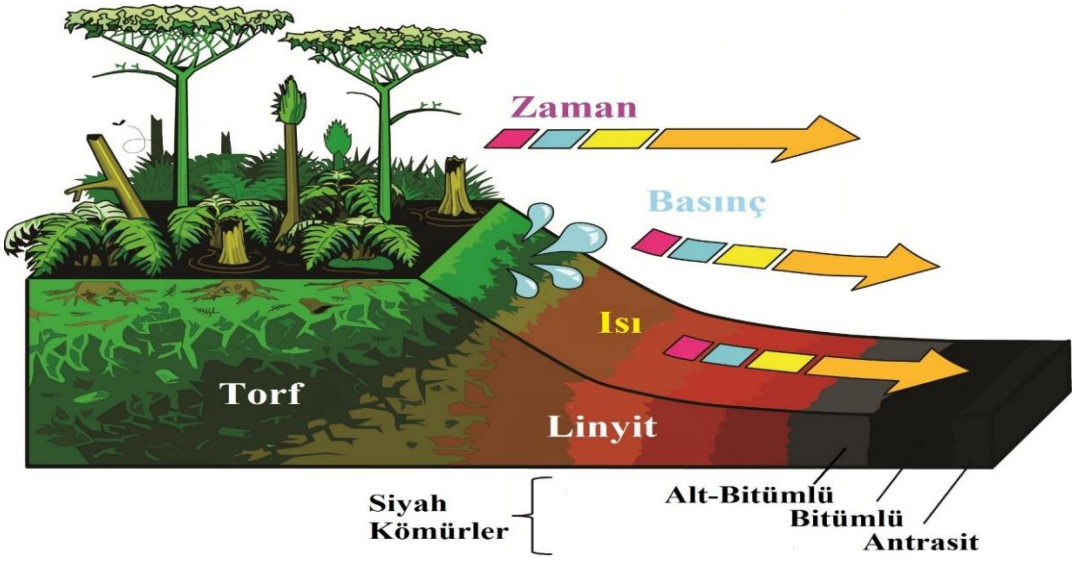
kimyasal tepkimeye girmesi sonucu milyonlarca yılda oluşmaktadır. Bu yüzden tükenmesi durumunda yenilenmesi kolay olmayan enerji kaynaklarıdır. Rezervleri sınırlıdır ve oldukça kıymetli kaynaklardır (Habibulla, 2005: 2).

#### 1.2.1.1.1.1. Kömür Enerjisi

Kömür çoğunlukla karbon ve hidrokarbon atomlarından oluşan siyah veya kahverengimsi-siyah bir renge sahip tortul kayadır. Kömür milyonlarca yıl önce bataklıklardaki ölü bitki tabakalarının, üst katmanlar ve yeryüzünden gelen ısı ve basınç gibi dış etkenlerden dolayı oluşmuştur. Oluşum süreci düşünüldüğünde kömürün yenilenemez bir enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda kömür dünyada en çok bulunan enerji kaynaklarından birisidir. Dünyada kömürün oluşumu ise yaklaşık 290-390 milyon yıl önce kömür çağı olarak bilinen Carboniferous döneminde başladığı düşünülmektedir (World Coal Institute, 2005: 2).

Şekil 1.1'de yer yüzeyinden başlayarak Antrasit kömürüne ulaşıncaya kadar var olan katmanlar yer almaktadır. Zaman ilerledikçe basınç ve ısının etkisiyle kömür oluşumu meydana gelmektedir.

**Şekil-1.1:** Kömür Enerjisi Oluşum Süreci



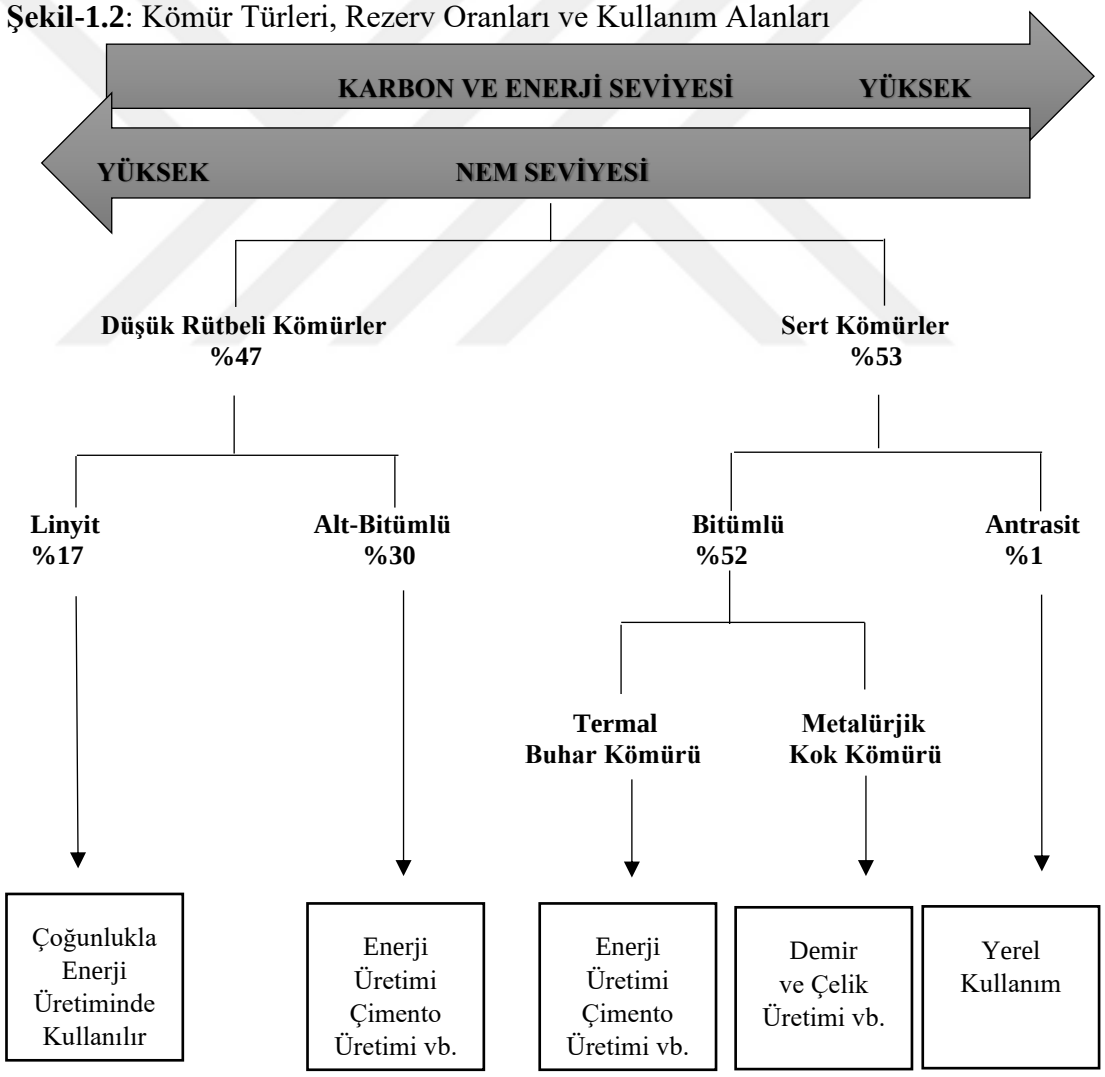

**Kaynak:** University of Kentucky, Kentucky Geological Survey

Kömür çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından sınıflandırılmaktadır. Yumuşak, donuk ve toprağa benzer bir görünüme sahip kömürler aşırı nem ve düşük karbon özelliğiyle daha düşük bir enerjiye sahiptir. Sert, çoğunlukla siyah ve parlak bir görünüme sahip olan, düşük nem ve yüksek karbon miktarına sahip olan kömürler

ise daha yüksek bir enerjiye sahiptir. Yaydıkları enerji açısından bir sınıflandırma yapıldığında Antrasit taş kömürü karbon yüzdesi en fazla olan ve en fazla enerji yayan kömür çeşididir. Antrasit taş kömürü, koku ve duman yaymadan yanan ve doğada sınırlı miktarda bulunan değerli bir kömürdür (World Coal Institute, 2005: 2-3).

Şekil 1.2'de görüldüğü üzere sol tarafta nem oranı yüksek, düşük rütbeli kömürler yer almaktadır. Bu kömür türleri çoğunlukla enerji, çimento üretimi ve endüstriyel üretimde kullanılmaktadır. Şeklin sağ tarafında yüksek karbon ve enerji seviyesine sahip yüksek rütbeli kömür türleri yer almaktadır. Bu kömür türleri de enerji, çimento ve endüstriyel kullanımlara ek olarak demir ve çelik üretiminde kullanılmaktadır.

**Şekil-1.2**: Kömür Türleri, Rezerv Oranları ve Kullanım Alanları




**Kaynak:** World Coal Institute (2004)

Kömür talebi 1769 yılında James Watt'ın buharla çalışan motoru üretmesi ve "endüstri devrimi" ile birlikte artmıştır. Endüstri devrimiyle birlikte artan demiryolu taşımacılığı, demir-çelik üretimi ve buharla çalışan gemilerin yaygınlaşması, kömür madenciliğinin ve kullanımının artmasıyla yakından ilişkilidir. Ayrıca kömür kullanımı 19. yüzyılda Thomas Edison tarafından geliştirilen kömürle çalışan elektrik üretim istasyonuyla birlikte daha büyük bir önem kazandı. Petrol 1960'lı yıllarda en çok kullanılan enerji kaynağı olana kadar, kömür dünyada ana enerji kaynağı durumundaydı (World Coal Institute, 2005: 19).

#### 1.2.1.1.1.2. Petrol Enerjisi

Petrol kelimesi, Latince rock (petro) ve oil (yağ) kelimelerinden oluşmakta ve kaya yağı anlamına gelmektedir. Petrol kimyasal olarak çeşitli miktarlarda azot, oksijen, kükürt, hidrojen ve karbondan oluşan bir bileşiktir (Fagan, 1991: 1). Petrol 200'den fazla organik maddeden oluşan karmaşık bir yapıya sahiptir ve farklı ham petroller farklı bileşenlere sahip olabilmektedir. Petrol ve doğal gazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olmasından dolayı hidrokarbonlar olarak da adlandırılmaktadır (Devold, 2013: 21).

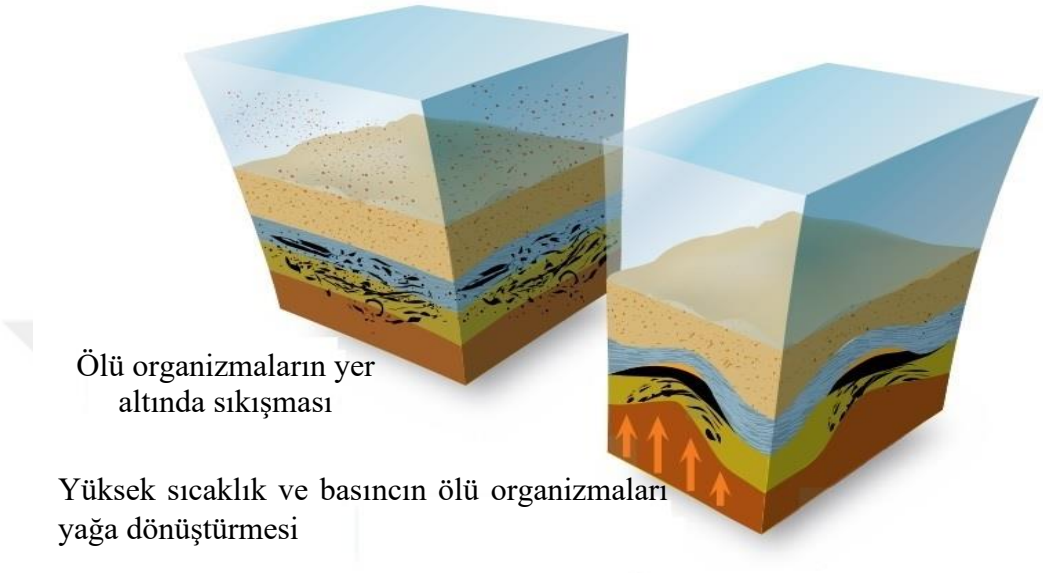
Ham petrolün oluşumu yaklaşık 245 ile 544 milyon yıl öncesine, yani Paleozoik Çağ'a dayanmaktadır. Bu çağda ölen bitki ve deniz hayvanlarının, çamurla karışmış fosillerinde bulunan hidrojen karbon molekülleri, zamanla ısı ve basınç gibi dış etkenler tarafından parçalandı ve hidrokarbonlar oluştu. Bu sürecin sonunda ham petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar olarak adlandırılan enerji kaynakları ortaya çıktı (OPEC, 2013: 15).

Petrol endüstrisinin geleneksel olarak 1859 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde başladığı kabul edilse de ilk petrol kuyusu MS. 347 yılında Çin'de açılmıştır. Çinliler buldukları bu koyu yapışkan maddeyi yakıt olarak kullanmıştı. Sonraki dönemlerde petrol 10. yüzyılda Cordaba'da, 1414'te Londra'da ve 1524'te Paris'te sokakları aydınlatmak için kullanılmıştır (Crain, 2004: 9).

Şekil 1.3'de ölü bitki ve hayvan organizmaların, milyonlarca yıl boyunca yüksek sıcaklık ve basıncın etkisiyle ham petrole dönüşmesi görülmektedir. Modern anlamda ilk petrol kuyusu ise 27 Ağustos 1859'da Albay Edwin Drake tarafından Pensilvanya'da açılmıştır. Drake elde ettiği petrolü Pennsylvania Rock Oil şirketine

sokakları aydınlatmada kullanması için sattı. Bu tarihten sonra petrol üzerine yapılan bilimsel çalışmalar hızla artmaya başladı ve bugünkü modern petrol endüstrisi ortaya çıkmış oldu (OPEC, 2013: 20).

**Şekil-1.3:** Ham Petrol Enerjisi Oluşumu

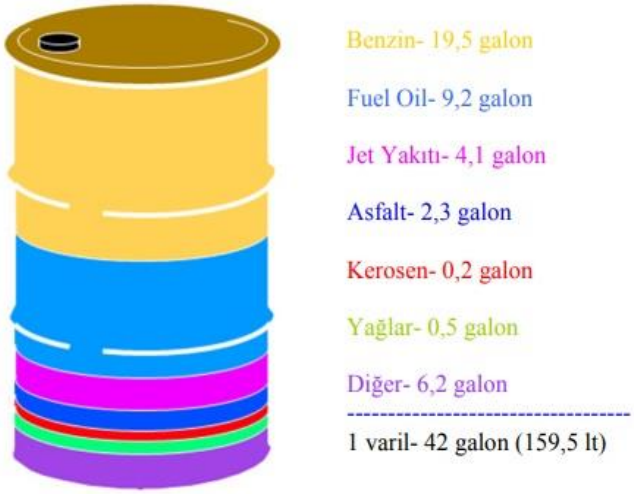



**Kaynak:** Organization of the Petroleum Exporting Countries (2013)

Dünya üzerinde 150'den fazla petrol çeşidi olmasına karşın referans olarak alınan bazı ham petrol türleri bulunmaktadır. Bu petrol türleri arasında en çok talep görenler Brent petrolü, Western Texas Intermediate (WTI) petrolü ve Umman petrolüdür. Ham petrol yer altından çıkarıldığı gibi kullanılmamakta, belirli bir işlemden geçtikten sonra günlük hayatta kullanılan çeşitli yakıtlara dönüştürülmektedir.

Şekil 1.4'de bir varil ham petrolden elden edilen yakıt ve diğer maddeler görülmektedir. Rafinerilerde arıtılan bir varil ham petrolden ortalama olarak %43 benzin, %18 fuel oil ve motorin, %11 LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı), %9 jet yakıtı, %5 asfalt ve %14 diğer ürünler elde edilmektedir (TPAO, 2007: 3).

**Şekil-1.4:** Ham Petrolden Elde Edilen Yakıtlar ve Diğer Maddeler




**Kaynak:** Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (2003)

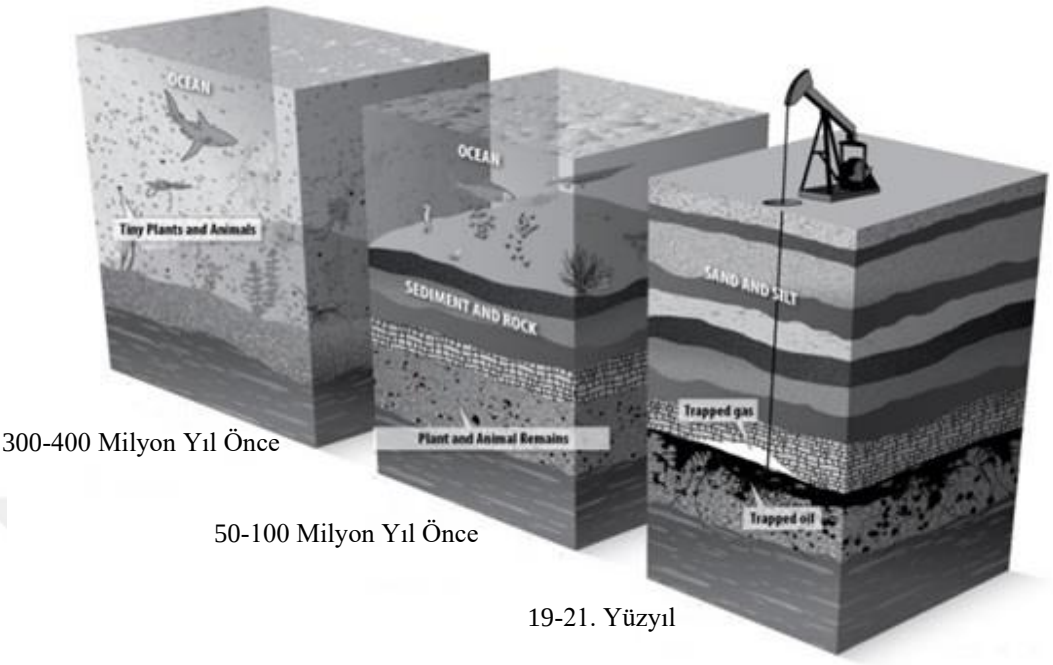
#### 1.2.1.1.1.3. Doğal Gaz Enerjisi

Doğal gaz; etan, propan, izobütan, vb. hidrokarbonlarla birlikte büyük oranda metan içeren, renksiz, tatsız ve kokusuz bir fosil enerji kaynağıdır (Younger, 2004: 1). Doğal gaz, petrol ve kömür gibi bir fosil yakıttır ve yaklaşık 300 ile 400 milyon yıl önce yaşayan küçük deniz canlıları ve bitkilerin ölmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Ölü deniz canlıları ve bitkiler okyanus diplerinde birikmiş ve tortul kayalar oluşturmuştur. Milyonlarca yıl boyunca basınç ve ısıya maruz kalan bu tortular zamanla doğal gaz ve ham petrole dönüşmüştür (The NEED Project, 2017: 27).

Şekil 1.5'de görüldüğü üzere okyanus canlıları öldükten sonra deniz tabanında birikmekte ve zamanla üzerleri tortul kayalarla örtülmektedir. Milyonlarca yıl boyunca basınç ve ısıya maruz kalan bu kalıntılar zamanla doğal gaz ve ham petrole dönüşmektedir.

Doğal gaz sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ve sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) olmak üzere iki farklı çeşidi bulunmaktadır. CNG, doğal gazın 200-250 bar basınçla sıkıştırılıp depolanmış şeklidir. LNG ise doğal gazın $162^{\circ}C$ sıcaklığın altında soğutulması sonucu oluşur (Eskin, 2018: 20).

**Şekil-1.5:** Doğal Gaz Enerjisi Oluşumu




**Kaynak:** The NEED Project (2018)

Doğal gazın kullanılabilir duruma gelmesi için bir dizi işlemden geçmesi gerekmektedir. Doğal gazın, işlem görmeden önce içeriğinde su buharı, karbondioksit, helyum, nitrojen vb. maddeler bulunmaktadır. Dolayısıyla ham doğal gaz, boru hatlarıyla taşınmadan önce çeşitli işlemlerden geçer ve kullanılabilir duruma getirilir ve sonrasında kullanılabilir durumdaki doğal gaz boru hatlarıyla tüketicilere taşınır. Doğal gaz evlerde ısınma ve sıcak su elde etmek gibi çeşitli amaçlar için kullanılırken sanayide demir-çelik, çimento, cam yapımı vb. endüstriyel amaçlarla kullanılmaktadır (Bulundu ve Say, 2016: 11-12).

#### 1.2.1.1.2. Çekirdek Kaynaklı Enerjiler

Maddeler atomlardan ve atomlar da etrafında bir elektron sarmalının bulunduğu bir çekirdekten oluşmaktadır. Atomun çekirdeğinde artı yüklü protonlar ve elektrik yüklü olmayan nötronlar bulunmaktadır. Bazı atomların çekirdeğine yavaşlatılmış nötron çarpması sonucu çekirdek birkaç parçaya bölünür ve bu fisyon olayı olarak bilinen durumu ortaya çıkar. Bu bölünme sırasında ortaya 2 veya 3 nötron daha çıkar ve zincirleme bir reaksiyon meydana gelir. Ortaya çıkan bu muazzam güç nükleer enerji olarak adlandırılır. Nükleer enerji santralleri elektrik üretme amacı ile kurulmaktadır. Bu santrallerde ortaya çıkan enerji elektriğe dönüştürülerek insanların kullanımına sunulur. Bu santraller gerekli güvenlik ve teknolojik donanıma sahip

kurumlar tarafından kurulup işletildiğinde topluma şu faydaları sunabilir: Çevreyi kirletici bir etkiye sahip değildir, doğaya karbondioksit gazı salmaz. Ayrıca, azot ve sülfür gibi çeşitli oksitleri salmadığı için asit yağmurlarına neden olmaz. Getirdiği teknolojik yenilikle birlikte ülkelerin ekonomik ve teknolojik açıdan gelişmelerini sağlar. Risk yönünden oldukça düşük ve üretilen elektriğin birim fiyatı termik santrallerde üretilen elektrik fiyatından daha uygundur (Özemre vd., 2000: 6).

Nükleer enerji üretimindeki en büyük sorun ve kaygıların başında nükleer atıklar gelmektedir. Nükleer atıklara belirli bir mesafeden maruz kalan canlılarda karaciğer, kemik veya akciğer kanserine yakalanma riski oldukça artmaktadır. Ayrıca nükleer enerji ve nükleer silahlarla ilgili toplumlarda olumsuz bir algı olduğu için nükleer enerjinin yaygınlaşması zorlaşmaktadır (Taylor, 1995: 1246).

Tablo 1.2'de 2017 yılı itibariyle faaliyette olan nükleer santrallerin sayısı görülmektedir. Dünya enerji tüketiminde en büyük paya sahip olan ABD 99 nükleer santrale sahiptir. Fransa 58 nükleer santralle en fazla santrale sahip ikinci ülke konumundadır. 2016 yılında 805,327.2 Gigawattlık üretimle ABD diğer ülkelerin çok üzerinde elektrik üretmiştir. ABD nükleer santrallerden ürettiği elektrik bakımından diğer ülkelere göre açık ara öndedir. Fransa ise ABD'den sonra nükleer santrallerden en çok elektrik üreten ülke konumundadır.

**Tablo-1.2:** Kurulu Nükleer Santral Sayısı

| Ülke | Santral Adedi | Kapasite (MV) | Üretim (GWH) | Ülke | Santral Adedi | Kapasite (MV) | Üretim (GWH) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ermenistan** | 1 | 375 | 2,194 | **Tayvan** | 6 | 5,052 | 30,461 |
| **İran** | 1 | 915 | 5,924 | **Belçika** | 7 | 5,913 | 41,430 |
| **Hollanda** | 1 | 482 | 3,749 | **İspanya** | 7 | 7,121 | 56,102 |
| **Slovenya** | 1 | 688 | 5,431 | **Almanya** | 8 | 10,799 | 80,069 |
| **Brezilya** | 2 | 1,884 | 14,970 | **İsveç** | 10 | 9,74 | 60,647 |
| **Bulgaristan** | 2 | 1,926 | 15,083 | **Birleşik Krallık** | 15 | 8,918 | 65,149 |
| **Meksika** | 2 | 1,552 | 10,272 | **Ukrayna** | 15 | 13,107 | 76,077 |
| **Romanya** | 2 | 1,3 | 10,388 | **Kanada** | 19 | 13,554 | 95,650 |
| **G. Afrika** | 2 | 1,86 | 15,209 | **Hindistan** | 22 | 6,24 | 35,006 |
| **Arjantin** | 3 | 1,632 | 7,677 | **G. Kore** | 25 | 23,077 | 154,306 |
| **Finlandiya** | 4 | 2,764 | 22,280 | **Çin** | 36 | 31,384 | 197,829 |
| **Macaristan** | 4 | 1,889 | 15,183 | **Rusya** | 37 | 26,528 | 184,054 |
| **Pakistan** | 4 | 1,005 | 5,438 | **Japonya** | 43 | 40,29 | 17,537 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Slovakya** | 4 | 1,814 | 13,733 | **Fransa** | 58 | 63,13 | 386,452 |
| **İsviçre** | 5 | 3,333 | 20,303 | **ABD** | 99 | 99,319 | 805,327 |
| **Çek Cumhuriyeti** | 6 | 3,93 | 22,729 | **Toplam** | 451 | 391,521 | 2,476,67 |

**Kaynak:** Nuclear Energy Institute (2017)

#### 1.2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları; tüketildiğinde miktarı azalmayan, kendini yenileme özelliğine sahip enerji kaynaklarıdır. Biyokütle enerjisi, dalga enerjisi, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji ve rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

##### 1.2.1.2.1. Biyokütle Enerjisi

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte enerjiye olan ihtiyaç da her geçen gün artmaktadır. İnsanların ihtiyaç duyduğu enerjiyi çevreyi kirletmeden elde edebilmenin en iyi kaynaklarından biri biyokütle enerjisidir. Bitkilerin varlığı güneş olduğu sürece devam edeceği için biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır (Karayılmazlar vd., 2011: 64).

Biyokütle biyolojik olarak fosil olmayan organik madde kitlesidir ve 100 yıldan az bir sürede kendini yenileyebilmektedir. Biyokütle enerji kaynağı ana bileşeni karbonhidrat olan bitkisel ve hayvansal kökenli organik maddelerden oluşmaktadır. Bu tür kaynaklardan elde edilen enerji biyokütle enerjisi olarak adlandırılır. Biyokütleden elektrik, ısı, sıvı veya gaz yakıt üretilebilmektedir (Koçar vd., 2013: 1).

Biyokütle enerjisi kullanımında modern ve klasik olmaz üzere iki ayrı tanım yer almaktadır. Klasik biyokütle enerjisi kullanımında ısı üretmek için doğrudan yakacak odun ve hayvansal atıklar kullanılmaktadır. Modern biyokütle kullanımında enerji üretmek için enerji ormancılığı ürünleri, çeşitli tarım ürünleri ve kentsel atıklar kullanılmaktadır (Karayılmazlar vd., 2011: 64).

Tablo 1.3'de biyokütle kaynaklarının çeşitli yöntemler kullanılarak dönüştürülmeleriyle elde edilen yakıtlar ve bu yakıtların kullanım alanları yer almaktadır. Tabloda görüldüğü üzere birçok farklı atık dönüştürülerek elde edilen biyogaz, motorin vb. yakıtlar, ulaşım, ısınma, seracılık vb. alanlarda kullanılabilmektedir.

**Tablo-1.3:** Biyokütle Kaynakları Kullanılan Çevrim Teknikleri, Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları

| Biyokütle Türleri | Çevrim Yöntemleri | Yakıtlar | Uygulama Alanları |
|---|---|---|---|
| **Orman Atıkları** | Havasız Çürütme | Biyogaz | Elektrik Üretimi |
| **Tarım Atıkları** | Piroliz | Etanol | Isınma, Ulaşım |
| **Enerji Bitkileri** | Doğrudan Yakma | Hidrojen | Isınma |
| **Hayvansal Atıklar** | Fermantasyon | Metan | Ulaşım, Isınma |
| **Çöpler (Organik)** | Gazlaştırma | Metanol | Uçaklar |
| **Algler** | Hidroliz | --- | Sentetik Yağ, Roketler |
| **Enerji Ormanları** | Biyofotoliz | Motorin | Ürün Kurutma |
| **Bitkisel ve Hayvansal Yağlar** | Esterleşme Reaksiyonu | Motorin | Ulaşım, Isınma ve Seracılık |

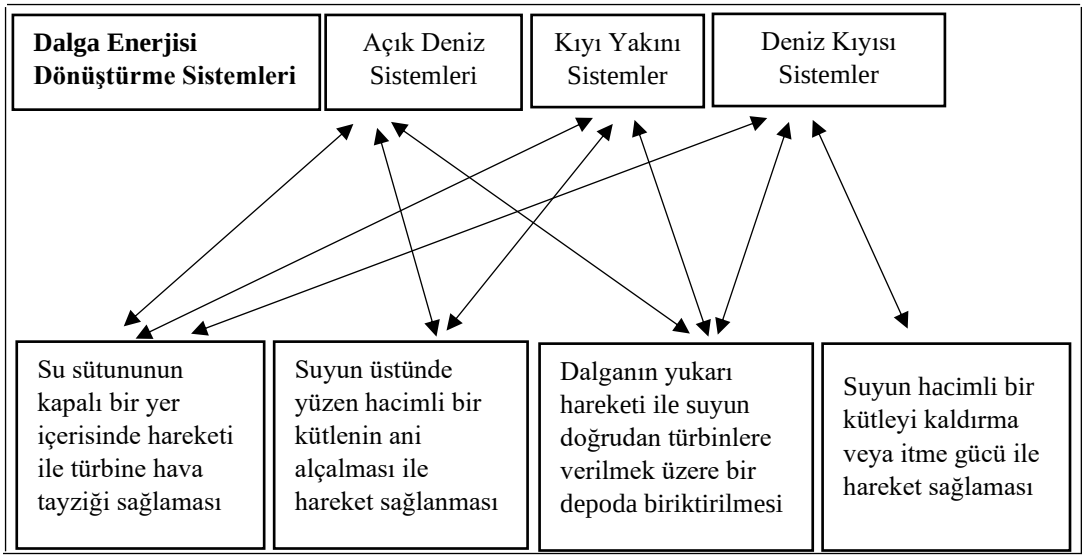
**Kaynak:** Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (2018)

#### 1.2.1.2.2. Dalga Enerjisi

Dalgalar dünya üzerindeki ısı farklılıklarından ortaya çıkan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile oluşmaktadır. Dalgaların yüksekliğini belirleyen etkenler rüzgâr hızı, rüzgârın ne zaman estiği, suyla arasındaki mesafe ve suyun derinliğidir. Dalgaların gücü ise dalganın yüksekliğine, hareketine, boyuna ve su yoğunluğuna bağlıdır. Büyük dalgalardan daha fazla enerji üretilebilmektedir. Deniz dalgalarından faydalanarak enerji üretilmesi konusunda yapılan ilk çalışma 1892 yılında A. W. Stahl tarafından gerçekleştirilmiştir (Gülsaç, 2009: 59).

Tablo 1.4'de dalga enerjisi dönüştürme sistemleri görülmektedir.

**Tablo-1.4:** Dalga Enerjisi Dönüştürme Sistemleri




**Kaynak:** Sağlam ve Uyar (2010)

Dalga enerjisinden elektrik üretmek için kıyı şeridinde uygulanan yöntemler, salınımlı su kolonu, daralan kanal sistemi, PENDULAR'dır. Kıyıya yakın yerlerde yapılan uygulamalar, OSPREY ve WOSP 3500'dür. Kıyıdan uzak uygulamalar ise McCabe dalga pompası, OPT dalga enerji dönüştürücüsü, PELAMIS ve Archimedes dalga salınımıdır. Türkiye'de bölgelere göre dalga yoğunlukları şu şekildedir: Karadeniz'de 1.96-4.22 kWh/m, Marmara Denizi'nde 0.31-0.69 kWh/m, Ege Denizi'nde 2.86-8.75 kWh/m, Akdeniz'de 2.59-8.26 kWh/m ve İzmir-Antalya arasında 3.91-12.05 kWh/m. Dalga enerjisinden faydalanmak için en uygun yer İzmir-Antalya arası olarak görülmektedir (Sağlam ve Uyar, 2005: 3).

Dalga enerjisinden üretilen elektrik miktarının yenilenebilir enerji içerisindeki payı oldukça düşüktür. Okyanus ve denizlerde dalga enerjisinden elektrik üretilmesi için büyük bir potansiyel olsa da bu konuda yapılan çalışmalar ticarileşme yönünde istenilen düzeye ulaşamamıştır (Gülsaç, 2009: 61).

#### 1.2.1.2.3. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi eski zamanlardan beri çeşitli yöntemlerle kullanılan bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisiyle tarımsal ürünleri kurutmak, ısınmak vb. uygulamalar yaygındır. Binlerce yıl önce Syracuse Arşimet güneş enerjisi ile yoğunlaştırılmış güneş aynaları kullanarak Roma gemilerini ateşe vermiştir (Vanderhulst, 1990: 1).

Günümüzde hemen hemen pek çok alanda güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Örneğin güneşle çalışan su ısıtıcıları, güneş enerjisiyle ısıtılan binalar, güneş enerjisinden elektrik üretilmesi, tarımsal sulamada güneş enerjisinden faydalanılması, hesap makineleri, radyo, televizyon, radar, trafik ışıkları, sokak lambaları ve daha birçok cihaz güneş enerjisi ile çalışabilmektedir. Güneş enerjisi sistemleri Işıl Güneş Teknolojileri ve Fotovoltaik Güneş Teknolojisi olarak iki ana başlıkta incelenmektedir (Eskin, 2018: 29-30).

i. **Isıl Güneş Teknolojileri:** Bu sistemde, güneş enerjisinden elden edilen ısı doğrudan kullanılır veya elektrik enerjisine dönüştürülür.
ii. **Fotovoltaik Güneş Teknolojisi:** Fotovoltaik hücreler olarak bilinen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını elektriğe dönüştürür.

Güneş enerjinin üretim ve tüketiminde bazı avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır. Güneş enerjisinin en önemli avantajı yenilenebilir olmasıdır. Güneş

enerjisinin diğer avantajları yakıt sorununun olmaması, mekanik olarak zor yıpranması ve uzun seneler işletilebilmesidir. Güneş enerjisinin dezavantajları ise güneş pillerinin verimliliğinin düşük olması, Fotovoltaik pillerin maliyetinin yüksek olması ve depolanma olanaklarının kısıtlı olması gibi etkenlerdir (MEB, 2012: 16).

#### 1.2.1.2.4. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen renksiz, kokusuz, sağlığa bir zararı olmayan ve havadan daha hafif bir özelliğe sahiptir. Aynı zamanda hidrojen evrenin temel enerji kaynağıdır ve -252,77 $C^o$ sıcaklıkta sıvı hale dönüştürülebilir. Hidrojen petrol ve doğal gaz gibi bilinen yakıtlar içerisinde birim başına en yüksek enerji miktarına sahiptir. Hidrojen doğada serbest olarak değil bileşik olarak bulunmaktadır. En bilinen örneği ise sudur. Hidrojen, elektrik üretmek için kullanıldığında doğayı kirletmemekte ve doğaya sadece su buharı salınmaktadır. Ayrıca fosil yakıtlar gibi sera etkisine ve hava kirliliğine neden olmamakta ve hidrojen enerjisi kolayca elektriğe dönüştürülebilmektedir. Hidrojenin dezavantajı ise depolanmasıdır. Hidrojen kolayca sızabilen bir madde olduğu için olumsuz sonuçlar doğurabilir (MEB, 2012: 32).

Hidrojenden enerji üretebilmek için "yakma" ve "yakıt pili" olmak üzere iki yöntem vardır. Yakma yönteminde tıpkı diğer yakıtlar gibi yakılarak enerji elde edilebilir. Yakıt pili yönteminde hidrojen ve oksijen bir araya getirilerek elektrik üretilmektedir (Eskin, 2018: 47).

#### 1.2.1.2.5. Hidrolik Enerji

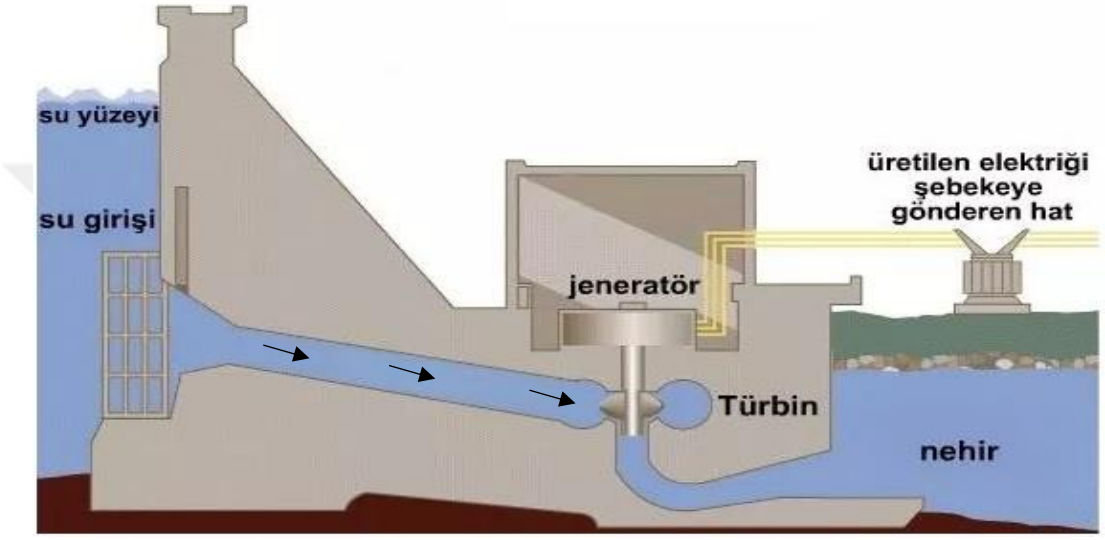
Her nesnenin konumundan dolayı sahip olduğu enerjiye potansiyel enerji denilmektedir. Hidroelektrik enerji, depolanmış ya da akar durumda olan suyun sahip olduğu potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile elde edilen bir enerjidir. Suyun yüksek bir konumdan daha alçak bir konuma düşmesiyle birlikte ortaya çıkan enerji, türbinleri harekete geçirmekte ve bu işlem sonunda elektrik üretilmektedir. Bölgelere göre hidrolik potansiyeli belirleyen şey iklim şartlarıdır ve hidroelektrik santraller, düşük maliyet, uzun ömür ve yüksek verimliliğe sahiptir (Gökdemir vd., 2012: 18).

Elektrik enerjisi üreten hidroelektrik santrallerin çevre ve ekonomik açıdan çeşitli avantajları bulunmaktadır. Hidroelektrik santralleri ekonomik ömrü uzun, çevre dostu, işletme ve bakım giderleri düşük, yakıt gideri olmayan, yüksek verimlilikle

çalışan ve yerli bir enerji kaynağı olduğu için dışa bağımlılığı azaltan bir enerji kaynağıdır (Bozkurt ve Tür, 2015: 4).

Şekil 1.6'da hidroelektrik üretimi görülmektedir. Potansiyel enerjiye sahip olan su, türbinin bulunduğu yere doğru akar ve türbini çevirir. Böylece jeneratörler mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür ve üretilen elektrik şebekeye aktarılır.

**Şekil-1.6:** Hidroelektrik Enerji Üretimi




**Kaynak:** Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2017)

Dünya üzerinde kurulu hidroelektrik santrallerin toplam kapasitesi 1.267 gigawatt seviyesindedir. Hidroelektrik santrallerde üretilen elektriğin, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %16,6'dır. Hidroelektrik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük paya sahiptir. Ayrıca hidrolik enerjinin, birincil enerji tüketimindeki payı %6,80'dir.

#### 1.2.1.2.6. Jeotermal Enerji

Dünyanın merkezinde, yaklaşık 6.437 km derinlikteki sıcaklık güneşin yüzeyi ile benzer düzeydedir. Bu noktadaki sıcaklık değeri yaklaşık olarak 5500 ℃ olduğu düşünülmektedir. Bu sıcaklık dünyanın merkezinden yüzeye doğru çeşitli biçimlerde yayılmaktadır (Geothermal Energy Association, 2014: 5).

Jeotermal kelimesinin kökeni Yunanca olup geo (yer) ve therme (ısı) kelimelerinden oluşmaktadır. Jeotermal kelime anlamı olarak yer ısısı anlamında kullanılmaktadır. Jeotermal kaynaklar yer ısısının etkisiyle ortalama sıcaklığı

bulunduğu bölgenin ortalama sıcaklığından daha yüksek olan, diğer sulara göre daha fazla erimiş madde ve gaz barındıran, doğal olarak yeryüzüne çıkan ya da insanlar tarafından bilinçli olarak çıkartılan su veya sudan türeyen buhar ve gazlardır (MEB, 2012: 20).

Dünyadaki jeotermal enerji kuşakları şu şekildedir (Canik vd., 2000: 7):

i. **Batı Pasifik Kuşağı:** Doğu ve Güneydoğu Asya'da bulunan bazı ülkeleri kapsamaktadır. Japonya, Yeni Zelanda, vb.
ii. **And Volkanik Kuşağı:** ABD'nin batı bölgeleri, Kanada, Peru vb.
iii. **Alp-Himalaya Kuşağı:** Türkiye, İtalya, Çin vb.
iv. **Doğu Afrika Rift Sistemi:** Zambiya, Kenya, Etiyopya vb.
v. **Atlantik Ortası Sırtında:** İzlanda, Helen adaları vb.

Jeotermal enerji elektrik üretiminin yanı sıra farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Jeotermal enerji kereste ve balık kurutma, konservecilik, şeker ve tuz üretimi, yüzme havuzları, damıtma ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (Kaymakçıoğlu ve Çirkin, 2004: 1).

#### 1.2.1.2.7. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve her geçen gün kullanımı artmaktadır. Güneş dünyayı ve atmosferi aynı derecede ısıtmamakta, bu nedenle sıcaklık ve basınç farklılıkları oluşmaktadır. Ortaya çıkan yüksek ve alçak hava basınçlarının yer değiştirmesi sonucu rüzgârlar oluşur (Çakır ve Helvacı, 2016: 1).

Rüzgârdan enerji elde etmek için rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Rüzgâr türbinleri, rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir makinedir. Rüzgâr türbinleri yatay ve dikey eksenli olmak üzere iki biçimde ve kapasite açısından mikro, küçük, orta, büyük ve son olarak ultra büyük olarak sınıflandırılmaktadır (Kavun, 2018: 7-8).

Rüzgâr türbinlerinin kapasite ve kullanım alanlarını daha iyi anlamak için küçük ve büyük rüzgâr türbinlerinin karşılaştırması Tablo 1.5'de görülmektedir. Tablodaki bilgilere göre küçük türbinler kişisel kullanım amacıyla daha sınırlı elektrik üretimi için kullanılırken büyük türbinler endüstriyel amaçla daha fazla elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Kurulum maliyetleri ve bakım masrafları arasında da farklılıklar bulunmaktadır.

**Tablo-1.5:** Küçük ve Büyük Rüzgâr Türbinlerinin Karşılaştırılması

| Türbin Çeşidi | Kullanım Alanı | Türbin Gücü | Üretilen Enerjinin Verildiği Yer | Akü İhtiyacı | Bakım Masrafı | Kurulum Masrafı |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Büyük Rüzgâr Türbinleri** | Endüstriyel | 50 kW-2MW | Şebeke | Yok | Var | Yüksek |
| **Küçük Rüzgâr Türbinleri** | Kişisel | 50 W-10kW | Seralar, çiftlik evleri, radyo kulesi vb. | Var | Yok | Düşük |

**Kaynak:** Elibüyük ve Üçgül (2014)

Rüzgâr enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantajlardan biri çevreyi kirleten kimyasal ve zararlı atıklar üretmemesidir. Rüzgâr, yenilenebilir enerji kaynağıdır ve yeni teknolojik gelişmelerle beraber birim maliyeti azalmaktadır. Rüzgâr enerjisinin dezavantajları ise rüzgâr türbinlerinin çalışırken çok ses çıkartmasıdır, bundan dolayı yerleşim yerlerinin uzağında kurulması gerekir. Ayrıca rüzgâr türbinleri sadece rüzgârın estiği zamanlarda enerji üretebilmektedir (Ağçay, 2007: 22).

### 1.2.2. Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları genel olarak sürdürülebilirlik ve dönüştürülebilirliklerine göre iki biçimde sınıflandırılmaktadır. Dönüştürülebilirlik, enerji kaynaklarının doğrudan ya da belirli bir işlem gördükten sonra kullanım açısından sınıflandırılmasıdır. Dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları, birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

#### 1.2.2.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji kaynakları, doğada hazır halde bulunan ve işlem gerektirmeden kullanılabilen enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakları biyokütle, dalga, doğal gaz, güneş, hidrolik, kömür, nükleer, petrol ve rüzgâr enerjilerinden oluşmaktadır.

#### 1.2.2.2. İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji kaynakları, birincil enerji kaynaklarının belirli işlemlerden geçtikten sonra kullanıma hazır duruma gelen kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları benzin, elektrik, havagazı, ikincil kömür, LPG, mazot, motorin ve petrokok enerjilerinden oluşmaktadır.

## 1.3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Sürdürülebilirlik kavramı Türkçede herkes tarafından kabul edilen bir karşılığı olmasa da genel olarak "sürekli" (kesintisiz) anlamında kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramını İngilizce dilinde Oxford Dictionary tarafından "belli bir düzeyde devam ettirebilme" olarak tanımlamaktadır. 1987 yılında yayınlanan Brundtland Raporunda sürdürülebilirlik kavramı zenginleşmiş ve olumlu katkılar yapılmıştır. Raporda yer alan "sürdürülebilir kalkınma" kavramı sadece çevreyle sınırlı kalmamış ilerleyen yıllarda birçok alanda kullanılmıştır (Şen vd., 2018: 5).

Brundtland Raporunun yayınlanmasından sonra sürdürülebilir kalkınmanın üç temel açıdan bilinirliği artmıştır (Harris, 2003: 1):

i. **Ekonomi:** Sürdürülebilir bir ekonomi mal ve hizmet üretebilen, tarımsal veya endüstriyel üretime-ilişkilere olumsuz yansıyacak dengesizliklerden kaçınabilen, dış borç seviyesini koruyabilen ve yönetilebilir bir devlete sahip olan anlamına gelmektedir.
ii. **Sosyal:** Sosyal hayat anlamında sürdürülebilirlik fırsat ve cinsiyet eşitliğini sağlama, eğitim, sağlık ve çeşitli hizmetlere ulaşabilme, gelir dağılımında adalet vb. şeyleri bir arada yürütebilme anlamına gelmektedir.
iii. **Çevre:** Çevre bağlamında sürdürülebilirlik biyolojik çeşitliliğin ve dünyayı çevreleyen atmosferin korunması, yenilenebilir kaynakların kullanılması ve yenilenemez kaynakların aşırı sömürülmesinden kaçınılması anlamına gelmektedir.

Sürdürülebilir enerji terimi yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının rasyonel kullanımını sağlamak için kullanılmaktadır. Enerjinin rasyonel kullanımı hangi tür enerji kullanıldığından bağımsız olarak enerji kaynağının verimli ve etkili kullanılması anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir enerji insanların ekonomik, sosyal ve çevresel ihtiyaçlarının karşılandığı ve bu karşılamada eşit dağılımı, erişilebilirliği sağlayan enerji olarak tanımlanmaktadır (Davidson ve Sokona, 2002: 10).

## 1.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Yenilenebilir enerji kullanıldıkça miktarı azalmayan ve kendini yenileme özelliği olan bir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerjiyi fosil enerji kaynaklarından

ayıran en önemli özellik kendisini yenileyebilme özelliğidir ve aynı zamanda sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.

Yenilenebilir enerji ülkelerin enerji ihtiyaçlarını sahip oldukları kaynaklarla karşılamasıyla birlikte dışa bağımlılığın azaltılması, kaynakların çeşitlendirilmesiyle enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması ve tüketilen enerji kaynaklarının çevreye en az zararı vermesi açısından oldukça önemlidir. 2017 yılı itibariyle dünya genelinde tüketilen toplam enerji miktarının yaklaşık %20'si yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Fosil yakıtların kullanım oranı hâlâ çok yüksek olsa da yenilenebilir enerjinin payı her geçen gün artmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017: 7-8).

Yenilenebilir enerji kaynakları oldukça çeşitlilik göstermektedir. Bu kaynaklar arasında biyokütle, dalga, güneş, hidrojen, hidrolik, jeotermal ve rüzgâr enerjisi yer almaktadır.

### 1.4.1. Yenilenebilir Enerjinin Önemi

Yenilenebilir enerji kaynakları sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan oldukça büyük bir öneme sahiptir. İnsanlar kitle iletişim araçlarının gelişmesiyle beraber fosil yakıtların zararları konusunda büyük bir farkındalığa sahip olurken, yenilenebilir enerjinin temiz ve sürdürülebilir doğası insanları bu konuda düşünmeye yöneltmiştir. Dünya genelinde bilim insanları sürdürülebilir enerji üzerine çalışmalar yürütmekte ve bu alanda yenilikler üreterek kaynakların etkili kullanılmasını sağlamaktadırlar (Shahzad, 2012: 16-17).

Yenilenebilir enerji kaynakları enerji arzının güvenli ve sürekli olması, sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan büyük bir öneme sahiptir. Enerji arzının güvenli ve sürekli olması, fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği dikkate alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artmaktadır (MEB, 2012: 6).

Enerji arzının güvenli ve sürekli olması açısından diğer bir önemli konu yenilenebilir enerji yatırımlarındaki artışlardır. Devletlerin yenilenebilir enerji konusunda verdikleri destekler bu alandaki yatırımları ve yenilenebilir enerjiye olan ilgiyi artırmaktadır. Bu gelişmeler yenilenebilir enerji alanında yapılan projelerin maliyetlerini düşürmekte ve yaygınlaştırmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017: 12).

### 1.4.2. Yenilenebilir Enerji ve Çevre

Çevre bir canlı grubunun veya topluluğunun birbirleriyle ilişki içinde yaşadığı, tüm canlı ve cansız varlıkların olduğu özel alan olarak tanımlanabilir. İnsan merkezli bir tanım yapmak gerekirse, insanın içinde yaşadığı yer olarak ifade edilebilir. İnsanlığın gelişmesiyle birlikte üretim artmış ve ortaya çıkan üretim fazlası insanlar arasında mücadele ve egemenlik yarışını başlatmıştır. İnsanların birbirleri üzerinde kurduğu egemenlik zamanla doğa üzerinde de kurulmaya başlanmıştır. İnsanlar çevreye-ekolojiye egemen olmuş ve bu egemenlik ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemiştir (Akdur, 2005: 14).

21. yüzyılda dünya nüfusunun hızla artmaya devam etmesi nedeniyle enerji talebinin de hızla artması beklenmektedir. Enerji kullanımının artması asit yağmurları, küresel ısınma (sera gazı etkisi), ozon tabakasının incelmesi gibi birçok çevresel sorunun da devam edeceğini göstermektedir. Çevreye etki eden faktörler arasında enerji tüketimi, sanayide kullanılan ham maddeler, ormanların yok edilmesi, kentleşme ve kitle tüketimi, hava, su ve toprak kalitesindeki bozulmalar bulunmaktadır (Selici vd., 2005: 1).

Yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerjinin çevre üzerindeki etkisi Tablo 1.6'da görülmektedir. Enerji üretirken kullanılan kaynakların üretim aşamasında oluşturdukları çevresel etkiler "+" ve "-" olarak ifade edilmiştir. "-" ifadesi belirtilen etkilere sahip olmadığını ya da çok az olduğunu, "+" ifadesi ise belirtilen etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir.

**Tablo-1.6:** Enerji Kaynaklarının Çevre Üzerindeki Etkileri

| Enerji Kaynağı | Emisyon ve Hava Kirliliği | Su Kirliliği ve Sulak Alanlara Etki | Atık Oluşumu | Görüntü Kirliliği | Gürültü Kirliliği | Habitat ve Canlı Yaşama Etkisi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fosil Yakıtlar** | + | + | + | - | + | + |
| **Güneş** | - | - | - | + | - | - |
| **Rüzgâr** | - | - | - | + | + | + |
| **Jeotermal** | - | + | - | - | + | + |
| **Hidrojen** | - | + | - | - | - | - |
| **Deniz-Dalga** | - | + | - | + | + | + |
| **Biyokütle** | + | - | + | + | - | + |

**Kaynak:** Varınca ve Gönüllü (2006)

Fosil yakıtlar için görüntü kirliliği dışında tüm etkilerin pozitif olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakların çevre üzerindeki etkisi ise farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara göre daha az kirletici olduğu anlamına gelmektedir.

### 1.5. ENERJİ YOĞUNLUĞU

Enerji yoğunluğu bir enerji verimliliği göstergesi olarak kullanılmakta ve enerji tüketiminin gayrisafi yurt içi hasıla'ya oranı olarak hesaplanmaktadır. Enerji yoğunluğu bir faaliyetin teknik açıdan verimlilik düzeyinin ölçülemediği durumlarda verimlilik göstergesi olarak kullanılmaktadır. Birincil enerji kullanım miktarının GSYH'ye oranlanmasıyla "birincil enerji yoğunluğu" ve nihai enerji kullanım miktarının GSYH'ye oranlanmasıyla da "nihai enerji yoğunluğu" göstergesi elde edilmektedir (T.C. Enerji Bakanlığı, 2017: 1).

### 1.6. EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE EKONOMİK BÜYÜMENİN STİLİZE GERÇEKLERİ

Ekonomik büyüme genellikle bir yıl gibi veri bir dönemde, ülkelerin üretim kapasitelerinin artması veya gayrisafi yurtiçi hasılalarında reel olarak artış görülmesidir. Bir ekonominin büyüdüğünden bahsedebilmek için ekonomik büyümenin ölçülebilmesi ve büyümenin reel artışlardan oluşması gerekmektedir. Reel artış, fiyat değişimlerinin etkisi arındırıldıktan sonra bulunabilir. Ekonomik büyümenin bir diğer göstergesi kişi başına gelirin artmasıdır. Bireylerin, ekonomik faaliyetler sonucu kişi başına gelirlerinde bir artış meydana gelmesi yine ekonomik büyümenin bir göstergesi olarak düşünülmektedir (Erdinç, 2013: 3). Kişi başı gelir artışı tanımından anlaşılacağı üzere büyüme arz cephesi tarafından belirlenir. Ayrıca kişi başına gelirdeki artışların büyüme olarak nitelendirilmesi için artışların geçici değil sürekli olması gerekmektedir. Bu anlamda ekonomik büyüme kısa dönemli statik etkilere sahip bir olgu olarak değil uzun dönemli dinamik bir olgu olarak düşünülmelidir (Kibritçioğlu, 1998: 208).

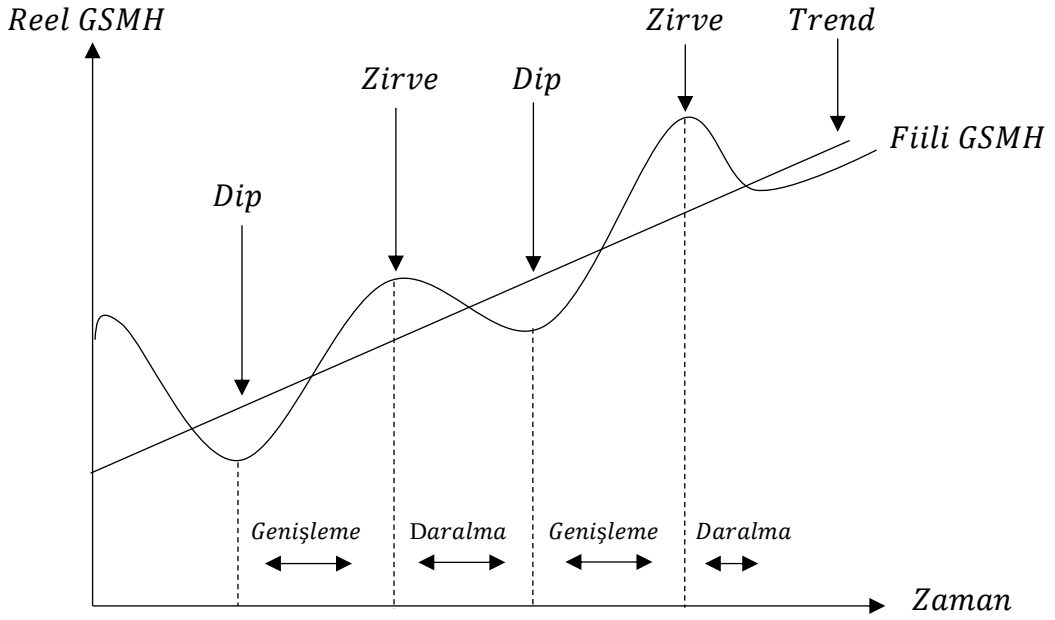
Bir ülkede ekonomik büyümeyi sağlayabilmek için iki farklı durum söz konusudur. Birinci durumda ülke ekonomisi tam istihdam seviyesinin altındayken üretimde kullanılan kaynakların etkin kullanımı ile birlikte büyüme sağlanabilir. İkinci durumda ise ülke ekonomisi tam istihdam seviyesindeyken üretimde kullanılan kaynaklara yenilerinin eklenmesi ile birlikte büyüme sağlanabilir. Bu anlamda

ekonomilerin büyüyebilmesi için verimlilik ve üretim potansiyeli büyük bir öneme sahiptir. Üretim faktörlerindeki değişmeler ile ekonomik büyüme yakından ilişkilidir. Ekonomik büyüme için gerekli olan üretim faktörleri ise işgücü, sermaye, doğal kaynaklar ve teknolojiden oluşmaktadır (Erdinç, 2013: 4).

Üretim faktörlerinin ekonomik büyüme açısından önemi oldukça büyüktür ve bir ülkede mevcut üretim faktörleri ile mevcut faktör verimliliği düzeyinde üretilebilecek mal ve hizmetlerin bileşimini "üretim olanakları eğrisi" göstermektedir. Ayrıca üretim olanakları eğrisi ekonomik tercihleri ve fırsat maliyetini yansıtmaktadır. Fırsat maliyeti ise bir şeyden (mal veya hizmet) daha fazla üretmek için üretmekten vazgeçilen diğer seçeneklerin (mal veya hizmet üretimi) oluşturduğu maliyettir (Hall ve Lieberman, 2003: 22-23).

Şekil 1.7'de görüldüğü üzere dikey eksende çıktı düzeyi ve yatay eksende zaman değişkeni bulunmakta, ayrıca ekonomideki konjonktürel dalgalanmalar görülmektedir. Konjontürel dalgalanma evrelerinde bir ekonominin zirve noktasından dip yaptığı noktaya kadar geçen süreye "daralma" evresi, dip noktasından zirve yaptığı noktaya kadar geçen süreye de "genişleme" evresi denilmektedir (Görmezöz, 2007: 15-16).

**Şekil-1.7:** Konjonktürel Dalgalanmalar



Konjonktür dalgalanmalarını açıklarken kullanılan genişleme, daralma, dip ve zirve gibi terimler ekonomide canlanma, gerileme, çöküntü ve refah gibi farklı terimlerle de ifade edilebilmektedir.

Ekonomik büyüme her dönemde ilgi çekmiş ve iktisatçılar tarafından açıklanmaya çalışılmış iktisadi konular arasında yer almaktadır. Nicholas Kaldor bu konu üzerine çalışan iktisatçılar arasında oldukça ünlüdür ve 1961 yılında "Kaldor Gerçekleri" ya da daha çok "Büyümenin Stilize Gerçekleri" olarak ifade edilen çalışmasını ortaya koymuştur. Kaldor büyümenin stilize gerçeklerini uzun dönemli ekonomik büyümeyi açıklamak üzere oluşturmuştur (Abad ve Khalifa, 2015: 143).

Kaldor "A Model of Economic Growth" isimli makalesinde ekonomik büyüme teorisinin anlamak için; bir ekonominin üretim seviyesinin ne kadar olacağını belirleyen ekonomi dışı değişkenleri ve neden bazı toplumların diğerlerine göre çok daha hızlı büyüdüğünü açıklamaya çalışmaktadır. Kaldor'a göre büyüme eğiliminin belirleyen olgular genel bir kabul olarak tasarruf eğilimlerinde (sermaye birikim oranını belirler), buluşlar veya yeniliklerde (verimlilik büyüme oranını belirler) ve nüfus artışında aranmaktadır. Kaldor ise farklı bir bakış açısı sunarak bir büyüme modeli oluşturmayı amaçlamıştır (Kaldor, 1957: 591).

Gelişmiş ülkelerin yaşamış olduğu büyüme deneyimlerinin değerlendirilmesi sonucu oluşturulan 6 maddelik "Büyümenin Stilize Gerçekleri" şu şekildedir (Kaldor, 1963: 178-179; Abad ve Khalifa, 2015: 144; Ünsal, 2016: 24):

**i.** Emek girdisinin (L) büyüme hızı çıktı (Y) büyüme hızından devamlı olarak daha yavaş gerçekleşir.

**ii.** Hangi istatistiksel yöntemle sermaye ölçümü yapılırsa yapılsın işçi başına sermaye/emek oranı (K/L) sürekli bir artış içinde olacaktır.

**iii.** Sermaye getiri oranı sabittir.

**iv.** Sermaye-çıktı oranı istikrarlıdır.

**v.** Emek girdisinin çıktı miktarındaki payı ve sermaye girdisinin çıktı miktarındaki payı istikrarlıdır.

**vi.** Kişi başına büyüme oranları ülkeler arasında farklılık göstermektedir.

## 1.7. EKONOMİK BÜYÜMENİN HESAPLANMASI

"Gayrisafi yurt içi hasıla" (GSYH) kavramı ülkelerin ekonomik performansını ölçmek için kullanılmaktadır. GSYH bir ülkenin belirli bir dönemde yurtiçinde ürettiği nihai mal ve hizmetlerin piyasa değerlerinin toplamını ifade etmektedir. Ayrıca piyasada satılan mal ve hizmetlerin yanı sıra devlet tarafından üretilen savunma, eğitim vb. hizmetleri de içermektedir. Ülkelerin ekonomik performansını ölçmeyi sağlayan diğer bir yöntem ise "gayrisafi milli hasıla"dır. GSMH bir ülke vatandaşlarının belirli bir dönemde yurtiçi ve yurtdışında ürettikleri nihai mal ve hizmetlerin piyasa değerinin toplamını ifade etmektedir. GSMH yöntemi, GSYH'yi hesaplamaktan daha zor olduğu için pek tercih edilmemektedir (Callen, 2008: 48).

GSYH hesaplamasında kullanılan bir diğer kavram "net dış faktör geliri"dir. Ülkeler arasındaki ekonomik ilişkilerin hızlanmasıyla beraber karşılıklı yoğun bir döviz alışverişi de yapılmaktadır. Bundan dolayı GSYH hesaplanırken ülkeye giren-çıkan faktör gelirleri hesaplanır ve GSMH'den çıkarılarak GSYH'ye ulaşılır. Eşitlik 1.1'de GSYH'nin genel olarak nasıl hesaplanacağı görülmektedir (Erdinç, 2013: 6).

$$GSYH = GSMH - Net\ Dış\ Faktör\ Gelirleri \quad (1.1)$$

GSYH reel ve nominal olmak üzere iki farklı biçimde hesaplanmaktadır. Nominal GSYH, bir ülkede belirli bir dönemde üretilen mal ve hizmet miktarlarının o yıla ait piyasa fiyatları ile çarpılmasıyla bulunmaktadır (Ünsal, 2016: 1).

$$nominal\ GSYH_t = \sum_{i=1}^{n} P_{it} * Q_{it} \quad (1.2)$$

Eşitlik 1.2'de nominal GSYH'nin nasıl hesaplanabileceği görülmektedir. Bir dönemde üretilen tüm mal ve hizmetlerin toplam miktarını ifade eden $Q$ ve yine aynı dönemde üretilen mal ve hizmetlerin piyasa fiyatını ifade eden $P$ terimleri çarpılarak veri yılın nominal GSYH'si hesaplanmaktadır.

Ekonomik performansı ölçmenin bir diğer yöntemi Reel GSYH'dir. Nominal fiyatlarla hesaplanan GSYH ile dönemler arası karşılaştırma yapılamamakta, çünkü üretilen mal ve hizmet miktarı artmamış olsa bile fiyatlardaki artış nominal GSYH'yi artırmış olabilir. Dolayısıyla dönemler arası karşılaştırma yapılırken reel GSYH'nin belirlenmesi gerekmektedir. Reel GSYH ise nominal GSYH'den fiyat değişimlerinin arındırılmasıyla bulunmaktadır (Callen, 2008: 48-49).

$$reel\ GSYH = \sum_{i=1}^{n} P_{it} * Q_{it} \qquad (1.3)$$

Eşitlik 1.3'de reel GSYH'nin nasıl hesaplanabileceği görülmektedir. Bir dönemde üretilen mal ve hizmetlerin toplam miktarını ifade eden $Q$ ve baz olarak alınan bir yılın fiyatlarını gösteren $P$ terimleri çarpılarak veri yılın reel GSYH'si hesaplanmaktadır.

Ülkelerin ekonomik performanslarını ölçmede kullanılan GSYH'nin hesaplanabilmesi için üretim, gelir ve harcamalar olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler şu şekildedir (Berber ve Bocutoğlu, 2016: 18-21):

i. **Üretim Yöntemi:** GSYH üretim yöntemi ile hesaplanırken bir ekonomide belirli bir dönemde üretilen nihai mal ve hizmetler dikkate alınır, ancak nihai malların üretilmesinde kullanılan ara mallar hesaplama dışında bırakılır. Bu hesaplama yönteminde sektörler tarım, sanayi ve hizmetler olarak üç ana başlıkta ele alınmakta ve alt hesaplarıyla birlikte hesaplamaya katılmaktadırlar.
ii. **Gelir Yöntemi:** GSYH gelir yöntemi ile hesaplanırken bir ekonomide belirli bir dönemde üretime katılan aktörlerin elde etmiş oldukları rant, faiz, ücret ve kâr gibi çeşitli gelirlerin toplanmasıyla bulunur. Gelir yöntemi ile elde edilen GSYH değeri, aynı zamanda üretilen nihai mal ve hizmetlerin katma değerine eşit olacaktır.
iii. **Harcamalar Yöntemi:** GSYH harcamalar yöntemi ile hesaplanırken, bir ekonomide belirli bir dönemde üretimi gerçekleştiren üretim faktörlerinin elde ettikleri geliri harcaması dikkate alınmaktadır. Harcamalar yöntemi ile yapılan hesaplamada, hane halkının ilgili dönemde yaptığı tasarrufların gayrisafi yatırım harcamasına dönüştürüldüğü varsayılmaktadır.

## 1.8. EKONOMİK BÜYÜME TEORİLERİ

İktisatçılar iktisat biliminin ortaya çıkmaya başladığından bu yana ekonomik büyüme konusu ile yakından ilgilenmiş ve bu konuda çeşitli teoriler üretmişlerdir. Klasik iktisadın doğuşundan önce Fizyokratların düşünceleri yaygınken, klasik iktisatla birlikte yeni görüşler ve büyüme teorileri ortaya çıkmıştır. 18. ve 19. yüzyıllarda Adam Smith, David Ricardo, Thomas R. Malthus gibi iktisatçılar ekonomik büyüme üzerine çalışmalar yapmıştır. 1800'lü yıllarda, klasik iktisat görüşünden farklı olarak Karl Marx kendi teorisini yayınlamıştır. Daha sonraki

yıllarda Joseph A. Schupeter ve John Maynard Keynes gibi iktisatçılar büyüme ile ilgili düşüncelerini ortaya koymuşlardır. Keynes'in ekonomiyle ilgili görüşleri bir devrim niteliğinde olmuş ve kendisinden sonra gelen iktisatçıları etkilemiştir. Harrod ve Domar, Keynes'in büyüme ile ilgili görüşlerini geliştirerek birbirine benzer çalışmalar gerçekleştirmiştir. İlerleyen yıllarda büyüme teorileri arasına neoklasik büyüme modeli ve içsel büyüme modelleri eklenmiştir.

### 1.8.1. Geleneksel Büyüme Teorileri

Geleneksel büyüme teorileri Adam Smith, David Ricardo ve Thomas Malthus, Karl Marx, Joseph A. Schupeter ve John Maynard Keynes'in büyüme üzerine görüşlerinden (veya teorilerinden) oluşmaktadır.

#### 1.8.1.1. Adam Smith'in Büyüme Teorisi

Adam Smith iktisat biliminin kurucusu olarak bilinmekte ve 1776 yılında yazdığı "Milletlerin Zenginliği" kitabı ile iktisadi büyüme ve çeşitli konularla ilgili düşüncelerini aktarmıştır. Smith ekonomik büyüme üzerine düşüncelerini aktarırken sermaye birikimi, uzmanlaşma ve iş bölümü gibi çeşitli kavramlar kullanmıştır

Smith toplumun yaptığı işlere (üretim) bakıldığında iş bölümünün etkisinin kolayca anlaşılabileceğini ve emeğin etkili kullanımının, el yatkınlığının, ustalığın iş bölümünden kaynaklandığını ifade etmiştir. İş bölümünü açıklarken iğne üretimi örneğini kullanmıştır. Smith'e göre iğne üretmek için yetiştirilmemiş bir insan aletleri nasıl kullanacağını bilemediği için iğne üretmekte zorlanacak ve belki de çok az ürün üretebilecektir. Ancak üretim süreci bölümlere ayrılmış ve iğne üretiminin her aşamasında ustalaşmış insanların olduğu bir fabrikada (veya atölye) çok daha fazla iğne üretilebilecektir. Smith kitabında, iğne üretiminin kabaca 18 bölümden oluştuğunu, ancak gözlemlediği küçük bir fabrikada çalışan 10 kadar işçinin bile bir günde 48 binden fazla iğne üretebildiğini belirtmektedir. Smith'e göre iş bölümü sonrası gerçekleşen üretim artışının üç nedeni bulunmaktadır. İlk olarak her işçi aynı işi sürekli yaparak el becerisini geliştirmekte ve yaptığı işte hızını artırmakta, ikinci olarak, bir işten başka bir işe geçilirken kaybedilen zamandan tasarruf edilmesi ve son olarak da işin yapılmasını hızlandıran makinelerin icat edilmiş olmasıdır (Smith, 2006: 5-9; Smith, 2007: 9-10).

Smith'e göre uzmanlaşma aynı işin tekrar tekrar yapılması sonucu elde edilen beceridir. Bu durum ekonomik büyüme açısından oldukça önemlidir, çünkü üretim sürecinin hızlanmasına katkı sağlamaktadır. İş bölümü ve uzmanlaşmayla birlikte emeğin verimliliğinin artması aynı zamanda sermaye birikimini hızlandırmakta ve bu durum piyasa genişliğini ve ekonomik büyümeyi etkilemektedir. Piyasa genişlemesiyle birlikte iş bölümü ve uzmanlaşma artacak ve beraberinde üretkenlik artışı yaşanacaktır (Ünsal, 2016: 39-43).

#### 1.8.1.2. Thomas R. Malthus'un Büyüme Teorisi

Thomas R. Malthus 18. yüzyılın sonunda "An Essay on the Principle of Population" başlıklı eserini yayınlamıştır. Bu eserde Malthus büyüme, nüfus ve ekonomik hasıla konularını irdeleyerek aralarındaki ilişkiyi aktarmaya çalışmıştır. Nüfus ve nüfusun beslenmesi üzerine bazı öngörülerde bulunmuştur. Malthus eserinde, bir toplumda nüfus artış hızı sınırlandırılmazsa artış hızının geometrik olarak 1, 2, 4, 8, 16, 32… biçiminde artacağını, ancak nüfusu beslemek için gerekli olan gıda maddelerinin üretimi geometrik olarak değil aritmetik olarak 1, 2, 3, 4, 5, 6… biçiminde artacağından bahsetmiştir. Bu noktada Malthus toprak verimliliği ile nüfus yapısı arasında bir uyuşmazlığı vurgulamıştır. Malthus 25 yıllık dönemler halinde nüfus ve gıda maddeleri arasındaki ilişkiyi şu şekilde açıklamaya çalışmıştır (Günsoy, 2013: 58-59): Malthus, dünya nüfusunun 1 milyar olduğunu varsaymış ve nüfus artış hızı geometrik olarak 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 vb. nüfusu besleyecek maddelerin ise 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 vb. biçiminde artacağını ve zamanla aradaki farkın hesaplanamayacak duruma geleceğini ifade etmiştir. Ayrıca ülkelerin nasıl geçineceğini belirlemeden nüfus artış politikası izlediğini ve bu ülkelerde insan sayısının arttığını söyler. Malthus bu konuda şu örneği vererek, 7 milyon insana yetecek yiyeceği olan bir ülkenin, elindeki yiyeceği (gıda maddeleri) öncelikle 7,5 – 8 milyon insana paylaştırması gerektiğini söylemektedir. Malthus örneğini "yoksul insanlar daha kötü yaşamalı ve daha ciddi sıkıntılar içine girmeli" diyerek devam ettirmekte. Malthus böyle bir durumda piyasadaki işçi sayısının iş sayısından fazla olacağını ve işçilik ücretlerinin (geçimlik ücret) düşeceğini, sonuç olarak da para kazanmak isteyen işçilerin eskiye oranla daha fazla çalışmak isteyeceğini ya da zorunda kalacağını söylemektedir. Bu durum toprağın daha verimli kullanılması ve artan bir sanayi üretimini sağlayacaktır (Malthus, 1998: 6-10).

Malthus'a göre tarımsal üretim alanlarının (toprağın) bir sınırı vardır ve tarımsal üretim azalan verimler kanununa, yani üretim arttıkça toplam üretimin artması, ancak verimin azalması esasına dayanmakta, ayrıca gelir artışının nüfus artış hızı üzerinde olumlu etkisi bulunaktadır. Malthus'un büyüme teorisi, teknoloji yokken bir ülkede yaşayan insanların iyi beslendiği dönemde nüfusun artacağı, toprağa bağlı olan tarımsal üretimin azalan verimlere tabi olduğu için artan nüfusu beleyemeyecek duruma gelmesi ve en sonunda hem ücretlerin hem de nüfusun azalarak bir dengelenme yaşanacağını ifade etmektedir (Günsoy, 2013: 59-60).

Malthus, "nüfusun aşırı-üstün gücünün, yoksulluk ve mutsuzluk üretmeden kontrol edilemeyeceğini, insan hayatının acı bileşenlerini ve onların sürekliliğini sağlayan fiziksel nedenlerin ikna edici bir haklılığa dayandığını" ifade etmektedir (Malthus, 1998: 11).

#### 1.8.1.3. David Ricardo'nun Büyüme Teorisi

David Ricardo (1817) "On The Principles Of Political Economy And Taxation" adlı eserinde ekonomiyle ilgili çeşitli konulara değinmiştir. Bu konular arasında ekonomik büyüme de yer almaktadır. Ricardo eserinde ekonomik büyümeyi açıklarken azalan verimler yasası, kâr, rant, ücretler ve fonksiyonel gelir dağılımı gibi çeşitli konuları açıklamıştır.

Ricardo emeğin piyasa fiyatının arz ve talep tarafından belirlendiğini söylemekte, emeğin doğal fiyatını ise çalışanların kendilerini ve ailelerini beslemeye yetecek, ancak çoğalmalarına ya da azalmalarına olanak sağlamayacak, sadece hayatlarını sürdürebilecekleri fiyat olarak açıklamaktadır. Dolayısıyla piyasada insanların ihtiyaç duyduğu temel ürünlerin fiyatları arttığında emeğin piyasa fiyatı da artmış olacaktır (Ricardo, 2001: 58).

Ricardo İngiltere ekonomisini incelemiş ve uzun vadede İngiltere ekonomisinin yüzleştiği en önemli sorunların organizasyon ve verimlilik olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca tarım ve sanayi sektörlerinde üretken bir büyümenin çok farklı oranlarda gerçekleştiği ve artan bir nüfusla birlikte ekonomik büyümenin nasıl yeniden organize edilebileceğini sorgulamıştır. Bu konuyla bağlantılı olarak Ricardo, "bir ülkenin sahip olduğu kaynaklar, kurumlar ve teknoloji ile uyumlu olarak ulaşabileceği ekonomik büyüme oranı nedir?" sorusunu sormuştur (Letiche, 1960: 20).

Ricardo büyüme teorisini oluştururken bazı varsayımlarda bulunmuştur. Bu varsayımlar, "ekonominin tam istihdamda olduğu, piyasada tam rekabet koşullarının geçerli olduğu, sanayi sektöründe gelişme hızının yüksek ve bu nedenle emek faktörü için artan verimlerin geçerli olduğu, üretim fonksiyonun sermaye, toprak ve emek faktörlerinden oluştuğu, piyasada ücretlerin kısa dönemde emek arz-talep miktarına göre belirlendiği ve uzun dönemde ücretlerin belirli bir düzeyde değişmeden kaldığını, üretim faaliyetleri sonucu elde edilen gelirin emek sahipleri, toprak sahipleri ve girişimci veya sermaye sahipleri arasında paylaşıldığını ve toprağın azalan verimler yasasına tabi olmasından dolayı toprak sahiplerinin topraktan elde edeceği rant gelirinin verimliliğe göre değişeceği" şeklinde sıralanmaktadır (Günsoy, 2013: 63).

Ricardo'ya göre, ekonomik faaliyetleri gerçekleştiren üç farklı toplumsal grup söz konusudur. Bu gruplar; emeği karşılığında ücret alan işçiler, topraklarını kiralayarak rant geliri elde eden toprak sahipleri ve bu iki üretim faktörünü bir araya getirerek kâr elde eden kapitalistlerdir. Kapitalistlerin ekonomik faaliyetleri yönlendirmede öncü bir rolü bulunmaktadır. Ricardo büyüme modelinde buğday üretiminin artması sonucu topraktan elde edilen rant geliri buğday cinsinden artmış olacaktır. Artan buğday üretimi ile birlikte daha fazla işçiye ihtiyaç duyulacak, ancak her ilave işçinin verimi öncekilere oranla daha az olacaktır. Artan emek talebi asgari geçimlik ücretin buğday cinsinden artmasına yol açacaktır. Bu durumda toprak sahiplerinin rant geliri ile işçilerin ücret geliri artacak, kapitalistlerin ise kâr miktarı azalacaktır. Kapitalistlerin kâr miktarındaki azalma toplam kâr sıfır oluncaya kadar devam edecek, daha sonra ise sermaye birikimi olmayan kapitalistler daha fazla toprak ve emek talep edemeyerek ekonomik büyümenin "durağan duruma" geçmesine neden olacaklardır (Ünsal, 2016: 64).

#### 1.8.1.4. Karl Marx'ın Büyüme Teorisi

Karl Marx 1867 yılında "Das Kapital" isimli eserinin ilk cildini yayınlamış ve bu eserinde Ricardo ve Hegel'in düşüncelerinden faydalanarak "kapitalist ekonomik kalkınma teorisi'ni açıklamıştır (Çiftçi, 2015: 15).

Marx'ın büyüme teorisini anlayabilmek için "emek değer teorisi", "artı değer teorisi" ve "kâr teorisi" kavramlarının incelenmesi gerekmektedir.

i. **Emek Değer Teorisi:** Bir malın değişim değeri o malı üretmek için gerekli olan emek miktarı tarafından belirlenir. Buradaki emek sözcüğü ile ifade edilmek istenen şey sadece üretim için harcanan zaman miktarı değil aynı zamanda zihinsel ve fiziksel yeteneklerin tamamıdır. Ayrıca bir malın üretiminde kullanılan makinelerin yapımı, ham maddenin temini gibi işler için harcanan zaman da malın değerini belirlemektedir. Marx'a göre ortaya çıkan teknolojik yenilikler emek verimliliğini doğrudan artırmıştır. Emek verimliliğinin artması, bir malın üretiminde kullanılan emek miktarının azalması ve böylece üretilen malın fiyatının ucuzlaması anlamına gelmektedir (Günsoy, 2013: 67; Munro, 2008: 3-4).

ii. **Artı Değer Teorisi:** Kapitalist sistemde işçilere çalıştırıldıkları sürenin (saat) tamamı için ödeme yapılmaz, aldıkları ücretin karşılığından daha fazla çalıştırılırlar. İşçilerin fazla çalıştığı süreler "artı değer" ($s$) olarak adlandırılır ve kapitalistlerin sermaye birikimini oluşturur. Marx'a göre işçi tek başına üretken bir iş yapmasına karşın kapitalistler onu artı değer yaratmanın (sermaye biriktirmenin) bir aracı olmaya indirgemiştir. Kapitalistler "yedek sanayi ordusuna" güvenerek işçiyi daha fazla çalışmaya zorlamıştır, çünkü yedek sanayi ordusu iş arayan ancak yetersiz emek talebinden dolayı iş bulamayan insanlardan oluşmaktaydı. Son olarak Marx emek ve artı değer konusunda Adam Smith'in bir sözünü aktararak, sermayenin sadece emek üzerinde değil aynı zamanda karşılığı ödenmemiş emek üzerinde de egemen olduğunu vurgulamaktadır (Gough, 1972: 50; Marx, 2003: 457).

iii. **Kâr Teorisi: "**Kâr teorisini" anlamak için Marx'a ait bazı kavramların açıklaması gerekmektedir. Marx sermayeyi "değişen sermaye" ($v$) ve "değişmeyen sermaye" ($c$) olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Değişmeyen sermaye kullanılan alet, makine vb. üretim araçlarından oluşurken, değişen sermaye ise işçilere ödenen toplam ücretlerden oluşmaktadır. Açıklanması gereken diğer kavramlar ise "kâr oranı", "artı değer oranı" ve "sermayenin organik bileşimi"dir. Artı değer oranı ($s'$) üretim sürecinde üretilen ve kapitalistlere sermaye olarak aktarılan artı değer ile değişen sermayenin ilişkisini göstermekte ve $s' = s/v$ biçiminde ifade edilmektedir. Sermayenin organik bileşimi ($q$) ise üretimde kullanılan değişen sermaye ve değişmeyen sermaye arasındaki ilişkiyi göstermekte ve $q = c/(c + v)$ biçiminde ifade

edilmektedir. Eşitliğin sonucu değişmeyen sermayenin toplam sermaye içindeki payını vermektedir. Toplam sermaye aynıyken $c$'nin büyümesi $v$'nin küçülmesine neden olur. Değişmeyen sermaye yatırımı arttıkça değişen sermayenin payı azalacaktır. Yeni makine, teçhizat vb. şeyler üretime katıldıkça emek gücüne duyulan ihtiyaç azalacaktır. Toplam sermaye artarken değişmeyen sermaye değişen sermayeden daha fazla artarsa sermayenin organik bileşim oranı artar, tersi durumda ise azalır. Marx'a göre kâr oranı ($p$), üretim sürecinde üretilen artı değerin toplam sermayeye oranıdır. Kâr oranı; $p = s/(c + v)$ biçiminde ifade edilmektedir (Selik, 1982: 69-71).

Marx büyüme teorisinde gelir kâr ve rant olarak ayrılmamakta, sadece kâr olarak ifade edilmektedir. Ücretleri belirleyen şey ise işsizlerden oluşan yedek sanayi ordusudur. Kapitalistlerin sermaye biriktirmesi aralarındaki rekabetten kaynaklanmakta ve rekabet devam ettirilmek isteniyorsa sürekli yeni yatırımlar yapılmakta, ancak tüm kapitalist kesim aynı şekilde davrandığında değişmeyen sermaye oranı artmakta, dolayısıyla sermayenin organik bileşimi de artmaktadır. Bu durumun devam etmesi kapitalistlerin kâr oranlarının azalmasına neden olacaktır. Azalan kâr oranları ve artan rekabet sonucu sermaye tekelleşmeye başlayarak büyük üreticilerin egemenliğine geçecektir. Bu durum küçük kapitalistlerin ve orta sınıfların piyasadan çekilmesine-iflasına yol açacaktır. Artan işsizlik yedek sanayi ordusunu artıracak, diğer yandan değişmeyen sermaye yatırımları verimliliği artırarak emek talebinin azalmasına neden olacaktır. Emek talebinin azalması ücretlerin azalmasına yol açacaktır. Marx'a göre emek talebinin azalması ve işsizliğin artmasıyla birlikte uzun dönemde talep yetersizliği ortaya çıkacak ve bu durumun yarattığı sorunlar kapitalist sistemin sonunu hazırlayacaktır (Günsoy, 2013: 69-70).

#### 1.8.1.5. Joseph A. Schumpeter'in İktisadi Büyüme Üzerine Görüşleri

Joseph A. Schumpeter iktisadi büyümeyi yeni bir malın üretilmesi, yeni bir hammaddenin bulunması, yeni üretim yöntemleri, piyasa ve organizasyon biçimlerinin ortaya çıkması olarak ifade etmektedir (Schumpeter, 1934: 65-66)

Schumpeter'in iktisadi büyüme modeli "yenilikler ve büyüme" ile "girişimciler ve büyüme" kavramları kullanılarak aktarılacaktır.

i. **Yenilikler ve Büyüme:** Schumpeter yenilik ile icat kavramlarının aynı anlama gelmediğini söylemektedir. Bir şeyin icat edilmesi yeterli olmamakta, aynı zamanda o icadın bir yeniliğe dönüştürülmesi gerekmektedir. Yeniliğe dönüşmeyen bir icadın ekonomi açısından bir önemi olmadığını söyleyen Schumpeter, yenilik yaratanların ekonomik gelişmede öncü bir role sahip olduğunu vurgulamaktadır (Demir, 1996: 162).

Schumpeter bir ekonomide ne tür yenilikler olduğunu şöyle açıklamaktadır (Schumpeter, 1949: 66):

1) Yeni bir ürünün piyasaya çıkması veya bir ürünün faklı (yeni) kalitede sunulması.
2) Üretimde henüz denenmemiş yeni bir yöntemin uygulanması.
3) Daha önce var olup olmadığına bakmaksızın yeni bir piyasanın açılması.
4) Yeni bir hammadde veya yarı mamul madde kaynaklarının bulunması.
5) Bir tekel oluşturulması veya yıkılması gibi herhangi bir sektörün yeniden düzenlenmesi.

Schumpeter'e göre yenilikler ekonomide bazı çevrimler oluşturmaktadır. Bu çevrimler (Clemence ve Doody, 1950: 18-19):

1) Farklı yeniliklerin tanınması için farklı süreler gerekmektedir. Bazı yenilikler yeni tesis ve teçhizatın oluşturulması gibi uzun süren işler gerektirirken, nispeten bazı yenilikler için daha azı yeterli olmaktadır. Ayrıca hem yeniliklerin kabul görmesi hem de ekonomi üzerindeki etkilerinin tam olarak fark edilebilmesi için belirli bir süre gereklidir. Daha temel yenilikler ise çok daha hızlı başarıya ulaşacaktır.
2) Bazı yenilikler aynı türden çevrimler üretebilir. Başarılı bir dizi çevrimin birbirinden bağımsız olduğunu düşünmek için bir neden yoktur ve belli bir yenilik başarılı olduğu zaman, sonraki yenilikler öncekilerle aynı veya yakında ilişkili olarak gerçekleşmektedir.
3) Bazı yenilikler birbirlerine bağımlıyken, aynı zamanda daha büyük bir sürecin de birer parçasını oluştururlar. Örneğin sanayi devrimi birbiri üzerine etki eden bir dizi çevrimden oluşmaktaydı.

Yeniliklerin ortaya çıkardığı çevrimler, yukarıda bahsedilen bu üç nedenden ötürü basit bir ardışık dalgalanma dizisine değil, belirsiz sayıda eşzamanlı olarak ortaya çıkan çevrimlerin varlığına işaret etmektedir.

Schumpeter'e göre girişimciler yeni bir mal üretir veya var olan bir ürünü yeni bir biçimde sunar ve bu şekilde geçici tekellerin oluşmasını sağlar. Kâr amacı ile hareket edilen piyasada, tekellerin elde etmiş olduğu yüksek kârlar yeni girişimcilerin piyasaya girmesine neden olur. Geçici tekel gücü elde eden firmalar, yeni ürünler üreterek veya eski ürünleri yeni bir biçimde sunarak piyasadaki eski ürünlerin ve onları üreten firmaların yok olmasına ve üretim sürecinin değişmesine neden olurlar. Schumpeter tüm bu süreci "yaratıcı yıkım" olarak adlandırmaktadır (Demir, 1996: 165; Schumpeter, 2003: 83).

ii. **Girişimciler ve Büyüme:** Schumpeter girişimcileri, kapitalist sistem içerisinde yenilikleri uygulayan ve bu şekilde kapitalizmin dinamik olmasını sağlayan kişiler olarak tanımlamaktadır. Schumpeter'e göre kapitalizmin dinamik yapısını risk almaktan hoşlanmayan kapitalistler değil girişimciler sağlamaktadır. Dolayısıyla girişimcilerin kapitalistler, idareciler ve mucitlerden ayrı düşünülmesi gerekmektedir. Kapitalistler firmalara sermaye sağlarken, idareciler de firmaların işleyişini sürdürürler. Mucitler yenilikleri yaratan kişiler olmalarına karşın onlarda girişimcilerden ayrılmaktadır. Schumpeter'e göre girişimciler kapitalistler, idareciler ve mucitlerden farklıdır, ancak bir kimse hem kapitalist hem de girişimci olabilir ve aynı zamanda idareci de olabilir (Ünsal, 2016: 73-74).

Schumpeter'e göre bir girişimciyi harekete geçiren motivasyon kaynağı sadece kâr etme isteği değildir. Girişimcilerin mücadele etmek, kendilerini başkalarından farklı-üstün görmek ve fethetmek gibi çeşitli arzuları bulunmaktadır. Girişimciler kendilerine ait bir krallık kurmak ve bunu büyütmek istemektedirler. Schumpeter girişimcilerin yaratma arzusuna sahip olduklarını, bir başka ifadeyle, kendi zekâsını deneme arzusuna sahip olduklarını söylemektedir. Girişimcilerin yenilikleri uygulayabilmesi için iki önemli konu vardır. Birincisi yeniliklerin ortaya çıkmasını sağlayan teknik bilginin olması ve ikincisi de yeniliklerin uygulanabilmesi için gerekli olan kredilerin bulunmasıdır. Schumpeter'e göre yenilikleri ortaya çıkaracak teknik bilginin ve icatların önünde herhangi bir engel bulunmamaktadır. Ancak girişimciler

uygulanan eski üretim biçimlerini dönüştürmek için krediye ihtiyaç duyarlar ve bu desteği alamazlarsa yenilikleri uygulamakta zorlanırlar. Schumpeter girişimci ve teknolojiyi farklı iki üretim faktörü olarak düşünmez, girişimcinin teknolojik gelişmeyi sağlamada etkili olduğunu vurgular. Bu durumda Schumpeter'in büyüme teorisinde, teknoloji ve yeniliğin içsel bir değişken olarak kabul edildiği anlaşılmaktadır (Günsoy, 2013: 72-73).

#### 1.8.1.6. John Maynard Keynes Büyüme Üzerine Görüşleri

John Maynard Keynes 1929 ekonomik krizini incelemiş ve gelişmiş ülkelerin yaşadığı büyük durgunluğa klasik ekonomi teorisinin çözüm getiremeyeceğini savunmuştur. Keynes klasik iktisatta var olan tam istihdam görüşüne karşı çıkmış ve gelişmiş ekonomilerin durgunluk sürecinden çıkabilmeleri için talebin artırılması gerektiğini savunmuştur. Keynes'e göre artan talep eldeki stokların erimesini sağlayacak, stokların erimesiyle yatırımların artması sağlanacak ve böylece ekonomi eksik istihdam durumundan tam istihdam durumuna geçecektir. Yatırım talebi sermayenin marjinal verimliliği ve faiz oranı tarafından belirlenirken, tüketim talebi milli gelir ve tüketim eğilimi tarafından belirlenmektedir (Yardımcı, 2006: 19).

Keynes ekonomilerde gelir ve istihdamı belirleyen unsurların arzla ilgili değil taleple ilgili faktörler olduğunu söylemektedir. Efektif talep, tüketim ve yatırım harcamalarından oluşmakta ve milli geliri belirlemektedir. Keynes'e göre ekonomik büyümeyi belirleyen şey de efektif talep olmaktadır. Tüketim ve yatırım talebi birbirlerinde farklıdırlar ve bu nedenle her zaman tam istihdamın sağlanamayacağı anlaşılmaktadır. Ekonomide tüketim harcamaları istikrarlı seyrederken yatırım harcamaları çoğunlukla istikrarsız bir seyir izlemektedir. Keynes'in talep ve istihdam temelli analizleri ekonomik büyümeyi açıklama noktasında önemli katkılar sağlamıştır.

### 1.8.2. Modern Büyüme Teorileri

Harrod ve Domar'ın birbirlerinden bağımsız olarak geliştirdikleri teori varsayımlar ve sonuçlar yönünden benzer olması nedeni ile literatürde Harrod-Domar büyüme teorisi olarak yer almaktadır. Harrod teorisini 1930'lu ve Domar ise 1940'lı yıllarda sanayileşmiş ülkelerin içinde bulunduğu derin depresyon ve işsizliğin yüksek olduğu bir dönemde hazırlamışlardır. Harrod-Domar büyüme teorilerini geliştirirken

Keynes'in piyasaların tam istihdamı sağlayamamasının nedenlerini incelediği ünlü eserinden faydalanmışlardır (Greiner, 2009: 49).

Klasik iktisatta "Say yasası"na dayanan her arz kendi talebini yaratır görüşü baskındı. Bu görüş özellikle faktör piyasalarının verimli çalışması ve talebin arza eşit olduğu bir denge düzeyinde fiyatların hızlı bir şekilde ayarlanacağı varsayımlarına dayanıyordu. Keynes ise bu sürecin sürtünmesiz bir işleyişe sahip olmadığını ve bir ekonomide faktörlerin eksik istihdam edilmesinin tam istihdam durumundan daha olası olduğunu söyledi. Keynes yatırımların sermaye birikimine olan etkisine değinmedi ve kısa dönemli statik bir çalışma sundu. Harrod-Domar büyüme modeli yatırımların toplam talep ve üretim kapasitesi üzerindeki etkilerini dikkate alarak, büyüyen bir ekonomide piyasa mekanizmasının kendiliğinden tam istihdamı sağlayıp sağlamayacağını araştırmıştır (Greiner, 2009: 49).

Bu çalışmada, iki iktisatçının modelleri benzer olduğu için sadece Harrod modeli incelenecektir.

Harrod modelinde tasarruflar ve yatırımlar olmak üzere iki temel kavram bulunmaktadır. Tasarruflar, bireyler ve kurumların gelirlerinin bir kısmından oluşmakta ve $S$ ile ifade edilmektedir. Ayrıca tasarruflar "dönem başı" ($Y_0$) tasarruflar ve "dönem sonu" ($Y_1$) tasarruflar olarak iki biçimde ifade edilmekte ve ikisinin toplamından oluşmaktadır. Tasarruflar sabit değildir, gelirin büyüklüğü (toplam gelir) ve kurumsal değişimler gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Yatırımlar ise sermaye stokuna yapılan ilavelerden oluşmaktadır ve gelir durumuna göre değişiklik göstermektedir. Gelir değişmeden kalıyorsa mevcut sermaye stoku da değişmeden kalır, yani yeni yatırımlara ihtiyaç duyulmaz. Gelir artışı söz konusuysa sermaye stokunun artması, yani yatırım harcamalarının artması gerekmektedir. Yatırımların ne kadar artması gerektiği ise "hızlandıran katsayısı"na bakılarak anlaşılabilir. $C$ olarak ifade edilen hızlandıran katsayısı üretimi arttırmak için gerekli olan sermaye miktarını göstermektedir. Harrod modelinde $C$ gelir seviyesindeki artış değerine göre değişmekle birlikte bu çalışmada sabit kabul edilmektedir (Harrod, 1939: 16; Günsoy, 2013: 86-87).

Harrod büyüme modelinde $s$ ifadesi marjinal tasarruf eğilimi, $Y$ ifadesi ise ekonominin toplam çıktı (veya gelir) düzeyi olarak düşünülürse Eşitlik 1.4'e ulaşılır:

$$sxY_0 = C(Y_1 - Y_0) \quad (1.4)$$

Harrod modelinde $G_w$ ifadesi "gerekli büyüme hızı"nı göstermektedir. Bu büyüme hızı tüm tarafları tatmin eden, aşırı veya eksik kapasitenin ortaya çıkmadığı ve ekonomik aktörler tarafından istenilen büyüme oranıdır. Eşitlik 1.4'ten yola çıkarak Eşitlik 1.5'e ulaşılır:

$$G_w = \frac{s}{C} \quad (1.5)$$

Harrod modeline ait diğer bir kavram "fiili büyüme hızı"dır ve $G$ ile ifade edilmektedir. Fiili büyüme hızı dönem sonunda üretimdeki artışı göstermektedir. Fiili büyüme hızı 1.6'da görülmektedir.

$$G = \frac{s}{C} \quad (1.6)$$

Eşitlik 1.6'da yer alan $s$ dönem sonu gerçekleşen tasarrufları ve $C$ hızlandıran katsayısını göstermektedir. Eşitlik 1.5 ve 1.6'daki $C$ ifadesi aynı olsa da hesaplanma açısından farklılıklar barındırmaktadır (Harrod, 1939: 18).

Gerekli ve fiili büyüme hızlarından yola çıkarak üç farklı sonuca ulaşılmaktadır. Eğer dönem sonu fiili büyüme hızı $G$, gerekli büyüme hızına $G_w$ eşit ise, yani dönem sonunda $G = G_w$ eşitliğine ulaşılıyorsa, önceki döneme göre bir miktar artışla birlikte, stokları az olanlarla fazla olanların dengelendiği ve ekonomide aktörler açısından tatmin edici bir sonuca ulaşıldığı anlamına gelmektedir. Bu durum Harrod modelinde denge durumu olarak adlandırılmakta, ayrıca dönem başı planlanan tasarruf ve yatırımların dönem sonunda gerçekleştiğini göstermektedir (Harrod, 1939: 23).

Dönem sonu ortaya çıkan gerekli ve fiili büyüme hızlarının yol açtığı bir diğer durum enflasyonist süreçtir. Eğer dönem sonu fiili büyüme dönem başında planlanandan daha büyükse, yani büyüme $G > G_w$ şeklinde gerçekleştiyse, dönem başında planlanan yatırımların dönem sonunda gerçekleşen yatırımlara yetmediği, ekonominin beklenenden fazla büyüdüğü, bu durumda ortaya çıkan yeni yatırım ihtiyacını karşılayacak sermayenin olmaması ve ekonominin işleyişinde toplam talebin toplam arzdan fazla olması sonucunu doğurmaktadır. Toplam talebin toplam arzı aştığı bir durum, üretim seviyesi ve istihdam seviyesinin artmasını sağlayacaktır. Bu süreç arz cephesinde sermaye arayışını körükleyecek, ancak üreticilerin bu davranışı sermaye bulma noktasında yeterli olmayacak ve sorunların artmasına neden

olacaktır. Harrod'a göre ekonomi bir kez dengeden uzaklaşırsa, dengesizlik katlanarak artmaya devam edecektir. Ekonomide yaşanan bu süreç kararsız denge (veya bıçak sırtı denge) olarak ifade edilmektedir (Harrod, 1939: 21; Günsoy, 2013: 89).

Büyüme hızlarının ortaya çıkardığı diğer bir durum durgunluk sürecidir. Eğer dönem sonu gerçekleşen büyüme dönem başında planlanandan daha küçükse, yani büyüme $G_w > G$ şeklinde gerçekleştiyse, gerekenden daha fazla sermaye malının olduğu bir durum ortaya çıkmıştır. Sermaye mallarının fazla olması, dönem başı planlanan yatırımlardan daha fazla yatırım yapıldığı ve aşırı kapasitenin ortay çıktığı anlamına gelmektedir. Arz ve talep arasındaki bu dengesizlik ekonomiyi durgunluğa itecek ve gelecek dönem yapılması planlanan yatırım kararlarını olumsuz etkileyecektir (Harrod, 1939: 22)

Harrod'ın büyüme ile ilgili ifade ettiği bir diğer kavram olan doğal büyüme oranı, ekonomide her zaman tam istihdam varsayımı ile birlikte nüfus artışı, sermaye birikimi, teknolojik gelişme ve çalışma saati/boş vakit tercihinin izin verdiği en yüksek (maksimum) büyüme oranıdır (Harrod, 1939: 30).

Harrod göre ekonomi doğal büyüme oranının izin verdiğinden daha hızlı gelişemez. Ayrıca gerekli büyüme oranı ile doğal büyüme oranı birbirine denk olma eğiliminde değildir. Eğer gerekli büyüme hızı doğal büyüme hızının üzerine çıkarsa, ekonomi kronik olarak depresyona girme eğiliminde olacaktır. Ekonominin içinde bulunduğu depresyon gerekli büyüme oranını aşağı çeker ve ortalama değeri doğal orana yaklaşır. Gerekli büyüme oranındaki bu düşüş, ancak kronik işsizliğin olmasıyla sağlanabilmektedir. Gerekli büyüme oranı depresyon tarafından aşağı çekilirken, fiyat ve kâr enflasyonu ile birlikte yönünü yukarı çevirebilir.

### 1.8.3. Neoklasik Büyüme Modeli

Robert Solow (1956) ekonomik büyümeyi açıklamak üzere "A Contribution to the Theory of Economic Growth" isimli makalesini yayınladı. Bu çalışma bazı kaynaklarda neoklasik büyüme modeli, Solow-Swan veya sadece Solow modeli olarak adlandırılmaktadır. Solow büyüme modeli bazı ülkeler zenginleşirken neden bazı ülkelerin fakirleştiğinin anlaşılmasını sağlayacaktır (Jones ve Vollrath, 2013: 20). Ayrıca Solow modeli karmaşık bir ekonominin basitleştirilmiş ve soyut bir biçimini göstermektedir (Acemoğlu, 2007: 38).

Solow büyüme modelinin temel kavramlarını açıklamadan önce varsayımları açıklanacaktır. Modelin varsayımları şu şekildedir (Solow, 1956: 66-69; Acemoğlu, 2007: 50; Jones ve Vollrath, 2013: 20):

1) Ekonomide tek bir homojen mal üretilmekte ve tüketilmektedir, ayrıca bu mal ülkenin GSYH'sini oluşturmaktadır. Bu varsayımın sonucunda modelde tek bir mal olduğu için uluslararası ticaretin olmadığı anlaşılmaktadır.
2) Modelde teknoloji dışsal olarak yer almakta ve başlangıçta teknolojik gelişmenin olmadığı varsayılmaktadır.
3) Ekonomi tam istihdam düzeyindedir.
4) İşgücü ($n$) Harrod modelindeki doğal büyüme oranıyla aynıdır ve sabit bir oranda büyümektedir.
5) Kapalı bir ekonomi varsayımından dolayı tasarruflar ve yatırımlar birbirine eşittir.

Solow modeli iki Eşitlik, bir üretim fonksiyonu ve bir sermaye birikim eşitliği çerçevesinde oluşturulmuştur. Modelde üretim fonksiyonu iş makinaları, işçiler ve ham madde gibi girdilerle nasıl çıktı üretildiğini açıklamaktadır. Üretim fonksiyonunu basitleştirmek amacıyla sermaye $K$, emek $L$ ve çıktı $Y$ olmak üzere üç bileşen kullanılmaktadır. Modelde kullanılan üretim fonksiyonu biçimi Cobb-Douglas fonksiyonudur. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu 1.7'de yer aldığı biçimde ifade edilmektedir (Jones ve Vollrath, 2013: 22).

$$Y = F(K, L) = K^{\alpha} L^{1-\alpha} \qquad (1.7)$$

Eşitlik 1.7'de $\alpha$ ifadesi 0 ile 1 arasında bir değer almakta, bu değer tüm girdiler iki katına çıkarıldığında çıktı miktarının da iki katına çıkacağını, "ölçeğe göre sabit getiri" (veya çıktı) olduğunu ifade etmektedir.

Neoklasik üretim fonksiyonun üç temel özelliği bulunmaktadır. Birincisi 1.7'de yer alan Eşitlik aracılığıyla açıklandığı üzere ölçeğe göre sabit getiridir. İkincisi sermaye ve emek miktarı sabitken, sermaye miktarının arttırılması çıktı miktarını artırmakta, ancak bu eklemeler makine sayısı arttıkça azalmaktadır. Üçüncüsü Inada koşulları olarak bilinir, sermaye veya emek 0'a giderken, sermaye veya emeğin marjinal ürününün sonsuza yaklaşmasıdır, diğer yandan, sermaye veya emek sonsuza giderken de sermaye veya emeğin marjinal ürününün 0'a yaklaşmasıdır. GSYH'deki

değişimlerden bir ülkenin büyüme performansının anlaşılması yanıltıcı sonuçlar taşıyabileceği için tüketim ve sermayenin kişi başına terimlerle ifade edilmesi gerekmektedir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu 1.8'deki gibi kişi başına ifade edilebilir (Barro ve Martin, 2004: 27-28).

$$y = f(k) \tag{1.8}$$

Kapalı bir ekonomide ulusal gelir 1.9'da yer aldığı biçimde ifade edilir. Y ifadesi elde edilen toplam çıktıyı, $C$ tüketim ve $I$ da yatırım harcamalarını göstermektedir. Ayrıca kapalı ekonomi varsayımı gereği tasarrufların yatırımlara eşit olduğu bilinmektedir. Eşitlik 1.9 işgücü başına ifade edildiğinde ortaya çıkan yeni Eşitlik 1.10'da görülmektedir (Acemoğlu, 2007: 47).

$$Y = C + I \tag{1.9}$$

$$y = c + i \tag{1.10}$$

"İşgücü başına tüketim" ve "işgücü başına çıktı" arasındaki ilişki 1.11'de yer almaktadır. Gelirin tasarruf edilen kısmı $s$ ile belirleniyordu, o halde tüketilen kısmı da $1 - s$ ile belirlenebilir:

$$c = (1 - s).y \tag{1.11}$$

Eşitlik 1.11'de y ifadesi parantez içine dağıtılarak Eşitlik 1.12'ye ulaşılır:

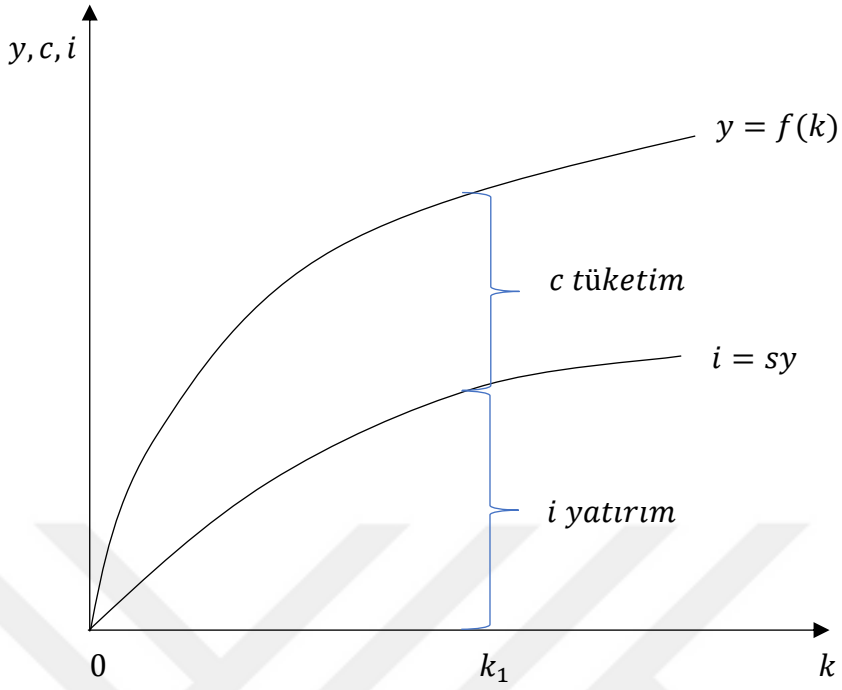
$$c = y - s.y \tag{1.12}$$

Eşitlik 1.8, Eşitlik 1.12'de yerine yazıldığında Eşitlik 1.13'e ulaşılır:

$$c = f(k) - s.y \tag{1.13}$$

Eşitlik 1.13'te işgücü başına tüketimin işgücü başına çıktı, "işgücü başına yatırım" (veya tasarruf) ve "işgücü başına sermaye"nin ilişkisi görülmektedir. Bu durum Şekil 1.8 yardımıyla daha iyi anlaşılabilir. Şekilde (1.8) $k_1$ sermaye stoku düzeyinde işgücü başına çıktının $y = f(k)$ , işgücü başına tüketim $c$ ve işgücü başına yatırım $i$ değerleri görülmektedir.

**Şekil-1.8:** İşgücü Başına Değerler




Ülkede yalnızca bir mal üretildiği ve bu malın ülkenin GSYH'sini oluşturduğu ifade edilmişti. Toplam gelirin ($Y$) bir kısmı harcanırken bir kısmı tasarrufa dönüştürülmektedir. Tasarruf oranı $s$ ile ifade edilmekte ve gelirin tüketilmeyen kısmını göstermektedir. Eşitlik 1.14'de yer alan I ifadesi "net sermaye yatırımı"nı göstermektedir (Solow, 1956: 66).

$$I = s.Y \tag{1.14}$$

Eşitlik 1.14'de $Y$ ve $I$ işgücü başına olarak ifade edildiğinde Eşitlik 1.15'e ulaşılmaktadır:

$$i = s.y \tag{1.15}$$

Solow modelinin temel eşitliği 1.16'da yer almaktadır:

$$\Delta k = s.f(k) - (n + \delta).k \tag{1.16}$$

Eşitlik 1.16'da $f(k)$ ifadesinin $y$ ifadesine eşit olduğunu Eşitlik 1.8'de görülmektedir. O halde $y$ ifadesi 1.16'da yerine konulduğunda Eşitlik 1.17'ye ulaşılır:

$$\Delta k = s.y - (n + \delta).k \tag{1.17}$$

Eşitlik 1.17'de yer alan $n$ ifadesi işgücüne yeni katılanları ve $\delta$ ifadesi de mevcut sermayedeki aşınma oranını göstermektedir. İşgücüne yeni katılanlar sermaye

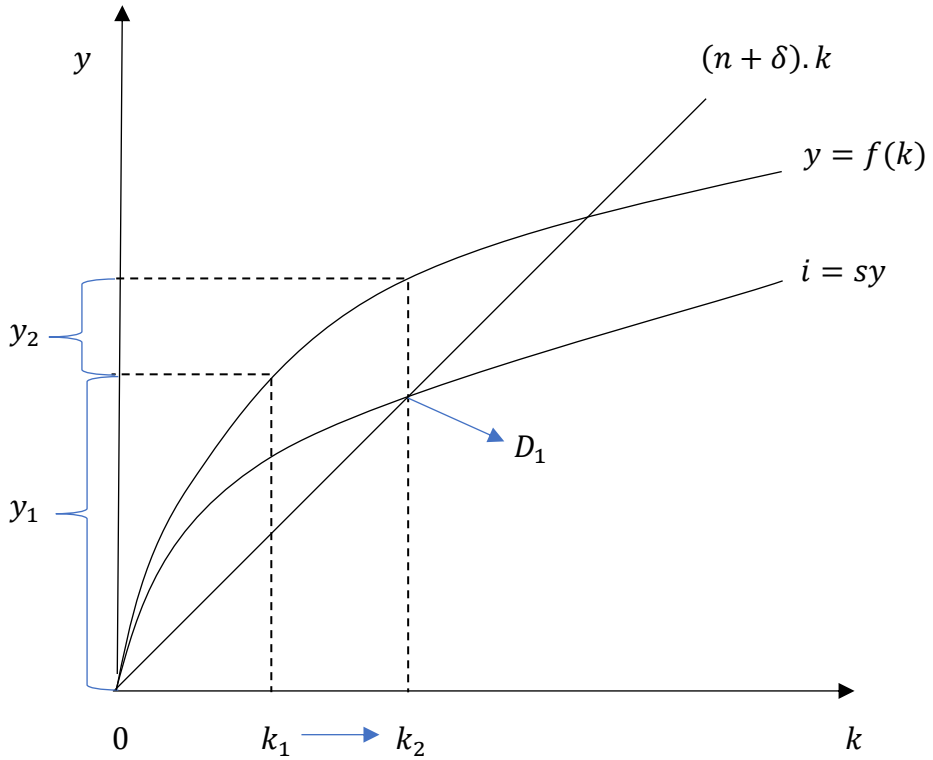
stoku arttırılmadığı sürece mevcut sermaye stokunu kullanacağı için işgücü başına sermayenin azalmasına neden olmaktadır. Aynı şekilde $\delta$ değeri de sermaye stokunun azalmasına neden olmaktadır. Diğer yandan $s.y$ ifadesi ise sermaye stokunu artırmaktadır (Taban, 2013: 111; Barro ve Martin, 2004: 23-25).

Solow modelinin 1.17'de yer alan temel eşitliğinde sermaye stoku artışının 0 olduğu kabul edilirse, yani $\Delta k = 0$ olursa, ekonominin "durağan durum dengesi"nde olduğu görülmektedir. Durağan durum; işgücü başına düşen sermaye miktarının ve işgücü başına çıktı miktarının değişmediği, ekonominin uzun dönem dengesi anlamına gelmektedir. İşgücüne yeni katılanlar ve sermayedeki aşınmadan dolayı işgücü başına sermaye miktarı azalabilir, ancak işgücü başına tasarruflar bu azalışı tam olarak karşılıyorsa, işgücü başına sermaye azalmaz, böylece ekonomi durağan durumda olmayı sürdürebilir. Ekonominin durağan durum eşitliği 1.18'de görülmektedir (Taban, 2013: 111):

$$s.y = (n + \delta).k \qquad (1.18)$$

Ekonominin durağan durum dengesi Şekil 1.9 yardımıyla açıklanacak (Acemoğlu, 2007: 56; Taban, 2013: 114; Barro ve Martin, 2004: 33-34):

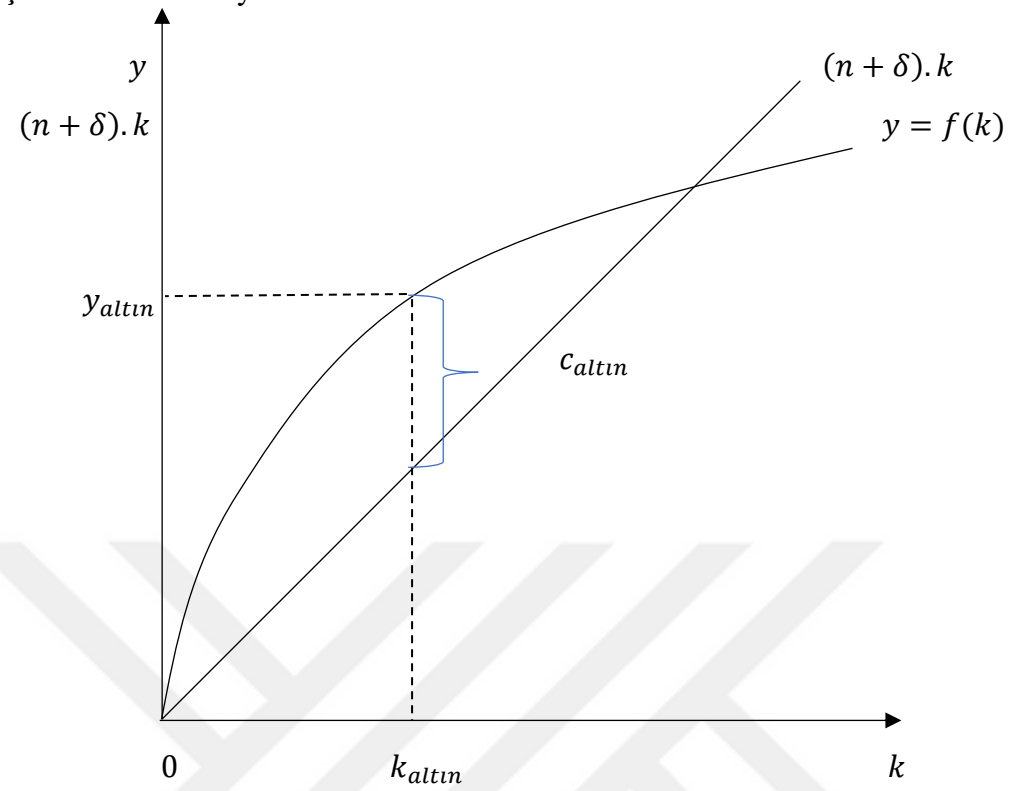
**Şekil-1.9:** Durağan Durum Dengesi



1) Ekonomi başlangıçta $k_1$ işgücü başına sermaye oranına sahiptir ve $y_1$ işgücü başına çıktı düzeyindedir.
2) $D_1$ noktası ekonominin durağan durum dengesini göstermekte ve bu noktada işgücü başına tasarruf ile işgücü başına sermaye birbirini dengeler durumdadır.
3) $D_1$ noktasının sol tarafında, $i = sy$ eğrisinin, $k_1$ işgücü başına sermaye düzeyinde, $(n + \delta).k$ doğrusunun üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum, $i = sy$ işgücü başına tasarrufların, işgücüne yeni katılanları sermaye ile donattığında ve sermayedeki aşınmayı karşıladığında bile ekonominin işgücü başına tasarruf fazlası olduğunu göstermektedir.
4) İşgücü başına tasarrufların fazla olması işgücü başına sermaye oranının artmasına neden olacak ve ekonomide işgücü başına sermaye oranı $k_1$'den $k_2$ düzeyine yükselecektir.
5) Ekonomideki bu gelişme işgücü başına tasarruf ve işgücü başına sermayenin eşitleneceği, yani ekonominin durağan durum dengesine ulaşacağı $D_1$ noktasına kadar sürecektir.

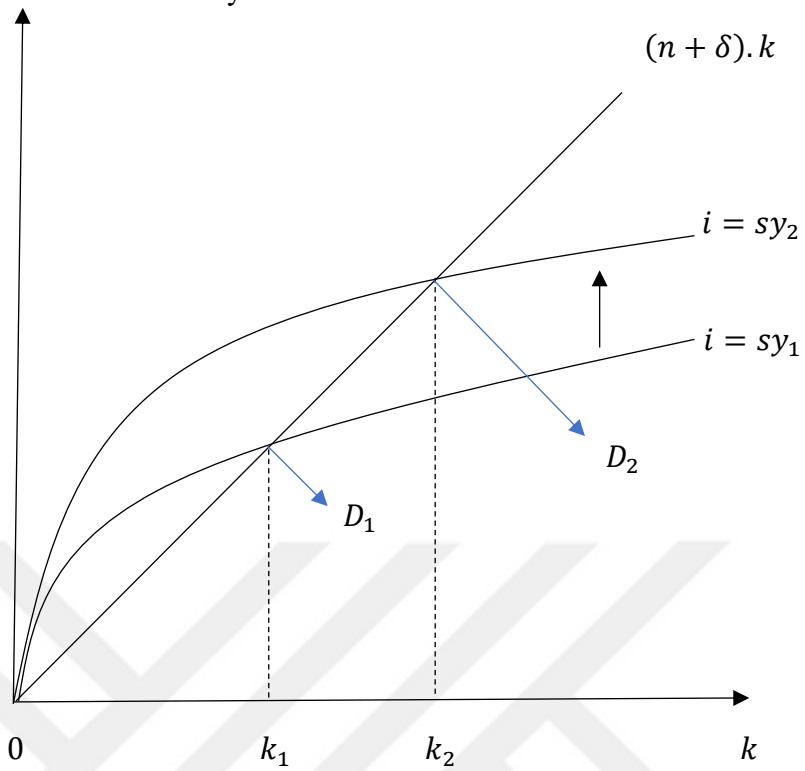
Solow modelinde bilinmesi gereken bir diğer kavram "sermaye birikiminin altın kuralı"dır. Tüketimi en çok (maksimum) yapan durağan durum düzeyine sermaye birikiminin altın düzeyi denir. Bir toplumda tüketimin en yüksek değere ulaşması hem politika yapanlar hem de hane halkı tarafından istenilen bir durumdur. Şekil 1.10'da görüldüğü üzere $(n + \delta).k$ işgücü başına gerekli yatırımı gösteren doğru ile $y = f(k)$ işgücü başına çıktıyı gösteren eğri arasındaki farkın maksimum olduğu tüketim düzeyi $k_{altın}$ sermaye birikiminin altın kuralı olarak ifade edilmektedir. Diğer yandan $y_{altın}$ işgücü başına çıktının altın kural düzeyini ve $c_{altın}$ da tüketimin altın kuralı düzeyini göstermektedir (Taban, 2013: 116; Barro ve Martin, 2004: 35).

**Şekil-1.10:** Sermaye Birikiminin Altın Kuralı



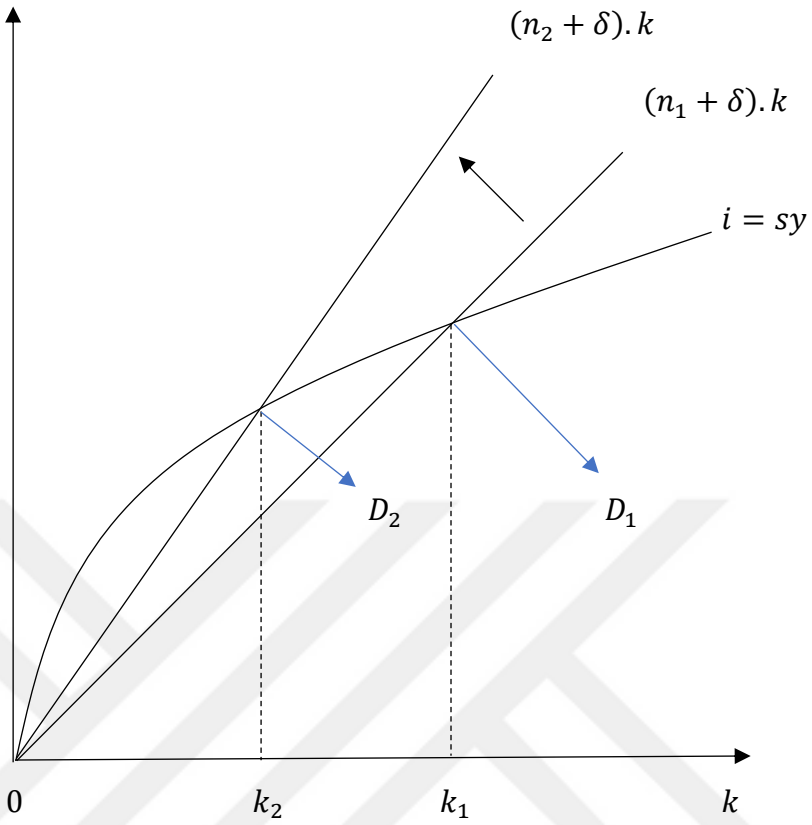

Solow modelinde büyümenin nasıl gerçekleştiğini anlamak için incelenmesi gereken kavramlardan biri de tasarruflardır. Hane halkı tasarruflarının yatırıma dönüştürülerek durağan durum düzeyinin değişmesi sağlanabilmektedir. Şekil 1.11'de görüldüğü üzere $k_1$ sermaye stokunda durağan durum dengesi $D_1$ noktasında iken tasarrufların $i = sy_1$ düzeyinden $i = sy_2$ düzeyine çıktığını varsayalım. Tasarruf fazlası zamanla yatırıma dönüştürülerek işgücü başına sermayeyi $k_1$ düzeyinden $k_2$ düzeyine çıkaracak, $k_2$ işgücü başına sermaye düzeyinde ekonominin yeni durağan durum dengesi $D_2$ düzeyi olarak gerçekleşecektir. Yatırımların (veya tasarrufların) büyüme üzerinde yol açtığı etki, ekonomik dengenin $D_1$durağan durum düzeyinden $D_2$ durağan durum düzeyine geçişinde açıkça görülmektedir. Daha yüksek bir işgücü başına sermaye oranının daha yüksek bir kişi başına çıktıyla ilişkili olduğunu ve önceki duruma göre artık daha zengin olunduğu bilinmektedir. Sonuç olarak tasarruflar durağan durum düzeyine kadar büyümeyi sağlarken, durağan durum düzeyine ulaştığında işgücü başına çıktıda bir değişme yaratmayacaktır (Jones ve Vollrath, 2013: 30-31).

**Şekil-1.11:** Tasarruflar ve Büyüme




Solow modelinde büyümeye etki eden bir diğer önemli unsur nüfus artışıdır. İşgücünün artması ve durağan durumun nasıl değiştiği Şekil 1.12 yardımıyla açıklanabilir. Ekonomi başlangıçta $D_1$ noktasında ve işgücü başına sermaye ile işgücü başına tasarrufun eşit olduğu, yani $sy = (n_1 + \delta).k$ durağan durumundadır. Herhangi bir nedenden dolayı nüfus-işgücü artışı olduğunu varsayalım. Nüfus artışı ülkenin kendi doğum hızıyla veya göç nedeniyle ilgili olabileceği gibi her ikisinden de kaynaklanabilir. $D_1$ denge düzeyinde ekonomideki işgücü miktarı $n_1$ kadardır ve yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı $n_2$ seviyesine yükselmektedir. Daha önce ekonomi $k_1$ işgücü başına sermaye oranına sahipken, nüfus artışıyla birlikte işgücü başına sermaye oranı azalarak $k_2$ noktasına gelecektir. Diğer bir ifadeyle ülkede işgücüne yeni katılanlar $D_1$ noktasındaki dengeyi sürdürebilecek kadar sermaye artışıyla desteklenmediği için işgücü başına düşen sermaye oranı azalacak ve ekonominin yeni dengesi $D_2$ noktası olacaktır. Ayrıca işgücü başına çıktıda da azalama görülecektir. $D_2$ noktasında işgücü başına sermaye ile işgücü başına tasarruf oranları birbirlerine eşittir, $sy = (n_2 + \delta).k$ ekonominin yeni dengesi sağlanmış olur (Jones ve Vollrath, 2013: 31-32).

**Şekil-1.12:** Nüfus ve Büyüme




Solow modelinin varsayımlarından bahsedilirken teknolojinin dışsal ve başlangıçta sabit olduğu belirtilmişti. Bu durum uzun dönemde kişi başına ifade edilen değişkenlerin sabit olması sonucunu doğuruyordu, ancak bu varsayım gerçekçi değildi ve bundan dolayı neoklasik iktisatçılar 1950 ve 1960'lı yıllarda temel modele teknoloji değişkeni eklediler. Teknolojinin modele eklenmesiyle birlikte uzun dönemde kişi başına değişkenlerde büyüme olanaklı hale geldi (Barro ve Martin, 2004: 51-52).

Teknoloji hem sermayenin hem de işgücünün verimliliğini artırarak daha büyük bir çıktı seviyesine ulaşılmasını sağlamaktadır. Ekonomik büyüme üzerine yapılan çalışmalarda çıktı miktarındaki artışlarının bir bölümünün sermaye artışı ve bir bölümünün de işgücü artışından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çıktı miktarındaki artışların, işgücü ve sermaye artışından kaynaklanmayan bölümünün teknolojik gelişmeden kaynaklandığı belirlenmiş ve çıktı miktarındaki büyümenin klasik üretim faktörleriyle (sermaye ve işgücü) açıklanamayan kısmı "Solow artığı" olarak ifade edilmiştir.

Cobb-Daugles üretim fonksiyonu kullanarak oluşturulan temel eşitliğe $A$ teknoloji değişkeni eklenerek teknolojinin büyüme üzerindeki etkisi incelenecektir. Eşitlik 1.7'ye teknoloji değişkeni eklendikten sonra Eşitlik 1.19 ulaşılmaktadır.

$$Y = F(K, L) = K^{\alpha}(AL)^{1-\alpha} \quad (1.19)$$

Teknoloji değişkeni Solow modeline eklendiğinde kişi başına terimlerle Eşitlik 1.20'ye ulaşılmaktadır.

$$\Delta k = s.y - (n + \delta + g).k \quad (1.20)$$

Eşitlik 1.20'de yer alan $g$ işgücünün etkinliğini sabit oranda arttıran dışsal teknolojik gelişmeyi ifade etmektedir. Teknoloji işgücünün etkinliğini sağlık, eğitim vb. unsurlarla arttırarak daha verimli olmasını sağlayan bir değişkendir. Böylece teknolojik gelişmeyle birlikte sermaye miktarı değişmese bile çıktı miktarı arttırılabilmektedir. Daha önce ifade edilen işgücü başına sermaye büyümesi ve işgücü başına çıktı büyümesi gibi kavramlar artık "etkin işgücü başına sermaye" ve "etkin işgücü başına çıktı" büyümesi biçiminde ifade edilmektedir. Dışsal teknolojik gelişmeyle birlikte ulaşılan durağan durumda, yine tasarrufları arttırarak büyüme sağlanamaz. Tasarruflar sadece durağan duruma ulaşana kadar büyüme sağlar, ancak durağan duruma ulaşıldıktan sonra büyüme üzerinde bir etki yaratmaz. Durağan durum düzeyinde tasarruflarda olduğu gibi etkin işgücü başına sermaye ve etkin işgücü başına çıktı büyüme oranı da 0'dır. Ancak işgücü başına sermaye ve işgücü başına çıktının büyüme oranı $g$ kadar, yani dışsal teknolojik gelişmenin izin verdiği ölçüde artar. Etkin işgücü başına sermaye ve etkin işgücü başına çıktının büyüme oranının 0 olması, durağan durum düzeyinde sermaye ve çıktının büyüme oranının da 0 olması anlamına gelmemektedir. Sermaye çıktı ve etkin işgücünün büyüme oranını $n + g$ kadar artmaktadır (Taban, 2013: 121-123).

Solow modelinin ortaya koyduğu bir başka kavram da "koşulsuz yakınsama" hipotezidir. Ekonomiler yapısal olarak benzerlik göstermekte ve üretim fonksiyonları $s, n$ $ve$ $\delta$ gibi benzer parametrelere sahiptir. Solow modeli başlangıçta ülkeler arasında kişi başına sermaye miktarı farklı olsa da az gelişmiş ekonomilerin daha düşük sermaye $(k)$ ve çıktı $(y)$ miktarıyla gelişmiş ülkelere göre daha hızlı büyüyeceğini ve durağan durum düzeyinde onları yakalayacağını ifade etmektedir. Bu durumda

teknolojinin dışsal ve sermayenin işgücüne oranla daha hızlı büyüdüğü varsayılmaktadır (Barro ve Martin, 2004: 44).

### 1.8.4. İçsel Büyüme Modelleri

Neoklasik büyüme modellerinin ekonomik büyümeyi yeterince açıklayamaması içsel büyüme modellerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Barro (1991) ve Romer (1994) neoklasik modelin bazı öngörülerinin gerçeği yansıtmadığını, inceledikleri ekonomilerde sermaye, işgücü ve sermaye-işgücü oranlarının artarken reel faiz oranın beklendiği kadar düşmediğini, sermaye-çıktı ve sermaye-işgücü oranlarının durağan kaldığını, ayrıca reel ücretlerin de yükseldiğini gözlemlediler. Bu sonuçlara göre dışsal ve sabit kabul edilen teknolojinin gerçeği yansıtmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum teknolojinin içselleştirilmesini ve yeni büyüme teorilerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

İçsel büyüme modellerinin temel özellikleri arasında artan getiri, dışsallıklar, eksik rekabet piyasası, sosyal altyapı ve teknolojik gelişme, bilgi ve beşerî sermaye bulunmaktadır. Bu bölümde AK modeli, Lucas'ın beşerî sermaye modeli, Romer modeli, Grossman ve Helpman modeli ve Aghion ve Howitt modeli incelenecektir.

#### 1.8.4.1. $AK$ Modeli

$AK$ modeli Sergio Rebelo (1991) tarafından geliştirilmiş bir büyüme modelidir. Rebelo savaş sonrası dönemde büyük bir gelir düşüşü yaşayan Brezilya ve Japonya gibi ülkelerin savaş sonrasında kişi başına gelirlerinin hızla yükseldiğini, ancak bazı ülkelerin yaşam standartlarında bir iyileşme görülmediğini ifade etmektedir. Rebelo ülkeler arasında farklı büyüme hızlarının oluşmasının nedenini ise uygulanan iktisat politikalarına bağlamaktadır. AK modelinde iki sektör yer almakta ve toplam çıktı ile fiziksel sermaye arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Rebelo, 1991: 500-502; Ateş, 1998: 75).

Ekonomi iki üretim faktöründen oluşmakta, fiziksel sermaye ile beşerî sermaye yeniden üretilebilir, toprak ise her dönemde aynı miktarda ve yeniden üretilemeyen bir niteliğe sahiptir. Yeniden üretilebilir üretim faktörü, fiziksel ve beşerî sermaye, modelde farklı üretim faktörleri olarak değil tek bir sermaye faktörü olarak yer almaktadır. Ayrıca sermayede azalan verimler varsayımı geçerli değildir (Rebelo, 1991: 503; Barro ve Martin, 2004: 63).

$$Y = AK \quad (1.21)$$

1.21'de yer alan üretim fonksiyonu $AK$ modelinin en basit gösterimidir. $A$ pozitif bir sabittir ve teknoloji seviyesini yansıtmaktadır. Üretim fonksiyonunda yer alan $K$ ise fiziksel sermayenin yanı sıra beşerî sermayeyi de kapsamaktadır. Üretim fonksiyonu kişi başına terimlerle 1.22'de yer aldığı biçimde ifade edilirse, $A > 0$ olduğu durumda sermayenin ortalama ve marjinal ürünü sabittir (Barro ve Martin, 2004: 63).

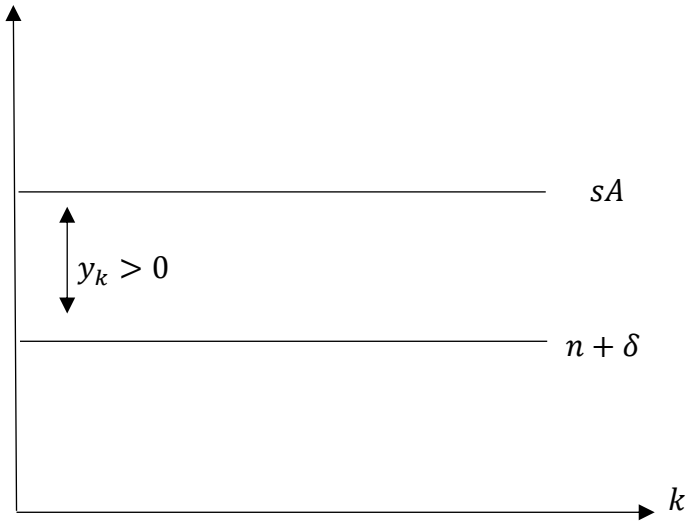
$$y = Ak \quad (1.22)$$

Kişi başına ifade edilen üretim fonksiyonunun her iki tarafı $k$'ye bölündüğünde sonucuna $y/k = A$ ulaşılmaktadır. Solow modelinde kullanılan sermaye birikim eşitliği de aynı şekilde $k$'ye bölündüğünde sonucuna $\Delta k/k = s.y/k - (n + \delta).k/k$ ulaşılmaktadır. $y/k = A$ sermaye birikim eşitliğinde yerine yazıldığında 1.23'te yer alan eşitliğe ulaşılmaktadır (Barro ve Martin, 2004: 63).

$$\Delta k/k = s.A - (n + \delta) \quad (1.23)$$

Eşitlik 1.23'te teknolojik gelişmenin sıfır olduğu, yani dışsal teknolojik gelişmenin olmadığı bir durumda bile kişi başına büyümenin olanaklı olduğu görülmektedir. Bu durumu Şekil 1.13 yardımıyla açıklanabilir.

**Şekil-1.13:** AK Modelinde Büyüme




$sA$ doğrusu, sermayedeki aşınma ve nüfus artışını ifade eden $n + \delta$ doğrusunun üzerindedir. $sA > n + \delta$ sağlandığında sermaye miktarındaki büyümenin $\Delta k/k > 0$

olduğu görülmektedir. Modele göre tüm kişi başına değişkenler sabit bir oranda büyümektedir (Barro ve Martin, 2004: 63).

Solow modelinde tasarruf oranlarının durağan durum düzeyine kadar kişi başına ifade edilen değişkenlerde büyümeye neden olduğu, durağan durumda $s.y = (n + \delta).k$ eşitliğine ulaşıldığından dolayı tasarrufların artmasının büyümeyi sağlamayacağı görülmüştü. $Ak$ modelinde ise $sA > n + \delta$ durumu sağlandığı için tasarrufların artması (diğer değişkenler sabit kabul edilmekte) işgücü başına çıktıyı artıracaktır. Bu durum tasarrufları artırarak büyümenin sağlanabileceğini göstermektedir (Rebelo, 1991: 506-507; Barro ve Martin, 2004: 63)

Modele göre $s, A, n$ ve $\delta$ gibi benzer değerlere sahip ekonomilerin benzer kişi başına büyüme oranlarına sahip olmaları beklenmekte, ancak ekonomiler, başlangıçta kişi başına sermaye stoku açısından farklı oldukları için Solow modelinde olduğu gibi mutlak veya koşullu yakınsama yoktur (Barro ve Martin, 2004: 65).

#### 1.8.4.2. Lucas'ın Beşerî Sermaye Modeli

Robert Lucas (1988) "On The Mechanics Of Economic Development" makalesinde beşerî sermayeyi tanımlamış ve onu ekonomik büyümenin itici gücü olarak göstermiştir. Modelde beşerî sermayeye dayalı olarak üç farklı durum incelenmiştir. Birincisi, fiziksel sermaye birikimi ve teknolojik gelişme, ikincisi, eğitime dayalı beşerî sermaye birikimi, üçüncüsü, yaparak öğrenme ile beşerî sermaye birikimidir. Lucas modelde fiziksel sermaye ve beşerî sermaye olmak üzere iki sermaye tanımı yapmıştır. Fiziksel sermaye, üretim yapmak için gerekli olan makine, teçhizat vb. şeyleri içerirken, beşerî sermaye, bireyin sahip olduğu genel bilgi ve beceri seviyesini göstermektedir (Yardımcı, 2006: 47).

Modelde dış ticaret yoktur, yani kapalı bir ekonomi varsayımı yapılmıştır, ayrıca üretim teknolojisi ölçeğe göre sabit getiriye sahiptir ve tam rekabet piyasası şartları geçerlidir. Modelde tek bir sektör yer almakta ve kişi başına tüketim akım değişken olarak ele alınmaktadır. Diğer bir varsayım ise ekonomide karar alıcıların fiyat değişimleriyle ilgili olarak rasyonel bekleyişlere göre hareket etmeleridir (Sanlı, 1998: 58).

Beşerî sermaye modeline göre, $h$ gibi bir düzeyde beceriye sahip bir işçi bugünkü üretime zamanının $u$ kadarını ayırdığı varsayılırsa, $1 - u$ kadarlık zamanı da

beşerî sermaye birikimi (bilgi ve becerisini) sağlamak için artakalacaktır. Birey açısından beşerî sermaye içsel ve dışsal etki olarak iki farklı özelliğe sahiptir. Bireyin sahip olduğu beşerî sermayenin, kendi üretkenliği üzerine etki etmesi beşerî sermayenin içsel etkisi olarak tanımlanmaktadır. Bireyin sahip olduğu beşerî sermayenin, diğer tüm üretim faktörlerinin verimliliğine katkı yapması, beşerî sermayenin dışsal etkisi olarak adlandırılmaktadır. Modelde değişkenleri basitleştirmek için tüm işçilerin $h$ gibi bir beceri seviyesine sahip olduğu ve $u$ kadar zamanla bugünkü üretime katıldıkları varsayılmaktadır. İşgücü miktarı $L$ kabul edilirse, etkin işgücü $L^e = uhL$ olarak ifade edilmektedir. Ayrıca $h_a$ değişkeni ortalama beceri seviyesini göstermektedir. Bu durumda üretim fonksiyonu 1.24'te yer almaktadır (Lucas, 1988: 17).

$$Y = AK^{\beta}[uhL]^{1-\beta}{h_a}^{\gamma} \qquad (1.24)$$

Üretim fonksiyonunda yer alan $Y$ toplam çıktıyı, $A$ sabit bir değer olmak üzere teknoloji düzeyini, ${h_a}^{\gamma}$ beşerî sermayenin dışsal etkisini ve $uhL$ de etkin işgücünü ifade etmektedir.

Modelde beşerî sermaye birikimi için ayrılan zaman $1-u$ ve bir işçinin sahip olduğu beceri düzeyi de $h$ olarak tanımlanmıştı. O halde beşerî sermaye birikimi için ayrılan $1-u$ kadarlık zamanla $h$'nin değişim oranı arasında bir ilişki bulunmaktadır. $h$'deki değişimin ekonomik büyüme ile ilişkisi Eşitlik 1.25'te açıklanmaktadır (Lucas, 1988: 18).

$$\Delta h = h^{\varsigma}G(1-u) \qquad (1.25)$$

Eşitlik 1.25'da yer alan $\Delta h$ değişkeni beşerî sermaye birikiminin ne kadar arttığını göstermektedir. Eğer Eşitlikte $h$'nin derecesi $\varsigma < 1$ olarak belirlenirse, beşerî sermaye birikiminin azalan getiriye sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Lucas'a göre, $\varsigma < 1$ olduğu durumda azalan getiriye sahip olan beşerî sermaye, teknoloji değişkeni gibi büyümenin motoru olamaz (Lucas, 1988: 18).

$$\Delta h = h\delta[1-u] \qquad (1.26)$$

Lucas Eşitlik 1.25'i Uzawa ve Rosen'ın çalışmalarına uyarlayarak 1.26'da yer alan eşitliği oluşturmuştur. Ekonomide tüm işçiler zamanlarını sadece çalışmak için kullanırlarsa, yani $u = 1$ olursa, beşerî sermaye birikimi hiç artmayacaktır. Diğer

yandan tüm işçiler zamanlarını beşerî sermaye birikimi için kullanırlarsa, yani $u = 0$ olursa, beşerî sermaye birikimi $\delta$ gibi bir oranda maksimum düzeyde büyüyecektir. Lucas'a göre bu uç durumlar arasında azalan getiri yoktur (Lucas, 1988: 19).

Modelde dışsal ve içsel olarak ayrılan değişkenler farklı özellikler taşımaktadır. Dışsal etkilerin olmadığı bir ekonomide, içsel etkiler verimlilik artışı sağlayarak teknolojik gelişmeye katkıda bulunmaktadır. Modelde dışsal etkilerin var olması ise sermaye birikimi artışını hızlandırmaktadır. Lucas fiziksel sermaye birikimi artışının, ekonomik büyümeyi sağlayan bir unsur olduğunu ifade etmektedir. Modelin bir diğer öngörüsü, başlangıçta daha az beşerî ve fiziksel sermayeye sahip olan ekonomiler, daha fazla beşerî ve fiziksel sermayeye sahip olan ekonomilere yetişemeyeceklerdir. Bunun nedeni beşerî ve fiziksel sermayenin daha bol olduğu ekonomilerde beşerî sermaye birikimi ve dışsallıkların getirisinin daha fazla olmasıdır (Yardımcı, 2006: 48-49).

Lucas'a göre işgücü (beşerî sermaye) ülkeler arasında hareketli değilken fiziksel sermaye hareketleri serbest olursa, başlangıçta ülkeler arasında fiziksel sermaye birikimi hangi düzeyde olursa olsun her ülkede fiziksel sermayenin marjinal verimliliği eşitlenecektir. Diğer yandan işgücü hareketleri serbestleşirse, beşerî sermayenin içsel ve dışsal etkilerine göre değişimler olacaktır. Dışsal faydaların olduğu, bu faydaların bir kişiden bir başka kişiye yayılabildiği ekonomilerde, emeğin ücret oranı çalıştığı ülkenin zenginliği ile birlikte artacaktır. Dolayısıyla ekonomiler arasında işgücü hareketliliği fakir ülkelerden zengin ülkelere işgücünün göç etmesine neden olacaktır (Lucas, 1988: 39-40).

#### 1.8.4.3. Romer Modeli

Romer modeli, Solow modelinde dışsal olarak varsayılan teknolojik gelişmeyi içselleştirmektedir. Modelde kâr maksimizasyonuna göre çalışan firmalar gerçekleştirdikleri Araştırma-Geliştirme (AR-GE) yatırımlarıyla ve bu yatırımlardan elde ettikleri bilgi ve beceriyle sürekli büyümeyi sağlamaktadırlar. Firmalar teknolojik gelişmede sağladıkları üstünlükle birlikte tekelleşmekte ve tam rekabet piyasasının üzerinde bir kâr oranı ile fiyat belirleyebilmektedirler (Taban, 2013: 145).

Romer modelinde üç temel özellik bulunmaktadır Birincisi, modelde teknolojik gelişme büyümenin temel unsurudur. Ekonomik aktörler teknolojik

gelişmeyi sağlamak için daha fazla sermaye birikimine yönelmekte ve bu sayede hem teknolojik yenilikler hem de sermaye yatırımları işgücü başına çıktıyı artırmaktadır. İkinci olarak, teknolojik gelişme büyük ölçüde pazar teşviklerine yanıt veren insanlar tarafından sağlanmakta, dolayısıyla modelde teknolojik gelişme içsel olarak yer almaktadır. Üçüncü özellik, üretimde kullanılan girdinin bir defaya özgü bir maliyetle üretilmesi, ancak tekrar kullanıldığında herhangi bir ek maliyet ortaya çıkarmamasıdır. Yeni bilgilerin geliştirilmesi sadece sabit maliyetleri artırır. Bu durum teknolojinin belirleyici bir özelliği olarak kabul edilmektedir (Romer, 1990: 72).

Romer çoğu büyüme teorisinde firmaların piyasadaki fiyatı veri olarak aldıklarını ifade etmektedir. Romer'in AR-GE'ye dayalı büyüme modelinde firmalar fiyat alıcı değildir. Firmalar yeni bir mal ürettiğinde ya da eski bir malı geliştirdiğinde bir dizi maliyete katlanırlar. Firmalar yeni ürettikleri malın (ya da geliştirdikleri eski bir malın) fiyatını, sabit üretim maliyetlerinin üzerinde belirleyerek maliyetlerini karşılamaktadır. Piyasaya girişte herhangi bir engel olmadığı için firmaların bugünkü değer anlamında kârları sıfırdır. Statik ticaret teorisi, farklılaştırılmış mallarla ticaret yapan firmaların daha kazançlı çıkacağını göstermektedir. Genişleyen piyasa sadece gelir ve refah seviyesi üzerinde değil aynı zamanda büyüme oranı üzerinde de etkili olmaktadır. Ayrıca Romer'in analizi, nüfusun piyasa genişliğini anlamak açısından doğru bir ölçü olmadığını, Çin ve Hindistan gibi ülkelerin büyük bir iç pazara sahip olmasına karşın aynı şeyin dış ticarette geçerli olmadığını (Romer'in bu örneği 1990 yılında kullandığı, güncel durumun farklı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır) ifade etmektedir. Dolayısıyla büyüme oranları nüfusun büyüklüğü ile değil ülkelerin sahip olduğu beşerî sermaye ile ilişkilidir. Ülkelerin beşerî sermayesi yetersiz ise ekonomik büyüme gerçekleşmeyebilir (Romer, 1990: 72-73).

Romer geleneksel malların hem dışlanabilir ve rekabetçi olma niteliğini taşıdığını hem de rekabetçi bir piyasada alınıp satılabileceğini ifade etmektedir. Diğer yandan kamu malları ise hem rakipsiz hem de dışlanamayan bir niteliğe sahiptir. Bu tür mallar dışlanamaz bir niteliğe sahip olduğundan ticareti yapılamaz. Büyüme teorisi açısından ilginç olan şey ise rakip olmayan ama dışlanabilir olan mallardır. Daha önce teknoloji rakipsiz bir girdi olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle Romer büyümenin temel olarak kısmen dışlanabilir ve rakip olmayan teknoloji ile sağlanabileceğini ifade etmektedir (Romer, 1990: 74-75).

Romer modelinde sermaye, işgücü, beşerî sermaye ve teknoloji olmak üzere dört temel girdi bulunmaktadır. Fiziksel sermaye tüketim malları cinsinden, işgücü ise fiziksel sağlığı yerinde olan işçi sayısı ile ölçülmektedir. Beşerî sermaye, insanların işbaşı eğitimlerinden ve resmî eğitimden elde ettikleri birikimli etkiyi göstermektedir. Modelde teknoloji bileşeni rekabete konu değildir.

Romer modelinde ekonomi araştırma-geliştirme, ara mallar ve nihai mallar üreten olmak üzere üç farklı sektörden oluşmaktadır. AR-GE sektörü beşerî sermaye ve mevcut bilgi stokunu kullanarak yeni bilgiler üretmektedir. Örneğin üreticiler için yeni makine tasarımları vb. araçlar. Ara mallar sektörü AR-GE sektörünün geliştirdiği tasarımları kullanarak nihai sektörün ihtiyaç duyduğu malları üretmektedir. Nihai mallar sektörü ise diğer işgücü, beşerî sermaye ve diğer sektörlerden aldığı ürünlerle birlikte tüketilmeye hazır olan malları üretmektedir.

Modelde AR-GE sektörü yeni fikirler ve geliştirilmiş tasarımlarla nihai ürünün gelişmesini sağlamaktadır. Üretilen bilgi hem sermaye mallarını geliştirmekte hem de bilgi stokunu artırmaktadır. Artan bilgi stokuyla beraber beşerî sermayenin de verimi artmaktadır. Romer'e göre bilgi üretimi ve bilgi üretiminin sürekliliği ekonomik büyümeyi sağlayan temel unsurlardır (Taban, 2013: 146).

Romer modeli teknolojik değişimin olduğu tek sektörlü neoklasik bir büyüme modelidir. Modelin refahla ilgili en önemli sonucu, teknolojinin değişim oranının faiz oranına duyarlı olmasıdır. Modelin olumlu çıkarımlarından bir diğeri de daha büyük bir beşerî sermaye stokuna sahip olan ekonomilerin daha hızlı büyüyeceğidir (Romer, 1990: 99).

#### 1.8.4.4. Grossman ve Helpman Modeli

Grossman ve Helpman dinamik bir genel denge modeli oluşturmuştur. Bu modelde geleneksel ürün, modern sanayi ürünü ve bilgi üretimi sayesinde gelişen AR-GE faaliyetleri olmak üzere üç temel üretim süreci bulunmakta ve ekonomik büyüme yeni buluşlar yoluyla sağlanmaktadır. Teknolojik yenilikler bilinçli bir şekilde ortaya çıkarıldığı için teknoloji faktörü içsel kabul edilmektedir. Firmalar kâr beklentisi ile hareket etmekte ve teknolojik yenilikleri sürdürme yarışındadır. Çünkü firmalar teknolojik yenilikler sayesinde uzun dönemde kâr oranlarında bir düşme olmayacağını öngörmektedir (Taban, 2013: 146).

Firmalar AR-GE yatırımları ile ürünler geliştirmekte, bu ürünleri geliştirirken de eski ürünlerin geliştirilme sürecinde ortaya çıkan mevcut bilgi stokunu kullanmaktadırlar. Bu süreçte yaratılan dışsallıklar bütün üretime etki etmekte ve AR-GE maliyetlerinin azalmasına katkı sağlamaktadır. Bilgi stokunun gelecek yıllara aktarılmasından dolayı ürünlerin eskimediği varsayılmaktadır. Modelde yer alan bir diğer kavram dikey ürün geliştirmedir. Dikey ürün geliştirme, girişimcilerin eski ürünleri sürekli yenileyerek yeniden üretmesi ve ürünün kalitesini sürekli olarak artırmasıdır. Modelde bilinçli teknolojik geliştirme büyük bir öneme sahiptir ve ekonominin itici gücü olarak görülmektedir (Yardımcı, 2006: 64).

Grossman ve Helpman büyüme modelinde teknoloji bir çeşit bilgi olarak tanımlanmakta ve iki özelliği bulunmaktadır. Teknolojinin, birileri tarafından kullanılması bir başkası tarafından kullanımına engel oluşturmaz, yani teknoloji kullanım engeli olmayan bir mal olarak görülmektedir. Buna karşın patent hakları dolayısıyla teknolojiye erişim kısmen engellenebilmektedir (Taban, 2013: 146).

Grossman ve Helpman'a göre piyasada firma sayısını belirleyen unsur kâr beklentisidir. Firmaların kâr beklentisiyle birlikte ekonomide yaratılan tasarruflar AR-GE yatırımlarına yönlendirilmektedir. AR-GE'ye yapılan yatırımların temelde iki amacı bulunmaktadır. Birincisi, üretim maliyetinin düşürülmesini sağlayacak iyileştirmelerin yapılması, ikincisi, yeni tasarımlara sahip ürünlerin üretilmesidir. Firmalar geliştirdikleri ürün ve teknolojiler için patent haklarına sahiptir ve bu sayede tekelci rant elde edebilmektedirler. Dolayısıyla modelde artan getiriler bulunmaktadır (Sanlı, 1998: 35).

Modelde AR-GE sektörü, ülkelere dış ticarette karşılaştırmalı üstünlük sağlamakta ve ekonomik büyümenin itici gücü olmaktadır. Serbest dış ticaret, az gelişmiş ekonomilerin teknoloji transferi yapmalarını sağlayarak, onlara gelişmeleri yönünde katkı sağlayacaktır. Ancak teknoloji transferi olması için az gelişmiş ekonomilerin uygulayacakları politikalar büyük bir öneme sahiptir. Az gelişmiş ekonomiler uyguladıkları politikalar yoluyla çokuluslu şirketlerin teknoloji transferi yapmalarını teşvik etmeleri gerekmektedir. AR-GE sektöründe başarılı ekonomilerin tüketim harcamalarını artırarak korumacı bir politika izlemeleri, kaynakların başka sektörlere yönelmesine neden olabilir ve böylece uzun dönem büyüme hızında azalmalar görülebilir. Grossman ve Helpman'a göre korumacı politikalar kaynakların

AR-GE sektöründen imalat sanayine, korumacı olmayan politikalar ise imalat sanayisinden AR-GE sektörüne kaymasına neden olabilir (Taban, 2013: 147).

#### 1.8.4.5. Aghion ve Howitt Modeli

Aghion ve Howitt (1992) Schumpeter'in "yaratıcı yıkım" kavramından yola çıkarak teknolojik yenilikler ve büyüme üzerine bir içsel büyüme modeli oluşturmuşlardır. Modelin araştırmacılarına göre içsel büyüme modelleri arasında ürünlerin kalitesini artıran endüstriyel yeniliklere yeterince değinilmemiştir, bundan dolayı "A Model of Growth Through Creative Destruction" makalesini hazırlamışlardır (Aghion ve Howitt, 1992: 323).

Piyasada yeni ürünlerin üretilmesi eski ürünlerin yok olmasına neden olurken, bu durum büyümenin önemli bir özelliğini oluşturmakta ve Schumpeter'in yaratıcı yıkım kavramıyla benzerlik göstermektedir. Model bireysel yeniliklerin tüm ekonomiyi etkileyebilecek kadar önemli olduğunu varsaymaktadır. Bir dönem iki ardışık yenilik yaratma süreci arasındaki zamanı ifade etmekte ve her dönemin uzunluğu rastlantısal olarak gerçekleşmektedir. Yenilik yaratma süreci (AR-GE) skotastik bir yapıya sahip olsa da ardışık iki dönem arasında yapılan AR-GE miktarları arasındaki ilişki deterministtik olarak modellenebilmektedir. Belirli bir dönemdeki AR-GE miktarı iki etkiden dolayı gelecek dönem için beklenen AR-GE çalışmalarına negatif olarak bağlıdır. Bu duruma yol açan iki etkiden birincisi yaratıcı yıkım etkisidir. Bu etkiye göre belirli bir dönemde yapılan AR-GE harcamaları gelecek dönemde elde edilmesi beklenen tekelci ranta bağlıdır. Tekelci rantları sadece bir sonraki yenilik üretilene kadar sürmektedir. Bundan dolayı rantın bugünkü beklenen değeri bir sonraki yeniliğe negatif olarak bağlıdır. Gelecek dönemde daha fazla AR-GE yapılması bekleniyorsa, bu durum mevcut dönemde yürütülen AR-GE çalışmalarına da olumsuz yansıyacaktır. İkinci etki, AR-GE ve imalatta çalışan nitelikli işgücüne ödenen ücretlerden kaynaklanan bir genel denge durumunu göstermektedir. Gelecek dönemde daha fazla AR-GE yapılacağı beklentisi, bu sektörün ihtiyacı olan nitelikli işgücüne olan talebi artıracaktır. Gelecek dönemdeki yüksek ücretler tekelci rantının azalmasına neden olacaktır. Bundan dolayı girişimciler mevcut dönemde AR-GE çalışmaları yapma konusunda isteksiz davranacaklardır.

Ardışık iki dönemde gerçekleştirilen AR-GE çalışmaları arasında fonksiyonel bir ilişki bulunmakta ve bu ilişki ekonominin durağan dengesini göstermektedir.

Ekonomi her yenilik süreciyle birlikte nitelikli işgücünün AR-GE ve imalat sektörleri arasındaki dağılımının değişmemesi biçiminde dengeli bir büyüme sergilemektedir. Modelin ortaya çıkardığı bir diğer sonuç ise ekonominin ortalama büyüme oranının araştırma verimliliğindeki bir artışla birlikte artmamasıdır. Yeni araştırmaların mevcut araştırma ürünlerinin çabucak eskimesine yol açma sorunu, araştırma yapılmasını isteksiz hale getiriyor (Aghion ve Howitt, 1992: 324-325).

Modelde işgücü üç ayrı kategoride sınıflandırılmıştır. Bu üç kategoriden birincisi, tüketim malları üretiminde çalışan vasıfsız işgücü ($M$), ikincisi hem ara malları hem de AR-GE sektöründe çalışan nitelikli işgücü, üçüncüsü de AR-GE sektöründe çalışan uzmanlaşmış işgücünden oluşmaktadır. Tüketim malı ve aramalı üretiminde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı geçerlidir ve tüketim malı üretiminde sabit bir miktarda vasıfsız işgücü istihdam edilmektedir. Üretim fonksiyonu 1.27'de yer almaktadır (Aghion ve Howitt, 1992: 327).

$$y = AF(x) \tag{1.27}$$

Eşitlik 1.27'de yer alan $y$ tüketim malı üretim miktarını, $x$ aramalı girdi miktarını ve $A$ parametresi de aramalı girdisinin verimliliğini göstermektedir. Aramalı sadece nitelikli işgücü kullanılarak doğrusal bir teknolojiye göre, $x = L$ biçiminde üretilmektedir. $L$ değişkeni aramalı üretiminde çalışan nitelikli işgücünü ifade etmektedir (Aghion ve Howitt, 1992: 327).

AR-GE sektörü rasgele bir dizi yenilik üretmektedir ve AR-GE sektöründe üretilmiş bilgiler yeni araştırma sürecinde işlevini yitirmektedir. AR-GE çalışmalarındaki esas faktör nitelikli işgücüdür ve nitelikli işgücü olmaksızın yenilikler üretilemeyeceği için ekonomide istenilen büyüme sağlanamayacaktır (Aghion ve Howitt, 1992: 327).

Her yenilik tüketim mallarının daha etkili üretilmesini sağlayan yeni bir aramalı buluşundan oluşmaktadır. Bu durum madencilik, bankacılık ve ulaşım sektörleri düşünüldüğünde buhar motoru, uçak ve bilgisayarın icat edilmesi sonrası bu sektörlerde meydana gelen değişimlere bakarak anlaşılabilir. Yine de her yenilik bu sektörlerdeki kadar büyük değişimlere yol açmayabilir. Yeni bir aramalı kullanımı, Eşitlik 1.28'de yer alan $A$ parametresinin verimliliğini $\gamma > 1$'e kadar artırmaktadır (Aghion ve Howitt, 1992: 327-328).

$$A_t = A_0\gamma^t \quad (1.28)$$

Başarılı bir yenilikçi (firma), imalat sektöründe tekelci kârı elde edebilmek için bir patent hakkı alır. Bu patenle tekelci kârı elde eder, ancak bu durum bir sonraki yeniliğin üretildiği zamana kadar sürdürülebilmektedir (Aghion ve Howitt, 1992: 328).

Modele göre bir yeniliğin değeri tekelci kârının beklenen değerine bakarak anlaşılabilir, dolayısıyla her yenilik üretme süreci, tekelci kârını elde etmek için yürütülen bir faaliyet olarak kabul edilmektedir. Daha fazla AR-GE çalışması tekelci firmaların kâr beklentisini azaltmaktadır. Ekonomi durağan dengedeyken ortaya çıkan pozitif ve negatif dışsallıklar, ortalama büyüme oranının en uygun (optimal) değerden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Eğer piyasada yenilik hacmi büyük ve tekelci gücü az ise büyüme oranı en uygun değerin altında gerçekleşmektedir. Büyümenin bu yönde gerçekleşmesi "zamanlar arası yayılma" ve "mal edilebilirlik" etkileridir. Diğer yandan yenilik hacmi küçük ve piyasa gücü fazla olduğunda "iş çalma" etkisi daha büyük olmakta ve ekonomi en uygun değerin üzerinde bir oranda büyümektedir (Yardımcı, 2006: 69).

#### 1.8.4.6. Barro'nun Kamu Harcamaları Modeli

Barro (1990) kamu harcamaları ile teknoloji, verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri inceleyerek basit bir içsel büyüme modeli geliştirmiştir. Modelde kamu harcamaları verimli ve verimsiz olarak sınıflandırılmakta ve bir üretim girdisi olarak kabul edilmektedir. Model kamu harcamalarının kişi başına büyüme oranı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Yardımcı, 2006: 53).

Ölçeğe göre sabit getirinin olduğu kapalı bir ekonomide hanehalkı faydasının en fazla olduğu fayda fonksiyonu Eşitlik 1.29'da yer almaktadır:

$$U = \int_0^\infty u(c)e^{-pt}dt \quad (1.29)$$

Burada yer alan $c$ terimi kişi başına tüketimi, $p$ terimi, $p > 0$'dan büyük olmak üzere sabit bir zaman tercihini göstermekte ve nüfus sabit kabul edilmektedir (Barro, 1990: 105).

$$y = Ak \quad (1.30)$$

Modelde üretim fonksiyonu olarak Rebelo'nun $Ak$ tipi üretim fonksiyonu benimsenmiştir. $y$ işçi başına çıktıyı, $k$ işçi başına sermayeyi ve $A$ terimi de $A > 0$ olmak üzere sermayenin sabit ne marjinal ürününü ifade etmektedir. Modele hükümetin mal ve hizmet alımlarının kişi başına miktarı olarak ifade edildiği bir $g$ değişkeni eklenerek üretim fonksiyonu Cobb-Douglas biçiminde Eşitlik 1.31'deki gibi yazılmaktadır:

$$\frac{y}{k} = \Phi\left(\frac{g}{k}\right) = A.\left(\frac{g}{k}\right)^{\alpha} \qquad (1.31)$$

Hükümet harcamaları düz oranlı bir gelir vergisiyle finanse edildiği varsayıldığında aşağıdaki eşitliğe ulaşılmaktadır:

$$g = T = \tau y = \tau.k.\Phi\left(\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{k}}\right) \qquad (1.32)$$

Burada yer alan $T$ simgesi kamu gelirini ve $\tau$ simgesi de vergi oranını ifade etmektedir. Daha önce üretim fonksiyonuna eklenen $g$ simgesi de toplam harcamalara ve $T$ ile ifade edilen kamu gelirine karşılık gelmektedir. Ayrıca Eşitlik 1.32'ye göre hükümet dengeli bir bütçe politikası yürütmesi için kısıtlanmıştır (Barro, 1990: 108).

Modelde durağan durumda devlet hacminin boyutu ile büyüme oranı arasında ilişki tanımlanarak kamu harcamaları ve vergilerden kaynaklanan dışsallıklara değinilmektedir. Kamu harcamaları en uygun değere ulaşmıyorsa uygulanan vergi politikalarının etkisi farklılık göstermektedir. Devletin hacmi en uygun değerin altındaysa kamu harcamalarının artması negatif dışsallıklara neden olmaktadır. Devlet hacmi en uygun değerin üzerindeyse, devletin her ilave harcamasının getirisi azalıyor demektir. Bu durumda gelir vergisi ile finansman, tersi bir durumda ise götürü vergileri önerilmektedir (Yardımcı, 2006: 56).

Barro'ya göre özel sektör sermaye artışlarının kamu harcamaları ile desteklememesi üretimde azalan getirinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kamu harcamalarından kasıt özellikle alt yapı yatırımlarıdır. Özel sektör yatırımları hem sermaye stokunu hem de dolaylı olarak devletin vergi gelirlerini artıracaktır. Artan vergiler kamunun denk bütçeye sahip olmasından dolayı kamu malı arzının artmasına neden olacaktır. Sonuç olarak alt yapı yatırımları sermayenin verimliliğini artıracak ve devletin yapmış olduğu harcamalar vergilerle finanse edilecektir (Taban, 2013: 149).

# İKİNCİ BÖLÜM

## 2. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE YENİLENEMEZ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİ POLİTKALARI

Tezin ikinci bölümünde enerji verimliliği, enerji piyasaları ve politikaları ile ilgili temel konulara değinilecek ve ardından yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları rezerv miktarı, üretim ve tüketim gibi çeşitli açılardan ekonomik değeri aktarılacaktır.

### 2.1. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE EKONOMİK VERİMLİLİK

"Enerji verimliliği" terimi ile "enerji üretkenliği", "enerji yoğunluğu" ve "enerji tasarrufu" gibi ilişkili terimler birbirleriyle karıştırıldığı için tanımlara ihtiyaç vardır. Enerji verimliliği daha geniş bir bağlamda ele alınarak hem iyileştirme potansiyelini hem de konunun hayati önemini güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır. Öyleyse, enerji verimliliği, enerji tasarrufu, enerji yoğunluğu ve enerji yönetimi ile ne ifade edilmektedir? Makro anlamda enerji verimliliği, genellikle zamanın belirli bir noktasındaki durumdan bir dizi süreci içeriyor. Enerji verimliliği zamanla gelişme eğilimindedir çünkü daha az maliyet, yeni teknolojiler icat etme ve mevcut teknolojilerin geliştirilmesi insanlığın temel amaçları arasındadır. Enerji verimliliğindeki gelişmeler genellikle diğer kaynak kullanımının üretkenliğindeki gelişmelerle ortaya çıkar. Belirli bir çıktı için enerji verimliliğini artırma veya enerji girdisini azaltma süreci, teknolojik, finansal, yönetim tarafından yönlendirilen bir teknik veya davranışsal değişiklik sürecidir. Petrol, gaz, kömür veya uranyum biçimindeki "enerji" bir dizi benzersiz fiziksel kaynaktan oluşur. Bu nedenle, enerji verimliliğini iyileştirme süreci aslında enerji kaynağı kullanımının üretkenliğini geliştirme sürecidir. Dolayısıyla, sık sık "enerji verimliliği"nden bahsedildiğinde, gerçekten "enerji kullanımının üretkenliğini geliştirme süreci"nden söz edilmektedir (Fawkes, 2016: 1-5).

Ekonomik verimlilik, üretim sürecinde belli bir miktar girdiyle elde edilen toplam çıktının oranlanmasıyla elde edilmektedir. Toplam çıktının azalmadığı bir üretim sürecinde girdi miktarının azaltılması ekonomik verimliliğin artması anlamına gelmektedir. Örnek olarak, sanayi üretimin temel girdileri; Sermaye malları, emek ve enerji olarak kabaca ifade edilirse, bu bileşenlerin herhangi birisinin veya tamamının

kullanımını azaltan, ancak toplam çıktıyı düşürmeyen gelişmeler toplam ekonomik verimliliği artırmaktadır.

21. yüzyılda tüm ekonomiler için ekonomik büyümenin bir gereği olarak üretkenlik ve uluslararası alanda rekabet avantajı elde etmek özel bir öneme sahiptir. Verimlilik seviyesi ve zaman içindeki değişim eğilimi farkındalığı, toplumun ekonomik büyümesi ve refahı için yararlı olabilir. Üretkenliğin iyileştirilmesi, emek, sermaye ve enerji dâhil tüm üretim kaynaklarının etkili ve verimli kullanılması anlamına gelmektedir (Ghanbari, 2014: 1-21).

### 2.2. ENERJİ PİYASALARI VE FİYAT OLUŞUM SÜRECİ

Piyasa, arz eden ve talep edenler tarafından ticarete konu olan malların alınıp satıldığı, karşılıklı ticari ilişkilerin yürütüldüğü yerdir. Enerji piyasaları hem tüketici piyasası hem de piyasa çarpıklıklarını azaltmayı amaçlayan hükümet programları ve politikaları tarafından yönlendirilen piyasaları içermektedir. Başlıca enerji piyasaları doğal gaz, petrol, elektrik ve kömür piyasasından oluşmaktadır.

Enerji fiyatları bir ülkenin ekonomi politikalarıyla yakında ilgilidir ve hedeflere ulaşmak için kullanılmaktadır. İç enerji fiyatları hem uluslararası enerji piyasasının işleyişinden hem de ülkenin sosyopolitik çevresi tarafından etkilenmektedir. Ayrıca, enerji bir ara ürün olmasının yanı sıra nihai bir ürün olduğu için fiyatalar üretici ile tüketiciler arasında belirlenir. Fiyatları etkileyen diğer unsurlar tükenebilirlik, sermaye yoğunluğu ve depolanamamazlıktır (Bhattacharyya, 2011: 299-300).

### 2.3. ENERJİ YATIRIMLARI VE ÖNEMİ

Dünya genelinde enerji talebi artışıyla beraber enerji yatırımları konusunun önemi artmıştır. Enerji yatırımının uygun bir biçimde değerlendirilebilmesi için yapılan yatırım tutarı, piyasadaki payı, kurulu gücü, süresi, kârlılık ve maliyet gibi faktörlerin dikkate alınması gereklidir. Enerji yatırımlarında yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle uzun süreli sermayeye ihtiyaç duyulması, öz kaynağın yanı sıra dış kaynaklardan borçlanılması, bankalardan sınırlı garantili finansman sağlanması, inşaat sürecinde yatırımı tamamlama garantisi, işletme sürecinde yakıt tedarik ve elektrik satış garantisi gibi temel sorunlar bulunmaktadır (Çağıl, 2012: 49-50).

Enerji yatırımlarında önemli bir unsur “geri dönüş oranı”dır. Fosil bazlı bir enerji kaynağından elde edilen gelir, aynı kaynağın yerin altından çıkarılıp arıtılması ve sonrasında dağıtılıp tüketilmesine kadar olan süreçte ortaya çıkan maliyetten fazla olması gerekir, aksi halde yatırımları sürdürmek mümkün olamaz.

## 2.4. POLİTİK TAAHHÜTLER

İklim değişikli ile mücadele edebilmek için Birleşmiş Milletler çatısı altında Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması hazırlanmıştır. Politik taahhütler, Birleşmiş Milletlere üye devletlerin büyük çoğunluğu tarafından kabul edilmiş ve henüz istenilen düzeyde olmasa da belirli bir yol alınmıştır. 2020 yılına kadar geçerli olan Kyoto Protokolü, bu tarihten sonra yerini Paris Anlaşmasına bırakmış ve yeni yol haritası olarak kabul görmüştür. Bu bölümde Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşmasının amaçlarına kısaca değinilecek.

### 2.4.1. Kyoto Protokolü

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kyoto Protokolü, Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto şehrinde kabul edilmiş ve 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Dünya genelinde 160 ülke Kyoto Protokolünü imzalamıştır (UNFCCC, 2008; 12).

Kyoto Protokolü, sera etkisine neden olan tehlikeli gazların salınımını azaltarak iklim sisteminin zarar görmesini engellemeyi amaçlamaktadır. Anlaşmayı onaylayan ülkelerin, atmosfere saldıkları sera gazı etkisi yaratan gazların miktarını 1990 yılındaki seviyeye düşürmeleri gerekmektedir. Kyoto Protokolü politikaları ve önlemleri şu şekildedir (United Nations, 1998; 2):

- Ulusal ekonomilerde ilgili sektörlerde enerji verimliliğinin arttırılması,
- Montreal Protokolü tarafından kontrol edilmeyen sera gazları yutaklarının ve rezervuarlarının, ilgili uluslararası çevre anlaşmaları kapsamındaki taahhütleri dikkate alınarak korunması ve iyileştirilmesi; sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarının, ağaçlandırmanın ve yeniden ağaçlandırmanın teşvik edilmesi,
- Sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi,
- Yenilenebilir enerji çeşitleri, karbondioksit ayırma teknolojileri ile çevre dostu ve yenilikçi teknolojilerin araştırılması,

- Yeni ve yenilenebilir enerji çeşitlerinin, karbondioksit ayrıştırma teknolojilerinin, gelişmiş ve yenilikçi çevreye duyarlı teknolojilerin araştırılması ve teşvik edilmesi, geliştirilmesi ve daha fazla kullanılması,
- Sera gazı salınımına neden olan tüm sektörlerde, mali teşviklerin, vergiler ile gümrük istisnalarının ve sübvansiyonların, kademeli olarak azaltılmaları ya da tamamen kaldırılmaları,
- Montreal Protokolü'nce denetlenmeyen sera gazı salınımını sınırlayan veya azaltan politika ve önlemlerin teşvik edilmesi,
- Ulaşım sektöründe Montreal Protokolü'nce denetlenmeyen sera gazı salınımlarının sınırlandırılmasına yönelik uygulamaların teşvik edilmesi,
- Metan gazı salınımının sınırlandırılması veya azaltılması,

Kyoto Mekanizmaları sözleşmeye taraf ülkelerin aralarında gerçekleştirebilecekleri emisyon ticaretini sağlayan düzenlemelerdir. Bu mekanizmalar; Ortak yürütme mekanizması, temiz kalkınma mekanizması ve emisyon ticaretidir. Aynı zamanda bu mekanizmalar esneklik mekanizmaları olarak da adlandırılmaktadır.

Esneklik mekanizmaları kısaca şu şekilde açıklanabilir (United Nations, 1998; 6-15):

i. **Ortak Yürütme Mekanizması (Joint Implementation):** Kyoto Protokolü'nün 6. Maddesinde tanımlanan "ortak yürütme mekanizması" olarak bilinen mekanizma, Kyoto Protokolü kapsamında bir emisyon azaltma veya sınırlama taahhüdü olan bir ülkenin, diğer bir ülkede emisyon azaltıcı projeler geliştirmesi, Emisyon Azaltma Kredisi (EUR) kazanmasını sağlar. Ortak yürütme mekanizması; Kyoto Protokolüne taraf ülkelere taahhütlerinin bir kısmını gerçekleştirebilmeleri için esnek ve düşük maliyetli bir yol sunmasının yanı sıra ev sahibi ülkeye yabancı yatırım ve teknoloji transferi olanağı sağlamaktadır.
ii. **Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism)**: Protokolün 12. Maddesinde tanımlanan temiz kalkınma mekanizması, bir emisyon azaltma veya sınırlama taahhüdü olan bir ülkenin gelişmekte olan ülkelerde bir emisyon azaltma projesi uygulamasına izi vermektedir. Bu tür

projeler gerçekleştiren ülkeler Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma Kredisi (Certified Emission Reductions) kazanabilir.

iii. **Emisyon Ticareti (Emission Trading):** Kyoto Protokolü 17. Maddede belirtildiği üzere, emisyon ticareti, emisyon değerleri belirlenmiş ülkelerde ortaya çıkan kullanılmamış fazla kapasitenin diğer taraf ülkelere satılmasına olanak vermektedir.

Kyoto Protokolü 2020 yılında sonlanacak ve ardından Paris Anlaşması iklim değişikliğiyle mücadelede yol haritası olacaktır.

### 2.4.2. Paris Anlaşması

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Convention on Climate Change-UNFCCC) Taraflar Konferansı'nda (2015) 197 ülke Paris Anlaşmasını onaylamış ve anlaşma iklim değişikliğine karşı küresel çapta verilen mücadelede tarihsel bir dönüm noktası olmuştur. Paris Anlaşması, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi (Sustainable Development Goals-SDGs) çerçevesinde, daha istikrarlı ve yaşanılabilir bir gezegen, daha adil toplumlar ve daha canlı ekonomilerin olduğu bir dünya bırakmak adına da önemli bir fırsat olarak kabul edilmektedir (AB Türkiye Delegasyonu, 2020: 1-4).

Paris Anlaşmasının temel hedefleri şu şekilde ifade edilebilir (Paris Agreement, 2015; 3):

- Küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 2 °C'nin çok altında tutmak ve sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 1,5 °C üstüyle sınırlayarak iklim değişikliği etkilerini önemli ölçüde azaltmak,
- Gıda üretimini tehdit etmeyecek şekilde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum sağlama, iklim direncini ve düşük sera gazı emisyonu ile gelişmeyi teşvik etme yeteneğini artırmak,
- Düşük sera gazı emisyonlu kalkınmaya yönelik uyumlu finansman akışı sağlamak,

Paris Anlaşması 2020 yılından itibaren geçerli olmak üzere iklim değişikliği ile mücadelede yeni yol haritası olacaktır.

## 2.5. TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI

Türkiye'nin enerji politikaları içeren 2019-2023 stratejik planını yedi ana başlık altında özetlenebilir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019: 21-23):

### i. Sürdürülebilir Enerji Arz Güvenliğini Sağlamak

Sürdürülebilir enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %65 seviyesine yükseltilmesi, ayrıca, nükleer enerjinin mevcut arz kaynaklarına dâhil edilmesi ve toplam enerji içerisindeki payının arttırılması amaçlanmaktadır. Bunlara ek olarak, doğal gaz ve elektrik altyapısının güçlendirilmesi, denizler başta olmak üzere petrol ve doğal gaz aramalarının arttırılması ve son olarak elektrik sektöründe teknolojik dönüşümün uygulanması amaçlanmaktadır.

### ii. Enerji Verimliliğini Önceliklendirmek ve Artırmak

Bu amaçla enerji verimliliğine yönelik çalışmaların sürdürülmesi ve buna yönelik kamuoyu farkındalığının arttırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte elektrikli araçlara yönelik enerji sistemi planlaması yapılacaktır.

### iii. Kurumsal ve Sektörel Kapasiteyi Güçlendirmek

Kurumsal kapasitenin geliştirilmesi hem kurumun uygun yönetimi hem de geleceğe dönük daha etkili politikalar üretilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla kurum personelinin uzmanlaşması desteklenerek kariyer yönetim sistemi oluşturulacaktır. Ayrıca, nükleer enerjiye ilişkin mevzuat ve insan kaynakları altyapısının geliştirilmesi, madencilik ve nükleer enerji faaliyetlerine ilişkin de toplumun bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır.

### iv. Enerjide Bölgesel ve Küresel Etkinliği Artırmak

Türkiye'nin bir enerji ticaret merkezi olması için mevcut çalışmalar sürdürülecek ve öncelikli alanlarda diğer ülkelerle iş birliği ve yatırım fırsatları geliştirilecektir.

### v. Teknoloji Geliştirme

Teknolojik gelişmenin sağlanması ile birlikte kullanılan makine vb. araçların yerli üretim oranının arttırılması amaçlanmaktadır. Yine bu bağlamda Ar-Ge çalışmaları desteklenecek, ayrıca enerji altyapısında milli sistemlerin kullanılması sağlanacaktır.

**vi. Piyasalarda Öngörülebilirliği Artırmak**

Öngörülebilirliği artırmak amacıyla orta ve uzun vadeli talep tahminleri ile arz planlamaları yapılacak ve enerji piyasalarında etkinliğin artırılması sağlanacaktır. Enerji ve madencilik gibi sektörlerde bürokratik süreçler azaltılarak işlemlerin daha hızlı olması, bunun yanı sıra elektrik ve doğal gazla ilgili olarak da tüketicilere yaptıkları işlemlerde kolaylaştırmalar sağlanacaktır.

**vii. Sürdürülebilir Madencilik ile Üretim Kapasitesini Artırmak**

Mevcut maden rezervlerinin daha etkin kullanılması ve yeni maden arayışlarının sürdürülmesi, bunun yanı sıra sanayi hammaddeleri ve madenlerin ekonomiye kazandırılması sağlanacaktır. Madenlerin yurt içinde işlenmesi ve Bor gibi madenlerin üretim ve satış miktarının arttırılması, ayrıca madenciliğin uluslararası standartlara göre sürdürülmesi amaçlanmaktadır.

### 2.6. AVRUPA BİRLİĞİ YOL HARİTASI

Yenilenebilir enerji kullanımı her geçen gün artmakta ve bu durum ülke yönetimleri tarafından desteklenmektedir. Bazı ülkeler 2030 yılından sonra benzinle çalışan arabaların kullanılmasına izin vermeyeceğini açıklarken, bazı ülkeler elektrikli otomobil kullanımını teşvik etmeyi sürdürüyor. Yöntemler farklı olsa da amaç fosil yakıtların kullanımını azaltıp yenilenebilir enerji kullanımını artırmaktır. Bu amaçla çeşitli uluslararası kuruluşlar 2050 yılına enerji konusunda bazı tahminler üretmektedir (European Union, 2012: 10-13).

Avrupa Komisyonu "enerji sistemi dönüşümü" ile ilgili olarak şunları aktarmaktadır (European Union, 2012: 10-13, European Commision, 2018: 9-13):

**i. Enerji Tasarrufu ve Talebi Yönetmek**

Komisyon, enerji tasarrufunun önemine değinerek mevcut ve yeni yapılacak binalarda enerji verimliliğine dikkat çekmektedir. Konutların "nearly zero-energy buildings" standardı dikkate alınarak inşa edilmesi ve bunun bir norm haline gelmesi

istenmektedir. Bu sistemle inşa edilen konutlar kullandığından daha fazla enerji üretebilirken, aynı zamanda diğer konutlara oranla atmosfere daha az sere gazı bırakır. Komisyon, ayrıca, ulaşımda verimli araçların ve davranış değişimlerinin teşvik edilmesi gerektiğini belirtmektedir.

### ii. Yenilenebilir Enerjiye Geçiş

Enerjiyle ilgili öngörüler; 2050 yılında yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin ana enerji kaynağı olacağını göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, teknoloji geliştirmeden kitlesel üretime, küçük ölçekten daha büyük ölçeğe, yerel ve daha uzak kaynakları sübvansiyondan rekabete uyumlaştırarak Avrupa'daki enerji merkezine taşınacak. Yenilenebilir enerjilerin bu değişen doğası politikada değişiklik yapılmasını gerektirmektedir.

Avrupa Birliği'nin yol haritasında, enerji dönüşümü yaşanırken gaz büyük bir öneme sahip olacak. Özellikle kömür ve petrolün gaz ile ikame edilmesi 2030-2035 yıllarına kadar emisyon değerlerinin azaltılmasında fayda sağlayacaktır. Bunun yanı sıra gelişen teknolojiler ile birlikte gaz enerjisi önemli bir yer tutmaya devam etmesi beklenmektedir. Diğer yandan, gaz enerjisinin elektrik üretimi için bir yakıt olarak kullanımına devam edebilmenin bazı koşulları bulunmaktadır. Örneğin daha fazla bütünleşme (entegrasyon), likidite, tedarik kaynağı çeşitliliği ve depolama kapasitesine gerek duyulmaktadır. Dolayısıyla, gaz üretim ve iletim altyapı yatırımlarının desteklenmesine ve uzun vadeli gaz tedarik sözleşmeleri yapılmasına devam edilebilir.

### iii. Diğer Fosil Bazlı Enerji Kaynaklarının Dönüşümü

Avrupa Komisyonu 2050 yılına gelindiğinde hâlâ kömür ve petrol gibi fosil bazlı enerji kaynaklarının kullanılacağını öngörmektedir. Özellikle uzun mesafe yolculuklarda ve yük taşımacılığında petrol enerjisi kullanımının devam edeceğini, ancak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artması ve petrol talebinin azalması ile birlikte petrolün arz ve fiyatlarında ortaya çıkabilecek belirsizliklere odaklanmaktadır. Küresel petrol piyasasında Avrupa Birliğinin yerini koruması ve tedarik güvenliğini sağlaması oldukça önemli görülmektedir.

### iv. Nükleer Enerjinin Rolü

Nükleer enerji, Avrupa Birliği için düşük karbon salınımı, güvenilir ve uygun fiyatlı olması açısından oldukça önemli bir enerji kaynağı olarak görmektedir. Fukuşima'daki nükleer santralin deprem sonrası zarar görmesinden dolayı bazı üye devletler nükleer enerjiyle ilgili kamu politikalarını gözden geçirirken, bazı üye devletler onu önemli bir enerji kaynağı olarak görmeye devam etmektedir.

Yapılan çalışmalara nükleer enerjinin düşük işletim maliyetleri ve elektrik fiyatları ile elektrik üretimine katkı sağlayacağını göstermektedir. Buna yanı sıra, karbon salınımının düşük olması nükleer enerjinin cazibesini arttırmaktadır. Dolayısıyla, nükleer enerji Avrupa Birliği enerji çeşitliliğinin içinde yer almaya devam edecektir.

### v. Akıllı Teknolojiler, Depolama ve Alternatif Yakıtlar

Teknoloji alanındaki değişimler kullanılacak yakıt türlerini etkileyecektir. Teknolojik gelişmenin hızlanması ve beraberinde ortaya çıkan yenilikler enerji alanında yeni seçenekler çıkaracaktır. Teknoloji, özellikle karbon salınımı ile mücadelede çözümün önemli bir parçası olarak görülmekte, ayrıca önemli maliyet düşüşleri ve ekonomik faydalar sağlaması beklenmektedir.

### vi. Akıllı Şehirler

Akıllı şehir, sakinlerinin ve iş dünyasının yararına dijital ve telekomünikasyon teknolojilerinin kullanımıyla geleneksel ağların ve hizmetlerin daha verimli hale getirildiği bir yerdir.

Akıllı bir şehir, daha iyi kaynak kullanımı ve daha az emisyon için bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının ötesine geçer. Bu, daha akıllı kentsel ulaşım ağları, iyileştirilmiş su temini ve atık bertaraf tesisleri ve binaları aydınlatmanın ve ısıtmanın daha verimli yolları anlamına gelir. Aynı zamanda daha etkileşimli ve duyarlı bir şehir yönetimi, daha güvenli kamusal alanlar ve yaşlanan bir nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak anlamına gelir.

### vii. Temiz ve Güvenli Ulaşım

AB'nin sera gazı emisyonlarının dörtte birini oluşturan taşımacılık yöntemleriyle, tüm ulaşım modları, mobilite sisteminden kaynaklanan emisyonların

azaltılmasına katkıda bulunmalı ve temiz hava, daha az gürültü ve kazasız trafik gibi avantajlardan yararlanmaya yardımcı olmalıdır. Verimli alternatif güç aktarma organlarına sahip düşük veya sıfır emisyonlu araçlar başlangıç noktasıdır - otomotiv endüstrisi halihazırda elektrikli araç gibi teknolojilere büyük yatırımlar yapmaktadır.

Kentsel hareketliliğin geleceğini şekillendiren temel unsurlar şunlardır: Şehir planlaması, güvenli bisiklet ve yürüyüş yolları, temiz toplu taşıma ve araba veya bisiklet paylaşım hizmetleri.

**viii. Altyapı**

Sınır ötesi ve bölgesel işbirliğinin artması, modernize edilmiş ve dönüştürülmüş bir Avrupa ekonomisinin faydalarından yararlanmasını sağlayacaktır. Bir odak alanı, TransAvrupa Ulaşım ve Enerji Ağlarının tamamlanması olmalıdır. Daha modern bir sistemin geliştirilmesini desteklemek ve gerektiğinde akıllı elektrik, veri-bilgi ızgaraları ve hidrojen boru hatları dahil olmak üzere ilgili sektörlerin dijitalleşmesine ve daha fazla entegrasyonuna izin vermek için yeterli altyapıya ihtiyaç vardır. Avrupa'nın ulaşım sektörünü dönüştürmek, hızlandırılmış altyapı geliştirmeyi ve sınır ötesi hizmetlere olanak tanıyan akıllı şarj ve yakıt ikmal istasyonları gibi ulaşım ve enerji sistemleri arasında daha fazla sinerji gerektirecektir. Mevcut altyapının güçlendirilmesi sürekli kullanımı sağlayabilirken, eski altyapının değiştirilmesi karbonsuzlaştırma hedefleriyle uyumlu olabilir.

## 2.7. AVRUPA YEŞİL MUTABAKATI

Avrupa Yeşil Mutabakatı (The European Green Deal), Avrupa Birliği'nin 2050 yılına kadar AB'yi net sera gazı emisyonlarının olmadığı ve ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırıldığı modern, kaynak açısından verimli ve rekabetçi bir ekonomiye sahip adil ve müreffeh bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan yeni bir büyüme stratejisidir. AB doğal sermayesini koruyup geliştirirken, aynı zamanda vatandaşların sağlığını ve refahını çevre kaynaklı risk ve etkilerden korumayı da amaçlamaktadır (The European Green Deal, 2019: 1).

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın genel amaç ve hedefleri şu şekildedir (Yeşil Düşünce Derneği, 2020: 6) :

- 2030 ve 2050 için AB'nin iklim hedeflerini arttırmak.
- Temiz, ulaşılabilir ve güvenli enerji sağlamak.

- Temiz ve döngüsel bir ekonomi için endüstriyi harekete geçirmek.
- İnşaat ve yenilemede enerji ve kaynak verimli bir yol.
- Toksik içermeyen bir çevre için sıfır kirlilik hedefi.
- Ekosistemleri ve Biyo-çeşitliliği korumak ve iyileştirmek.
- Tarladan sofraya, adil, sağlıklı ve çevre dostu bir gıda sistemi tasarlamak.
- Sürdürülebilir ve akıllı hareketliliğe geçişin hızlandırılması.

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın hedeflerine ulaşmak için gereken temel politikaların ve önlemlerin başlangıç yol haritasını sunmaktadır. İhtiyaçlar geliştikçe ve politikalar formüle edildikçe güncellenecektir. Tüm AB eylemleri ve politikaları, Avrupa Yeşil Mutabakatı hedeflerine katkıda bulunmalıdır. Zorluklar karmaşık ve birbiriyle bağlantılıdır. Politika tepkisi cesur ve kapsamlı olmalı, sağlık, yaşam kalitesi, dayanıklılık ve rekabet gücü için faydaları en üst düzeye çıkarmaya çalışmalıdır (Yeşil Düşünce Derneği, 2020: 5).

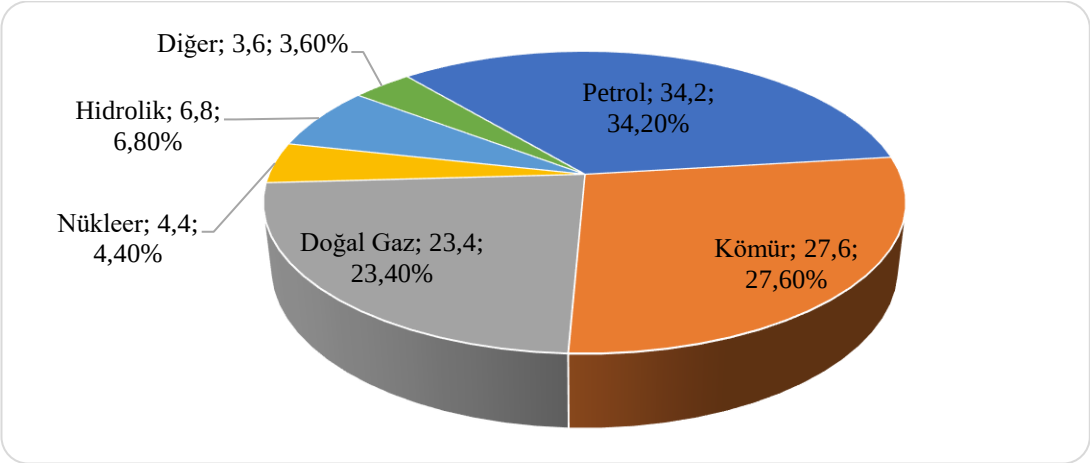
## 2.8. ENERJİNİN EKONOMİK GÖRÜNÜMÜ

Enerji ihtiyacı hiç değişmese de enerji kaynakları sürekli olarak çeşitlendirilmekte ve tüketim miktarları dönemler boyunca değişebilmektedir. Kömür 1960'lı yıllara kadar en çok tüketilen enerji kaynağıyken, petrol enerjisi kömürün yerini almıştır. Çevresel bozulmalar ve küresel ısınmayla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artmış ve buna bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji miktarı da artmaya başlamıştır. Bu bölümde dünya genelinde tüketilen enerjinin hangi kaynaklardan ne miktarlarda sağlandığına ve kişi başı değerlerle enerji miktarındaki büyümelere yer verilecektir.

### 2.8.1. Yenilenemez Enerji Ekonomik Görünümü

Yenilenemez enerji kaynakları arasında kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerji bulunmaktadır. Bu enerji kaynaklarının birincil enerji tüketimi içerisindeki payı Şekil 2.1'de yer almaktadır.

**Şekil-2.1:** Birincil Enerji Tüketimi




**Kaynak:** BP ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (2017)

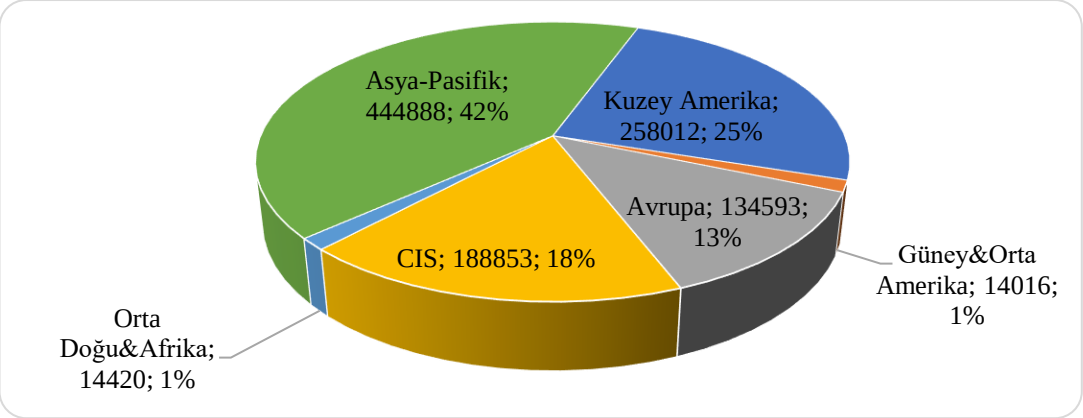
Tüketimde petrol enerjisi en yüksek paya sahiptir ve onu kömür enerjisi izlemektedir. En fazla tüketilen diğer enerji kaynakları sırasıyla doğal gaz, hidrolik enerji, nükleer enerji ve diğer enerji kaynaklarıdır.

#### 2.8.1.1. Kömür Enerjisi Ekonomik Görünümü

Kömür enerjisi, ekonomide uzun yıllar en fazla kullanılan enerji kaynağı olagelmiş, ancak zamanla yerini petrol enerjisine bırakmıştır. Buna rağmen kömür enerjisi, birincil enerji tüketimi içerisinde hâlen en fazla paya sahip ikinci enerji kaynağı durumundadır.

Şekil 2.2'de dünya genelinde var olan antrasit, bitümlü, alt bitümlü ve linyit kömürü rezervleri görülmektedir. Kömür rezervleri, çoğunluğu Asya-Pasifik ve Kuzey Amerika olmak üzere hemen hemen tüm kıtalarda bulunmaktadır. Güney Amerika ve Afrika kıtasında az miktarda kömür rezervi mevcuttur. Dünyada 2018 yılı itibarıyla kanıtlanmış toplam kömür rezerv miktarı 1.054.782 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) seviyesindedir. Mevcut kömür rezervi ve 2018 yılı tüketim miktarını veri kabul edersek, mevcut kömür rezerviyle, mevcut tüketim düzeyi yaklaşık 279 yıl daha sürdürülebilir.

**Şekil-2.2:** Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (MTEP; 2018)




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Tablo 2.1'de bölgelere göre kömür üretim ve tüketim miktarları görülmektedir. Dünya genelinde 2018 yılında tüketilen kömür miktarı yaklaşık 3.772,1 milyon ton eşdeğer petroldür. Dünya nüfusunun %40'ını barındıran Asya-Pasifik bölgesi, en fazla kömür üretilen ve tüketilen bölge konumundadır. Aynı zamanda bu bölgede yer alan Çin en fazla kömür üretiminin yapıldığı ülkedir. Kuzey Amerika bölgesi ise üretimde ve tüketimde ikinci sırada bulunmaktadır. Bu bölgede yer alan ABD en fazla kömür üreten ikinci ülkedir.

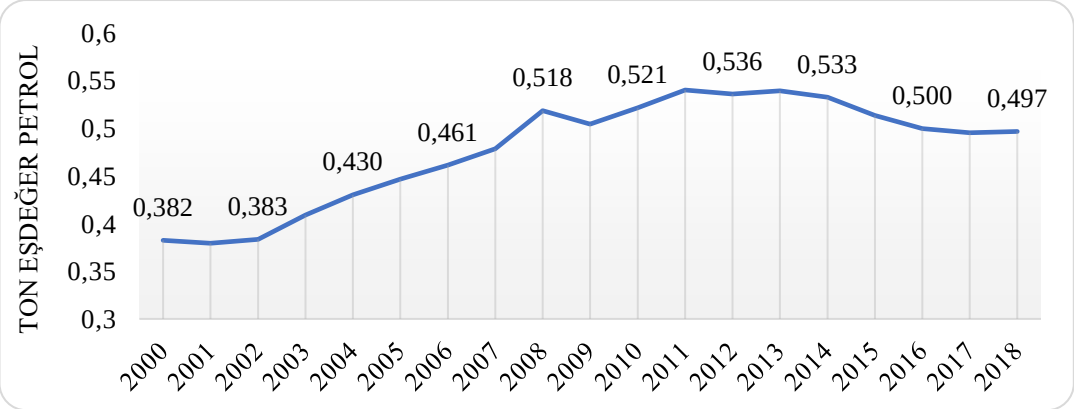
**Tablo-2.1:** Kömür Üretim ve Tüketim Miktarı (MTEP)

| Bölgeler | Üretim | | | | Tüketim | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| **Kuzey Amerika** | 466.1 | 387.1 | 410.6 | 400 | 404.8 | 371.7 | 365.1 | 343.3 |
| **G. ve O. Amerika** | 64.2 | 66.8 | 65.6 | 60 | 35.8 | 35.5 | 34.8 | 36 |
| **Avrupa** | 187.2 | 178.6 | 173.3 | 170 | 339.2 | 326.8 | 315.5 | 307.1 |
| **CIS** | 235.1 | 242.7 | 259.5 | 276 | 130 | 128.3 | 126.4 | 134.9 |
| **Orta Doğu** | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 10.5 | 9.7 | 8.2 | 7.9 |
| **Afrika** | 151.6 | 149.6 | 155.2 | 155 | 97.7 | 99.1 | 97.6 | 101.4 |
| **Asya Pasifik** | 2755.9 | 2635.2 | 2690.1 | 2853 | 2751 | 2738.9 | 2770.8 | 2841.3 |
| **Toplam** | **3860.9** | **3660.8** | **3755** | **3916.8** | **3769** | **3710** | **3718.4** | **3772.1** |

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Şekil 2.3'de kömür enerjisi kişi başına tüketim eğrisi görülmektedir. Buna göre 2000 yılında, kişi başı kömür tüketimi 0,382 ton eşdeğer petrol (TEP) olarak gerçekleşmiştir.

**Şekil-2.3:** Kişi Başı Kömür Tüketimi (TEP) [1]




**Kaynak:** World Bank ve BP Statistical Review of World Energy 2019

Dünya genelinde nüfus artışı ve ekonomik büyümeyle birlikte kömür tüketimi artmış, 2008 yılında 0,518 TEP'e yükselmiştir. İlerleyen yıllarda 0,540 TEP'e kadar çıkan kişi başı kömür tüketimi, 2018 yılında gelindiğinde 0,497 TEP olarak gerçekleşmiştir.

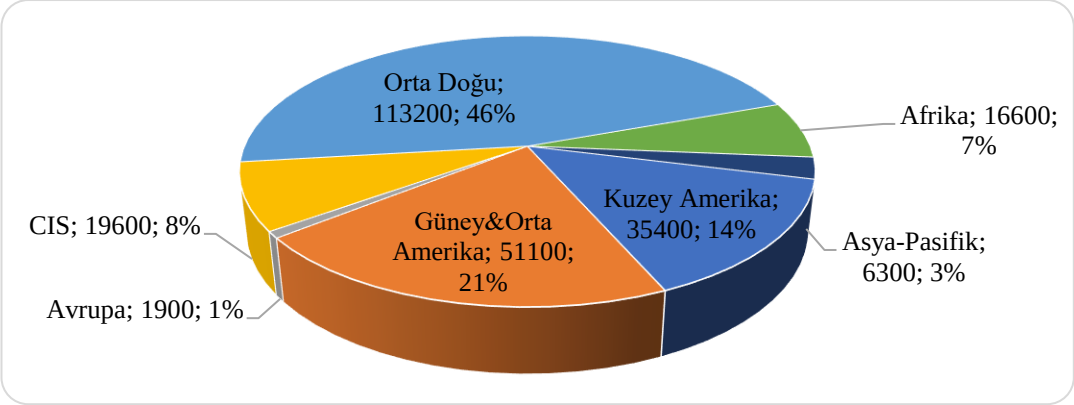
#### 2.8.1.2. Petrol Enerjisi Ekonomik Görünümü

Petrol enerjisi keşfedildikten sonra kullanımı hızla yaygınlaşmış ve 60'lı yıllara gelindiğinde en fazla kullanılan enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Günümüzde petrol enerjisi, birincil enerji tüketimi içerisinde %34,20'lik paya sahiptir ve en fazla kullanılan enerji kaynağıdır.

Şekil 2.4'de kanıtlanmış petrol rezervlerinin bölgelere göre dağılımı görülmektedir. Orta Doğu, %46 ile en fazla petrol enerjisine sahip bölge konumdadır. Orta Doğu'yu sırasıyla Güney ve Orta Amerika, Kuzey Amerika, Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS), Afrika, Asya Pasifik ve Avrupa kıtası takip etmektedir. Dünya genelinde kanıtlanmış toplam petrol miktarı 244,1 milyar ton eşdeğer petroldür. Mevcut petrol rezerv miktarı ve 2018 yılı tüketim miktarı baz alındığında, petrol rezervleri yaklaşık 52 yıl sonra tükenecektir.

[1] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum kömür tüketim verileri kullanılmıştır.

**Şekil-2.4:** Kanıtlanmış Petrol Rezervleri (MTEP; 2018)




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Dünya genelinde petrol üretim ve tüketim değerleri Tablo 2.2'de görülmektedir. Orta Doğu üretimde, Asya-Pasifik bölgesi ise tüketim de lider durumdadır. Üretim ve tüketim değerleri incelendiğinde, Kuzey Amerika ve Güney ve Orta Amerika bölgelerinin petrol üretim-tüketim miktarlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Diğer bölgelerde ise petrol üretim-tüketim miktarları arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır.

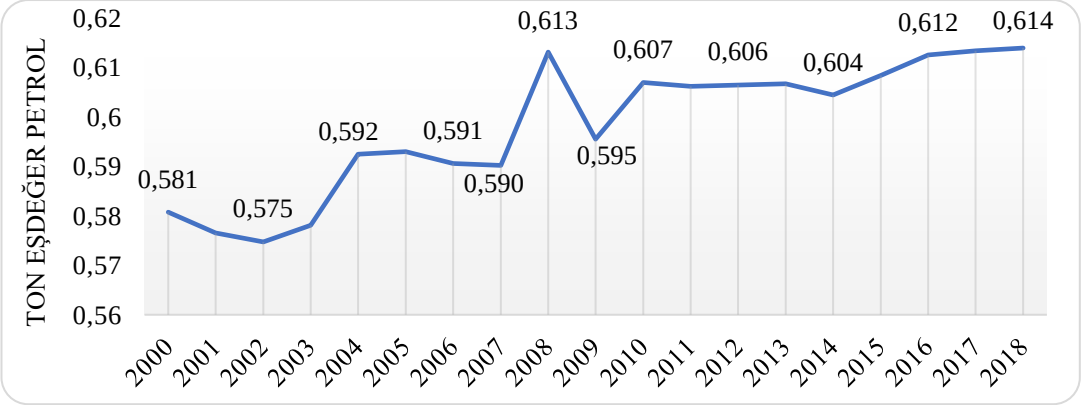
**Tablo-2.2:** Petrol Üretim ve Tüketim Miktarları (MTEP)

| ***Bölgeler*** | ***Üretim*** | | | | ***Tüketim*** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***2015*** | ***2016*** | ***2017*** | ***2018*** | ***2015*** | ***2016*** | ***2017*** | ***2018*** |
| ***Kuzey Amerika*** | 909.7 | 881.3 | 918.7 | 1027.1 | 1080 | 1091.1 | 1096.6 | 1112.5 |
| ***G.ve O. Amerika*** | 398.4 | 379.2 | 367.3 | 335.1 | 328.5 | 319.1 | 317.2 | 315.3 |
| ***Avrupa*** | 166.5 | 167.8 | 164.7 | 162.9 | 715.7 | 733.3 | 746.2 | 742 |
| ***CIS*** | 681.3 | 692.2 | 696.1 | 709.1 | 188.2 | 192.3 | 191.1 | 193.5 |
| ***Orta Doğu*** | 1411.6 | 1499.8 | 1477.9 | 1489.7 | 416.6 | 417.4 | 412.5 | 412.1 |
| ***Afrika*** | 386.8 | 363.9 | 386 | 388.7 | 187.9 | 189 | 192.1 | 191.3 |
| ***Asya Pasifik*** | 400.6 | 383.9 | 369.1 | 361.6 | 1548.9 | 1606.2 | 1651.3 | 1695.4 |
| ***Toplam*** | **4354.8** | **4368** | **4379.9** | **4474.3** | **4465.8** | **4548.3** | **4607** | **4662.1** |

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Şekil 2.5'de yıllara göre kişi başı petrol tüketim miktarları yer almaktadır. Dünya genelinde petrol üretim ve tüketim miktarları her yıl artsa da nüfus artışı dolayısıyla kişi başı petrol tüketim miktarında büyük değişiklikler görülmemektedir. Kişi başı petrol tüketimi, 2000 yılında 0,581 TEP, 2008 yılında 0,613 TEP olarak gerçekleşmiş ve küresel krizin olduğu yıl 0,595 TEP seviyesine düşmüştür. Sonraki yıllarda artış devam etmiş ve son 18 yılın en yüksek tüketimi 2018 yılında 0,614 TEP olarak kayıtlara geçmiştir.

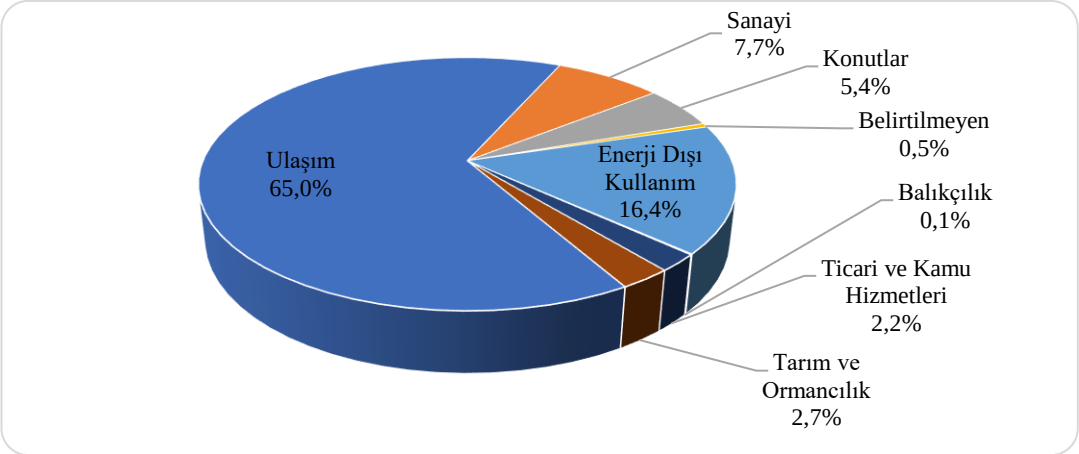
**Şekil-2.5:** Kişi Başı Petrol Tüketimi (TEP) [2]




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Şekil 2.6'da petrol enerjisinin sektörlere göre kullanım alanları görülmektedir. Petrol büyük ölçüde ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları arasında sanayi, konutlar, enerji dışı kullanım, tarım ve ormancılık, balıkçılık, ticari ve kamu hizmetleri bulunmaktadır.

**Şekil-2.6:** Petrol Enerjisi Kullanım Alanları




**Kaynak:** International Energy Agency (2018)

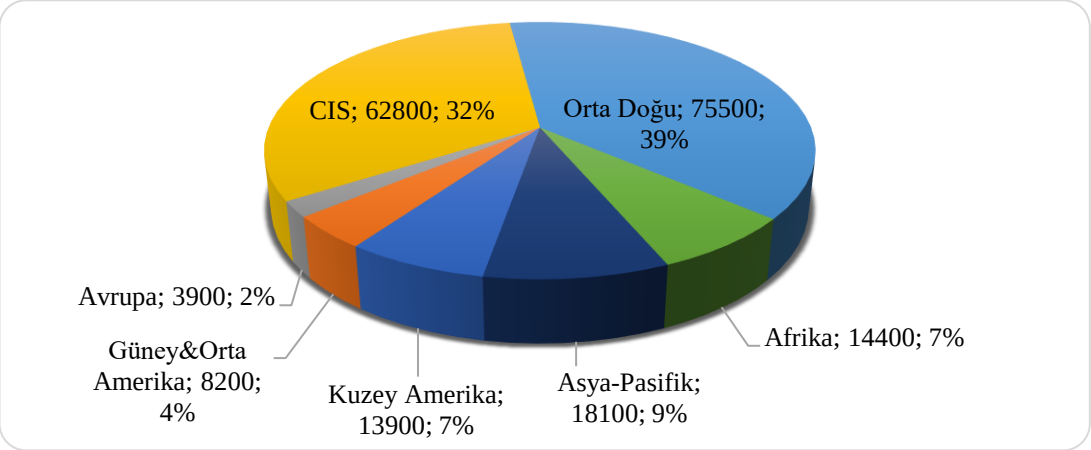
### 2.8.1.3. Doğal Gaz Enerjisi Ekonomik Görünümü

Dünyada kanıtlanmış doğal gaz rezervleri bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Şekil 2.7'de görüldüğü üzere Orta Doğu, tıpkı petrol rezervlerinde olduğu gibi doğal gaz rezervlerinde de en büyük paya sahip bölge durumundadır. Toplam 196,9 trilyon metreküp doğal gazın 75,5 trilyon metreküpü Orta Doğu'da bulunmaktadır. Orta Doğu'dan sonra Bağımsız Devletler Topluluğu 62,8 trilyon

[2] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum petrol tüketim verileri kullanılmıştır.

metreküp doğal gaz ile ikinci sırada gelmektedir. Bu bölgeleri sırasıyla 18,1 trilyon metreküp ile Asya-Pasifik, 14,4 trilyon metreküp ile Afrika, 10,8 trilyon metreküp ile Kuzey Amerika, 8,2 trilyon metreküp ile Güney ve Orta Amerika ve 3,9 trilyon metreküp ile Avrupa takip etmektedir.

**Şekil-2.7:** Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervleri (Milyar Metreküp; 2018)




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2018

Dünya genelinde 2018 yılında üretilen toplam doğal gaz miktarı 3325,8 milyon ton eşdeğer petroldür. Son yıllarda üretilen ve tüketilen doğal gaz miktarının bölgelere göre dağılımı Tablo 2.3'de görülmektedir. Orta Doğu en yüksek rezerv miktarına sahip olmasına karşın, üretimde 906,2 milyon ton eşdeğer petrol ile Kuzey Amerika bölgesi ilk sırada yer almaktadır. Kuzey Amerika bölgesini 714,6 milyon TEP üretim ile CIS, 590,9 milyon TEP ile Orta Doğu, 543,2 milyon TEP ile Asya-Pasifik, 215,5 milyon TEP ile Avrupa, 203,4 milyon TEP ile Afrika ve son olarak da 151,9 milyon TEP ile Güney ve Orta Amerika bölgesi takip etmektedir.

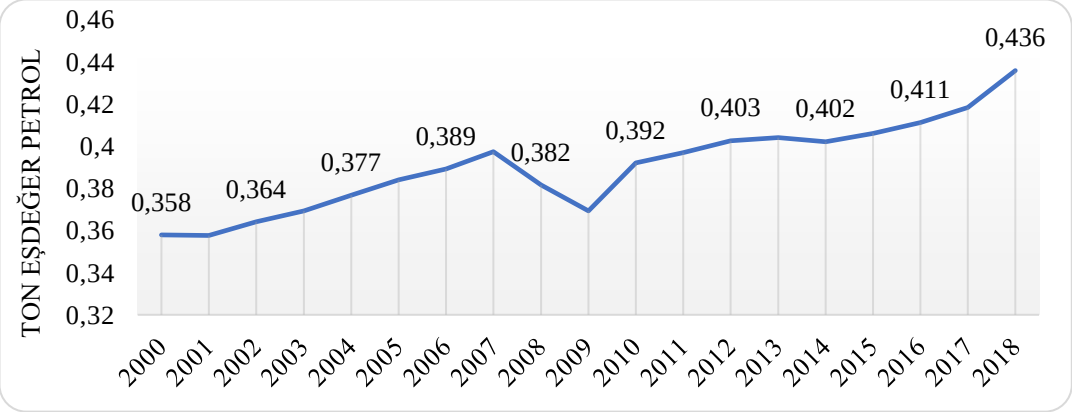
**Tablo-2.3:** Doğal Gaz Üretim ve Tüketim Miktarları (MTEP)

| ***Bölgeler*** | ***Üretim*** | | | | ***Tüketim*** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***2015*** | ***2016*** | ***2017*** | ***2018*** | ***2015*** | ***2016*** | ***2017*** | ***2018*** |
| ***Kuzey Amerika*** | 816.0 | 810.7 | 826.8 | 906.2 | 803.2 | 806.5 | 804.4 | 879.1 |
| ***G. ve O. Amerika*** | 153.1 | 151.9 | 155.0 | 151.9 | 150.2 | 147.5 | 148.4 | 144.8 |
| ***Avrupa*** | 225.0 | 224.0 | 226.3 | 215.5 | 437.5 | 462.2 | 481.9 | 472.0 |
| ***CIS*** | 640.6 | 642.4 | 678.5 | 714.6 | 455.7 | 462.4 | 472.3 | 499.4 |
| ***Orta Doğu*** | 516.1 | 536.6 | 559.2 | 590.9 | 411.3 | 430.7 | 453.2 | 475.6 |
| ***Afrika*** | 175.0 | 179.6 | 194.0 | 203.4 | 110.1 | 116.1 | 121.0 | 129.0 |
| ***Asya Pasifik*** | 485.1 | 500.1 | 522.4 | 543.2 | 612.7 | 627.1 | 660.6 | 709.6 |
| ***Toplam*** | **3010.9** | **3045.3** | **3162.3** | **3325.8** | **2980.6** | **3052.6** | **3141.9** | **3309.4** |

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Şekil 2.8'de kişi başı doğal gaz tüketim verileri görülmektedir. Doğal gaz tüketimi 2000 yılında 0,358 ton eşdeğer petrolken, 2007 yılında 0,397 TEP seviyesine yükselmiştir. Küresel krizin olduğu yıl bir miktar düşüş yaşanmış olsa da 2011 yılı itibariyle kriz öncesi tüketim düzeyine dönülmüştür. İlerleyen yıllarda kişi başı doğal gaz tüketimi artmaya devam etmiş ve 2018 yılında 0,436 TEP seviyesine ulaşmıştır.

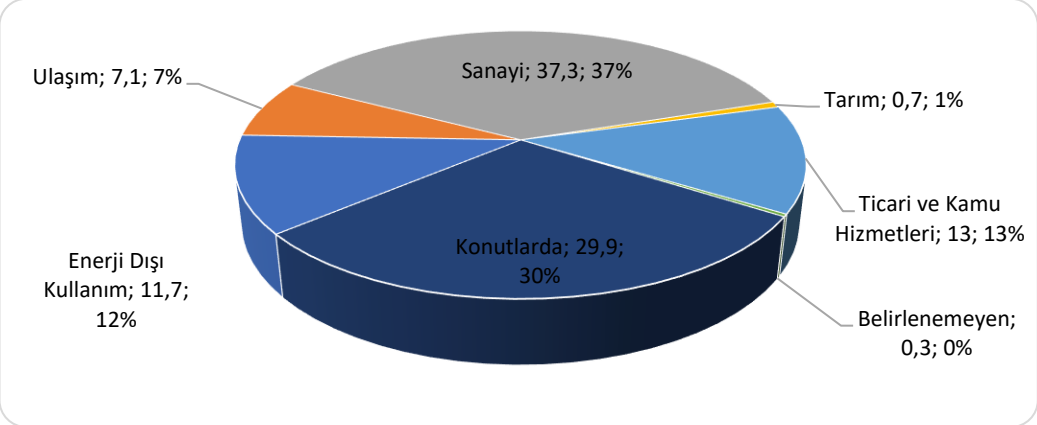
**Şekil-2.8:** Kişi Başı Doğal Gaz Tüketimi (TEP)[3]




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Doğal gaz günlük yaşamda pek çok alanda kullanılan bir enerji kaynağıdır. Şekil 2.9'de görüldüğü üzere, doğal gaz, sektörlere göre %37,30'luk bir payla en fazla sanayide ve ikinci olarak da %29,90'lık bir payla konutlarda ısınma için kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları ise %13'lük bir payla ticari ve kamu hizmetlerinde, %11,70 ile enerji dışı kullanımlarda, %7,10 ile ulaşımda ve geri kalan kısmı da tarım ve bilinmeyen faaliyetlerde kullanılmaktadır.

**Şekil-2.9:** Doğal Gazın Sektörlere Göre Kullanım Alanları



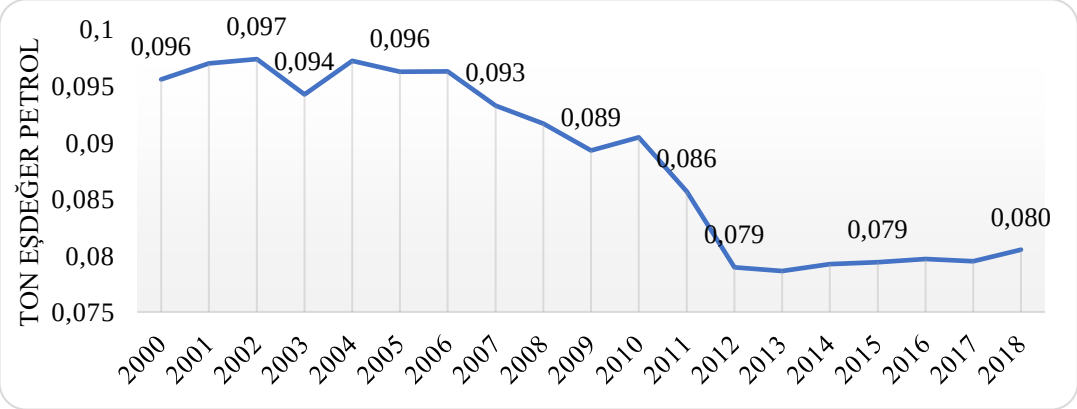

**Kaynak:** International Energy Agency

[3] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum doğal gaz tüketim verileri kullanılmıştır.

### 2.8.1.4. Nükleer Enerji Ekonomik Görünümü

Dünya genelinde kurulu 451 nükleer santral bulunmaktadır ve bu santrallerde 2018 yılında toplam 611,3 milyon ton eşdeğer petrol değerinde elektrik enerjisi üretilmiştir. Şekil 2.10'da nükleer santrallerde üretilen elektriğin kişi başı tüketim değerleri görülmektedir. 2000 yılında kişi başı tüketim 0,096 TEP seviyesindeyken, 2018 yılında 0,080 TEP seviyesine gerilemiştir. Dünya nüfusu artmaya devam ederken nükleer santrallerde üretilen elektrik miktarı bazı yıllarda azalmıştır.

**Şekil-2.10:** Nükleer Enerji Kişi Başı Tüketimi (TEP)[4]

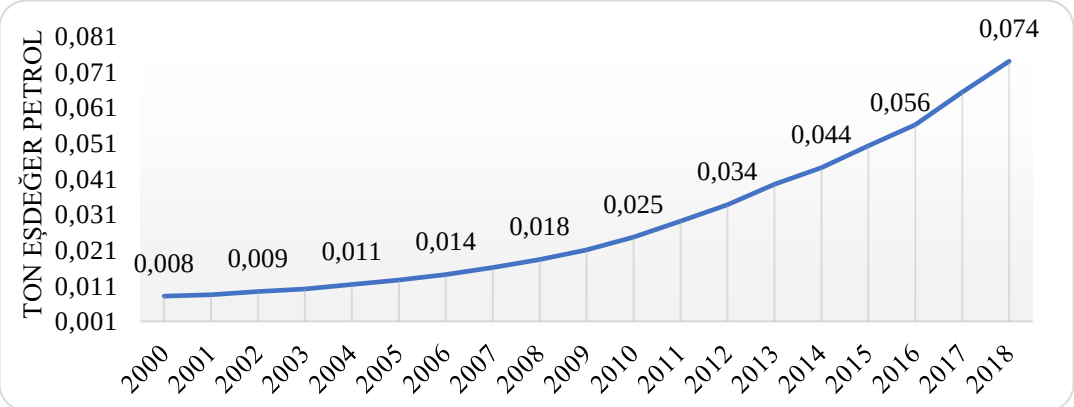



**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

### 2.8.2. Yenilenebilir Enerji Ekonomik Görünümü

Yenilenebilir enerjinin 2000 yılından itibaren kişi başı tüketim değerleri Şekil 2.11'de yer almaktadır.

**Şekil-2.11:** Yenilenebilir Enerji Kişi Başı Tüketimi (TEP)[5]

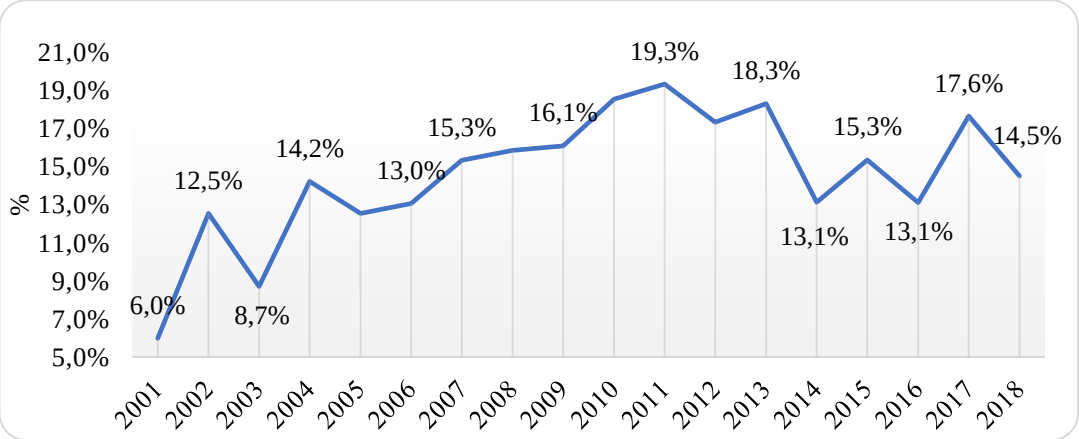



**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

[4] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum nükleer enerji tüketim verileri kullanılmıştır.
[5] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum yenilenebilir enerji tüketim verileri (hidrolik ve biyoyakıt enerjisi hariç) kullanılmıştır.

Şekil 2.12'de yenilenebilir enerji tüketimi büyüme oranları yer almaktadır. Kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi 2000'den 2018 yılına kadar tam 9,25 kat artmıştır. Ayrıca kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi büyüme oranları 2005 yılından itibaren %13 seviyesinin altına düşmemiştir.

**Şekil-2.12:** Yenilenebilir Enerji Tüketimi Büyüme Oranları



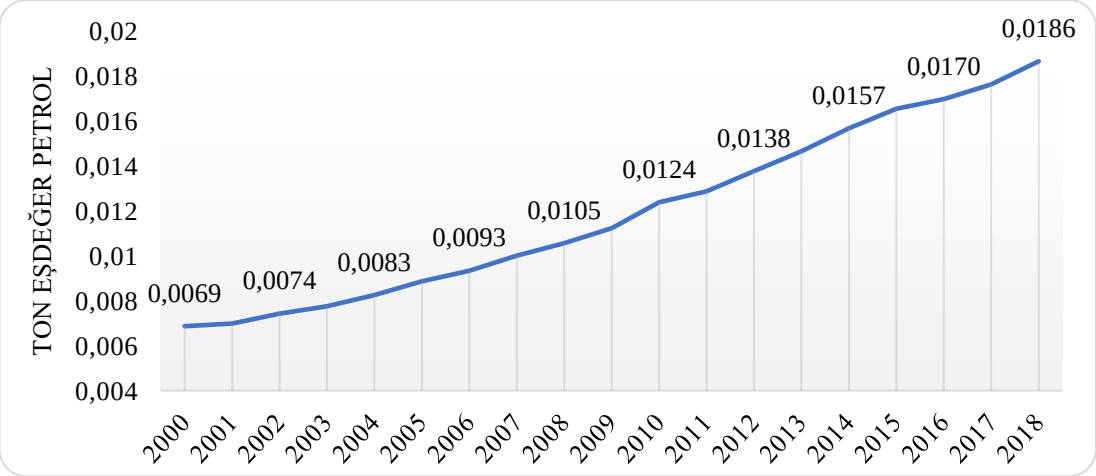

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

### 2.8.2.1. Biyokütle ve Jeotermal Enerjisi Ekonomik Görünümü

Çeşitli atıkların dönüştürülmesiyle biyogaz, etanol, hidrojen, metan, motorin gibi yakıtlar ortaya çıkmaktadır. Atıklar dönüştürülerek ekonomik bir değer yaratılmakta ve böylece enerji ihtiyacı daha az kirletici olan kaynaklardan sağlanabilmektedir. Jeotermal enerji de benzer şekilde fosil yakıtlara oranla daha az kirletici bir enerji kaynağıdır.

Şekil 2.13'de biyokütle, jeotermal ve diğer enerjilerden elde edilip tüketilen elektrik miktarının ton eşdeğer petrol karşılığı görülmektedir. 2000 yılında tüketilen enerji miktarı 0,0069 TEP seviyesindedir. Bu değer 2018 yılına gelindiğinde 0,0186 TEP düzeyindedir ve tüketim miktarı yaklaşık olarak 2,69 kat artmıştır.

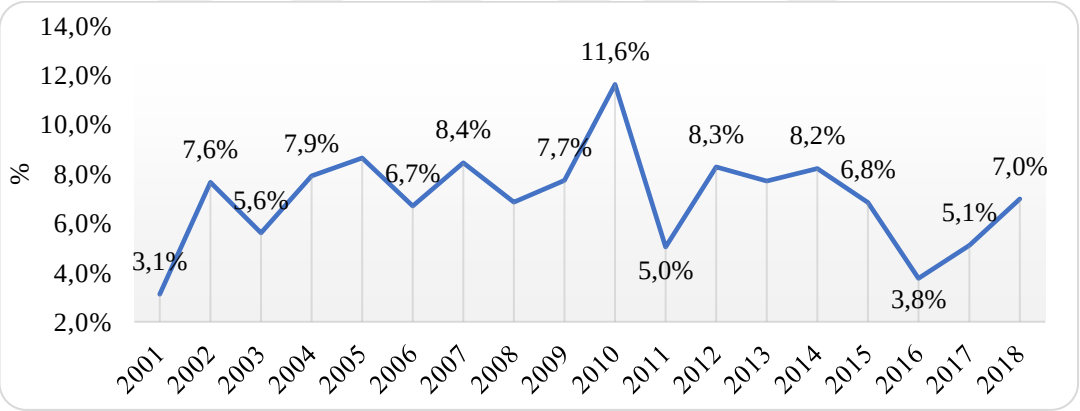
**Şekil-2.13:** Biyokütle, Jeotermal ve Diğer Enerjiler/Kişi Başı Tüketimi (TEP)[6]




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Şekil 2.14'de biyokütle, jeotermal ve diğer enerji tüketimi büyüme oranları yer almaktadır. Bu enerji kaynakların tüketim büyüme oranı 2001 yılında %3,1'iken 2018 yılında %7 olarak gerçekleşmiştir.

**Şekil-2.14:** Biyokütle, Jeotermal ve Diğer Enerjiler/Büyüme Oranları




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Söz konusu enerji kaynakları ülkelerin coğrafi ve insanların tüketim alışkanlıklarına bağlı olduğu için tüketim açısından ülkeler arasında büyük farklılıklar görülmektedir.

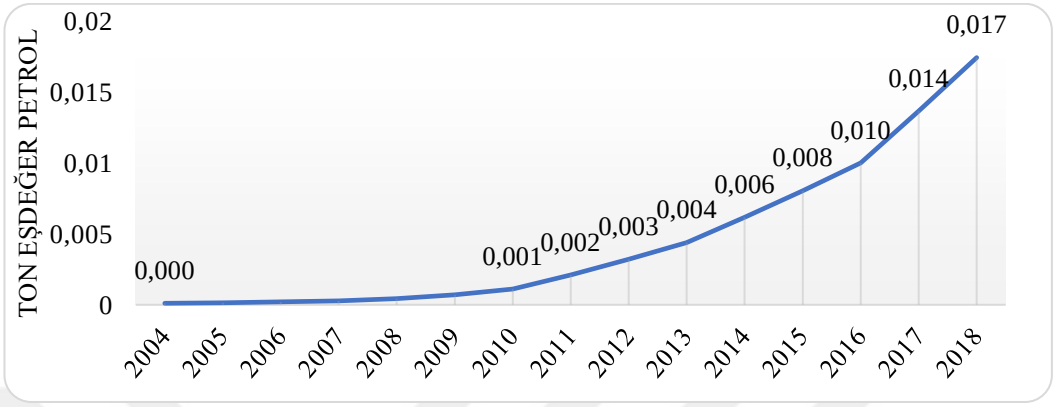
### 2.8.2.2. Güneş Enerjisi Ekonomik Görünümü

Güneş enerjisinden elde edilen enerji tüketimi 2000'li yılların başında oldukça düşük miktarlardaydı. Şekil 2.15'de görüldüğü üzere 2004 yılında kişi başı tüketim

[6] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum biyokütle, jeotermal ve diğer enerji tüketim (biyoyakıt hariç) verileri kullanılmıştır.

miktarı TEP cinsinden 0'a yakın bir düzeydedir. 2018 yılında gelindiğinde ise kişi başı tüketim miktarı 0,017 TEP düzeyine yükselmiştir.

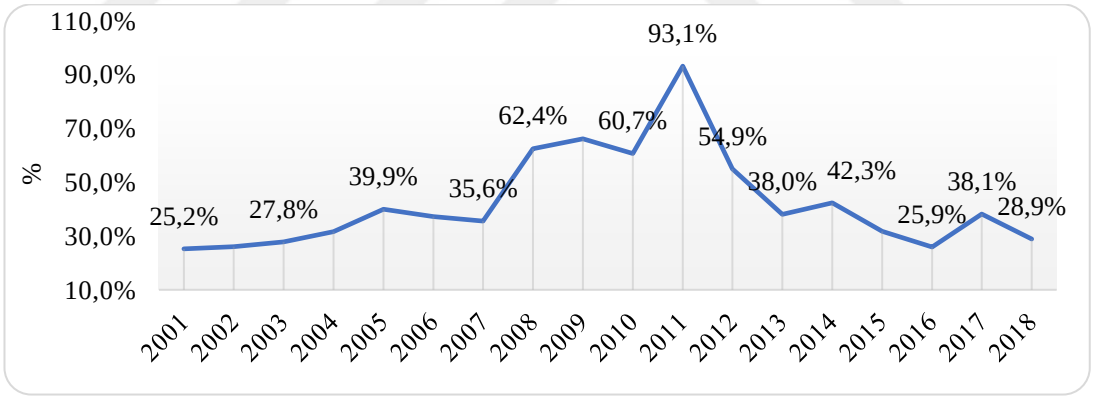
**Şekil-2.15:** Güneş Enerjisi Kişi Başı Tüketimi (TEP)[7]




**Kaynak:** International Renewable Energy Agency 2019

Şekil 2.16'da güneş enerjisi tüketimi büyüme oranları yer almaktadır. Büyüme oranları 2001 yılında bu yana %25,9 düzeyinin altına düşmezken, bazı yıllar %93,1 gibi yüksek bir düzeye ulaşmıştır.

**Şekil-2.16:** Güneş Enerjisi Tüketimi Büyüme Oranları




**Kaynak:** International Renewable Energy Agency 2019

Güneşten elde edilene enerji miktarı 2000'li yıların başında çok düşük olduğu ve bu alanda yatırımlar hızla arttığı için diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla daha hızlı bir büyüme görülmektedir.

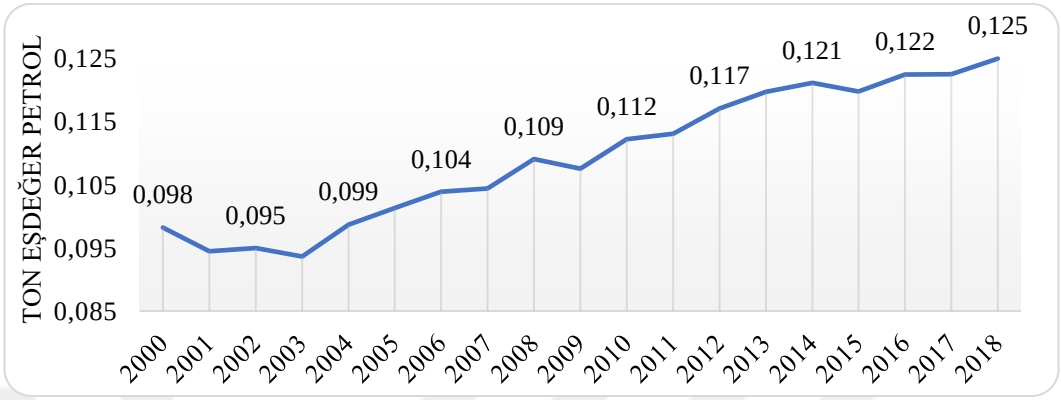
### 2.8.2.3. Hidrolik Enerji Ekonomik Görünümü

Hidrolik enerji yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde oldukça büyük bir paya sahiptir. Şekil 2.17'de görüldüğü üzere 2018 yılında hidrolik enerji ve biyoyakıt

[7] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum güneş enerjisi tüketim verileri kullanılmıştır.

hariç yenilenebilir enerji kaynakları kişi başı tüketim miktarı 0,074 TEP düzeyindeyken, hidrolik enerji kişi başı tüketimi 0,125 TEP düzeyindedir.

**Şekil-2.17:** Hidrolik Enerji Kişi Başı Tüketimi (TEP)[8]



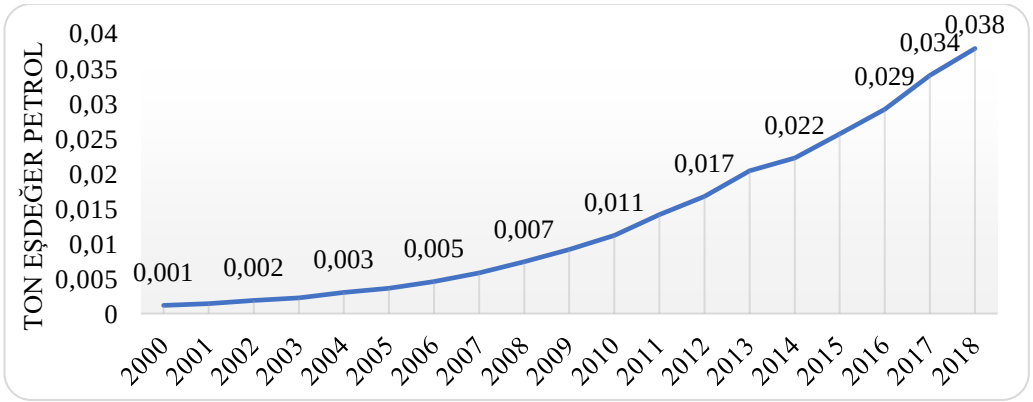

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Hidrolik enerji, yenilenebilir enerji içerisinde büyük bir paya sahip olmasının yanı sıra uzun yıllardır enerji ihtiyacının karşılanmasında büyük bir önem arz etmektedir.

### 2.8.2.4. Rüzgâr Enerjisi Ekonomik Görünümü

Rüzgâr enerjisi tüketimi her geçen yıl hızla artmaktadır. 2000 yılında kişi başı tüketim 0,001 TEP düzeyindeyken, 2018 yılında bu miktar 0,038 TEP düzeyine yükselmiştir.

**Şekil-2.18:** Rüzgâr Enerjisi Kişi Başı Tüketimi (TEP)[9]

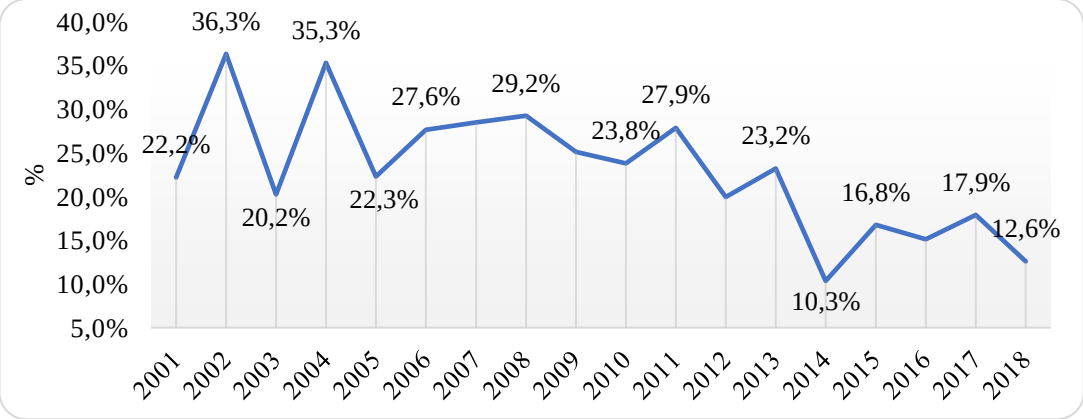



**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

[8] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum hidrolik enerji tüketim verileri kullanılmıştır.
[9] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum rüzgâr enerji tüketim verileri kullanılmıştır.

Şekil 2.19'da rüzgâr enerjisi büyüme oranları yer almaktadır. 2000'li yılların başına %20'nin üzerinde olan büyüme oranları yıllar geçtikçe azalmış, ancak %10 düzeyinin altına düşmemiştir.

**Şekil-2.19:** Rüzgâr Enerjisi Tüketimi Büyüme Oranları



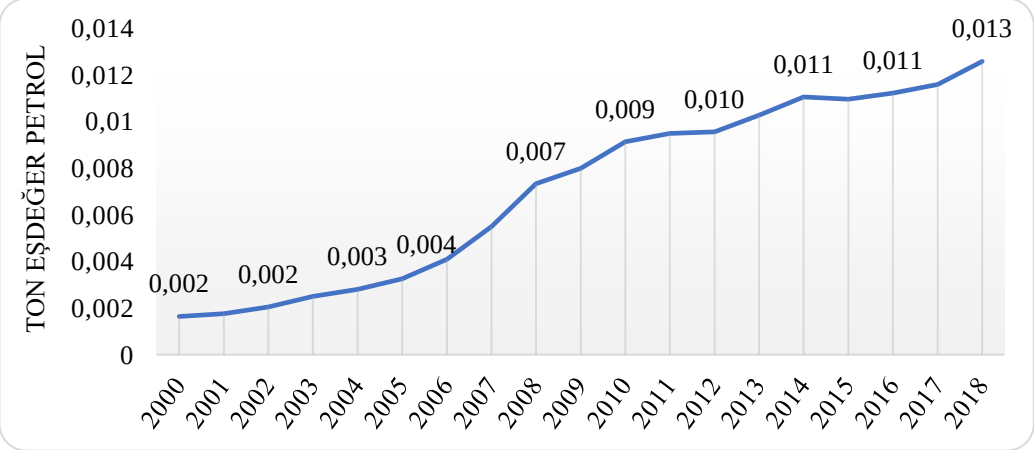

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

Rüzgâr enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi yerel bir özelliğe sahip olmasından ve çevreye verdiği zarar fosil yakıtlara oranla çok daha az olduğu için kullanımı hızla artmaktadır.

### 2.8.2.5. Biyoyakıt Enerjisi Ekonomik Görünümü

Kişi başı biyoyakıt üretimi 2000 yılında 0,002 TEP seviyesindeyken bu değer 2018 yılında 0,013 TEP düzeyine ulaşmıştır. 2000'den 2018 yılana kadar üretim miktarı yaklaşık 6,5 kat artmıştır.

**Şekil-2.20:** Kişi Başı Biyoyakıt Üretimi (TEP)[10]

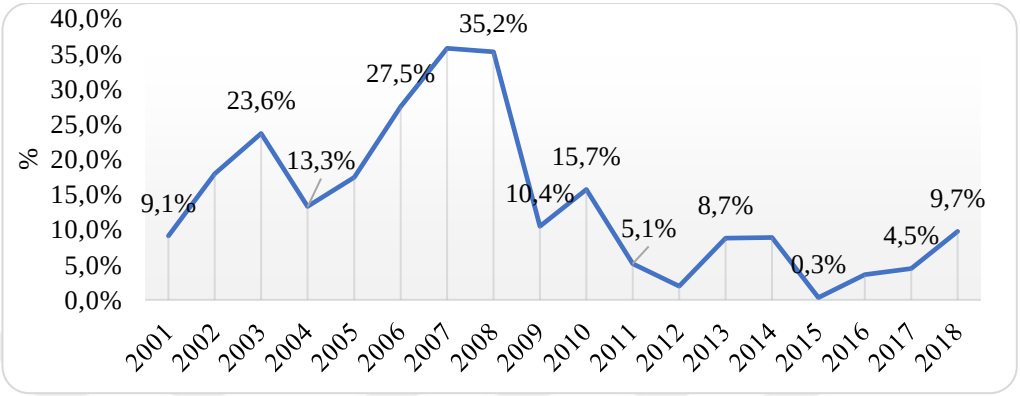



**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

[10] Kişi başına tüketim değerleri hesaplanırken, Dünya Bankası nüfus bilgileri ve British Petroleum biyoyakıt enerjisi üretim verileri kullanılmıştır.

Şekil 2.21'da biyoyakıt üretimi büyüme oranları yer almaktadır. Büyüme oranları incelendiğinde ise oldukça farklı bir seyir izlemektedir. Biyoyakıt üretimi bazı yıllar %35 artarken bazı yıllar %0'a yakın bir oranda büyümüştür.

**Şekil-2.21:** Biyoyakıt Üretimi Büyüme Oranları




**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2019

# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## 3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI TÜKETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE ETKİSİ: SEÇİLMİŞ ÜLKELER İÇİN AMPİRİK BİR ANALİZ

Tezin üçüncü bölümünde araştırma konusuyla bağlantılı olarak literatürde yer alan çalışmalara değinilecek ve ardından model ve veri seti açıklanacaktır. Yatay kesit bağımlılığı testi ile ülkelerin birinde ortaya çıkan makroekonomik bir şokun diğer ülkeleri etkileyip etkilemediği araştırıldıktan sonra değişkenler üzerinden anlamlı çıkarımlar yapılabilmesi amacıyla bireysel ve panel birim kök testleri uygulanacaktır. Ridge regresyon yöntemiyle yapılacak tahminler ise her ülke bazında, bağımlı değişken olan reel GSYH ile açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkinin anlaşılmasını sağlayacaktır. Son olarak dinamik panel veri analizi yapmaya olanak veren GMM yöntemi ile ülkelerin geneli hakkında bilgi edinilecektir.

### 3.1. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi olduğu görülürken, bazı çalışmalarda farklı sonuçlar ortaya konmuştur. Ülkelerin sahip olduğu ekonomik yapı göz önüne alındığında gelişmiş, az gelişmiş veya farklı bir kategoride değerlendirildiğinde ortaya çıkan sonuçların farklı olması şaşırtıcı olmamaktadır. Bazı ülkelerin yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik değeri GSYH'lerinde önemli bir paya sahipken bazı ülkeler için durum tam tersidir.

Tatlı (2015), 1981-2013 dönemini kapsayan veri setiyle Türkiye'de toplam enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. ARDL sınır testi ile toplam enerji tüketimi, gayrisafi sabit sermaye oluşumu, işgücü ile reel GSYH değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkisini analiz etmiştir. Test sonucuna göre reel GSYH ile diğer değişkenler arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Ntanos vd. (2018), 2007-2016 yıllarına ait veri setiyle 25 Avrupa ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başı GSYH arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmada değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak için ülkeler kümelere ayrılmış ve model ARDL testi ile tahmin edilmiştir. Test sonuçları kişi başı GSYH, yenilenebilir

enerji, yenilenemez enerji, gayrisafi sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenlerinin birbirleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca daha yüksek bir kişi başı GSYH'ye sahip olan ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başı GSYH arasında daha yüksek bir korelasyon bulunurken, daha düşük kişi başı GSYH'ye sahip olan ülkelerde, bu iki değişken arasında daha düşük bir korelasyon bulunmuştur. Elde edilen bulguların diğer çalışmalarla tutarlı olduğu görülmüştür.

Maraniş vd. (2018), 1990-2014 dönemini kapsayan veri setiyle Orta ve Doğu Avrupa'da yer alan Avrupa Birliği üyesi ülkelerde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini araştırmıştır. Çalışmada ARDL testi kullanılmıştır. Kısa vadede Romanya ve Bulgaristan için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki bulunamamış, ancak Macaristan, Litvanya ve Slovenya'da artan yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeye katkı sağladığı görülmüştür. Uzun vadede tüm ülkeler için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik hipotezi doğrulanmıştır.

Elfaki vd. (2018), 1984-2014 yıllarına ait veri setiyle Sudan'da enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini eşbütünleşme testi ile incelemiştir. Çalışmada yer alan kontrol değişkenleri gayrisafi sabit sermaye oluşumu, ticaret serbestliği ve kentsel nüfustur. Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkisi saptanmıştır. Uzun vadede enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkisi bulunmaktadır. Ayrıca gayrisafi sabit sermaye oluşumu, ticaret serbestliği ve kentsel nüfus değişkenleri ile kişi başı reel GSYH arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin varlığı saptanmıştır.

Venkatraja (2019), 1990-2015 dönemini kapsayan veri setiyle BRIC ülkelerinde yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki payının ekonomik büyüme üzerine etkisini incelemiştir. Büyüme hipotezi, yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki payı arttığında ülkenin ekonomik büyümesinin olumsuz etkilendiğini belirtmektedir. Panel regresyon modeli tahmin sonuçlarına göre büyüme hipotezi desteklenmektedir. Venkatraja'ya göre yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimi içerisindeki payının azalması BRIC ülkelerinde ekonomik büyümeyi hızlandırmaktadır. Bu sonuçlar BRIC ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki payının artması durumunda, ekonomik büyümenin bu artıştan olumsuz etkileneceği anlamına gelmektedir.

Singh vd. (2019), 1995-2016 dönemine ait veri setiyle 20 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerine etkisini araştırmaktadır. Değişkenler Panel Dinamik Sıradan En Küçük Kareler (FMOLS) regresyon modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Araştırmada yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunduğu ve bu etkinin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji üretim artışı gelişmiş ülkelerde çıktıda % 0.07 oranında, gelişmekte olan ülkelerde ise % 0.05 oranında artışa neden olmaktadır. Bu bulguların politika yapıcılar için önemli etkileri vardır ve yenilenebilir enerji üretiminin gelecekte çevresel açıdan sürdürülebilir bir ekonomik büyüme aracı olabileceği düşünülmektedir.

Maji vd. (2019), 1995-2014 dönemini kapsayan veri setiyle Batı Afrika yer alan 15 ülkede yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini araştırmaktadır. Değişkenler FMOLS ve DOLS regresyon modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketimi ekonomik büyüme üzerinde olumsuz, yavaşlatıcı bir etki yapmıştır. Araştırmacılara göre bu durum Batı Afrika'da rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi insan sağlığı üzerinde yan etkisi olmayan temiz enerji kaynakları kullanımının az olması, diğer yandan ahşap kökenli biyokütle kullanımının çevre üzerinde olumsuz etkileri olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir deyişle kirli ve verimsiz kaynaklar kullanıldığında üretkenlik azalarak ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir.

Mele (2019), Meksika için 1990-2017 yıllarına ait veri setiyle yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çalışmada Toda ve Yamamoto yaklaşımı uygulamış ve yenilenebilir enerji tüketiminden toplam gelire uzanan tek yönlü nedensellik saptanmıştır. Bu sonuç ekonomik büyüme hipotezini desteklemektedir.

Jebli vd. (2019), 1995-2010 dönemini kapsayan veri setiyle 22 Orta ve Güney Amerika ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi, ülkeyi ziyaret eden turist sayısı, doğrudan yabancı yatırımı, karbondioksit emisyonu, ticarete açıklık oranı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiştir. Değişkenler Granger nedensellik testi ile sınanmış ve kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden karbondioksit emisyonu ve ticarete açıklık oranı değişkenlerine doğru tek yönlü nedensellik

saptanmıştır. Yine turist sayısından ticarete açıklık oranı ve doğrudan yabancı yatırım değişkenlerine doğru tek yönlü nedensellik saptanmıştır. Ayrıca kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimi ve turist sayısı değişkenlerine doğru tek yönlü nedensellik olduğu bulunmuştur. Uzun dönemde ise yenilenebilir enerji tüketimi, turist sayısı, doğrudan yabancı yatırımı, ticarette açıklık oranı ve karbondioksit emisyonu arasında çift yönlü nedensellik bulunmaktadır. Araştırmacılar doğrudan yabancı yatırımı çekmenin ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmenin turizm kalkınması ve iklim değişikliğiyle mücadele konusunda faydalı politikalar sağlayacağını savunmaktadır.

Tuna ve Tuna (2019), 1980-2015 dönemine ait veri setiyle ASEAN-5 ülkelerinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Araştırmada simetrik nedenselliğin incelenmesi Hacker ve Hatemi-J (2006), asimetrik nedensellik içinse Hatemi-J (2012) testleri uygulanmıştır. Hacker ve Hatemi-J testi sonucuna göre yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Hatemi-J testi sonucu ise yenilenemez enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlardan dolayı ASEAN-5 ülkelerinin enerji politikalarında yenilenebilir enerji tüketimine yönelmeleri gerektiği anlaşılmaktadır.

Özcan ve Öztürk (2019), 1990-2016 dönemini kapsayan veri setiyle 17 gelişmekte olan ülkede yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Bootstrap Panel Nedensellik testi ile incelemiştir. Sonuçlara göre Polonya dışında 16 ülke için yenilenebilir enerji talebinden ekonomik büyümeye bir nedenselliğin olmamasından dolayı bu ülkelerde enerji tasarrufu politikaları büyüme oranları üzerinde olumsuz bir etki yaratmaz. Bununla birlikte Polonya içinse enerji korunumu politikaları ülkenin ekonomik performans seviyesini olumsuz etkileyebilir.

Bekun vd. (2019), 1996-2014 yıllarına ait veri setiyle Avrupa Birliği'nden 16 ülkeyi kapsayan çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi ve karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli ve nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Modeli sınamak için Havuzlanmış Ortalama Grup-Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi (PMG-ARDL) uygulanmıştır. Sonuçlara göre uzun vadede doğal kaynak kirası ile karbondioksit emisyonları arasında önemli pozitif bir ilişki saptanmıştır. Bu durum doğal kaynak kirasına olan aşırı bağımlılığın ülkelerin

çevresel sürdürülebilirliğini etkilediğini göstermektedir. Panel sonuçları ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemez enerji arasında bir geri besleme sistemini ortaya çıkarmıştır.

Aydın (2019), 1980-2015 dönemini kapsayan veri setiyle 26 OECD ülkesi için yenilenebilir ve yenilenemez enerji elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkini incelemiştir. Model Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi ile sınanmış ve yenilenemez enerjiden üretilen elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik saptanmıştır. Croux ve Reusens (2013) testi sonuçları ise ekonomik büyüme ile yenilenebilir ve yenilenemez enerjiden üretilen elektrik tüketimi arasında ikili geçici bir nedensellik ve kalıcı bir nedensellik olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara göre 26 OECD ülkesi için geri besleme hipotezi geçerlidir. Araştırmacılara göre; Politikalar yalnızca ekonomik büyüme açısından ele alınmamalı, aynı zamanda elektrik arz güvenliği ve çevre kalitesi açısından da incelenmelidir.

Akadiri vd. (2019), 1995-2015 dönemine ait veri setiyle Avrupa Birliği'ne dâhil olan 28 ülke için çevresel sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi (ARDL) sonuçlarına göre çevresel sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ve pozitif bir bağın varlığını kanıtlamaktadır. Buna ek olarak deneysel sonuçlar gayrisafi sabit sermaye oluşumu, karbondioksit emisyonları ve diğer çevresel faktörlerin AB'de uzun vadeli büyümenin temel belirleyicileri olduğunu göstermektedir. Dumitrescu ve Hurlin (2012) testi sonucuna göre yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve diğer büyüme belirleyicileri arasında uzun dönemli çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara dayanarak AB-28 ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı çevre kirliliğinin azaltılmasına yönelik katkı sağlayacaktır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonun azaltılması yoluyla 2030 yılına kadar sürdürülebilir kalkınma hedeflerine (SDG) AB-28 ülkelerinde büyük ölçüde ulaşılabilir.

Haseeb vd. (2019), 1980-2016 yıllarına ait veri setiyle Malezya için yenilenebilir enerji ve ekonomik refah arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ekonometrik yöntem olarak ARDL yaklaşımı uygulanmış ve uzun ve kısa dönemde yenilenebilir

enerjinin ekonomik refah üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Zafar vd. (2019), 1990-2015 dönemini kapsayan veri setiyle Asya-Pasifik Ekonomik İş birliği (APEC) örgütü üyesi ülkeleri için yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Uzun dönem denge ilişkisini anlamak için Westerlund eşbütünleşme testi, uzun dönem çıktı esnekliğini içinse Sürekli Yenilenen Tam Değiştirilmiş Sıradan En Küçük Kareler (CUP-FM) yaklaşımı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra heterojen nedensellik analizi, geri besleme etkisini, yani ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemez enerji tüketimi arasındaki çift yönlü nedensel ilişkileri ortaya koymaktadır. Bu ampirik kanıt, ülkelerin yenilenebilir enerji sektörlerine yatırımlarını artırması gerektiğini göstermektedir.

Eren vd. (2019), 1971-2015 dönemine ait veri setiyle Hindistan için finansal gelişme ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. DOLS yaklaşımı ile elde edilen bulgular ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin Hindistan örneğinde yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkilerini ortaya koymaktadır.

Naseem ve Ji (2020), 2000-2017 dönemini kapsayan veri setiyle Güney Asya Bölgesel İş birliği Örgütü (SAARC) ülkelerinde, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, karbondioksit emisyonu ve tarım arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Panel sabit etkiler modeli ile yapılan tahmin sonuçları, yenilenebilir enerji tüketiminin önemli ancak negatif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Karbondioksit emisyonu ile ekonomik büyüme arasında önemli pozitif bir ilişki varken, tarım ile herhangi bir ilişki saptanamamıştır.

Jebli vd. (2020), 1990-2015 dönemini kapsayan veri setiyle 102 ülkede karbondioksit emisyonları, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, endüstriyel katma değer ve hizmet katma değeri arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Ülkeler düşük gelirli, düşük-orta gelirli, üst-orta gelirli ve yüksek gelirli ülkeler olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Genelleştirilmiş momentler metodu, Granger nedensellik testi uygulanmış ve düşük-orta gelirli ülkeler dışında yenilenebilir enerji tüketiminin

tüm ülkelerde $CO_2$ emisyonlarının azalmasına yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer sonuçlara göre yenilenebilir enerji tüketimi yüksek ve düşük gelirli ülkelerde, endüstriyel katma değer ve hizmet katma değerini olumsuz yönde etkilemektedir. Düşük gelirli ülkeler içinse yenilenebilir enerji tüketimi endüstriyel katma değerin artmasını sağlamaktadır.

Fan ve Hao (2020), 200-2015 dönemini kapsayan veri setiyle Çin'in 31 eyaletinde yenilenebilir enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım ve gayrisafi yurt içi hasıla arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Granger nedensellik testi sonucuna göre kişi başı GSYH, kişi başı doğrudan yabancı yatırımı ile kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun vadeli ve istikrarlı bir denge ilişkisi bulunmaktadır. Buna ek olarak kısa vadede doğrudan yabancı yatırımlar yenilenebilir enerji tüketimine önemli ölçüde neden olamaz, ancak uzun vadede GSYH büyümesinde ve hedeflenen doğrudan yabancı yatırımlarda ılımlı bir yavaşlama, yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde önemli bir artış sağlayacaktır.

Le vd. (2020), 1996-2012 yıllarına ait veri setiyle 102 ülkede yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji kaynaklarının ekonomik büyüme ve emisyon değerleri üzerine olan etkilerini ayrı ayrı incelemiştir. Hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji tüketimi gelir düzeyine önemli ölçüde katkı sağlamakta, bu da yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesinin ekonomik kalkınmaya fayda sağladığını göstermektedir. Yenilenemez enerji tüketimi ülkelerin emisyon seviyesini önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji sadece gelişmiş ülkelerde değil, aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerde de emisyon değerlerinin azalmasını sağlamaktadır. Gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji yoluyla emisyonları kontrol etmedeki başarısının gelişmekte olan ülkeler için önemli politika sonuçları bulunmaktadır.

Pegkas (2020), Yunanistan ekonomisi için 1990-2016 dönemini kapsayan veri setiyle yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerine etkisini araştırmıştır. ARDL sınır testi sonuçları hem kısa hem de uzun dönemde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Taşkın vd. (2020), 1990-2015 dönemini kapsayan veri setiyle OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ticarette açıklık oranın yeşil ekonomik

büyüme üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada sıradan ve dinamik en küçük kareler ile panel Granger Nedensellik testleri kullanılmıştır. Sonuçlar; yenilenebilir enerji tüketimi ve ticarette açıklığın yeşil ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Le ve Bao (2020), 1990-2014 dönemine ait veri setiyle 16 Latin Amerika ve Karayipler için yükselen piyasa ve gelişmekte olan ekonomilerde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin sermaye, hükümet harcamaları, kurum kalitesi, finansal kalkınma ve ticaret açıklığı ilişkisini panel veri analizi ile araştırmıştır. Sonuçlar hükümet harcamaları, sermaye yatırımı, ticarete açıklık ve finansal gelişme gibi diğer faktörlerin yanı sıra seçilen ülkelerdeki ekonomik büyümeyi olumlu etkilediğini göstermektedir.

Rahman ve Velayutham (2020), 1990-2014 dönemini kapsayan veri setiyle 5 Güney Asya ülkesinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşmeyi görmek için, çalışmada Pedroni (1999, 2004) ve Kao (1999) testleri, ayrıca Tamamen Değiştirilmiş Sıradan En Küçük Kareler ve DOLS tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin ve sabit sermaye oluşumunun ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Ceteris paribus varsayımı altında, yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemeyen enerji tüketimi ve sermaye oluşumunda yaşanan %1'lik artış, ekonomik büyümeyi %0,66 artırmıştır.

Enerji-büyüme literatüründe yer alan çalışmalar incelendiğinde pek çok farklı sonuca ulaşılmaktadır. Bu farklar seçilen yöntem, örneklem ve ekonometrik modele bağlı olarak ortaya çıkmakta ve literatüre bir zenginlik katmaktadır. Tüm çalışmalara özet şeklinde Tablo 3.1'de yer verilmiştir.

**Tablo-3.1:** Literatür Taraması

| *Araştırmacılar* | *Araştırma Yöntemi* | *Dönem* | *Ülkeler* | *Sonuçlar* |
|---|---|---|---|---|
| Tatlı (2015) | ARDL | 1981-2013 | Türkiye | + |
| Ntanos vd. (2018) | ARDL | 2007-2016 | 25 Avrupa Ülkesi | -/+ |
| Merinaş vd. (2018) | ARDL | 1990-2014 | Orta ve Doğu Avrupa | + |
| Elfaki vd. (2018) | ARDL | 1984-2014 | Sudan | - |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pegkas (2019) | ARDL | 1990-2016 | Yunanistan | + |
| Venkatraja (2019) | Panel Veri Analizi | 1990-2015 | BRIC Ülkeleri | - |
| Singh ve Nyuur (2019) | FMOLS | 1995-2016 | 20 Ülke | + |
| Maji vd. (2019) | Panel Dinamik Sıradan EKK | 1995-2014 | Batı Afrika-15 Ülke | - |
| Mele (2019) | Toda ve Yamamoto Yaklaşımı | 1990-2017 | Meksika | Tek Yönlü Nedensellik Var |
| Jebli vd. (2019) | Granger Nedensellik Analizi | 1995-2010 | 22 Orta ve Güney Amerika Ülkesi | Çift Yönlü Nedensellik Var |
| Tuna ve Tuna (2019) | Hacker ve Hatemi-J, Hatemi-j | 1980-2015 | ASEAN-5 Ülkeleri | Nedensellik Yok |
| Özcan ve Öztürk (2019) | Bootstrap Panel Nedensellik Testi | 1990-2016 | 17 Gelişmekte Olan Ülke | Nedensellik Yok |
| Bekun vd. (2019) | PMG-ARDL | 1996-2014 | AB-16 Ülke | Geri Besleme Hipotezi |
| Aydın (2019) | Dumitrescu-Hurlin (2012) Panel Nedensellik | 1980-2015 | OECD-26 Ülke | Geri Besleme Hipotezi |
| Akadiri vd. (2019) | ARDL | 1995-2015 | AB 28 Ülke | Çift Yönlü Nedensellik Var |
| Haseeb vd. (2019) | ARDL | 1980-2016 | Malezya | + |
| Zafar vd. (2019) | CUP-FM vd. | 1990-2015 | 16 APEC Ülkesi | Çift Yönlü Nedensellik Var |
| Eren vd. (2019) | DOLS | 1971-2015 | Hindistan | + |
| Jebli vd. (2020) | Genelleştirilmiş Momentler Metodu | 1990-2015 | 102 Ülke | -/+ |
| Fan ve Hao (2020) | Granger Nedensellik Testi | 2000-2015 | Çin-31 Eyalet | -/+ |
| Le vd. (2020) | Panel Veri Analizi | 1996-2012 | 102 Ülke | + |
| Taşkın vd. (2020) | OLS, DOLS vd. | 1990-2015 | OECD | -/+ |
| Phong ve Bao (2020) | Panel Veri Analizi | 1990-2014 | 16 Latin Amerika Ülkesi | -/+ |
| Rahman ve Velayutham (2020) | FMOLS, DOLS vd. | 1990-2014 | 5 Güney Asya Ülkesi | + |

**Kaynak:** İlgili Tablo (3.1) çalışmanın yazarı tarafından hazırlanmıştır.

### 3.2. MODEL VE VERİ SETİ

Ekonomi açısından, enerji oldukça önemli ve hayati bir role sahiptir. Bu nedenle enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi geçmişten bugüne literatürde çokça araştırılan konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmada "yenilenemez enerji" tüketimi yerine "yenilenebilir enerji" tüketiminin tercih edilmesinin nedeni, yenilenebilir enerjinin, güncel ekonomik ve ekolojik sorunlar düşünüldüğünde, büyük bir öneme sahip olmasıdır. Fosil kaynakların sonsuza kadar ekonomileri besleyemeyeceği ve yeni kaynakların bulunması zorunluluğu yenilenebilir enerjinin önemini artırmıştır. Dolayısıyla literatürde daha önce çoğunlukla tercih edilen yenilenemez enerji tüketimi yerine yenilenebilir enerji tüketimi tercih edilmiştir.

Modelde yer alan diğer değişkenler ise reel gayrisafi yurt içi hasıla, gayrisafi sabit sermaye oluşumu, işgücü, kentsel nüfus ve son olarak karbondioksit emisyonu verilerinden oluşmaktadır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile GSYH arasındaki bağı incelemek üzere, geleneksel neo-klasik tek sektörlü toplam üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Bu yaklaşım Inglesi-Lotz (2016), Lee ve Chang (2008) ve Maku ve Ikpuri (2020) tarafından önerilen panel veri analizi Khan vd. (2020) ve Bulut ve Apergis (2020) tarafından önerilen zaman serisi veri analizinde kullanılan yöntemi takip etmektedir.

Uzun vadede ekonomik büyüme üzerine yenilenebilir enerji tüketiminin etkisini analiz etmek üzere Zhao vd. (2016) ve Omri vd. (2014) yaptıkları çalışmalarda Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Bu çalışmada neoklasik üretim foksiyonun genişletilmiş bir versiyonu (3.1) kullanılmıştır.

$$GDP = f(RE, GFCF, LB, UP, CO2) \qquad (3.1)$$

Değiştirilmiş Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda yer alan değişkenlerin açıklamaları şu şekildedir:

**Reel gayrisafi yurt içi hasıla (*GDP*):** Ülkelerin, genellikle bir yıl içerisinde yapmış olduğu ekonomik faaliyetlerin parasal olarak ifade edilen bir performans göstergesidir. Reel GSYH verileri Amerikan Doları cinsinden 2010 sabit fiyatları ile hesaplanmış ve Dünya Bankası veri tabanı Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)'nden alınmıştır. Reel GSYH değişkeni Rahman ve Velayutham (2020), Wang ve Wang (2020) ve Le vd. (2020) tarafından önerildiği gibi ve ayrıca bu tez çalışmasının temel hipotezine (büyüme hipotezi) de uygun olarak modele bağımlı değişken olarak eklenmiştir.

**Yenilenebilir enerji (*RE*):** Ülkelerin öz kaynaklarından sağlanabilmesi ve başka ülkelere olan bağımlılığı azaltması açısından oldukça önemlidir. Çalışmada kullanılan yenilenebilir enerji tüketimi verileri; 1991-2015 yıllarını kapsamakta ve hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr, biyokütle ve dalga enerjisinden elde edilen elektrik miktarı olarak hesaplanmıştır. Veriler ABD Enerji Bilgi Kurumu (EIA) veri tabanından alınmıştır. Milyon KW cinsinden olan veriler bin KW'a çevrilmiş ve logaritmaları alınmıştır. Öcal ve Aslan (2013) yenilenebilir enerjinin hem üretimi hem de tüketiminin ekonomi ve çevre için hayati bir rol oynadığını ve yenilenebilir enerji

tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin, çevre ve enerji politikaları bağlamında hayati önem taşıdığını ifade etmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkeni Öcal ve Aslan (2013), Saidi ve Omri (2020) ve Ivanovski vd. (2020) tarafından önerdildiği üzere yenilenebilir enerji tüketiminin reel GSYH'ye olan etkisini anlamak için modele açıklayıcı değişken olarak eklenmiştir.

**Gayrisafi sabit sermaye oluşumu (*GFCF*):** Genellikle bir yıl içerisinde özel sektör ve kamu kesimi tarafından yapılan yatırımların toplamı olarak ifade edilir. Ancak yıl içinde yapılan yatırımların tamamı yıpranma giderlerini de içerdiğinden dolayı net üretim artışı olarak ifade edilemez. Sermaye yatırımları, ülkelerin verimlilik artışı dışında üretim kapasitelerini artırmaları açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bundan dolayı gayrisafi sabit sermaye oluşumu modele açıklayıcı bir değişken olarak dâhil edilmiştir. GSSO verileri, Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır. Amerikan doları cinsinden 2010 sabit fiyatları ile hesaplanan GSSO verileri logaritması alınarak modelde kullanılmıştır. Gayrisafi sabit sermaye oluşumu verisi modelde Etokakpan vd. (2020) ve Topcu vd. (2020) tarafından açıklayıcı değişken olarak kullanılmıştır. Sermaye oluşumu reel GSYH üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmasından dolayı modelde açıklayıcı değişken olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

**Toplam işgücü (*LF*):** Ekonomilerde kayıtlı olarak istihdam edilen kişilerden oluşmaktadır. Toplam İşgücü verileri Dünya Bankası veri tabanından alınmış ve logaritması alınarak modele açıklayıcı değişken olarak dâhil edilmiştir. Toplam işgücü verisi Halim vd. (2020) ve Zhao vd. (2016) tarafından önerildiği üzere modele açıklayıcı değişken olarak eklenmiştir. Toplam işgücü verisi, tıpkı sermaye yatırımının reel GSYH üzerindeki belirleyici etkisinden dolayı modele açıklayıcı değişken olarak alınmıştır.

**Kentsel nüfus (*UP*):** Kentlerde yaşayan insanların sayısını ifade etmektedir. Kentsel nüfus verileri Dünya Bankası veri tabanından alınmış ve logaritması alınarak modele eklenmiştir. Kentsel nüfus verisi Ali vd. (2016), Wang vd. (2018) ve Solarin ve Shahbaz (2013) tarafından önerildiği üzere modele eklenmiştir. Kentleşme, bir ekonomide yapısal değişikliklere neden olduğu için enerji tüketimi üzerindeki etkisi göz ardı edilmemektedir. Kalkınma sürecinde temel bir faktör olarak dikkate alınan

kentleşme, aynı zamanda farklı ekonomik faaliyetleri içerisinde barındırması nedeniyle büyüme üzerine etkisinin incelenmesi önemli görülmüştür.

**Karbondioksit emisyon değerleri (*CO2*):** Atmosfere salınan sera gazı emisyonu miktarıdır. Veriler Dünya Bankası veri tabanından alınmış ve logaritması alınarak modele eklenmiştir. Apergis ve Payne (2009) enerji tüketiminin artması, üretim ve ekonomik faaliyetlerin dolayısıyla büyüme ve karbon emisyonun artmasıyla sonuçlanacacağını ifade etmektedir. Ekonomik büyüme, enerji ve karbon emisyonu arasındaki bu ilişki göz önünde bulundurularak karbon emisyonu değişkeni modele vekil değişken olarak dahil edilmiştir.

İncelenen dönem boyunca (3.1) Numaralı Eşitlikte dikkate alınan değişkenler arasındaki olası korelasyonu incelemek için, Apergis vd. (2010) ve Silva ve Pinho (2012) tarafından önerilen bir log-lineer spesifikasyonu kullanılmıştır. Logaritmik doğrusal model otokorelasyon ve değişen varyans gibi ekenometrik problemlerin üstesinden gelmesi ve aynı zamanda esneklikleri göstermesi açısından politika önerileri sunmada kolaylık sağladığından tercih edilmiştir. Uygulanan log-lineer spesifikasyon Eşitlik (3.2) formunda olduğu gibidir:

$$lnGDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 lnRE_{it} + \beta_2 lnGFCF_{it} + \beta_3 lnLB_{it} + \beta_4 lnUP_{it} + \beta_5 lnCO2_{it} + u_{it} \quad (3.2)$$

Değişkenlerin açıklamaları ve beklenen işaretleri Tablo 3.2'de detaylı bir biçimde yer almaktadır.

**Tablo-3.2:** Değişkenlerin Adı, Tanımı, Kaynağı ve Beklenen İşareti

| ***Değişkenler*** | ***Kısaltmalar*** | ***Tanımı*** | ***Kaynağı*** | ***Beklenen İşareti*** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ***GDP*** | ***RE*** | ***GFCF*** | ***LF*** | ***UP*** | ***CO2*** |
| Reel Gayrisafi Yurtiçi Hasıla | GDP | Reel GSYH (2010 Yılı Sabit Fiyatlarla, Amerikan Doları) | Dünya Bankası | 1 | + | + | + | + | + |
| Yenilenebilir Enerji Tüketimi | RE | Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Bin KW) | ABD Enerji Bilgi Kurumu | + | 1 | | | | |
| Gayrisafi Sabit Sermaye Oluşumu | GFCF | Gayrisafi Sabit Sermaye Oluşumu (2010 Yılı Sabit Fiyatlarla, Amerikan Doları) | Dünya Bankası | + | | 1 | | | |
| Toplam İşgücü | LF | Toplam İşgücü | Dünya Bankası | + | | | 1 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kentsel Nüfus | UP | Kentlerde Yaşayan İnsanların Sayısı | Dünya Bankası | + | 1 |
| Karbondioksit Emisyonu | CO2 | Sera Gazı Emisyonu | Dünya Bankası | + | 1 |

**Kaynak:** İlgili Tablo (3.2) çalışmanın yazarı tarafından hazırlanmıştır.

Çalışmada zaman aralığı olarak 1991-2015 dönemi ve Yenilenebilir Enerji Ülke Çekiciliği Endeksi (RECAI) sıralamasında yer alan 40 ülke arasından 33 ülke seçilmiştir. İncelenen 33 ülke ve kodları Tabloda (3.3) yer almaktadır.

**Tablo-3.3:** Çalışmada Yer Alan Ülkeler ve Kodları

| ***Ülkeler*** | ***Kod*** | ***Ülkeler*** | ***Kod*** | ***Ülkeler*** | ***Kod*** |
|---|---|---|---|---|---|
| Arjantin[b] | ARG | Birleşik Krallık[a] | GBR | Fas[c] | MAR |
| Avustralya[a] | AUS | Yunanistan[a] | GRC | Meksika[b] | MEX |
| Belçika[a] | BEL | Endonezya[b] | IDN | Hollanda[a] | NLD |
| Brezilya[b] | BRA | Hindistan[c] | IND | Norveç[a] | NOR |
| Kanada[a] | CAN | İrlanda[a] | IRL | Pakistan[c] | PAK |
| İsviçre[a] | CHE | İsrail[a] | ISR | Filipinler[c] | PHL |
| Şili[a] | CHL | İtalya[a] | ITA | Portekiz[a] | PRT |
| Danimarka[a] | DNK | Ürdün[b] | JOR | İsveç[a] | SWE |
| İspanya[a] | ESP | Japonya[a] | JPN | Tayland[b] | THA |
| Finlandiya[a] | FIN | Kenya[c] | KEN | Türkiye[b] | TUR |
| Fransa[a] | FRA | Güney Kore[a] | KOR | Amerika Birleşik Devletleri[a] | USA |

**Not:** "a" harfi "yüksek gelirli ülkeleri", "b" harfi "üst-orta gelirli ülkeleri" ve "c" harfi "düşük-orta gelirliülkeleri göstermektedir. Veriler Dünya Bankası veri tabanı Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)'nden alınmıştır.

İncelenen 33 ülkenin 2015 yılına ait yenilenebilir enerji tüketimlerinin toplam enerji tüketimi içindeki payları (*RE/E* oranı) ve brüt sabit sermaye yatırımlarının GSYH içerisindeki payları (*GSSO/GSYH* oranı) Tabloda (3.4) yer almaktadır.

**Tablo-3.4:** Ülkelerin RE/E ve GSSO/GSYH Oranları

| ***Ülkeler*** | ***re/e Oranı*** | ***gsso/gsyh oranı*** | ***Ülkeler*** | ***re/e Oranı*** | ***gsso/gsyh oranı*** |
|---|---|---|---|---|---|
| Arjantin | %10.04 | %15.56 | İtalya | %16.51 | %16.93 |
| Avustralya | %9.18 | %26.20 | Ürdün | %3.22 | %19.29 |
| Belçika | %9.20 | %22.96 | Japonya | %6.29 | %23.79 |
| Brezilya | %43.79 | %17.83 | Kenya | %72.66 | %21.61 |
| Kanada | %22.02 | %23.85 | Güney Kore | %2.70 | %29.01 |
| İsviçre | %25.29 | %23.78 | Fas | %11.31 | %28.36 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Şili | %24.88 | %23.77 | Meksika | %9.21 | %22.52 |
| Danimarka | %33.17 | %19.85 | Hollanda | %5.88 | %22.10 |
| İspanya | %16.25 | %18.01 | Norveç | %57.77 | %23.83 |
| Finlandiya | %43.23 | %21.22 | Pakistan | %46.47 | %14.10 |
| Fransa | %13.49 | %21.49 | Filipinler | %27.45 | %22.23 |
| Birleşik Krallık | %8.71 | %16.93 | Portekiz | %27.15 | %15.51 |
| Yunanistan | %17.17 | %11.55 | İsveç | %53.24 | %23.75 |
| Endonezya | %36.87 | %32.81 | Tayland | %22.86 | %24.52 |
| Hindistan | %36.02 | %28.73 | Türkiye | %13.37 | %29.70 |
| İrlanda | %9.08 | %24.05 | Amerika Birleşik Devletleri | %8.71 | %20.37 |
| İsrail | %3.70 | %19.16 | - | - | - |

**Not:** "a" harfi "yüksek gelirli ülkeleri", "b" harfi "üst-orta gelirli ülkeleri" ve "c" harfi "düşük-orta gelirli ülkeleri göstermektedir. RE/E ve GSSO/GSYH verileri Dünya Bankası veri tabanı Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)'nden alınmıştır.

Tabloda (3.4) görüldüğü üzere en yüksek GSSO/GSYH oranına sahip 3 ülke sırasıyla Endonezya, Türkiye ve Günek Kore'iken, en düşük GSSO/GSYH oranına sahip ülkeler Yunanistan, Pakistan ve Portekiz'dir. Diğer yandan, en yüsek RE/E oranına sahip ülkeler Kenya, Norveç ve İsveç'iken, en düşük RE/E oranına sahip ülkeler Güney Kore, Ürdün ve İsrail olarak sıralanmaktadır.

### 3.3. YÖNTEM

Çalışmada yöntem olarak değişkenlerin deterministtik özelliklerini belirlemek amacıyla yatay kesit bağımlılık testleri, Panel KPSS birim kök testi, Levin, Lin ve Chu, Genelleştirilmiş Dickey-Fuller, Philips ve Peron birim kök testleri uygulanacaktır. Daha sonra Ridge Regresyon ve Genelleştirilmiş Momentler Metodu ile değişkenler arasındaki ilişkiler araştırılacaktır.

#### 3.3.1. Panel Veri Yöntemi

Ekonometrik çalışmalarda zaman serisi, yatay-kesit ve havuzlanmış veya panel veri olmak üzere üç farklı veri seti kullanılmaktadır. Zaman serisi, bir değişkenin (örneğin aylık enflasyon verisi gibi) farklı zamanlarda aldığı değerler kümesidir. Yatay-kesit, bir veya birden çok değişken için aynı zaman noktasında derlenen verilerdir. Panel veri ise yatay-kesit ve zaman serisi verilerinin özelliklerini bir araya getirir (Gujarati, 2016: 42-43).

Panel verinin önemi ve faydası şöyle açıklanabilir (Gujarati, 2016: 405-406, Baltagi, 2005: 4-7):

- Panel veriler incelediği değişkenleri (firmalar, bireyler vs.) zaman içerisinde ele aldığı için, bu değişkenlerde heterojenlik olur ve bunu gözlemlemek zordur. Panel veri yönteminde özneye özgü değişkenlere yer verilerek bu heterojenlik göz önünde bulundurulmaktadır.
- Panel veri, yatay-kesit zaman verileri serilerini bir araya getirir ve böylece değişkenler arası doğrusal bağlantı sorununu azaltır ve daha çok serbestlik derecesi sağlar.
- Sadece zaman serisi veya yatay-kesit verilerinde gözlemlenemeyen değişimleri panel veri daha etkili bir biçimde bulabilir ve ölçebilir.
- Ölçek ekonomileri ve teknolojik değişim gibi olgular panel veriyle daha etkili incelenebilir.

Statik panel veri modeli Eşitlik 3.3'de yer almaktadır:

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + u_{it}\ , \qquad i = 1,2,\dots,N\ ,\quad t = 1,2,\dots,T \tag{3.3}$$

Eşitlikte (3.3) yer alan $i$ hanehalkı, firmalar, bireyler vb. oluşturduğu yatay-kesit serisi ve $t$ de zaman serisi boyutunu göstermektedir. $\beta$ katsayısı $K \times 1$ ve $X_{it}$ ise $K$ açıklayıcı değişkeninin $it$'inci gözlem değeridir (Das, 2019: 501-502).

$$u_{it} = \mu + v_{it} \tag{3.4}$$

Eşitlikte (3.4) $u_i$ gözlemlenemeyen bireysel etkiyi, $v_{it}$ ise artıkları (veya kalıntıları) göstermektedir.

### 3.3.2. Dinamik Panel Veri Yöntemi

Ekonomik ilişkiler çoğunlukla dinamik bir yapıdadır ve panel verinin avantajı da araştırmacının bu dinamik yapıyı daha iyi anlamasını sağlamasıdır. Bu dinamik ilişkiler, ekonometrik modelde regresörler arasındaki gecikmeli bir bağımlı değişkenin varlığı ile karakterize edilir. Yani bağımlı veya açıklayıcı değişkenlerin gecikmeli değerleri, statik panel veri modeline (Eşitlik 3.3) eklendiğinde, dinamik panel veri modeline (3.5) ulaşılır (Baltagi, 2005: 135).

$$y_{it} = \alpha_i + \delta y_{i,t-1} + x'_{it}\beta + u_{it} \qquad i = 1,2,\dots,N;\ \ t = 1,2,\dots,T \tag{3.5}$$

Eşitlik 3.6'da $\delta$ bir öz-bağlanım (regresyon) terimi, $x'_{it}$; $1 \times K$ ve $\beta$; $K \times 1$'dir. $y_{i,t-1}$ gecikmeli bağımlı değişkendir ve açıklayıcı değişkenler arasında yer almaktadır (Cameron ve Trivedi, 2005: 172-174).

$$u_{it} = \mu + v_{it} \tag{3.4}$$

Eşitlikte (3.4) $u_i$ gözlemlenemeyen bireysel etkiyi gösterir ve zamanla değişim olmaz, $u_{it}$ ise artıkları ifade etmekte ve tesadüfi bir görünüm sergilemektedir (Baltagi, 2005: 135).

Dinamik panel veri modelinin genel varsayımları şunlardır (Greene, 2016: 400):

i. Güçlü Dışsallık : $E[u_{it}|X_i, \alpha_i] = 0$,

ii. Sabit Varyans : $E[u_{it}^2|X_i, \alpha_i] = \sigma_u^2$,

iii. Ardışık-İlişki Yokluğu : $E[u_{it}u_{is}|X_i, \alpha_i] = eğer\ t \neq s\ ise$,

iv. İlişkisiz Gözlemler : $E\left[u_{it}u_{js}|X_i, \alpha_i, X_j\alpha_j\right] = 0$

$i \neq j$ için ve bütün t ve s'ler için burada T*K boyutlu $X_i$ veri matrisinin satırları $x'_{it}$'dir. Ortalamanın bağımsızlığı varsayılmıyor. "Etkiler" sabit ya da rassal olabilir.

### 3.3.3. Moment Kavramı

Moment kavramı fizik biliminde kullanılan momentum ve atalet kavramlarından türetilmiştir. Momentler kesikli veya sürekli yoğunluk fonksiyonlarına uygulanmakta ve bir rastlantı değişkeninin r'inci kuvvetlerinin beklenen değeri olarak tanımlanmaktadır. Sürekli yoğunluk fonksiyonu (Smith, 2018: 172):

$$E(x^r) = \int_{-\infty}^{+\infty} x^r f(x) d \tag{3.6}$$

Eşitliğin (3.6) sol tarafı parantez içindeki fonksiyonun beklenen değeri olarak ifade edilmektedir. Burada, $r = 1$ değerini aldığı zaman $f(x)$ yoğunluk fonksiyonunun ortalaması olmaktadır. Yani birinci moment ortalamaya göre sıfıra eşittir. Momentleri hesaplarken ortalamaya (merkezi momentler) göre hesaplamak daha faydalıdır. Ortalamayla ilgili ikinci moment varyanstır. Üçüncü moment çarpıklık ve dördüncü moment basıklıktır ve bunlar dağılımın şekli hakkında bilgi vermektedir. Momentler (Smith, 2018: 172-173):

$$\mu'_r = \int x^r f(x) dx = r^{th} \qquad basit\ moment \tag{3.7}$$

$$\mu_r = \int (x-\mu)^r f(x)dx = r^{th} \qquad merkezi\ moment, r > 1 \quad (3.8)$$

$$\mu_1 = \int xf(x)dx = ortalama = \mu = \bar{x} \quad (3.9)$$

$$\mu_2' = \int x^2 f(x)dx \quad (3.10)$$

Moment, bir rastlantı değişkeninin sıfıra göre veya ortalamaya göre çeşitli kuvvetlerinin beklenen değeri olarak da ifade edilebilir. Sıfıra göre, sıfırdan sapmaların kuvvetlerinin beklenen değeri, ortalamaya göre ise ortalamadan sapmaların kuvvetlerinin ortalamaları anlamına gelmektedir. Birinci moment merkezi konum ölçüsü (ortalama)'dür. İkinci moment olan varyans; ortalamadan uzaklıkların (farkların) karelerinin ortalaması biçiminde hesaplanmaktadır. Üçüncü moment çarpıklık ölçüsü; serinin frekans (sıklık) dağılımının simetrik dağılımdan uzaklaşma derecesini göstermektedir. Dördüncü moment çarpıklık; gözlemlerin normal dağılımın ne kadar üzerinde ya da altında bir dağılıma sahip olduğunu gösteren ölçüttür (Yücel, 2010: 94-95).

### 3.3.4. Momentler Metodu ve Genelleştirilmiş Momentler Metodu

Genelleştirilmiş Momentler Metodunun (GMM) temeli, veri ve bilinmeyen parametreler içeren ana kütle moment koşullarının belirlenmesine dayanmaktadır. Momentler metodu (MM) tahmincisi, ana kütle moment koşullarına karşılık gelen örneklem moment koşullarını göstermektedir. Örneğin örneklem ortalaması, ana kütle ortalamasının MM tahmincisi olmaktadır. MM tahmincisi için bazı durumlarda analitik çözüm olmayabilir, yine de sayısal bir çözüm olasıdır. Buna karşılık parametrelerden daha fazla moment koşulu ve dolayısıyla çözülmesi gereken denklem varsa MM tahmini olanaksız olabilir. GMM tahmincisi farklı ana kütle moment koşullarını kullanılarak elde edilen farklı GMM tahmincileri ile belirlenmiş farklı yoğunlukların (sıklıkların) farklı en büyük olabilirlik (maximum likelihood) tahminine yol açması gibi, bir dizi tahminci belirler. Momentlere dayalı tahmin yaklaşımı, alternatif gösterimlerin olası oldukları durumlarda bile yöntemleri doğrusal modellerden doğrusal olmayanlara genişletmenin kesin bir yolunu sağlayabilir (Cameron ve Trivedi, 2005: 166-167).

Arellano–Bond (1991) fark GMM, Arellano–Bover (1995) ve Blundell–Bond (1998) sistem GMM yöntemleri dinamik panel çalışmalarında giderek popüler hale

gelmiştir. Bu tahminciler şu durumlarda daha etkin sonuçlar üretmektedir (Roodman, 2009: 86):

1) T'nin küçük N'nin büyük olduğu, yani zaman aralığının az gözlem sayısının fazla olduğu durumlarda.
2) Doğrusal fonksiyonel bir ilişkinin varlığında.
3) Bağımlı değişkenin kendi geçmiş değerleriyle ilişkili olduğu dinamik süreçlerde.
4) Bağımsız değişkenlerin katı dışsal olmadığı durumlarda.
5) Otokorelasyon ve değişen varyansın olduğu, ancak kesitler arasında olmadığı durumlarda.

Sistem GMM yöntemi, birinci fark dönüşümüne alternatif olarak ortogonal sapmalar dönüşümünü önermektedir. Ortogonal sapmalar yönteminde değişkenlerin tüm mümkün gelecek değerlerinin ortalamasının farkları alınarak, tahmincilerde ortaya çıkan veri kaybı en aza indirilmeye çalışılır. Blundell ve Bond (1998) ve Soto (2009) büyük örneklemler ile yaptıkları çalışmalarda sistem GMM'in diğer tahmin yöntemlerine kıyasla en düşük sapmalı ve etkin tahminci olduğunu göstermiştir (Teyyare, 2018: 59)

### 3.3.5. Yatay-Kesit Bağımlılık Testleri

Yatay kesit bağımsızlığı, paneli oluşturan ülkelerden birine gelen bir şoktan tüm ülkelerin etkilenme derecelerinin aynı olması ve ülkelerin herhangi birinde ortaya çıkan makroekonomik şoktan paneli oluşturan diğer ülkelerin etkilenmediği varsayımına dayanmaktadır. Ancak 21. yüzyılda ekonomilerde yaşanacak bir şokun her ülkeyi aynı düzeyde etkilemeyeceği daha geçerli bir varsayım olacaktır. Bu nedenle ekonomik analiz yapılmadan önce yatay kesit bağımlılığı araştırılmalı ve eğer varsa bu sorun giderilmelidir. Aksi halde sonuçlar sapmalı ve tutarsız olabilir (Koçbulut ve Altıntaş, 2016: 152).

Çalışmada yatay kesit bağımlılığını araştırmak için 4 test uygulanacaktır. Bu testlerden ilki Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilmiş Lagrange Multiplier (LM) testidir:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \rho_{ij}^2 \qquad (3.11)$$

Eşitlikte (3.11) $H_0$hipotezi yatay kesit birimleri arasında ilişkinin bulunmadığı yönündedir. LM testinin kullanılabilmesi için zaman boyutunu gösteren $T$'nin yatay kesit boyutunu gösteren $N$'den büyük olması gerekmektedir. Ayrıca $T \rightarrow \infty$ sonusuza giderken $N$ sabit ise $\frac{N(N-1)}{2}$ serbestlik derecesinde ki-kare asimptotik dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır (Güloğlu ve İvrendi, 2010: 384). Test hipotezleri:

$H_0$: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Yatay kesit bağımlılığı sınaması için kullanılacak ikinci test Pesaran (2004) tarafından geliştirilen $CD_{LM}$ testidir:

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}(T\rho_{ij}^2 - 1)\right) \qquad (3.12)$$

$CD_{LM}$ testinde $T \rightarrow \infty$ ve $N \rightarrow \infty$ olduğu durumda yatay kesit bağımlılığının olmadığı varsayılır. Eğer yatay kesit boyutunu gösteren $N$, zaman boyutunu gösteren $T$'den büyükse, test sonuçlarında bozulmalar olmakta ve $N$ değeri arttıkça sapmalar da artmaktadır (Koçbulut ve Barış, 2016: 30). Test hipotezleri:

$H_0$: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Yatay kesit bağımlılığı sınaması için kullanılacak üçüncü test yine Pesaran (2004) tarafından geliştirilen $CD$ testidir:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\rho_{ij}\right) \qquad (3.13)$$

$CD$ testinde, $N \rightarrow \infty$ ve $T$ yeterince büyük olması ve yatay kesit bağımlılığı olmadığı durumda test istatistiği normal dağılım göstermektedir (Keskin ve Aksoy, 2019: 6). Test hipotezleri:

$H_0$: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Yatay kesit bağımlılığı sınaması için kullanılacak son test Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen sapması düzeltilmiş $LM_{adj}$ testidir:

$$LM_{adj} = \sqrt{\left(\frac{2}{N(N-1)}\right)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{J=i+1}^{N} T\rho_{ij} \frac{(T-k)\rho_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{\upsilon_{Tij}^2}} \qquad (3.14)$$

Burada $k$ regresör numarasını, $\mu_{Tij}$ , $(T-k)\rho_{ij}^2$ 'nin ortalamasını, $\upsilon_{Tij}^2$ ise $(T-k)\rho_{ij}^2$'nin varyansını belirtmektedir. Test hipotezleri:

$H_0$: Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$: Yatay kesit bağımlılığı vardır.

### 3.3.6. Ridge Regresyon

Ridge Regresyon çoklu doğrusal bağlantı sorunu yaratan, çok değişkenli regresyon verilerini analiz etmede kullanılan bir yöntemdir. Bir modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu oluştuğunda en küçük kareler yöntemi tahminleri tarafsız çıkmakta, fakat varyansları büyük olmaktadır. Bundan dolayı tahminler gerçek değerlerden uzak olabilmektedir. Bu noktada Ridge Regresyon, regresyon tahminlerine bir dereceye kadar sapma ekleyerek standart hata değerlerini düşürmektedir. Bu uygulamayla tahminlerin daha güvenilir olması beklenmektedir (NCSS Statistical Software, 2020, 1-3)

Ridge Regresyon eşitliğinin basit gösterimi Eşitlikte (3.15) yer almaktadır:

$$Y = \beta X + u \qquad (3.15)$$

Eşitlikte (3.15) $Y$ bağımlı değişken, $X$ bağımsız (açıklayıcı) değişken, $\beta$ tahmin edilen regresyon katsayısı ve $u$ hata terimidir.

Ridge regresyon ile tahmin yaparken en önemli noktalardan birisi uygun bir k değeri seçmektir. Bunun için Ridge regresyonun mucitleri olan Hoerl ve Kennard (1970) bir grafik kullanarak bu sorunu aşmaya aşmıştırlar. Bu grafik k'nin bir fonksiyonu olarak Ridge regresyon katsayılarını göstermektedir. Ridge izi izlenirken analist, regresyon katsayılarının dengede olduğu k için bir değer seçer. Genellikle regresyon katsayıları küçük k değerleri için büyük ölçüde değişecek ve daha sonra dengelenecektir. Bu nedenle regresyon katsayılarının sabit kaldığı en küçük k değeri

seçilmelidir. Ridge regresyonun varsayımları çoklu regresyonda kullanılanlarla aynıdır: doğrusallık, sabit varyans ve bağımsızlık. Ayrıca Ridge regresyon güven sınırları sağlamadığından normallik varsayımına gerek yoktur (NCSS Statistical Software, 4-5).

### 3.3.7. Panel Birim Kök Testi

Zaman serilerinde yapısal kırılmayı dikkate almayan birim kök testleri yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Bu amaçla Carrion-i-Silvestre vd. (2005) tarafından yapısal kırılmayı dikkate alan Panel KPSS birim kök testi geliştirilmiştir. Panel KPSS testi paneli oluşturan birimler arasında, yatay kesit bağımlılığı ve çoklu yapısal kırılmaların olduğu durumlarda durağanlık sınaması yapabilmeye olanak sağlamaktadır (Yalçınkaya, 2015: 154).

İki farklı türde çoklu yapısal kırılmaya izin veren, durağanlığı ifade eden sıfır hipotezini test etmek için tanımlanan model 3.16'da yer almaktadır (Carrion-i-Silvestre vd., 2005: 160):

$$y_{i,t} = \alpha_{i,t} + \beta_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \qquad i = 1,2,\dots,N;\ \ t = 1,2,\dots,T \qquad (3.16)$$

Test hipotezleri:

$H_0$: Seri durağandır.

$H_1$: Seri durağan değildir.

### 3.3.8. Genelleştirilmiş Dickey-Fuller ve Phillips-Perron Testleri

Durağanlık sınaması için birim kök testleri kullanılmaktadır. Eşitlikte (3.17) verilen modelle durağanlık sınaması şöyle açıklanabilir:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \qquad (3.17)$$

Eşitlik 3.18'de yer alan hata terimi beyaz gürültü hata terimi olarak adlandırılmaktadır. Eğer $Y_{t-1}$ teriminin katsayısı olan $\rho$=1 ise, bu serinin birim kök içerdiği anlamına gelmektedir. Ancak, $Y_{t-1}$ teriminden dolayı modelde etkinlik kaybı yaşanır ve $\rho$ katsayısında aşağı yönlü sapma ortaya çıkar. Bu durum standart hatayı artırır ve durağanlık sınaması yanlış sonuçlar verebilir. Bu sorunları aşmak amacıyla Said ve Dickey (1984) tarafından Genelleştirilmiş Dickey-Fuller testi geliştirilmiştir.

Zaman serilerinde, hata terimlerinin normal dağılıma sahip olmadığı durumlarda, regresyon modeline zaman serilerinin gecikmeli değerleri eklenerek bu sorun çözülebilmektedir. Otokorelasyon (hata terimlerinin normal dağılmaması) sorununu çözmek amacıyla, bağımlı değişkenin bir gecikmeli değeri, modele açıklayıcı değişken olarak eklenmektedir. Modelde, uygun gecikme uzunluğu belirlenirken Akaike ve Schwarz kriterleri kullanılmaktadır (Enders, 2014: 215-219).

Genelleştirilmiş Dickey-Fuller testi, sabit ve trend içeren regresyon modeli Eşitlik 3.18'de yer almaktadır.

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \beta t + \sum_{i=2}^{m} \beta_i \, \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t \qquad (3.18)$$

Eşitlikte (3.18) $i$ gecikme sayısı, $\gamma$ katsayıdır. $\gamma = 0$ değerini alırsa, bu serinin birim kök içerdiği anlamına gelmektedir. Sıfır hipotezi serinin birim kök içerdiği, yani durağan olmadığı, alternatif hipotez ise serinin durağan olduğu anlamına gelmektedir (Yılmaz, 2005: 69). Test hipotezleri:

$H_0$: Seride birim kök vardır.

$H_1$: Seride birim kök yoktur.

Bir diğer birim kök testi ise Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilmiştir. Dickey-Fuller testi, sabit varyans ve hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğu varsayımına dayanmaktadır. Phillips ve Perron (PP) ise bu varsayımlar gerçekleşmediğinde ve serilerde yapısal kırılma meydana geldiğinde DF testinin yetersiz kalacağını ifade etmiştir. Phillips ve Perron (1988) testi, hata terimlerinin normal dağılıma sahip olmaması ve değişen varyans sorununu, DF test istatistiklerini değiştirerek parametrik olmayan bir biçimde düzeltmişlerdir (Das, 2019: 326-327). PP testi hipotezleri de Fisher-ADF testi ile aynıdır.

Zaman serilerinde istatistiksel analiz yapılmadan, serinin durağan olup olmadığı mutlaka belirlenmelidir. Bir serinin durağan olması hem değişkenlerin daha başarılı tanımlanabilmesi hem de istatistiksel çıkarımlar yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Durağanlık, güçlü ve zayıf olmak üzere iki farklı türde olabilir ve zaman serilerinde zayıf durağanlık koşulunun sağlanması yeterli olmaktadır (İğde, 2010: 5).

### 3.4. EKONOMETRİK MODELLER VE BULGULAR

Tezin bu bölümünde uygulanan ekonometrik testlere ve sonuçlarına yer verilmiştir. Bu testler sırasıyla yatay kesit bağımlılık testleri, panel birim kök testi Levin, Lin ve Chu (2002), Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (1984), Philips ve Peron (1988), Ridge Regresyon (1970) ve Genelleştirilmiş Momentler Metodu'dur. LLC, ADF ve PP testleri Eviews 10 paket programı, yatay kesit bağımlılığı ve panel birim kök testleri GAUSS 10 paket programı, Ridge regresyon testleri NCSS Statistical Software paket programı ve son olarak GMM testleri Stata 16 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 3.4.1. Modelin Tanımlayıcı İstatistikleri

Regresyon modelinin tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.5'te yer almaktadır. Modelde zaman boyutu T: 25 ve yatay kesit boyutu *N*: 33 olmak üzere toplam 825 gözlem değeri bulunmaktadır. Tanımlayıcı istatistikler doğru değişkenlerin seçilip seçilmediği konusunda bilgi sağlamaktadır. Ridge regresyon yönetimi hariç tüm testlerde reel GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi, GSSO, işgücü, kentsel nüfus ve karbondioksit emisyon değerlerini gösteren değişkenler kullanılmıştır.

Tablo 3.5'te ortalama, standart sapma, maksimum, minimum ve Jarque-Bera değerleri görülmektedir. Jarque-Bera testi hata terimlerinin normal dağılımı durumunda 2 serbestlik derecesiyle ki-kare dağılımına sahiptir. Test hipotezi $H_0$ hata terimlerinin normal dağıldığını ifade etektedir.

**Tablo-3.5:** Modelin Tanımlayıcı İstatistikleri/33 Ülke Örneği

| *Değişkenler* | *Gözlem Sayısı* | *Ortalama* | *Standart Sapma* | *Maksimum* | *Minimum* | *Jarque-Bera* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***lnGDP*** | 825 | 26.87111 | 1.372087 | 30.44706 | 22.90818 | 5.657928 (0.0590) |
| **lnRE** | 825 | 8.430719 | 2.184337 | 11.64126 | 1.609438 | 387.7266 (0.000) |
| **lnGFCF** | 825 | 25.32970 | 1.422462 | 28.87096 | 21.38086 | 4.157747 (0.125) |
| **lnLF** | 825 | 25.32970 | 1.422462 | 28.87096 | 21.38086 | 4.157747 (0.000) |
| **lnCO2** | 825 | 11.91783 | 1.336631 | 15.57160 | 8.484761 | 14.62275 (0.000) |
| **lnUP** | 825 | 16.86557 | 1.260679 | 19.87797 | 14.51717 | 28.97804 (0.000) |

Jarque-Bera test değerleri ki-kare tablosuyla karşılaştırıldığında şu sonuçlara ulaşılmaktadır: lnGDP, lnRE ve lnLF, ln CO2 ve lnUP serileri için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, yani hata terimlerinin normal dağılıma sahip olmadığı söylenebilir. lnGFCF serisi için $H_0$ hipotezi reddedilememekte, yani hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir.

### 3.4.2. Yatay-Kesit Bağımlılık Test Sonuçları

Panel veri analizinde yatay kesit birimlerinin bağımlı veya bağımsız oluşu sonuçlar açısından oldukça önemlidir. Yatay kesit bağımsızlığı, paneli oluşturan birimlerin birine gelen şokun diğer ülkeleri de etkileme derecelerinin aynı olması, ülkelerin herhangi birinde ortaya çıkan makroekonomik bir şokun diğer ülkeleri etkilemediği varsayımına dayanmaktadır. Ancak bu varsayım güncel ekonomik işleyişle pek uyuşmamaktadır. Bu nedenle analize başlamadan önce birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmadığının araştırılması sonuçları daha tutarlı hale getirecektir (Mercan, 2014: 235).

Paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olması durumunda birinci nesil panel birim kök testlerinin güvenilir sonuçlar vermeyeceği düşünülmektedir. Yatay kesit bağımlılığı olması durumunda ise ikinci nesil panel birim kök testlerinin kullanılması daha tutarlı ve sapmasız sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır (Aktaran: Yalçınkaya, 2016: 150).

Yatay kesit bağımlılığı test sonuçları Tablo 3.6'da yer almaktadır. Panel veriyi oluşturan serilerde yatay kesit boyutu N: 33 ve zaman boyutu T: 25 olduğu için CD ve $LM_{Adj}$ testlerinin daha sapmasız ve tutarlı sonuçlar ürettiği kabul edilmektedir.

**Tablo-3.6:** Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

| *Değişkenler* | *LM Testi* | *$CD_{LM}$ Testi* | *CD Test* | *$LM_{Adj.}$ Testi* |
|---|---|---|---|---|
| **lnGDP** | 1137.3 (0.000)*** | 18.752 (0.000)*** | 1.118 (0.132) | -2.417 (0.992) |
| **lnRE** | 754.30 (0.000)*** | 6.964 (0.000)*** | 0.712 (0.238) | -0.920 (0.821) |
| **lnGFCF** | 1056.9 (0.000)*** | 16.278 (0.000)*** | 0.060 (0.476) | -3.215 (0.999) |
| **lnLB** | 727.95 (0.000)*** | 6.153 (0.000)*** | -2.212 (0.013)** | 6.775 (0.000)*** |
| **lnCO2** | 1008.5 (0.000)*** | 14.787 (0.000)*** | -1.588 (0.056)* | 3.566 (0.000)*** |
| **lnUP** | 985.53 (0.000)*** | 14.080 (0.000)*** | -2.027 (0.021)** | -2.370 (0.991) |
| **Tüm Model** | 748.74(0.000)*** | 6.793 (0.000)*** | 7.365 **(**0.000)*** | 11.915 (0.000)*** |

**Not:** Testlerde sabit ve trend içeren model kullanılmıştır. Parantez içerisinde verilen değerler olasılık değerlerini, diğer sayılar ise test istatistiklerini göstermektedir. "***", "**" ve "*" işareti sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımlılığı olduğunu ifade etmektedir.

Yatay kesit bağımlılığı testleri istatistik ve olasılık değerleri incelendiğinde elde edilen bulgular şu şekilde yorumlanabilir:

lnGDP serisi için LM ve $CD_{LM}$ test sonuçlarına göre olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu için $H_0$ reddedilmekte, dolayısıyla paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır. Diğer yandan CD ve $LM_{Adj.}$ test sonuçlarına göre $H_0$ hipotezi reddedilememekte, yani yatay kesit bağımlılığı olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

lnRE serisi için LM ve $CD_{LM}$ test sonuçlarına göre olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu için $H_0$ reddedilmekte, dolayısıyla paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı vardır. CD ve $LM_{Adj.}$ test sonucuna göre ise paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı yoktur.

lnGFCF serisi için LM ve $CD_{LM}$ test sonuçlarına göre olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu için $H_0$ reddedilerek yatay kesit bağımlılığı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. CD ve $LM_{Adj.}$ test sonuçlarına göre $H_0$ hipotezi reddedilememekte, bu nedenle paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı yoktur.

lnLF serisi için tüm test sonuçları incelendiğinde, $H_0$ hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. lnCO2 serisi için tüm test sonuçları yatay kesit bağımlılığı olduğunu göstermektedir. lnUP serisinde, $LM_{Adj.}$ testi hariç diğer testlere göre yatay kesit bağımlılığı olduğu anlaşılmaktadır. Modelin geneline bakıldığında paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu görülmektedir.

### 3.4.3. Panel Birim Kök Test Sonuçları

Paneli oluşturan 33 ülkeye ait seriler iki yapısal kırılmaya izin veren Panel KPSS testi ile sınanmış ve sonuçlar Tablo 3.7'de listelenmiştir. Tabloda yer alan kritik değerler bootstrap 5000 döngü ile üretilmiş, sabit ve trend içeren model kullanılmıştır. Her ülke için PKPSS testi sonucu, bootstrap kritik değerleri, kırılma sayısı ve tarihleri detaylı bir biçimde görülmektedir. Serilerde yatay kesit bağımlılığının varlığı durumunda, test istatistiklerinin bootstrap değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir.

Hesaplan PKPSS test istatistiği bootstrap kritik değerlerinden büyükse, bu serilerin durağan olduğu, eğer PKPSS test istatistiği bootstrap kritik değerlerinden küçükse, bu serilerin durağan olmadığı anlamına gelmektedir.

Tablo 3.7'de yer alan PKPSS testi istatistik değerleri incelendiğinde şu bulgulara ulaşılmıştır:

Reel gayrisafi yurt içi hâsıla (ln*GDP*): Brezilya (BRA), Birleşik Krallık (GBR) ve Meksika (MEX) hariç geri kalan 30 ülke için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla 1991-2015 döneminde bu 30 ülke için reel GSYH serilerinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Brezilya, Birleşik Krallık ve Meksika'nın ise aynı dönemde reel GSYH'leri durağandır. Brezilya ve Meksika'nın reel GSYH serisinde 2000 ve 2001 yıllarında, Birleşik Krallık için ise 2008 yılında kırılmalar gerçekleşmiştir.

**Tablo-3.7:** Bireysel Birim Kök Testi Sonuçları

| *Ülkeler* | *Değişkenler* | *Yapısal Kırılmalı PKPSS Testi* | *Bootstrap Kritik Değerler* | | | *Kırılma Sayısı ve Tarihleri* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *%90* | *%95* | *%99* | |
| **BRA** | **lnGDP** | 1.066 ** | 0.604 | 0.813 | 1.440 | 2;2000;2001 |
| **CAN** | **lnRE** | 0.730* | 0.518 | 0.802 | 1.567 | 1;2011 |
| **CAN** | **lnGFCF** | 1.417*** | 0.465 | 0.725 | 1.417 | 1;2004 |
| **CAN** | **lnCO2** | 1.213** | 0.616 | 0.836 | 1.479 | 2;1995;2009 |
| **GBR** | **lnGDP** | 0.588* | 0.585 | 0.838 | 1.531 | 2;2008 |
| **GBR** | **lnUP** | 0.899** | 0.653 | 0.863 | 1.403 | 2;2010 |
| **IDN** | **lnUP** | 1.602** | 0.844 | 1.220 | 2.290 | 2;2000;2009 |
| **IRL** | **lnGFCF** | 0.850** | 0.588 | 0.837 | 1.569 | 2;2009;2012 |
| **JPN** | **lnGFCF** | 0.468** | 0.454 | 0.653 | 1.218 | 1;2008 |
| **KEN** | **lnLF** | 2.127** | 0.862 | 1.177 | 2.232 | 2;2002;2004 |
| **KOR** | **lnCO2** | 0.731* | 0.585 | 0.828 | 1.532 | 2;2003;2012 |
| **MEX** | **lnGDP** | 0.405* | 0.362 | 0.546 | 1.074 | 2;2000;2001 |
| **MEX** | **lnCO2** | 0.800* | 0.704 | 0.994 | 1.986 | 2;1994;2001 |
| **NOR** | **lnUP** | 1.177* | 0.939 | 1.257 | 2.116 | 2;2006 |
| **PRT** | **lnCO2** | 0.534* | 0.516 | 0.709 | 1.259 | 2;2001;2009 |
| **USA** | **lnUP** | 1.201* | 0.873 | 1.209 | 2.093 | 2;2000;2009 |

**Not:** Tabloda yer alan kritik değerler bootstrap 5000 döngü ile üretilmiş, sabit ve trend içeren model kullanılmıştır. "*" işareti %10, "**" işareti %5 ve "***" işareti %1 anlamlılık düzeyinde serinin durağan olduğunu göstermektedir. Ayrıca tüm ülkeler için elde edilen test sonuçları ekler bölümünde bulunan Tablo 3.7'nin devamında yer almaktadır.

Yenilenebilir enerji (ln*RE*): Kanada (CAN) dışında geri kalan 32 ülke için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, ilgili dönemde ülkelerin yenilenebilir enerji tüketimi serilerinin durağan olmadığı görülmektedir. Yalnızca Kanada'nın yenilenebilir enerji tüketimi serisi %1 anlamlılık düzeyinde durağandır ve seride 2011 yılında bir kırılma meydana gelmiştir.

Gayrisafi sabit sermaye oluşumu (ln*GFCF*): Kanada (CAN), İrlanda (IRL) ve Japonya (JPN) hariç geri kalan 30 ülke için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla ilgili dönemde ülkelerin sermaye yatırımı serilerinin durağan olmadığı saptanmıştır. İrlanda ve Japonya için sermaye yatırımı serileri %5 anlamlılık düzeyinde, Kanada içinse %1 anlamlılık düzeyinde durağandır. Kanada'nın sermaye yatırımı serisinde 2004 yılında, Japonya'nın 2008 yılında ve İrlanda'nın 2009 ve 2012 yıllarında kırılma yaşanmıştır.

Toplam İşgücü (*LF*): Kenya (lnKEN) hariç geri kalan 32 ülke için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla ilgili dönemde ülkelerin işgücü serilerinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Kenya'nın işgücü serisi %5 anlamlılık düzeyinde durağandır.

Karbondioksit emisyon değeri (ln*CO2*): Kanada (CAN), Güney Kore (KOR), Meksika (MEX) ve Portekiz (PRT) hariç geri kalan 29 ülke için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla ilgili dönemde ülkelerin karbondioksit emisyonu serilerinin durağan olmadığı görülmektedir. Güney Kore, Meksika ve Portekiz'in CO2 serileri %1 anlamlılık düzeyinde, Kanada'nın %5 düzeyinde durağan olduğu saptanmıştır.

Kentsel nüfus (ln*UP*): Birleşik Krallık (GBR), Endonezya (IDN), Norveç (NOR) ve Amerika Birleşik Devletleri (USA) hariç geri kalan 29 ülke için için $H_0$ hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla ilgili dönemde ülkelerin kentsel nüfus serilerinin durağan olmadığı anlaşılmaktadır. Norveç ve ABD'nin kentsel nüfus değişkeni serisi %1 anlamlılık düzeyinde, Birleşik Krallık ve Endonezya'nın ise %5 seviyesinde durağandır.

### 3.4.4. Diğer Birim Kök Test Sonuçları

Levin, Lin ve Chu (LLC) (2002), Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) (1984) ve Philips ve Peron (PP) (1988) birim kök test sonuçları Tablo 3.8'de yer almaktadır. Birim kök testleri istatistik değerleri incelendiğinde elde edilen bulgular şu şekildedir:

Levin, Lin ve Chu (LLC) test sonuçlarına göre lnGDP, lnRE, lnGFCF, lnLF ve lnCO2 serileri için, sabit ve trend içeren modelde %1 anlamlılık düzeyinde $H_0$ hipotezi reddedilememekte, dolayısıyla serilerin birim kök içerdiği anlaşılmaktadır.

Fisher-ADF test sonuçlarına göre lnGDP, lnRE, lnLF ve lnCO2 serileri için $H_0$ hipotezi reddedilememekte, dolayısıyla seriler birim kök içermektedir. Fisher-PP test sonuçlarına göre lnGDP, lnRE, lnGFCF ve lnUP serilerinin birim kök içerdiği görülmektedir. Tüm test sonuçları bir arada değerlendirildiğinde serilerde birim kök olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Serilerin birinci dereceden farkları alındığında Fisher-PP testinde lnUP serisi hariç tüm seriler aynı dereceden durağan hale gelmektedir.

**Tablo-3.8:** LLC, Fisher-ADF, Fisher-PP Birim Kök Test Sonuçları

| ***Değişkenler*** | ***LLC*** | ***Fisher-ADF*** | ***Fisher-PP*** |
|---|---|---|---|
| **lnGDP** | -0.22309 (0.4117) | 46.8234 (0.9654) | 41.5810 (0.9919) |
| **lnRE** | 1.58824 (0.9439) | 58.9702 (0.7178) | 68.3486 (0.3975) |
| **lnGFCF** | -0.06272 (0.4750) | 82.0761 (0.0875)* | 49.8000 (0.9314) |
| **lnLF** | 0.35989 (0.6405) | 61.9886 (0.6172) | 96.3617 (0.0087)*** |
| **lnCO2** | 0.12384 (0.5493) | 58.1109 (0.7445) | 84.7884 (0.0596)* |
| **lnUP** | -7.97186 (0.0000)*** | 129.503 (0.0000)*** | 74.3378 (0.2252) |
| **ΔlnGDP** | -7.98867 (0.0000)*** | 204.139 (0.0000)*** | 454.408 (0.0000)*** |
| **ΔlnRE** | -9.93137 (0.0000)*** | 231.001 (0.0000)*** | 1216.20 (0.0000)*** |
| **ΔlnGFCF** | -9.66086 (0.0000)*** | 188.727 (0.0000)*** | 234.874 (0.0000)*** |
| **ΔlnLF** | -5.35300 (0.0000)*** | 143.977 (0.0000)*** | 267.442 (0.0000)*** |
| **ΔlnCO2** | -5.39380 (0.0000)*** | 220.541 (0.0000)*** | 721.963 (0.0000)*** |
| **ΔlnUP** | -2.95289 (0.0016)*** | 96.6289 (0.0083)*** | 50.0441 (0.9279) |

**Not:** Tüm birim kök testlerinde sabit ve trend içeren model kullanılmıştır. "Δ" işareti serilerin birinci farkını, "***", "**" ve "*" işaretleri de sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Gecikme uzunluğu belirlenirken ADF testi için Schwarz Bilgi Kriteri kullanılmıştır. PP testi için ise Newey-West bilgi kriteri kullanılmıştır. Tabloda yer alan Fisher-ADF ve Fisher-PP değerleri Fisher ki-kare sonuçlarını göstermektedir. Parantez içinde verilen değerler olasılık değerleri, diğer veriler ise istatistik değerleridir.

GMM tekniği, serilerin normal dağılıma sahip olmadığı ve değişen varyans veya otokorelasyon sorununun olduğu durumlarda bile güçlü tahminler yapabilmektedir. Bu nedenle LLC, Fisher-ADF ve Fisher-PP testleri serilerin deterministtik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Serilere herhangi bir dönüşüm uygulanmadan Ridge Regresyon ve GMM tahminlerine geçilmiştir.

### 3.4.5. Ridge Regresyon Sonuçları

Paneli oluşturan 33 ülke için ayrı ayrı tahmin yapmaya olanak veren Ridge regresyon modeli 3.19'da yer almaktadır. Eşitlik 3.2'de yer alan 6 değişkenli modelin aksine Ridge regresyon modelinde (3.19) ortaya çıkan ekonometrik sorunlardan dolayı karbondioksit emisyonu ve kentsel nüfus değişkenleri kullanılmamıştır.

$$lnGDP_t = \beta_0 + \beta_1 lnRE_t + \beta_2 lnGFCF_t + \beta_3 lnLF_t + u_t \qquad (3.19)$$

Ridge regresyon katsayıları belirlenirken k yanlılık sabiti büyük bir önem arz etmektedir. Ridge regresyon tahmin sonuçlarında yer alan Ridge iz grafiğine veya k analizi sonuçlarına bakarak 10'dan küçük olan Varyans Şişme Faktörü (VIF) seçilmelidir. Eğer VIF değeri 10'dan büyük olursa çoklu doğrusal bağlantı sorunu olabilmektedir. Sonraki adımda k değerine karşılık gelen regresyon katsayılar bulunur ve bu değerler standart hataya bölünür, son olarak da bulunan bu değerlerin t tablosuna bakılarak anlamlı olup olmadığı değerlendirilir.

Ridge regresyon tahmin sonuçları Tablo 3.9'da yer almaktadır.

**Tablo-3.9:** Ridge Regresyon Sonuçları

| *Ülkeler* | *k değerleri* | *Ridge Regresyon Katsayıları* | | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *lnRE* | *lnGFCF* | *lnLF* | |
| **ARG** | 0.064227 | 0.03<br>(0.94) | 0.33***<br>(9.74) | 0.94***<br>(6.77) | 0.95 |
| **AUS** | 0.073227 | 0.03<br>(0.66) | 0.30***<br>(11,03) | 0.83***<br>(9.74) | 0.95 |
| **BEL** | 0.228501 | 0.02***<br>(5.34) | 0.33***<br>(7.38) | 0.57***<br>(7.03) | 0.90 |
| **BRA** | 0.021418 | 0.26***<br>(5.47) | 0.33***<br>(9.14) | 0.42***<br>(5.35) | 0.99 |
| **CAN** | 0.209882 | 0.39***<br>(5.24) | 0.23***<br>(8.45) | 0.58***<br>(10.01) | 0.91 |
| **CHE** | 0.156743 | 0.31***<br>(5.44) | 0.22***<br>(8.14) | 0.65***<br>(10.83) | 0.93 |
| **CHL** | 0.156743 | 0.31***<br>(5.44) | 0.22***<br>(8.14) | 0.65***<br>(10.83) | 0.93 |
| **DNK** | 0.375019 | 0.01***<br>(4.75) | 0.26***<br>(6.56) | 1.16**<br>(2.00) | 0.80 |
| **ESP** | 0.072616 | 0.08***<br>(5.48) | 0.29***<br>(8.22) | 0.44***<br>(7.83) | 0.96 |
| **FIN** | 0.303906 | 0.20***<br>(5.66) | 0.35***<br>(5.99) | 1.38***<br>(3.94) | 0.86 |
| **FRA** | 0.141466 | 0.05*<br>(1.51) | 0.39***<br>(7.90) | 0.96***<br>(7.93) | 0.92 |
| **GBR** | 0.191480 | 0.03***<br>(4.30) | 0.56***<br>(7.62) | 0.72***<br>(4.89) | 0.89 |
| **GRC** | 0.128632 | 0.10***<br>(3.58) | 0.30***<br>(8.46) | 0.99***<br>(4.77) | 0.88 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **IDN** | 0.033490 | 0.17***<br>(2.79) | 0.45***<br>(11.40) | 0.77***<br>(5.45) | 0.98 |
| **IND** | 0.069941 | 0.29***<br>(4.55) | 0.29***<br>(7.52) | 1.03***<br>(4.72) | 0.96 |
| **IRL** | 0.114907 | 0.08***<br>(3.49) | 0.35***<br>(7.51) | 0.73***<br>(6.50) | 0.94 |
| **ISR** | 0.009954 | 0.00<br>(0.07) | 0.20***<br>(3.16) | 1.22***<br>(18.03) | 0.99 |
| **ITA** | 0.237124 | 0.03***<br>(2.70) | 0.34***<br>(6.75) | 0.40**<br>(2.03) | 0.73 |
| **JOR** | 0.148147 | 0.09***<br>(2.58) | 0.32***<br>(4.11) | 0.73***<br>(7.56) | 0.90 |
| **JPN** | 0.000900 | 0.11***<br>(2.89) | -0.37<br>(-2.92) | 1.68**<br>(1.97) | 0.60 |
| **KEN** | 0.121136 | 0.48***<br>(4.92) | 0.18***<br>(7.68) | 0.40***<br>(5.73) | 0.94 |
| **KOR** | 0.051698 | -0.01<br>(0.35) | 0.53***<br>(5.20) | 2.26***<br>(8.32) | 0.96 |
| **MAR** | 0.220963 | 0.21***<br>(3.75) | 0.28***<br>(7.70) | 0.64***<br>(8.33) | 0.89 |
| **MEX** | 0.181308 | 0.23***<br>(4.70) | 0.24***<br>(4.97) | 0.39***<br>(8.05) | 0.91 |
| **NLD** | 0.047751 | 0.01***<br>(2.84) | 0.24***<br>(4.32) | 1.02 ***<br>(7.77) | 0.96 |
| **NOR** | 0.312352 | 0.36**<br>(1.72) | 0.23***<br>(7.05) | 0.83***<br>(7.80) | 0.83 |
| **PAK** | 0.020244 | 0.10*<br>(1.53) | 0.33***<br>(3.77) | 0.90***<br>(11.84) | 0.98 |
| **PHL** | 0.041456 | 0.41***<br>(4.87) | 0.30***<br>(4.95) | 0.72***<br>(6.86) | 0.98 |
| **PRT** | 0.086071 | 0.11***<br>(7.11) | 0.18***<br>(5.16) | 1.03***<br>(7.31) | 0.94 |
| **SWE** | 0.109747 | 0.40***<br>(5.04) | 0.45***<br>(7.12) | -0.12<br>(-0.40) | 0.90 |
| **THA** | 0.057650 | 0.31***<br>(6.48) | 0.17***<br>(3.87) | 1.63***<br>(8.23) | 0.96 |
| **TUR** | 0.114979 | 0.13***<br>(2.60) | 0.33***<br>(7.47) | 0.76***<br>(4.09) | 0.93 |
| **USA** | 0.030714 | -0.39<br>(-0.79) | 0.24***<br>(4.30) | 1.94***<br>(9.67) | 0.97 |

**Not:** "***", "**" ve "*" işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Parantez içerisinde yer alan değerler katsayılara ait olasılık değerleridir ve anlamlılığını ölçmek için 24 (N-1) serbestlik derecesine karşılık gelen "t tablosu" değerleri ile karşılaştırılmıştır. t tablosu değerleri 0.01 anlamlılık düzeyi için p>2.492, 0.05 için p>1.711 ve 0.10 için p>1.318 biçimindedir. En uygun k değeri belirlenirken Ridge iz grafiğinin uygun sonuçları verdiği kabul edilmektedir. Dolayısıyla modellerin katsayıları belirlenirken en küçük k değeri dikkate alınmıştır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH ilişkisinin Arjantin, Avustralya, İsrail, Güney Kore ve Amerika Birleşik Devletleri için anlamsız, Fransa ve Pakistan için %10 anlam düzeyinde, Norveç için %5 ve geri kalan 25 ülke için %1 düzeyinde anlamlı olduğu saptanmıştır. Gayrisafi sabit sermaye oluşumu ile reel GSYH ilişkisi Japonya hariç geri kalan 32 ülke için %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Toplam

işgücü ile reel GSYH ilişkisi İsveç için anlamsız, Danimarka, İtalya ve Japonya için %5 anlam düzeyinde, diğer ülkelerde %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Ridge regresyon sonuçları, incelenen 33 ülkede yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin büyük ölçüde pozitif olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketimi yüksek olan ülkelerin daha büyük regresyon katsayılarına sahip olduğu görülmüştür.

### 3.4.6. Genelleştirilmiş Momentler Metodu Tahmin Sonuçları

Eşitlik 3.20'de dinamik panel GMM modeli verilmiştir. Biri bağımlı 5'i açıklayıcı olmak üzere toplam 6 değişken bulunmaktadır. GMM modelinde 1991-2015 yıllarını kapsayan "5 yıllık" ortalama verilerle çalışılmıştır. Gmm modelinde tahminler 3 yıllık ve 5 yıllık serilerle yapıldığında daha etkili sonuçlar vermektedir. Çalışmada kullanılan 33 ülke örneği sayısı ve 25 gözlem yılı dikkate alınarak 5 yıllık serilerle çalışılmasına karar verilmiştir. Sistem GMM uygulamasında, Roodman (2009) sabit terimin sadece düzey denklemlerinde kullanılmasını önermektedir. Gerçekleştirilen GMM uygulamasında ortogonal sapma kullanılarak tahminler üretilmiştir. Dolayısıyla GMM modelinde (3.20) sabit terime yer verilmemiştir.

$$lnGDP_{it} = \beta_1 L.lnGDP_{it-1} + \beta_2 lnRE_{it} + \beta_3 lnGFCF_{it} + \beta_4 lnLB_{it} + \beta_5 lnUP_{it} + \beta_6 lnCO2_{it} + u_{it} \quad (3.20)$$

Modelde yer alan değişkenlerin açıklamaları şu şekildedir:

$i$: Yatay kesit boyutunu ifade etmekte ve toplam 33 ülkeyi içermektedir.

$t$: Zaman boyutunu ifade etmekte ve 1991-2015 yıllarını kapsamaktadır.

$\beta$: Regresyon katsayısını ifade eder. Açıklayıcı değişkende meydana gelen bir birimlik değişimin bağımlı değişken üzerinde yaratacağı değişim miktarını vermektedir.

$GDP_{it}$: Reel GSYH'yi ifade etmektedir.

$L.GDP_{it-1}$: Reel GSYH'nin bir gecikmeli değeridir ve modelde açıklayıcı değişken olarak yer almaktadır.

$RE_{it}$: Yenilenebilir enerji tüketimi serisidir.

$GFCF_{it}$: Gayrisafi sabit sermaye oluşumu serisini ifade etmektedir.

$LB_{it}$: İşgücü serisini ifade etmektedir.

$UP_{it}$: Kentlerde yaşayan insanların sayısını göstermektedir.

$CO2_{it}$: Atmosfere salınan sera gazı miktarıdır.

$u_{it}$: Modelin tesadüfi hata terimidir. Ortalaması sıfır ve varyansı $\sigma^2$ olup, normal dağılım gösterdiği varsayılmaktadır.

GMM modeli sonuçlarını değerlendirmeden önce değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini anlamak için korelasyon matrisi incelenecektir. Korelasyon katsayısı $-1 < r < 1$ arasında bir değer almakta ve korelasyon sayısı 0 değerine yaklaştıkça değişkenler arasında doğrusal ilişki olmadığı anlamına gelmektedir. Korelasyon sayısı -1'e yaklaştıkça negatif ters yönlü bir ilişkiyi, 1'e yaklaştıkça ise pozitif doğrusal bir ilişkiyi göstermektedir. Tablo 3.10'da değişkenlere ait korelasyon katsayıları yer almaktadır.

**Tablo-3.10:** Korelasyon Matrisi/33 Ülke Örneği

| ***Değişkenler*** | ***lnGDP*** | ***lnRE*** | ***lnGFCF*** | ***lnLB*** | ***lnUP*** | ***lnCO2*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **lnGDP** | 1.0000 | | | | | |
| **lnRE** | 0.6733 | 1.000 | | | | |
| **lnGFCF** | 0.9869 | 0.6461 | 1.000 | | | |
| **lnLB** | 0.5852 | 0.5615 | 0.5849 | 1.000 | | |
| **lnUP** | 0.8927 | 0.5736 | 0.8997 | 0.7716 | 1.000 | |
| **lnCO2** | 0.8919 | 0.5709 | 0.8974 | 0.7825 | 0.9970 | 1.000 |

Tablo 3.10'da yer alan korelasyon katsayıları incelendiğinde reel GSYH serisi ile sermaye oluşumu serisi arasında pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmekte ve neredeyse iki serinin birlikte hareket ettiği söylenebilir. Benzer biçimde kentsel nüfus ile karbondioksit emisyon serisi arasında da pozitif doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.

Çalışmada iki farklı ülke grubu ile tahminler gerçekleştirilecektir. Bu gruplardan ilki Tablo 3.3'de yer alan 33 ülkeden, ikincisi, yine aynı tabloda yer alan "yüksek gelirli ülke" kategorisine giren 21 ülkeden oluşmaktadır. GMM tahmini yaparken ülke sayısının az olmaması gerekmekte, bu nedenle 33 ülke için bir tahmin yapılırken, yüksek gelirli 21 ülke için de ayrı bir tahmin gerçekleştirilecektir. Düşük-orta ve üst-orta gelirli ülkelerin sayısı GMM tahmini için yeterli olmadığından, bu ülkeler için ayrıca bir GMM tahmini yapılmayacaktır.

Tahmin edilen modelde bağımlı değişken reel GSYH iken bağımsız değişkenler yenilenebilir enerji tüketimi, sermaye yatırımı, işgücü, kentsel nüfus ve karbondioksit emisyonu değişkenleridir. Dinamik bir tahmin gerçekleştirebilmek için bağımlı değişkenin bir gecikmeli değeri modele bağımsız değişken olarak eklenmiştir. Model tahmin edilirken yenilenebilir enerji tüketimi, sermaye yatırımları, işgücü, kentsel nüfus ve karbondioksit emisyonundan oluşan bağımsız değişkenler modele araç değişken olarak eklenmiş ve veri kaybını en aza indirmek amacıyla da "ortogonal sapmalar dönüşümü" uygulanmıştır. Bu şekilde sonuçların daha sapmasız olması amaçlanmaktadır.

Tablo 3.11'de fark ve sistem GMM tahmin sonuçları yer almaktadır. Tabloda yer alan Wald testi değerleri, tahmin sonuçlarının tutarlılığı hakkında bilgi sağlamaktadır. Wald testi için $H_0$ hipotezi ortalamalar arasında fark olmadığı yönündedir. Fark ve sistem GMM tahmin sonuçlarına göre boş hipotez reddedilmektedir, dolayısıyla modeller bir bütün olarak anlamlıdır. Sargan testi "araç değişkenlerin" geçerliliğini sınamaktadır ve $H_0$ hipotezi "aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir" biçiminde kurulmaktadır. Fark GMM modelleri Sargan test sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilememektedir, bunun anlamı tek ve iki aşamalı fark GMM modelleri için aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir. Diğer yandan, sistem GMM sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilmektedir, dolayısıyla tek ve iki aşamalı sistem GMM modelleri için aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerli değildir.

Sargan testi modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorunları olduğu durumlarda sapmalı sonuçlar verebilmektedir. Dirençli Hansen testi ise otokorelasyon ve değişen varyans durumunda bile sapmasız sonuçlar üretebilirken araç değişken sayısı arttığı durumlarda sapmalı sonuçlar verebilmektedir. Bu noktada araç değişken sayısı az olduğu için Dirençli Hansen testi sonuçlarını dikkate almak uygun olacaktır. Dirençli Hansen testi için $H_0$ hipotezi "aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir" biçimindedir. Fark GMM modelleri için Dirençli Hansen test sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilememekte, dolayısıyla tek ve iki aşamalı fark GMM modellerinde aşırı tanımlama kısıtlamalarının geçerli olduğu, bir başka ifadeyle araç değişkenlerin geçerli olduğu anlaşılmaktadır. Sistem GMM modelleri için Dirençli Hansen test sonuçları incelendiğinde yine boş hipotez reddedilememekte, dolayısıyla tek ve iki aşamalı sistem GMM modellerinde aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir. Fark

Hansen testi araç değişkenlerin dışsallığını sınamaktadır. GMM modelinin etkin sonuçlar üretebilmesi için araç değişkenler ile hata terimleri arasında bir ilişki olmamalı, yani araç değişkenler dışsal olmalıdır. Fark Hansen testi için $H_0$ hipotezi "araç değişkenlerin dışsal" olduğu biçiminde kurulmaktadır. Dört model için Fark Hansen test sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilememektedir, dolayısıyla modellerde yer alan araç değişkenlerin dışsal olduğu anlaşılmaktadır.

Modelde otokorelasyon sorunu olup olmadığını sınayan AR (1) ve AR (2) testleri için $H_0$ hipotezi "otokorelasyon olmadığı" yönündedir. GMM tahmincisi birinci dereceden otokorelasyonun olduğu ikinci dereceden otokorelasyonun olmadığı durumlarda etkin sonuçlar üretebilmektedir. Bununla birlikte modelin etkin sonuçlar ürettiği kabul edilmesi için ikinci dereceden otokorelasyonun olmaması yeterli görülmektedir. AR (1) ve AR (2) test sonuçlarına göre fark GMM modelleri için boş hipotez reddedilememektedir, dolayısıyla tek ve iki aşamalı fark GMM modellerinde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon bulunmamaktadır. Aynı şekilde sistem GMM modelleri için de boş hipotez reddedilememektedir, dolayısıyla tek ve iki aşamalı sistem GMM modellerinde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon yoktur.

**Tablo-3.11:** Dinamik Panel Veri Tahminleri/33 Ülke Örneği

| ***Değişkenler ve Testler*** | ***Fark GMM*** | | ***Sistem GMM*** | |
|---|---|---|---|---|
| | ***Tek Aşamalı*** | ***İki Aşamalı*** | ***Tek Aşamalı*** | ***İki Aşamalı*** |
| **lnGDP (L1)** | 0.4304<br>(0.000)*** | 0.4470<br>(0.000)*** | 0.5965<br>(0.000)*** | 0.5832<br>(0.000)*** |
| **lnRE** | 0.0098<br>(0.024)** | 0.0074<br>(0.095)* | 0.0069<br>(0.315) | 0.0053<br>(0.386) |
| **lnGFCF** | 0.2170<br>(0.000)*** | 0.2125<br>(0.000)*** | 0.3323<br>(0.000)*** | 0.3343<br>(0.000)*** |
| **lnLB** | 0.3059<br>(0.006)*** | 0.2733<br>(0.006)* | 0.0046<br>(0.793) | -.0072<br>(0.712) |
| **lnUP** | -3.5969<br>(0.191) | -4.4729<br>(0.101) | 1.2632<br>(0.000)*** | 1.4000<br>(0.000)*** |
| **lnCO2** | 0.4955<br>(0.025)** | 0.5515<br>(0.010)*** | -0.0624<br>(0.001)*** | -0.0481<br>(0.045)** |
| **Wald Testi** | 3828.15<br>(0.000)*** | 4646.81<br>(0.000)*** | 1.16e+07<br>(0.000)*** | 1.32e+07<br>(0.000)*** |
| **Sargan Testi** | 11.90<br>(0.156) | 11.90<br>(0.156) | 58.67<br>(0.000) | 58.67<br>(0.000) |
| **Dirençli Hansen Testi** | 8.05<br>(0.429) | 8.05<br>(0.429) | 12.94<br>(0.374) | 12.94<br>(0.374) |
| **Fark Hansen Testi** | 3.53<br>(0.618) | 3.53<br>(0.618) | 3.37<br>(0.643) | 3.37<br>(0.643) |
| **AR (1)** | -0.54<br>(0.590) | -0.49<br>(0.625) | 0.98<br>(0.326) | 0.97<br>(0.332) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **AR (2)** | -0.17<br>(0.866) | -0.15<br>(0.884) | 1.11<br>(0.267) | 0.77<br>(0.440) |
| **Gözlem Sayısı** | 99 | 99 | 132 | 132 |
| **Grup Sayısı** | 33 | 33 | 33 | 33 |
| **Araç Değişken Sayısı** | 14 | 14 | 18 | 18 |

**Not:** Wald, Sargan, Dirençli Hansen, Fark Hansen, AR (1) ve AR (2) test sonuçları için ***, **, * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Sistem GMM modeli, Blundell ve Bond (1998) dinamik panel sistem GMM tahmincileri ve Roodman (2009) xtabond2 koduyla Stata 16 programında tahmin edilmiştir. Ayrıca modelde sabit kullanılmamış ve ortogonal sapmalar dönüşümü uygulanarak tahmin yapılmıştır. Stata 16 programında, tek aşamalı fark GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noleveleq c", iki aşamalı sistem GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noleveleq robust twostep orthogonal" kodları kullanılmıştır. Tek aşamalı sistem GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noconstant robust orthogonal", iki aşamalı sistem GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noconstant robust twostep orthogonal" kodları kullanılmıştır.

GMM modelinde araç değişken sayısının grup sayısını geçmemesi gerekmektedir. Fark GMM modellerinde 14 araç değişken, sistem GMM modellerinde 18 araç değişken bulunmaktadır. Wald, Sargan, Dirençli Hansen, Fark Hansen, AR (1) ve AR (2) testleri bir arada değerlendirildiğinde tek ve iki aşamalı fark GMM modellerinin daha güvenilir tahminler ürettiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, sadece tek ve iki aşamalı fark GMM sonuçları dikkate alınacaktır.

Panel regresyon sonuçlarına göre reel GSYH serisin bir gecikmeli değeri olan GDP (L1) serisi fark GMM modellerinde %1 düzeyinde anlamlıdır. Tek aşamalı fark GMM modeli sonuçlarına göre reel GSYH ile sermaye yatırımı ve işgücü değişkenleri arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Bununla birlikte reel GSYH ile yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu değişkenleri arasında %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Diğer yandan, reel GSYH ile kentsel nüfus ilişkisi negatif, ancak anlamsız çıkmıştır.

İki aşamalı fark GMM modeli sonuçları incelendiğinde reel GSYH ile sermaye yatırımı ve karbondioksit emisyonu değişkenleri arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Bununla birlikte reel GSYH ile yenilenebilir enerji tüketimi ve işgücü arasında %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Reel GSYH ile kentsel nüfus değişkeni arasında ise negatif, ancak anlamsız bir ilişki olduğu görülmüştür.

Araştırmada 33 ülke kullanılarak oluşturulan 4 modelin yanı sıra "yüksek gelirli ülkeler"den oluşan 21 ülkenin yer aldığı dört model daha kurulmuştur. Bu 21 ülkenin adları Tablo 3.3'te yer almaktadır. Tablo 3.12'te 21 yüksek gelirli ülke ile kurulan modelin korelasyon matrisi görülmektedir.

Tablo 3.12'te işgücü ile kentsel nüfus değişkeni arasında neredeyse mükemmel ilişki olduğu görülmektedir. Benzer biçimde reel GSYH ile GSSO değişkenleri arasında da neredeyse mükemmel ilişki olduğu söylenebilir.

**Tablo-3.12:** Korelasyon Matrisi/21 Yüksek Gelirli Ülke Örneği

| ***Değişkenler*** | **ln*GDP*** | **ln*RE*** | **ln*GFCF*** | **ln*LB*** | **ln*UP*** | **ln*CO2*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **lnGDP** | 1.0000 | | | | | |
| **lnRE** | 0.6453 | 1.000 | | | | |
| **lnGFCF** | 0.9815 | 0.6130 | 1.000 | | | |
| **lnLB** | 0.5564 | 0.6219 | 0.5667 | 1.000 | | |
| **lnUP** | 0.5691 | 0.6347 | 0.5765 | 0.9987 | 1.000 | |
| **lnCO2** | 0.8507 | 0.5909 | 0.8588 | 0.8100 | 0.8145 | 1.000 |

Tablo 3.13'te modelin tanımlayıcı istatistikleri yer almaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimindeki hızlı artış nedeniyle standart sapmasının yüksek çıktığı görülmektedir. Benzer biçimde, yenilenebilir enerji tüketiminin minimum ve maksimum değerleri arasındaki fark oldukça yüksektir.

**Tablo-3.13:** Modelin Tanımlayıcı İstatistikler/21 Yüksek Gelirli Ülke Örneği

| ***Değişkenler*** | ***Gözlem Sayısı*** | ***Ortalama*** | ***Standart Sapma*** | ***Minimum*** | ***Maksimum*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **lnGDP** | 105 | 26.69047 | 1.205389 | 23.10372 | 28.58452 |
| **lnRE** | 105 | 8.008934 | 2.39261 | 1.609438 | 11.53371 |
| **lnGFCF** | 105 | 25.14002 | 1.214902 | 21.97909 | 27.23044 |
| **lnLB** | 105 | 16.47167 | 1.40564 | 13.8097 | 19.97603 |
| **lnUP** | 105 | 2.798092 | 0 .0843865 | 2.625371 | 2.994533 |
| **lnCO2** | 105 | 11.8646 | 1.111703 | 9.415014 | 14.51901 |

Yüksek gelirli ülkeler için GMM tahminleri Tablo 3.14'te yer almaktadır. Tabloda yer alan Wald testi değerleri, tahmin sonuçlarının tutarlılığı hakkında bilgi sağlamaktadır. Wald testi için $H_0$ hipotezi ortalamalar arasında fark olmadığı yönündedir. Fark ve sistem GMM tahmin sonuçlarına göre boş hipotez reddedilmektedir, dolayısıyla modeller bir bütün olarak anlamlıdır. Sargan testi "araç değişkenlerin" geçerliliğini sınamaktadır ve $H_0$ hipotezi "aşırı tanımlama kısıtlamaları

geçerlidir" biçiminde kurulmaktadır. Fark GMM modelleri Sargan test sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilememektedir, bunun anlamı tek ve iki aşamalı fark GMM modelleri için aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir. Diğer yandan, sistem GMM sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilmektedir, dolayısıyla tek ve iki aşamalı sistem GMM modelleri için aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerli değildir. Sargan testi modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorunları olduğu durumlarda sapmalı sonuçlar verebilmektedir.

Dirençli Hansen testi otokorelasyon ve değişen varyans durumunda bile sapmasız sonuçlar üretebilirken araç değişken sayısı arttığı durumlarda sapmalı sonuçlar verebilmektedir. Bu noktada araç değişken sayısı az olduğu için Dirençli Hansen testi sonuçlarını dikkate almak uygun olacaktır. Dirençli Hansen testi için $H_0$ hipotezi "aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir" biçimindedir. Fark GMM modelleri için Dirençli Hansen test sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilememekte, dolayısıyla tek ve iki aşamalı fark GMM modellerinde aşırı tanımlama kısıtlamalarının geçerli olduğu, bir başka ifadeyle araç değişkenlerin geçerli olduğu anlaşılmaktadır. Sistem GMM modelleri için Dirençli Hansen test sonuçları incelendiğinde yine boş hipotez reddedilememekte, dolayısıyla tek ve iki aşamalı sistem GMM modelleri için sadece %10 düzeyinde aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir. Fark Hansen testi araç değişkenlerin dışsallığını sınamaktadır. GMM modelinin etkin sonuçlar üretebilmesi için araç değişkenler ile hata terimleri arasında bir ilişki olmamalı, yani araç değişkenler dışsal olmalıdır. Fark Hansen testi için $H_0$ hipotezi "araç değişkenlerin dışsal" olduğu biçiminde kurulmaktadır. Dört model için Fark Hansen test sonuçları incelendiğinde boş hipotez reddedilememektedir, bu nedenle modellerde yer alan araç değişkenlerin dışsal olduğu anlaşılmaktadır.

Modelde otokorelasyon sorunu olup olmadığını sınayan AR (1) ve AR (2) testleri için $H_0$ hipotezi "otokorelasyon olmadığı" yönündedir. GMM tahmincisi birinci dereceden otokorelasyonun olduğu ikinci dereceden otokorelasyonun olmadığı durumlarda etkin sonuçlar üretebilmektedir. Bununla birlikte modelin etkin sonuçlar ürettiği kabul edilmesi için ikinci dereceden otokorelasyonun olmaması yeterli görülmektedir. AR (1) ve AR (2) test sonuçlarına göre fark GMM modelleri için boş hipotez reddedilememektedir, dolayısıyla tek ve iki aşamalı fark GMM modellerinde birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon bulunmamaktadır. Aynı şekilde sistem

GMM modelleri içinde boş hipotez reddedilememektedir, dolayısıyla tek ve iki aşamalı sistem GMM modellerinde de birinci ve ikinci dereceden otokorelasyon yoktur.

**Tablo-3.14:** Yüksek Gelirli Ülkeler İçin Dinamik Panel Veri Tahminleri/21 Ülke

| ***Değişkenler ve Testler*** | ***Fark GMM*** | | ***Sistem GMM*** | |
|---|---|---|---|---|
| | ***Tek Aşamalı*** | ***İki Aşamalı*** | ***Tek Aşamalı*** | ***İki Aşamalı*** |
| **lnGDP (L1)** | 0.4013<br>(0.000)*** | 0.3708<br>(0.000)*** | 0.6844<br>(0.000)*** | 0.6770<br>(0.000)*** |
| **lnRE** | 0.0084<br>(0.147) | 0.0070<br>(0.061)* | -0.0106<br>(0.005)*** | -0.0105<br>(0.018)** |
| **lnGFCF** | 0.2594<br>(0.000)*** | 0.2277<br>(0.000)*** | 0.3152<br>(0.000)*** | 0.3304<br>(0.000)*** |
| **lnLB** | 0.3252<br>(0.538) | 0.3048<br>(0.007)*** | 0.0462<br>(0.002) | 0.0428<br>(0.062)* |
| **lnUP** | 0.0050<br>(0.020)** | 0.0053<br>(0.004)*** | 0.0020<br>(0.185) | 0.0016<br>(0.322) |
| **lnCO2** | 0.2260<br>(0.000)*** | 0.2346<br>(0.000)*** | -0.0198<br>(0.537) | -0.0291<br>(0.509) |
| **Wald Testi** | 3458.35<br>(0.000)*** | 8265.01<br>(0.000)*** | 9.51e+06<br>(0.000)*** | 7.63e+06<br>(0.000)*** |
| **Sargan Testi** | 5.23<br>(0.733) | 5.23<br>(0.733) | 50.90<br>(0.000) | 50.90<br>(0.000) |
| **Dirençli Hansen Testi** | 3.74<br>(0.880) | 3.74<br>(0.880) | 19.47<br>(0.078) | 19.47<br>(0.078) |
| **Fark Hansen Testi** | 1.47<br>(0.916) | 1.47<br>(0.916) | 3.44<br>(0.633) | 3.44<br>(0.633) |
| **AR (1)** | -0.64<br>(0.519) | -0.58<br>(0.561) | -.0.06<br>(0.952) | 0.07<br>(0.945) |
| **AR (2)** | 0.10<br>(0.924) | 0.02<br>(0.985) | 1.22<br>(0.224) | 1.17<br>(0.240) |
| **Gözlem Sayısı** | 63 | 63 | 84 | 84 |
| **Grup Sayısı** | 21 | 21 | 21 | 21 |
| **Araç Değişken Sayısı** | 14 | 14 | 18 | 18 |

**Not:** Wald, Sargan, Dirençli Hansen, Fark Hansen, AR (1) ve AR (2) test sonuçları için ***, **, * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. Sistem GMM modeli, Blundell ve Bond (1998) dinamik panel sistem GMM tahmincileri ve Roodman (2009) xtabond2 koduyla Stata 16 programında tahmin edilmiştir. Ayrıca modelde sabit kullanılmamış ve ortogonal sapmalar dönüşümü kullanılarak tahmin yapılmıştır. Stata 16 programında, tek aşamalı fark GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noleveleq robust orthogonal", iki aşamalı sistem GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noleveleq robust twostep orthogonal" kodları kullanılmıştır. Tek aşamalı sistem GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noconstant robust orthogonal", iki aşamalı sistem GMM tahmini için "xtabond2 lngdp l. lngdp lnre lngfcf lnlb lnup lnco2, gmm(lngdp) iv(lnre lngfcf lnlb lnup lnco2) noconstant robust twostep orthogonal" kodları kullanılmıştır.

GMM modelinde araç değişken sayısının grup sayısını geçmemesi gerekmektedir. Fark GMM modellerinde 14 araç değişken, sistem GMM modellerinde 18 araç değişken bulunmaktadır. Sargan ve Dirençli Hansen test sonuçları istenildiği

gibi olmaması, ayrıca araç değişkenlerin grup sayısına yakın olmasından dolayı sistem GMM sonuçları yerine daha güvenilir sonuçlar ürettiği düşünülen fark GMM sonuçları dikkate alınacaktır.

Yüksek gelirli 21 ülke grubu için tek ve iki aşamalı fark GMM sonuçları, reel GSYH değişkeninin bir gecikmeli değeri olan lnGDP (L1) serisi model içinde %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir değer olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkeni, tek aşamalı fark GMM modelinde pozitif, ancak anlamsızken, iki aşamalı fark GMM modelinde %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitiftir. lnGFCF değişkeni hem tek hem de iki aşamalı fark GMM modelinde anlamlı ve pozitiftir. lnLF değişkeni iki aşamalı fark GMM modelinde anlamlı ve pozitifken, tek aşamalı modelde pozitif, ancak anlamsızdır. lnUP değişkeninin de tek ve iki aşamalı modellerde anlamlı ve pozitif olduğu görülmektedir. Son olarak, lnCO2 değerleri ile reel GSYH ilişkisi %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bulunmuştur.

### 3.5 ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ

Yenilenebilir enerji-ekonomik büyüme ilişkisinin ampirik olarak araştırıldığı bu çalışma bazı önemli sonuçlar ortaya koymuştur. İlk olarak paneli oluşturan birimler arasında her bir değişken için yatay kesit bağımlılığının gözlenmesi küresel dünyada ülkelerin herhangi birinde meydan gelebilecek bir şokun diğer ülkeleri de etkileyebileceği bulgusudur. Benzer biçimde LLC, Fisher-ADF ve Fisher-PP test sonuçları serilerin durağan olmadığını, dolayısıyla paneli oluşturan ülkelerden birinde ortaya çıkabilecek bir şokun kalıcı olabileceğini göstermektedir.

Tablo 3.15'de yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH ilişkisini gösteren regresyon katsayıları ve ülkelerin yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki paylarının ortalaması (ülkelerin RE/E oranları ortalaması) yer almaktadır.Ridge regresyon sonuçlarına göre paneli oluşturan 33 ülkeden Arjantin, Avustralya, İsrail, Güney Kore ve ABD hariç 28 ülkede reel GSYH ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Kenya için yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik artış reel GSYH'sini %0.48 gibi yüksek bir oranda artırmaktadır. Diğer yandan Hollanda ve Danimarka reel GSYH ile yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisinin 0.01 düzeyinde en düşük olduğu ülkelerdir.

**Tablo-3.15:** Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Reel GSYH İlişkisi

| *Ülke Grupları* | *RE/E Oranları Ortalaması** | *Ülkeler* | *Ridge Regresyon Katsayı Aralıkları* |
|---|---|---|---|
| **1** | 0.12 | Belçika, Danimarka, İspanya, Fransa, Birleşik Krallık, İrlanda, İtalya, Ürdün, Hollanda | [0.01 , 0.09] |
| **2** | 0.24 | Yunanistan, Endonezya, Japonya, Pakistan, Portekiz, Türkiye | [0.10 , 0.19] |
| **3** | 0.28 | Brezilya, Finlandiya, Hindistan, Fas, Meksika | [0.20 , 0.29] |
| **4** | 0.30 | Kanada, İsviçre, Şili, Norveç, Tayland | [0.30 , 0.39] |
| **5** | 0.51 | Kenya, Filipinler, İsveç | [0.40 , 0.49] |

**Not:** Ülke gruplandırmaları, Ridge regresyon sonuçlarının yer aldığı Tablo 3.9'da bulunan "yenilenebilir enerji tüketimi" regresyon katsayıları dikkate alınarak yapılmıştır. "*" işareti, ilgili grupta yer alan ülkelerin "yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki paylarının ortalamasını" göstermektedir.

Tablo 3.15'de elde edilen regresyon katsayılarına göre 5 gruba ayrılan ülkelerin RE/E oranları ortalaması ve regresyon katsayıları arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Bulgular, incelenen ülke gruplarında toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji tüketimi payı arttıkça reel GSYH'ye olan katkının da arttığını işaret etmektedir. Özellikle, Kenya, İsveç ve Filipinler toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji payı yüksek olan ülkelerdir. Bu ülkelerde yenilenebilir enerji tüketiminin %1 oranında artması reel GSYH'ye %0.40 ile %0.49 aralığında bir katkı yapmaktadır. Diğer yandan, 1. grupta yer alan 9 ülkeden 8'i yüksek gelirli ülkeler kategorisinde yer almakla birlikte, RE/E oranları ortalaması ve regresyon sonuçlarının diğer ülkelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu 8 ülkenin toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji payı %17'den azdır. Bulgular, birkaç istisna ülke dışında geri kalan ülkeler için toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji payının ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Türkiye toplam enerji talebinin yaklaşık %13'ünü yenilenebilir enerji geri kalanını fosil enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Türkiye'nin fosil enerji kaynakları açısından fakir bir ülke olması ve enerjide dışa bağımlılığı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH ilişkisini dair elde edilen pozitif bulgu (0.13) büyük bir öneme sahiptir. Bulgular Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimini %1 arttırması durumunda reel GSYH'nin yaklaşık %0.13 oranında büyüyeceğini göstermektedir.

Ridge regresyonla araştırılan bir diğer konu reel GSYH ile gayrisafi sabit sermaye oluşumu ilişkisidir. Test sonuçları ve ülkelerin GSSO/GSYH oranlarının ortalamaları Tablo 3.16'de yer almaktadır.

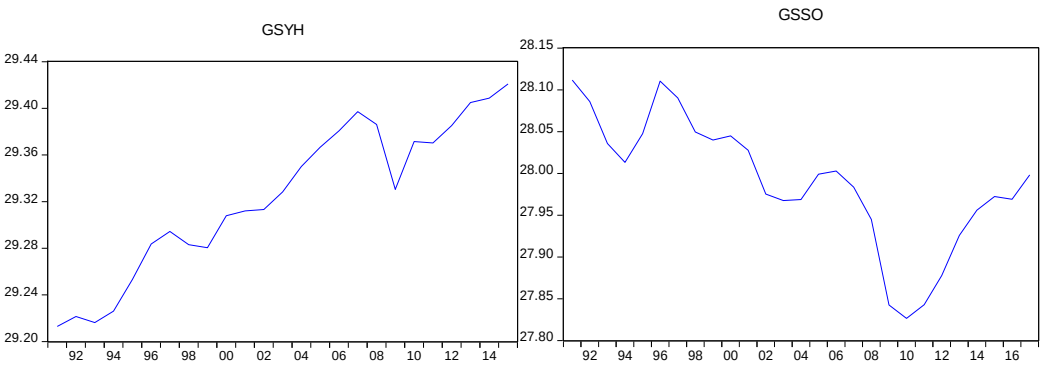
**Tablo-3.16:** Gayrisafi Sabit Sermaye Oluşumu ve Reel GSYH İlişkisi

| *Ülke Grupları* | *GSSO/GSYH Oranları Ortalaması** | *Ülkeler* | *Ridge Regresyon Katsayı Aralıkları* |
|---|---|---|---|
| **1** | 0.20 | Kenya, Portekiz, Tayland | [0.10 , 0.19] |
| **2** | 0.22 | Kanada, İsviçre, Şili, Danimarka, İspanya, Hindistan, İsrail, Fas, Meksika, Hollanda, Norveç, ABD | [0.20 , 0.29] |
| **3** | 0.20 | Arjantin, Avustralya, Belçika, Brezilya, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Ürdün, Pakistan, Filipinler, Türkiye | [0.30 , 0.39] |
| **4** | 0.28 | Endonezya, İsveç | [0.40 , 0.49] |
| **5** | 0.23 | Birleşik Krallık, Güney Kore | [0.50 , 0.59] |
| **6** | 0.23 | Japonya | -0.37 |

**Not:** Ülke gruplandırmaları, Ridge regresyon sonuçlarının yer aldığı Tablo 3.9'da bulunan "gayrisafi sabit sermaye oluşumu" regresyon katsayıları dikkate alınarak yapılmıştır. "*" işareti grupta yer alan ülkelerin "gayrisafi sabit sermaye oluşumunun GSYH'ye oranlarının ortalamasını" göstermektedir.

Tablo (3.16) incelendiğinde ilk dikkat çeken unsur 6. grupta yer alan Japonya'nın regresyon katsayısının negatif olmasıdır. Şekil 3.1'de Japonya'ya ait reel GSYH ile sermaye yatırımları verilerinin zaman serileri görülmektedir. Şekilden (3.1) anlaşılacağı üzere reel GSYH serisinde 1991 yılından 2008 yılına kadar bir yükseliş eğilimi (trend) varken, aynı dönemde sermaye yatırımı serisinde bir düşüş eğilimi görülmektedir. Bu durum, çalışmada elde edilen negatif sonucun daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

**Şekil-3.1:** Japonya'ya ait Reel GSYH ve GSSO Zaman Serileri




**Kaynak:** Dünya Bankası veri tabanı Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)'nden alınan verilerle Eviews 10 programında üretilmiştir.

Tablo 3.16'da birinci grupta yer alan Kenya, Portekiz ve Tayland için sermaye yatırımları ile reel GSYH ilişkisi, diğer ülkelere oranla en zayıf olanlarıdır. Bu ülkelerde sermaye yatırımlarında meydana gelen %1'lik artışa karşın reel GSYH'leri %0.10 ile %0.19 arasında artmaktadır. ABD'nin de içinde bulunduğu ikinci grupta yer alan 12 ülkede regresyon katsayıları 0.20 ile 0.29 arasında değişmektedir. Ayrıca, sermaye yatırımı ile reel GSYH ilişkisinin en yüksek olduğu ülke Birleşik Krallık'tır. Regresyon sonuçlarına göre Birleşik Krallık'ın sermaye yatırımlarını %1 oranında arttırması reel GSYH'sini yaklaşık %0.56 düzeyinde arttırmaktadır. Enerji-büyüme literatürde yer alan çalışmalar, çoğunlukla gayrisafi sabit sermaye yatırımı ile reel GSYH arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu doğrulamaktadır. Ridge regresyonla elde edilen bulgular, enerji-büyüme literatüründe yer alan Öztürk ve Mulali (2015) ve Apergis ve Payne (2010) vb. tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Ridge regresyonla araştırılan bir diğer konu işgücü ile reel GSYH ilişkisidir. Bu ilişkiye dair test sonuçları Tablo 3.17'de yer almaktadır. Regresyon sonuçları İsveç hariç geri kalan 32 ülke için işgücü ile reel GSYH ilişkisinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo-3.17:** İşgücü ve Reel GSYH İlişkisi

| ***Ülke Grupları*** | ***Ülkeler*** | ***Ridge Regresyon Katsayı Aralıkları*** |
|---|---|---|
| **1** | Belçika, Brezilya, Kanada, İsviçre, Şili, İspanya, İtalya, Kenya, Fas, Meksika | [0.40 , 0.69] |
| **2** | Arjantin, Avustralya, Fransa, Birleşik Krallık, Yunanistan, Endonezya, İrlanda, Ürdün, Norveç, Pakistan, Filipinler, Türkiye | [0.70 ,0.99] |
| **3** | Danimarka, Hindistan, İsrail, Hollanda, Portekiz | [1.00 , 1.29] |
| **4** | Finlandiya | [1.30 , 1.59] |
| **5** | Japonya, Tayland | [1.60 , 1.89] |
| **6** | Güney Kore, ABD | [1.89 , 2.26] |

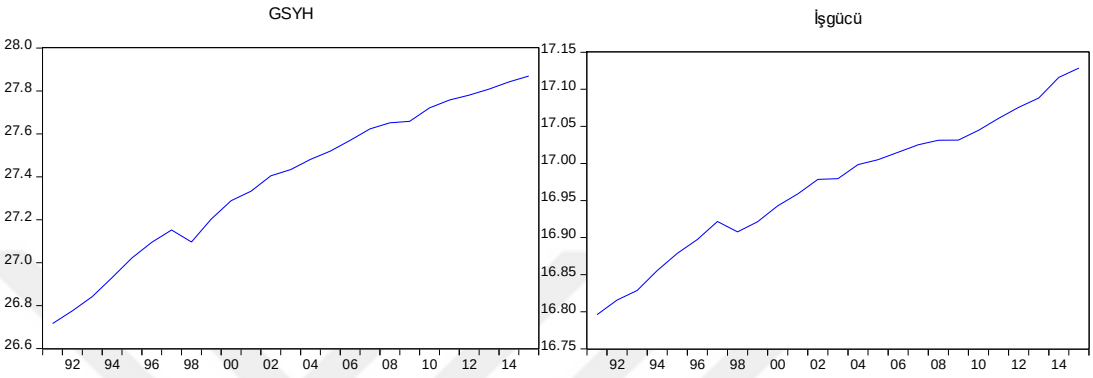
**Not:** Ülke gruplandırmaları, Ridge regresyon sonuçlarının yer aldığı Tablo 3.9'da bulunan "işgücü" regresyon katsayıları dikkate alınarak yapılmıştır.

Türkiye'nin reel GSYH'si ile işgücü arasındaki ilişki 0.76 bulunmuştur. Türkiye ile birlikte ikinci grupta yer alan diğer 11 ülkenin regresyon katsayıları 0.70 ile 0.99 arasında değişmektedir. Regresyon sonuçlarında dikkat çekici bir diğer unsur Güney Kore ve ABD için işgücü ve reel GSYH ilişkisinin oldukça güçlü olmasıdır. Güney Kore'nin reel GSYH'si ile işgücü arasında yaklaşık 2.26 değerinde pozitif ve

istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu, işgücü miktarı %1 artırıldığında reel GSYH'nin %2.26 oranında artacağı anlamına gelmektedir.

Şekil 3.2'de Güney Kore'ye ait reel GSYH ile işgücü verilerinin zaman serileri yer almaktadır. Bu iki değişken arasındaki güçlü ilişki Şekilde (3.2) görülebilir.

**Şekil-3.2:** Güney Kore'ye ait Reel GSYH ile İşgücü Zaman Serileri




**Kaynak:** Dünya Bankası veri tabanı Dünya Kalkınma Göstergeleri (WDI)'nden alınan verilerle Eviews 10 programında üretilmiştir.

Şekilde (3.2) görüldüğü üzere 1997'deki Asya krizi ve 2008'deki küresel ekonomik kriz serilerde bir kırılmaya neden olmuş, ancak Güney Kore bu durumu tekrar yükseliş eğilimine çevirebilmiştir.

Ridge regresyon sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde reel GSYH ile işgücü ilişkisine dair ulaşılan sonuçlar Lee ve Chang (2008) ve Das ve Paul (2011) vb. tarafından elde edilen bulgularla uyumludur.

Çalışmada kullanılan bir diğer ekonometrik yöntem Genelleştirilmiş Momentler Metodu'dur. GMM yöntemi, araştırmacılara dinamik bir analiz yapma olanağı sunmakta ve çok sayıda ülkenin yer aldığı panel verilerde etkin sonuçlar üretebilmektedir. Tek aşamalı fark GMM sonuçlarına göre, paneli oluşturan 33 ülke için reel GSYH ile yenilenebilir enerji tüketimi, GSSO, işgücü ve karbondioksit emisyon değerleri arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Reel GSYH ile değişkenler arasındaki (tek aşamalı GMM sonuçları) ilişki şöyle özetlenebilir (Tablo-3.11):

- Yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artış reel GSYH'de pozitif yönde bir artışa (binde 9,8) neden olmaktadır.

- Sabit sermaye yatırımı ve işgücünün artırılması, teorik beklentilere uyumlu olarak reel GSYH'yi pozitif (%0.21 ve %0.30) yönde etkilemektedir.
- Kentsel nüfus ile reel GSYH ilişkisi negatif, ancak anlamsız bulunmuştur.
- Karbondioksit emisyonu ile reel GSYH arasında ilişki pozitif (%0.49) bulunmuştur.

Paneli oluşturan 33 ülkeye ait iki aşamalı fark GMM modeli sonuçları tek aşamalı fark GMM sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. İki aşamalı fark GMM sonuçları şu şekildedir (Tablo-3.11):

- Yenilenebilir enerji tüketiminin artması reel GSYH'de binde 7,4 oranında bir artışa neden olmaktadır.
- Sabit sermaye yatırımı ve işgücünün artması değişen oranlarda reel GSYH'yi pozitif (%0.21 ve %0.27) yönde desteklemektedir.
- Kentsel nüfus ile reel GSYH ilişkisi negatif, ancak anlamsız bulunmuştur.
- Karbondioksit emisyonu ile reel GSYH ilişkisi pozitif (%0.55)'tir.

Yüksek gelirli 21 ülke için 4 farklı GMM modeli tahmin edilmiş, ancak bunlardan tek ve iki aşamalı fark GMM sonuçlarının güvenilir olduğu görülmüştür. Tek aşamalı fark GMM sonuçları şu şekildedir (Tablo-3.14):

- Yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH ilişkisi pozitif, ancak anlamsız bulunmuştur.
- Sabit sermaye yatırımının artması reel GSYH'yi pozitif (%0.25) yönde etkilemektedir.
- İşgücü ile reel GSYH ilişkisi pozitif, ancak anlamsız çıkmıştır.
- Kentsel nüfus ile reel GSYH arasında yaklaşık binde 5 pozitif bir ilişki bulunmaktadır.
- Karbondioksit emisyonu ile reel GSYH ilişkisi pozitif (%0.22)'tir.

İki aşamalı fark GMM sonuçları şu şekildedir (Tablo-3.14):

- Yenilenebilir enerji tüketiminin artması reel GSYH'de binde 7 oranında bir artışa neden olmaktadır.
- Sabit sermaye yatırımı ve işgücünün artması, teorik beklentilere uyumlu olarak reel GSYH'yi pozitif (%0.22 ve %0.30) yönde etkilemektedir.

- Kentsel nüfus artışı reel GSYH'yi yaklaşık binde 5 oranında pozitif yönde etkilemektedir.
- Karbondioksit emisyonu ile reel GSYH ilişkisi pozitif (%0.23) bulunmuştur.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya enerji talebi büyük ölçüde fosil bazlı enerji kaynaklarına bağımlıdır ve bu bağımlılık küresel ısınma veya iklim değişikliği olarak adlandırılan sorunu ortaya çıkarmıştır. Küresel ısınmanın öngörülen etkileri dikkate alındığında, toplumlar, temiz ve yeşil enerji kaynağı olarak görülen yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre sorunlarını en aza indirmesini ve ekonomik büyüme için ihtiyaç duyulan enerji talebini karşılayabilmesini beklemektedir. Bu bağlamda Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması sera gazı salınımını sınırlayarak iklim değişikliği ile mücadele edebilmeyi amaçlamaktadır. Bu mücadelenin en önemli adımı dünya enerji talebinin fosil bazlı enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına kaydırılması (enerji dönüşümü) olarak ifade edilebilir. Bu tezin yazılmasındaki temel amaç, dünya enerji talebinin fosil bazlı enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşürken, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini anlamaya çalışmaktır.

Geleneksel neoklasik büyüme modelinde, ekonomilerde uzun dönemli büyümenin sermaye-getiri oranın arttırılarak teknolojik gelişmeler sonucunda ortaya çıktığı öne sürülmektedir. Ancak, neoklasik yaklaşım dışsal olarak kabul edilen teknolojik gelişmelerin nasıl ortaya çıktığı konusunda bilgi sağlamamaktadır. Teknolojik gelişmeler, yeni içsel büyüme modellerinin ortaya çıkmasıyla birlikte büyüme modellerine dâhil edilmiş ve teknolojinin içselleştirilmesi, firmaların ve bireylerin aldıkları kararların modellenmesiyle sağlanabilmiştir. Enerjinin bir girdi olarak büyüme modellerinde yer alması Hicks (1932) tarafından ortaya konan teknoloji değişim modellerinde görülmektedir ve enerji fiyatının yükselmesi inovasyonu arttırmaktadır.

Enerji verimliliği, enerji yatımları ve Türkiye'nin enerji politikaları gibi çeşitli konulara yer verilen ikinci bölümde, aynı zamanda enerjinin ekonomik görünümünün analizi yapılmış ve politik taahhütler üzerinde durulmuştur. Dünya genelinde toplamda yenilenebilir enerji tüketimi miktarı her geçen yıl atmasına karşın yenilenemez enerji tüketiminin kullanımı azalmamış ve toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji payı %17-18 seviyelerinde kalmıştır.

Bu tez çalışmasında iki ayrı ekonometrik metodoloji yardımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik tüketiminin büyüme üzerindeki etkisini düşük-

orta, üst-orta ve yüksek gelirli olarak sınıflandırılan 33 ülke örneği ve ayrıca yüksek gelirli ülkelerden oluşan 21 ülke örneği dikkate alınarak 1991-2015 dönemi için incelenmiştir. Öncelikle enerji-büyüme ilişkisinde literatürdeki büyüme hipotezine uygun bir şekilde kurulan tezin temel hipotezi olan yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyi destekleyeceği yönündeki hipotez doğrulanmıştır. Bu amaçla istatistiksel olarak kurulan "yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki yoktur" boş hipotezi ret edilmiştir.

İncelenen 33 ülke için yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılmış ve sonuçlara göre paneli oluşturan birimler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu saptanmıştır. Bu sonuç, paneli oluşturan ülkelerin birinde ortaya çıkan bir şokun paneli oluşturan diğer ülkeleri de etkileyeceği anlamına gelmesi açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla panelde yer alan ülkelerin ekonomi politikaları üretirken diğer ülkelerin ekonomik durumlarını ve politikalarını dikkate almaları gerekmektedir. LLC, Fisher-ADF Fisher-PP birim kök testlerinden elde edilen bulgular da bu sonucu desteklemektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH'ye ilişkin Ridge regresyon tahmin sonuçları 28 ülke için yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Özellikle, toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji tüketimi payı yüksek olan ülkelerde, diğer ülkelere oranla, yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılması reel GSYH'ye daha büyük katkı yapmaktadır. Kenya bu durumu en iyi açıklayan örnek ülke olarak gösterilebilir. Ülkenin kurulu elektrik kapasitesinin en az %72'si yenilenebilir enerji kaynaklarından gelmektedir ve yenilenebilir enerji tüketimi regresyon katsayısı 0.48 bulunmuştur. Kenya'nın sürdürülebilir enerji bağlamında, potansiyel yenilenebilir enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi ve bu alanda yatırım yapması ekonomik büyümesine katkı yapacaktır. Filipinler ve İsveç için elde edilen bulgular da "yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılması reel GSYH'ye daha büyük katkı yapmaktadır" savını desteklemektedir. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, incelenen 33 ülkeden 28'inde toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji tüketimi payını arttıracak yönde yatırımların, ceteris paribus varsayımı geçerli olmak koşuluyla, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu ekonomik büyümeyi sağlayabileceğini göstermektedir.

Ridge regresyon sonuçları Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH ilişkisinin pozitif (0.13) olduğunu göstermektedir. Bilindiği üzere Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülkedir ve toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı sadece %13.37'dir. Dolayısıyla, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji ithalatından kaynaklanan cari açık sorununu en aza indirmek için, Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırımlarını hızlandırması gerekmektedir. Bu politikayla hem enerji ithalatını azaltıp cari açık sorununun çözümüne katkı sağlayabilir hem de ekonomik büyüme sürdürülebilir. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji finansman maliyetlerinin yüksek olduğu düşünüldüğünde, Türkiye'nin yerel olanaklarla bu alanda teknoloji geliştirmesi zaman içerisinde finansman maliyetlerinin düşmesini, fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara geçiş sürecinin (enerji dönüşümü süreci) hızlanmasını ve böylece enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasını sağlayabilir.

Yüksek gelirli ülkeler finansman ve teknolojik gelişmişlik açısından üst-orta ve düşük-orta gelirli ülkelerden çok daha fazla olanağa sahiptir. Dolayısıyla, yüksek gelirli ülkeler yenilenebilir enerji yatırımlarını daha hızlı gerçekleştirebilirken, üst-orta ve düşük-orta gelirli ülkeler finansmana ve yüksek teknolojiye erişim konusunda sahip oldukları dezavantajları aşmak için hızlı davranmaları gerekmektedir. Aksi halde, gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ülkelerden yüksek teknolojili ürünler satın alarak uygulayacağı yenilenebilir enerji yatırımları üretim maliyetlerinin artmasına ve doğal olarak enerji maliyetlerinin yükselmesine neden olabilir.

Gayrisafi sabit sermaye oluşumu ile reel GSYH'ye ilişkin Ridge regresyon tahminleri, bu iki değişken arasında pozitif bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Japonya hariç geri kalan 32 ülkenin tamamı için pozitif bir sonuç elde edilmiştir. Birleşik Krallık, sermaye yatırımları ile reel GSYH ilişkisi bakımından en güçlü ülke olarak öne çıkmaktadır. Benzer bir biçimde Güney Kore, İsveç ve Endonezya için elde edilen bulgular da bu iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır. Türkiye için elde edilen regresyon katsayı ise 0.33 bulunmuştur. Türkiye'nin GSSO/GSYH oranı yaklaşık %20 olduğu düşünüldüğünde, sermaye yatırımlarının %1 artması reel GSYH'ye yaklaşık %0.33'lük bir katkı yapmaktadır. Semaye yatırımları il reel GSYH'ye ilişkin bulgular literatürde yer alan önceki çalışmalarla uyumluluk göstermektedir. Sermaye yatırımları, ülkelerin mevcut üretim kapasitelerini korumak

ve arttırmak için oldukça önemlidir. Dolayısıyla, elde edilen bulgular sabit sermaye yatırımlarının arttırılarak ülkelerin reel GSYH'lerini arttırabileceğini göstermektedir.

Ridge regresyon sonuçları, işgücü ile reel GSYH ilişkisinin İsveç hariç geri kalan 32 ülke için pozitif olduğunu göstermektedir. İşgücü regresyon sonuçları, yenilenebilir enerji tüketimi ve sermaye yatırımlarından farklı olarak reel GSYH'yi daha büyük ölçüde etkilemektedir. Öyle ki; Güney Kore için elde edilen bulgular, işgücü ile reel GSYH arasında yaklaşık 2.26 değerinde pozitif yönde güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermiştir. Benzer biçimde ABD için bu değer 1.94'tür. Türkiye'nin işgücü ile reel GSYH ilişkisini gösteren regresyon katsayısı 0.76 bulunmuştur. İşgücü ile reel GSYH ilişkisini gösteren bulgular literatürde yer alan önceki çalışmalarla benzer olarak işgücünün arttırılarak reel GSYH büyümesinin sağlanabileceğini göstermektedir.

Genelleştirilmiş Momentler Metodu, Ridge regresyondan farklı olarak dinamik tahminler yapmaya olanak vermektedir. GMM ile elde edilen bazı sonuçlar Ridge regresyon sonuçlarıyla benzerlik gösterirken bazı sonuçlar farklılık göstermektedir. Paneli oluşturan düşük-orta, üst-orta ve yüksek gelirli olarak sınıflandırılan 33 ülke için elde edilen bulgular, reel GSYH ile sermaye yatırımları, işgücü ve karbondioksit salınımı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğuna işaret etmektedir. Sermaye yatırımları ve işgücünün artması reel GSYH'yi desteklemekte, ancak ortaya çıkan enerji ihtiyacı büyük ölçüde fosil bazlı enerji kaynaklarından karşılanmakta, dolayısıyla karbondioksit salınımı da artmaktadır. Dünya genelinde, özellikle 1990'lı yıllardan itibaren yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artsa bile hâlâ büyük ölçüde fosil yakıtlar kullanılmaktadır. GMM tahmin sonuçları yenilenebilir enerji tüketimi ile reel GSYH arasında da pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Elde edilen regresyon katsayıları küçük bir değer (yaklaşık binde 7 ve binde 9) olmasına karşın pozitif bir değerdir, diğer yandan reel GSYH ile karbondioksit salınımı ilişkisini gösteren katsayının yaklaşık 0.50 olduğu düşünüldüğünde, yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir bir ekonomi ve ekoloji bağlamında önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Son olarak kentsel nüfus ile reel GSYH ilişkisi negatif, ancak anlamsız bulunmuştur.

Yüksek gelirli olarak sınıflandırılan 21 ülke modeline ait GMM sonuçları incelendiğinde bazı değişken katsayılarının farklılaştığı görülmektedir. Özellikle

karbondioksit salınımı ile reel GSYH ilişkisi pozitif, ancak regresyon katsayıları 33 ülke modelleri için yaklaşık 0.49 ve 0.55'iken, yüksek gelirli 21 ülke modelleri için yaklaşık 0.22 ve 0.23 olduğu görülmüştür. Bunun iki temel nedeni olabilir: İlki, kirletici sanayilerin gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere taşınması, ikincisi de üretim standartları ve denetiminin yüksek gelirli ülkelerde daha sıkı olması. Yenilenebilir enerji tüketiminin reel GSYH üzerindeki etkisi iki aşamalı GMM modelinde pozitif ve anlamlıyken, tek aşamalı GMM modelinde pozitif, ancak anlamsız bulunmuştur. Kentsel nüfus ile reel GSYH ilişkisinin 33 ülkeli modelden farklı olarak 21 ülkeli modelde anlamlı ve pozitif olduğu görülmüştür. Bir başka ifadeyle kentsel nüfus 21 yüksek gelirli ülkede reel GSYH'ye yaklaşık binde 5 oranında pozitif katkı yapmaktadır. Bu tahmin sonuçları incelenen 21 yüksek gelirli ülkede yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki payı artırılıp, fosil yakıt tüketim miktarı azaltılırsa, bu politik tercihle hem ekonomik büyümenin sağlanabileceğini hem de karbondioksit salınımının azaltılabileceğini göstermektedir.

Bulgular Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması bağlamında değerlendirildiğinde, fosil bazlı enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş hedeflerini (enerji dönüşümü) desteklemektedir. Enerji dönüşümü çevresel tahribatın azaltılmasının yanı sıra sürdürülebilir ekonomi bağlamında ortaya çıkaracağı sosyal fayda açısından da oldukça önemlidir. Yenilenebilir enerjinin büyük ölçüde yerel olanaklarla üretilebildiği düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji yatırımları, ekolojiyle (çevreyle) uyumlu enerji üretimi ve dolayısıyla fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre ve sağlık alanındaki maliyetlerin azaltılması, ayrıca istihdam ve gelir yaratma yoluyla sürdürülebilir yerel ekonomik kalkınmanın lokomotifi olabilir. Bu çalışmada doğrulanan büyüme hipotezi bağlamında, toplam enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji tüketiminin arttırılmasına yönelik kurumsal düzenlemelerin ve yenilikçi yatırım politikalarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Bu tez çalışması özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerjinin kapsayıcı büyüme, yoksulluğun ve eşitsizliklerin giderilmesine yönelik yapılacak karşılaştırmalı analizlerle genişletilebilir. Ayrıca, gelecek çalışmaların bu alanda verilen teşviklerin yenilenebilir enerjiyi destekleyen teknoloji

ve yenilikleri yaratıp yaratmadığı araştırılabilir ve simülasyon yoluyla büyümenin önemli bir kanalı olup olmayacağı araştırılabilir.

## KAYNAKLAR


Abad, Leticia Arroyo ve Kareem Khalifa. (2015). "What are Stylized Facts?." Journal of Economic Methodology, 22(2): 143-156.

Acemoğlu, Daron. (2007). Introduction to Modern Economic Growth. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Ağçay, Murat. (2007). Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgâr Elektrik Santrali Tasarımı, RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink ile Yazılan Programda Yapılması. (Bitirme Tezi-Elektrik Mühendisleri Odası Proje Yarışması), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Akadiri, Seyi Saint, Andrew Adewale Alola, Ada Chigozie Akadiri ve Uju Violet Alola. (2019). "Renewable Energy Consumption in EU-28 Countries: Policy Toward Pollution Mitigation and Economics Sustainability."Energy Policy, 132: 803-810.

Akdur, Recep. (2005). Avrupa Birliği ve Türkiye'de Çevre Koruma Politikaları Türkiye'nin Avrupa Birliğine Uyumu, Ankara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Araştırma ve Uygulama Merkezi Araştırma Dizisi: 23, Ankara.

Ali, Hamisu Sadi, Siong Hook Law ve Talha Ibrahim Zannah. (2016). "Dynamic Impact of Urbanization, Eeconomic Growth, Energy Consumption and Trade Openness on CO2 Emissions in Nigeria." Environmental Science and Pollution Research, 23(12): 12435-12443.

Apergis, Nicholas, James E. Payne, Kojo Menyah ve Yemane Wolde-Rufael. (2010). "On the Causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth." Ecological Economics, 69(11): 2255-2260.

Apergis, Nicholas ve James E. Payne. (2010). "Renewable Energy Consumption and Growth in Eurasia." Energy Economics, 32(6): 1392-1397.

Arı, Ayşe ve Burcu Özcan. (2011). "İşçi Gelirleri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Dinamik Panel Veri Analizi." Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, (38): 101-117.

Ateş, Sanlı. (1998). Yeni İçsel Büyüme Teorileri ve Türkiye Ekonomisinin Büyüme Dinamiklerinin Analizi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Aubel, Joe. (2002). Potential Energy, Conservation of Energy. Florida: University of South Florida.

Aydın, Mücahit. (2019). "Renewable and non-Renewable Electricity Consumption-Economic Growth Nexus: Evidence from OECD Countries." Renewable Energy, 136: 599-606.

Bağlıtaş, Hayriye Hilal. (2019). Biokütle, Güneş, Hidrojen, Hidrogüç, Rüzgâr ve Jeotermalin Genelleştirilmiş Momentler Metodu Simülasyonu ile Makro Ekonomik Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Balgati, Badi Hani. (2005). Econometric Analysis of Panel Data. Third Edition, England: John Wiley & Sons Ltd.

Barro, Robert J. ve Xavier Sala-i-Martin. (2004). Economic Growth. Second Edition, London: Massachusetts Institute of Technology.

Bekun, Festus Victor, Andrew Adewale Alola ve Samuel Asumadu Sarkodie. (2019). "Toward a Sustainable Environment: Nexus between $CO_2$Emissions, Resource Rent, Renewable and non-Renewable Energy in 16-EU Countries." Science of the Total Environment, 657: 1023-1029.

Berber, Metin ve Ersan Bocutoğlu. (2016). Mikro İktisada Giriş. 6. Baskı, Ankara: Pegem Akademi.

Bhattacharyya, Subhes C. (2011). Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance. Switzerland: Springer.

Bilginoğlu, Mehmet Ali. (1991). "Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Sorunu ve Alternatif Enerji Politikaları." Erciyes Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 9: 122-147.

Blundell, Richard ve Stephen Bond. (1998). "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models." Journal of Econometrics, 87(1): 115-143.

Bozkurt, Süleyman ve Rıfat Tür. (2015). "Dünyada ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme." 4. Su Yapıları Sempozyumu, Antalya.

Broyles, Dave. (2006). What is Energy?. Second Edition, Canada: Trafford Publications.

British Petroleum. (2018). BP Statistical Review of World Energy. 67. Edition, London: BP.

British Petroleum. (2019). BP Statistical Review of World Energy. 68. Edition, London: BP.

Bulundu, Hüseyin ve Selim Serkan Say. (2016). Genel Doğal Gaz. 3. Baskı, İstanbul: UGETAM Yayınları.

Bulut, Umit ve Nicholas Apergis. (2020). "A New Methodological Perspective on the Impact of Energy Consumption on Economic Growth: Time Series Evidence Based on the Fourier Approximation for Solar Energy in the USA." GeoJournal, 1-12.

Çağıl, Gülcan. (2012). Enerji Sektörü ve Finansmanı. İstanbul: Yalın Yayıncılık.

Callen, Tim. (2008). "What Is Gross Domestic Product?." Finance & Development, 45(4): 48-49.

Cameron, A. Colin ve Pravin K. Trivedi. (2005). Microeconometrics. New York: Cambridge University Press.

Carrion-i-Silvestre, Josep Lluis, Tomas Del Barrio-Castro ve Enrique Lopez-Bazo. (2005). "Breaking the Panels: An Application to the GDP Per Capita." Econometrics Journal, 8: 159-175.

Clemence, Richard V. ve Francis S. Doody. (1950). The Schumpeterian System. Boston: Addison-Wesley Press.

Crain, Ross. (2004). A True History of Oil and Gas Development. Canada: The Canadian Society of Petroleum Geologists.

Çakır, Berkcan ve Efe Helvacı. (2016). Rüzgâr Türbini Kanat Tasarımı ve Analizi. (Yayınlanmamış Bitirme Tezi), Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği, Karabük.

Çiftçi, Dilek Durusu. (2015). Finansal Gelişme ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Bir Genişletilmiş Solow Büyüme Modeli Denemesi ve Ampirik Uygulama. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

Das, Panchanan. (2019). Econometrics in Theory and Practice. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.

Das, Anupam ve Biru Paksha Paul. (2011). "Openness and Growth in Emerging Asian Economies: Evidence from GMM Estimations of a Dynamic Panel." Economics Bulletin, 31(3): 2219-28.

Davidson, Ogunlade ve Youba Sokona. (2002). A New Sustainable Energy Path For African Development: Think Bigger Act Faster. Cape Town: Energy and Development Research Centre.

Demir, Ömer. (1996). "Josepf A. Schumpeter: Hayatı, Eserler ve Katkıları." Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi, 51(2): 155-172.

Devold, Havard. (2013). Oil and Gas Production Handbook. Oslo: The ABB Group.

Dickey, D. A., Hasza, D. P., ve Fuller, W. A. (1984). "Testing for Unit Roots in Seasonal Time Series." Journal of the American Statistical Association, 79 (386), 355-367.

Dogan, Eyup. (2020). "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Replication and Extension of." Energy Economics, 90: 104866.

Domar, Evsey D. (1946). "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment." Econometrica, 14(2): 137-147.

Erdinç, Zeynep. (2013). İktisadi Büyüme. Güler Günsoy ve Zeynep Erdinç (Ed.), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Eren, Barış Memduh, Nigar Taspinar ve Korhan K. Gökmenoğlu. (2019). "The Impact of Financial Development and Economic Growth on Renewable Energy Consumption: Empirical Analysis of India." Science of the Total Environment, 663: 189-197.

Eskin, Mert Can. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye ve Ekonomiye Etkisi. (Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.

Etokakpan, Mfonobong Udom, Sakiru Adebola Solarin, Vedat Yorucu, Festus Victor Bekun ve Samuel Asumadu Sarkodie. (2020). "Modeling Natural Gas Consumption, Capital Formation, Globalization, CO2 Emissions and

Economic Growth Nexus in Malaysia: Fresh Evidence from Combined Cointegration and Causality Analysis." Energy Strategy Reviews, 31: 100526.

European Commission. (2018). Going: Climate-Neutral by 2050. Brussels: European Commission.

European Commission. (2019). The European Green Deal. Brussels: European Commission.

European Union. (2012). Energy Roadmap 2050. Belgium: European Union.

Fagan, Alphonsus. (1991). An Introductinon to The Petroleum Industry. Canada: The Government of Newfoundland and Labrador.

Fan, Weiyang ve Yu Hao. (2020). "An Empirical Research on the Relationship amongst Renewable Energy Consumption Economic Growth and Foreign Direct Investment in China." Renewable Energy, 146: 598-609.

Foland, Andrew Dean. (2007). Energy. New York: Chelsea House Publishers.

Geothermal Energy Association. (2014). Geotherman 101 Basics of Geothermal Energy. Baltimore: Geothermal Energy Association.

Ghanbari, Ali, Khaksare Astane Samane ve Khaksare Astane Hamideh. (2014). "Factors Affecting Energy Productivity in Agricultural Sector of Iran." Journal of Agricultural Economics Research, 6 (21): 1-21.

Gough, Ian. (1972). "Marx's Theory of Productive and Unproductive Labour." New Left Review, 1 (76): 47-72.

Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ., & Evcimen, T. U. (2012). "Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış." Türkiye Mühendislik Haberleri, 1 (471): 18-26.

Görmezöz, Göktan. (2007). Türkiye Ekonomisinde Yaşanan Dalgalanmaların İstihdam Üzerindeki Etkisi ve Olumsuz Etkilerin Azaltılmasına Yönelik Önlemler. (Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi), T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü, Ankara.

Greene, William H. (2016). Ekonometrik Çözümleme. 7. Baskı, Çev: Ümit Şenesen, Ankara: Palme Yayıncılık.

Greiner, Alfred. (2009). Models of Economic Growth. Wei-Bin Zhang (Ed.), Mathematical Models in Economics-Volume 2, Oxford: EOLSS Publishers/UNESCO.

Gujarati, Damodar. (2016). Örneklerle Ekonometri. Çev: Nasip Bolatoğlu, 2. Baskı, Ankara: BB101.

Guo, Wei-Wei. (2018). "An Analysis of Energy Consumption and Economic Growth of Cobb-Douglas Production Function Based on ECM." In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 113(2018): 1-6.

Güloğlu, Bülent ve Mehmet İvrendi. (2010). "Output Fluctuations: Transitory or Permanent? The Case of Latin America." Applied Economics Letters, 17(4): 381-386.

Gülsaç, Işıl Işık. (Mayıs2009). Okyanuslardan Gelen Enerji. Dalga Enerjisi, TÜBİTAK Bilim ve Teknik, 58-61.

Günsoy, Güler. (2013). İktisadi Büyüme, Güler Günsoy ve Zeynep Erdinç (Ed.), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Habibulla, Sri Shali. (2005). Non-Conventional Energy Sources. New Town, Anantapur: M. Tech, Hons. C.H.E.M.I.S.T.E. Department of Rural Engineering Technician.

Halim, Hamizah Abdul, Nor Hidayah Harun, Mohd Shahidan Shaari ve Noorazeela Zainol Abidin. (2020). "The Effects of Capital, Labor and Electricity Consumption on Economic Growth in Malaysia." International Journal of Energy Economics and Policy, 10 (6): 305.

Hall, Robert E. ve Marc Lieberman. (2003). Economics Principles and Applications. Second Edition, California: South-Western College.

Harris, Jonathan M. (2003). "Sustainability and Sustainable Development." International Society for Ecological Economics Internet Encyclopaedia of Ecological Economics, 1 (1): 1-12.

Harrod, Roy Forbes. (1939). "An Essay in Dynamic Theory." The Economic Journal, 49 (193): 14-33.

Haseeb, Muhammad, Irwan Shah Zainal Abidin, Qazi Muhammad Adnan Hye ve Nira Hariyatie Hartan. (2019). "The Impact of Renewable Energy on Economic Well-Being of Malaysia: Fresh Evidence from Auto Regressive Distributed Lag Bound Testing Approach." International Journal of Energy Economics and Policy, 9 (1): 269-275.

Hicks, John R. (1932). "The Theory of Wages." The Economic Journal, 43 (171): 460-472.

Inglesi-Lotz, R. (2016). "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application." Energy Economics, 53: 58-63.

Ivanovski, Kris, Abebe Hailemariam ve Russell Smyth. (2020). "The Effect of Renewable and non-Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Non-Parametric Evidence." Journal of Cleaner Production, 124956.

İğde, Esra. (2010). Yapısal Değişiklik Altında Birim Kök Testleri ve Bazı Makro İktisadi Değişkenler Üzerine Uygulamalar. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Jelbi, Mehdi Ben, Sahbi Farhani ve Khaled Guesmi. (2020). "Renewable Energy, $CO_2$ Emissions and Value Added: Empirical Evidence from Countries with Different Income Levels." StructuralChange and Economic Dynamics, 53: 402-410.

Jebli, Mehdi Ben, Slim Ben Youssef ve Nicholas Apergis. (2019). "The Dynamic Linkage between Renewable Energy, Tourism, $CO_2$ Emissions, Economic Growth, Foreign Direct Investment and Trade." Latin American Economic Riview, 28 (2): 1-19.

Jones, Charles I. ve Dietrich Vollrath. (2013). Introduction to Economic Growth. Third Edition, New York: W. W. Norton & Company.

Kaldor, Nicholas. (1957). "A Model Of Economic Growth." The Economic Journal, 67 (268): 591-624.

Kaldor, Nicholas. (1961). "Capital Accumulation and Economic Growth." The Theory of Capital Edited By D. C. Hague, 177-222.

Karagöl, Erdal Tanas ve İsmail Kavaz. (2017). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, İstanbul: SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı.

Karayılmazlar, Selman, Nedim Saraçoğlu, Yıldız Çabuk ve Rıfat Kurt. (2011). "Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi." Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13 (19): 63-75.

Kavun, Enes. (2018). Türkiye'de Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Belirlenmesine Yönelik Yapılan Çalışmaların İncelenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.

Kaymakçıoğlu, Fatih ve Tamer Çirkin. (2004). "Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi ve Elektrik Üretimi." Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü.

Khan, Raza Muhammad, Sohail Farooq ve Muhammad Akram Gilal. (2020). "Electricity Consumption and Economic Growth: A Time-Series Study on Pakistan." Global Economics Review, 5 (1): 24-37.

Kibritçioğlu, Aykut. (1998). "İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşerî Sermayenin Yeri." Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 53 (1-4): 207-230.

Koç, Erdem ve Kadir Kaya. (2015). "Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu." Mühendis ve Makina Dergisi, 56 (668): 36-47.

Koçar, Günnur, Ahmet Eryaşar, Özben Ersöz, Şefik Arıcı ve Asiye Gül Bayrakçı. (2013). "Biyokütle Enerjisine Sektörel Yaklaşım: İzmir Örneği." Mühendis ve Makine, 54 (639): 78-85.

Koçbulut, Özgür ve Halil Altıntaş. (2016). "İkiz Açıklar ve Feldstein- Horioka Hipotezi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırılmalı Panel Eşbütünleşme Analizi." Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, (48): 145-174.

Koçbulut, Özgür ve Serap Barış. (2016). "Avrupa Birliği Ülkelerinde İhracat ve Doğrudan Yabancı Yatırımların Kadın İstihdamı Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi." Aydın İktisat Fakültesi Dergisi, 1 (2): 22-39.

Kuşkaya, Sevda. (2018). Küresel Isınmanın Kontrol Altına Alınmasında Takip Edilen Enerji Politikalarının Etkinliği: Bir Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli Yaklaşımı. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi.

Lee, Chien C. ve Chung P. Chang (2008). "Energy Consumption and Economic Growth in Asian Economies: A More Comprehensive Analysis Using Panel Data." Resource and Energy Economics, 30 (1): 50-65.

Le, Hoang Phong ve Ho Hoang Gia Bao. (2020). "Renewable and Nonrenewable Energy Consumption, Government Expenditure, Institution Quality, Financial Development, Trade Openness, and Sustainable Development in Latin America and Caribbean Emerging Market and Developing Economies." International Journal of Energy Economics and Policy, 10 (1): 242-248.

Le, Thai-Ha, Youngho Chang ve Donghyun Park. (2020). "Renewable and Nonrenewable Energy Consumption, Economic Growth, and Emissions: International Evidence." The Energy Journal, 41 (2): 73-92.

Letiche, John M. (1960). "Adam Smith and David Ricardo on Economic Growth." The Punjab University Economist, 1 (2): 7-35.

Levin, Andrew, Lin, C. F., ve Chu, C. S. J. (2002). "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties." Journal of Econometrics, 108 (1): 1-24.

Lucas, Robert E. (1988). "On The Mechanics Of Economic Development." Journal of Monetary Economics, 22 (1988): 3-42.

Maji, Ibrahim Kabiru, Chindo Sulaiman ve A. S. Abdul-Rahim. (2019). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth Nexus: A Fresh Evidence from West Africa." Energy Reports 5: 384-392.

Maku, Owen. A. ve Ikpuri Promise O. (2020). "A Multivariate Analysis between Renewable Energy, Carbon Emission and Economic Growth: New Evidences from Selected Middle East and North Africa Countries." International Journal of Energy Economics and Policy, 10 (6): 440-450.

Malanima, Paolo. (2015). "Energy In History." The Basic Environmental History, 2014: 1-29.

Malthus, R. Thomas. (1998). An Essay on The Principle of Population. Washington: Electronic Scholarly Publishing Project.

Marinaş, Varius-Corneliu, Marin Duru, Aura-Gabriela ve Cristian Socol. (2018). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth. Causality Relationship in Central and Eastern European Countries." PLoS ONE 13 (10): e0202951.

Marx, Karl. (2003). Kapital I. 3. Baskı, Çev: Alaattin Bilgi, İstanbul: Eriş Yayınları.

Mele, Marco. (2019). "Renewable Energy Consumption: The Effects on Economic Growth in Mexico." International Journal of Energy Economics and Policy, 9 (3): 269-273.

Mercan, Mehmet. (2014). "Feldstein-Horioka Hipotezinin AB-15 ve Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırılmalı Dinamik Panel Veri Analizi." Ege Akademik Bakış, 14 (2): 231-245.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi. Ankara: MEB.

Munro, John H. (2008). Some Basic Principles of Marxian Economics. Toronto: Department of Economics University of Toronto.

National Energy Education Development Project. (2017). Secondary Energy Infobook, Manassas: The NEED Project.

NCSS Statistical Software (2020). Ridge Regression. Utah: NCSS.

Ntanos, S., Skordoulis, M., Kyriakopoulos, G., Arabatzis, G., Chalikias, M., Galatsidas, S., ... ve Katsarou, A. (2018). "Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from European Countries." Sustainability, 10 (8): 2626.

Ocal, Oğuz ve Alper Aslan. (2013). "Renewable Energy Consumption–Economic Growth Nexus in Turkey." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28: 494-499.

Omri, Anis, Nejah Ben Mabrouk ve Amel Sassi-Tmar. (2015). "Modeling the Causal Linkages between Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in Developed and Developing Countries." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42: 1012-1022.

Organization of The Petroleum Exporting Countries. (2013). I Need To Know. Second Edition, Austria: OPEC.

Oryani, Bahareh, Yoonmo Koo, Shahabaldin ve Afsaneh Shafiee. (2020). "Investigating the Asymmetric Impact of Energy Consumption on Reshaping Future Energy Policy and Economic Growth in Iran Using Extended Cobb-Douglas Production Function." Energy, 216: 119187.

Özcan, Burcu ve İlhan Öztürk. (2019). "Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Emerging Countries: A Bootstrap Panel Causality Test." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 104: 30-37.

Özemre, Ahmet Yüksel, Ahmet Bayülken ve Şarman Gençay. (2000). 50 Soruda Türkiye'nin Nükleer Enerji Sorunu. İstanbul: Kaktüs.

Ozturk, İlhan ve Usama Al-Mulali. (2015). "Natural Gas Consumption and Economic Growth Nexus: Panel Data Analysis for GCC Countries." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51: 998-1003.

Pegkas, Panagiotis. (2020). "The Impact of Renewable and non-Renewable Energy Consumption on Economic Growth: The Case of Greece." International Journal of Sustainable Energy, 39 (4): 380-395.

Rahman, Mohammad M. ve Eswaran Velayutham. (2020). "Renewable and non-Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus: New Evidence from South Asia." Renewable Energy, 147 (1): 399-408.

Payne, James E. (2009). "On the Dynamics of Energy Consumption and Employment in Illinois." The journal of Regional Anaysis & Policy, 39 (2): 126-130.

Ricardo, David. (2001). On The Principles Of Political Economy And Taxation. Canada: Batoche Books.

Phillips, Peter C. B. ve Pierre Perron. (1988). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression." Biometrika, 75 (2): 335-346.

Romer, Paul M. (1990). “Endogenous Technological Change”. Journal of Political Economy, 98 (5): 71-102.

Roodman, David. (2009). “How to do xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata.” The Stata Journal, 9: 86-136.

Sağlam, Mustafa ve Tanay Sıdkı Uyar. (2005). “Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli.” TMMOB Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu: Bildiri.

Saidi, Kais ve Anis Omri (2020). “The Impact of Renewable Energy on Carbon Emissions and Economic Growth in 15 Major Renewable Energy-Consuming Countries.” Environmental Research, 186: 109567.

Schumpeter, Joseph A. (1934). The Theory of Economic Development. New York: Harvard University Press.

Schumpeter, Joseph A. (1949). The Theory of Economic Development. United States of America: Harvard University Press.

Schumpeter, Joseph A. (2003). Capitalism, Socialism and Democracy. This Edition Published by Taylor & Francis e-Library.

Selici, Tülay vd. (2005). “Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi.” Elektrik Mühendisleri Odası, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi.

Selik, Mehmet. (1982). Marksist Değer Teorisi. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, 100. Doğum Yılında Atatürk’e Armağan Dizisi 26, Ankara.

Silva, Susana, Isabel Soares ve Carlos Pinho. (2012). “The Impact of Renewable Energy Sources on Economic Growth and CO2 Emissions: A SVAR Approach.” European Research Studies Journal, 15 (4): 133-144.

Singh, Nadia, Richard Nyuur ve Ben Richmond. (2019). “Renewable Energy Development as a Driver of Economic Growth: Evidence from Multivariate Panel Data Analysis.” Sustainability, 11 (8): 1-18.

Smith, Adam. (2007). Wealth Of Nations. Lausanne: MetaLibri Digital Library.

Smith, Adam. (2006). Milletlerin Zenginliği. Çev: Haldun Derin, İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Soava, Georgeta, Anca Mehedintu, Mihaela Sterpu ve Mircea Raduteanu. (2018). “Impact of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from European Union Countries.” Technological and Economic Development of Economy, 24 (3): 914-932.

Solow, Robert M. (1956). “A Contribution to The Theory of Economic Growth.” The Quarterly Journal of Economics, 70 (1): 65-94.

Soto, Marcelo. (2009). “System GMM Estimation with a Small Sample.” Barcelona Economics Working Paper Series, no 395.

Soytas, Uğur ve Ramazan Sari. (2003). "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets." Energy Economics, 25 (1): 33-37.

Şen, Hüseyin, Ayşe Kaya ve Barış Alpaslan. (2018). "Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Perspektif." Ekonomik Yaklaşım, 29 (107): 1-47.

Smith, Michael J de. (2018). Statictical Analysis Handbook. 2018 Edition, Edinburgh: The Winchelsea Press.

Stern, David I. (1993). "Energy and Economic Growth in the USA: A Multivariate Approach." Energy Economics, 15 (2): 137-150.

Steven, Fawkes. (2016). Energy Efficiency. Second Edition, New York: Routledge.

Taban, Sami. (2013). İktisadi Büyüme. Güler Günsoy ve Zeynep Erdinç (Ed.), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Taşkın, Dilvin. (2020). "Does Renewable Eenergy Promote Green Economic Growth in OECD Countries?" Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, 11 (4): 771-798.

Tatlı, Halim. (2015). "Çok Değişkenli Bir Üretim Modeli ile Toplam Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği." Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 33 (4): 135-157.

Taylor, David M. (1995). "Environmental Plutonium in Humans." Applied Radiation and Isotopes, 46(11): 1245-1252.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu Kitapçığı, Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

Teyyare, Erdoğan. (2018). "OECD Ülkelerinde Kayıt Dışı Ekonomi ve Kurumsal Kalite İlişkisi." Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 14(1): 51-65.

Topcu, Ebru, Buket Altınoz ve Alper Aslan. (2020). "Global Evidence from the Link between Economic Growth, Natural Resources, Energy Consumption and Gross Capital Formation." Resources Policy, 66: 101622.

Tuna, Gülfen ve Vedat Ender Tuna. (2019). "The Asymmetric Causal Relationship between Renewable and non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in the ASEAN-5 Countries." Resources Policy, 62: 114-124.

TÜBİTAK-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu. (1998). Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Raporu. Ankara: TÜBİTAK.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2019). 2019-2023 Stratejik Planı. Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. (2017). Petrole Dair Merak Edilenler. Ankara: TPAO.

United Nations. (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto.

United Nations. (2015). Paris Agreement, Paris.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2008). Kyoto Protocol Reference Manual, Report.

Ünsal, Erdal M. (2016). İktisadi Büyüme. 2. Baskı, Ankara: İmaj Yayınları.

Vanderhulst, P., H Lanser, P. Bergmeyer, F. Foeth ve R. Albers. (1990). Solar Energy: Small Scale Applications In Developing Countries. Amsterdam: Stichting TOOL.

Venkatraja, B. (2019). "Does Renewable Energy Effect Economic Growth? Evidence from Panel Data Estimation of BRIC Countries." International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 27 (2): 107-113.

Varınca, Kamil B. ve M. Talha Gönüllü. (2006). "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Çevresel Olumlu Etkileri." Isparta: VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi.

Wang, Qiang ve Lili Wang. (2020). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth in OECD Countries: A Nonlinear Panel Data Analysis." Energy 207: 118200.

Wei, Taoyuan. (2007). "Impact of Energy Efficiency Gains on Output and Energy Use with Cobb–Douglas Production Function." Energy Policy, 35(4): 2023-2030.

World Coal Institute. (2005). The Coal Resource A Comprehensive Overview of Coal. Britain: World Coal Institute.

Yalçınkaya, Ömer. (2016). "G-20 Ülkelerinde Satın Alma Gücü Paritesi Teorisinin Geçerliliği: Panel Birim Kök Testinden Kanıtlar." Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5: 145-162.

Yardımcı, Pınar. (2006). İçsel Büyüme ve Türkiye'de İçsel Büyümeyi Etkileyen Faktörlerin Ampirik Analizi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

Yeşil Düşünce Derneği. (2020). Avrupa Yeşil Mutabakatı, Çev: Bürge Abiral vd., İstanbul.

Yılmaz, Özlem Göktaş. (2005). "Türkiye Ekonomisinde Büyüme ile İşsizlik Oranları Arasındaki Nedensellik İlişkisi." İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, (2): 63-76.

Younger, A. H. (2004). Natural Gas Processing Principles and Technology. Canada: University of Calgary.

Yücel, Leyla İşbilen. (2010). İstatistik. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

Zafar, Muhammad Wasif. (2019). "From non-Renewable to Renewable Energy and its Impact on Economic Growth: The Role of Research & Development Expenditures in Asia-Pacific Economic Cooperation Countries." Journal of Cleaner Production, 212: 1166-1178.

Zhao, Huiru, Zhao, Huiru, Haoran Zhao, Xiaoyu Han, Zhonghua He ve Sen Guo. (2016). "Economic Growth, Electricity Consumption, Labor Force and Capital

Input: A More Comprehensive Analysis on North China Using Panel Data.” Energies, 9 (11): 891.

Zumerchik, John. (2001). Macmillan Encyclopedia of Energy. New York: Macmillan Reference USA.

## EKLER

**Tablo-3.7:** Bireysel Birim Kök Testi Sonuçları (Devam)

| *Ülkeler ve Değişkenler* | | *Yapısal Kırılmalı PKPSS Testi* | *Bootstrap Kritik Değerler* | | | *Kırılma Sayısı ve Tarihleri* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *%90* | *%95* | *%99* | |
| ***ARG*** | ***GDP*** | 0.050 | 0.831 | 1.139 | 2.033 | 2;1997;2012 |
| | ***RE*** | 0.250 | 0.330 | 0.479 | 0.943 | 1;2012 |
| | ***GFCF*** | 0.067 | 0.793 | 1.137 | 2.039 | 2;2000;2006 |
| | ***LF*** | 0.044 | 0.935 | 1.251 | 2.140 | 1;1998 |
| | ***CO2*** | 0.096 | 0.625 | 0.847 | 1.463 | 2;2002 |
| | ***UP*** | 0.068 | 0.597 | 0.902 | 1.832 | 2;1999;2002 |
| ***AUS*** | ***GDP*** | 0.059 | 0.481 | 0.664 | 1.202 | 2;2004;2008 |
| | ***RE*** | 0.054 | 0.671 | 0.949 | 1.753 | 2;2010;2011 |
| | ***GFCF*** | 0.058 | 0.344 | 0.517 | 0.933 | 1;2012 |
| | ***LF*** | 0.243 | 0.943 | 1.325 | 2.127 | 2;2004;2007 |
| | ***CO2*** | 0.065 | 0.452 | 0.652 | 1.229 | 1;2008 |
| | ***UP*** | 0.176 | 0.941 | 1.263 | 2.204 | 2;2003;2007 |
| ***BEL*** | ***GDP*** | 0.207 | 0.462 | 0.641 | 1.175 | 1;2008 |
| | ***RE*** | 0.846 | 0.903 | 1.231 | 2.199 | 2;1999;2009 |
| | ***GFCF*** | 0.238 | 0.896 | 1.229 | 2.090 | 2;2008 |
| | ***LF*** | 0.039 | 0.701 | 0.943 | 1.700 | 2;2004;2008 |
| | ***CO2*** | 0.061 | 0.291 | 0.427 | 0.923 | 1;1995 |
| | ***UP*** | 0.372 | 0.748 | 1.026 | 2.071 | 2;2003;2010 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***BRA*** | ***GDP*** | 1.066** | 0.604 | 0.813 | 1.440 | 2;2000;2001 |
| | ***RE*** | 0.418 | 0.697 | 0.948 | 1.773 | 2;2012;2011 |
| | ***GFCF*** | 0.517 | 0.621 | 0.835 | 1.455 | 2;1997;2001 |
| | ***LF*** | 0.035 | 0.503 | 0.703 | 1.246 | 1;2004 |
| | ***CO2*** | 0.055 | 0.497 | 0.706 | 1.250 | 1;2003 |
| | ***UP*** | 0.792 | 0.943 | 1.288 | 2.119 | 2;2002;2009 |
| ***CAN*** | ***GDP*** | 0.059 | 0.889 | 1.208 | 2.060 | 2;2010;2012 |
| | ***RE*** | 0.730* | 0.518 | 0.802 | 1.567 | 1;2011 |
| | ***GFCF*** | 1.417*** | 0.465 | 0.725 | 1.417 | 1;2004 |
| | ***LF*** | 0.115 | 0.582 | 0.843 | 1.687 | 2;2001;2007 |
| | ***CO2*** | 1.213** | 0.616 | 0.836 | 1.479 | 2;1995;2009 |
| | ***UP*** | 0.062 | 0.827 | 1.167 | 1.979 | 2;2000;2009 |
| ***CHE*** | ***GDP*** | 0.096 | 0.891 | 1.218 | 2.187 | 2;2005 |
| | ***RE*** | 0.255 | 0.779 | 1.027 | 1.721 | 1;2013 |
| | ***GFCF*** | 0.173 | 0.285 | 0.457 | 0.879 | - |
| | ***LF*** | 0.287 | 0.500 | 0.687 | 1.239 | 1;2002 |
| | ***CO2*** | 0.128 | 0.496 | 0.674 | 1.232 | - |
| | ***UP*** | 0.047 | 0.787 | 1.063 | 2.065 | 2,2005 |
| ***CHL*** | ***GDP*** | 0.094 | 0.458 | 0.658 | 1.194 | 2;1995;2005 |
| | ***RE*** | 0.036 | 0.488 | 0.715 | 1.193 | 1;2007 |
| | ***GFCF*** | 0.043 | 0.472 | 0.672 | 1.217 | 2;2011;2012 |
| | ***LF*** | 0.072 | 0.694 | 0.954 | 1.722 | 2;2006;2011 |
| | ***CO2*** | 0.039 | 0.494 | 0.696 | 1.209 | 1;1995 |
| | ***UP*** | 0.158 | 0.649 | 0.961 | 1.984 | 2;2004;2003 |
| ***DNK*** | ***GDP*** | 0.189 | 0.936 | 1.273 | 2.243 | 2;2008 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***RE*** | 0.226 | 0.464 | 0.661 | 1.152 | 1;1999 |
| | ***GFCF*** | 0.301 | 0.431 | 0.618 | 1.118 | 1;2008 |
| | ***LF*** | 0.056 | 0.422 | 0.637 | 1.236 | - |
| | ***CO2*** | 0.075 | 0.315 | 0.476 | 0.980 | 1;2007 |
| | ***UP*** | 0.408 | 0.618 | 0.845 | 1.738 | 2;2004;2008 |
| ***ESP*** | ***GDP*** | 0.132 | 0.448 | 0.670 | 1.196 | 2;2007;2008 |
| | ***RE*** | 0.088 | 0.726 | 1.013 | 1.885 | 2;1999;2010 |
| | ***GFCF*** | 0.124 | 0.472 | 0.727 | 1.469 | 2;2008 |
| | ***LF*** | 0.480 | 0.913 | 1.261 | 2.272 | 2;2007;2008 |
| | ***CO2*** | 0.127 | 0.450 | 0.614 | 1.203 | 1;2002 |
| | ***UP*** | 0.119 | 0.920 | 1.305 | 2.572 | 2;2010;2007 |
| ***FIN*** | ***GDP*** | 0.157 | 0.706 | 0.993 | 1.855 | 2;2008 |
| | ***RE*** | 0.071 | 0.673 | 0.933 | 1.710 | 2;1999;2013 |
| | ***GFCF*** | 0.436 | 0.478 | 0.734 | 1.481 | 2;2008 |
| | ***LF*** | 0.087 | 0.732 | 1.045 | 1.929 | 2;1998;2008 |
| | ***CO2*** | 0.103 | 0.496 | 0.689 | 1.273 | 1;2003 |
| | ***UP*** | 0.481 | 0.796 | 1.095 | 2.031 | 2;2010;2007 |
| ***FRA*** | ***GDP*** | 0.100 | 0.929 | 1.261 | 2.140 | 2;2008 |
| | ***RE*** | 0.065 | 0.653 | 0.933 | 1.763 | 2;2005;2010 |
| | ***GFCF*** | 0.148 | 0.831 | 1.191 | 1.977 | 2;1998;2008 |
| | ***LF*** | 0.063 | 0.862 | 1.184 | 2.147 | 2;2002;2009 |
| | ***CO2*** | 0.061 | 0.291 | 0.427 | 0.923 | 1;1995 |
| | ***UP*** | 0.372 | 0.748 | 1.026 | 2.071 | 2;2003;2010 |
| ***GBR*** | ***GDP*** | 0.588* | 0.585 | 0.838 | 1.531 | 2;2008 |
| | ***RE*** | 0.034 | 0.905 | 1.329 | 2.387 | 2;1999;2009 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***GFCF*** | 0.086 | 0.438 | 0.656 | 1.203 | 1;2008 |
| | ***LF*** | 0.044 | 0.591 | 0.821 | 1.783 | 2;1996;2004 |
| | ***CO2*** | 0.117 | 0.431 | 0.622 | 1.123 | 2;2005;2012 |
| | ***UP*** | 0.899** | 0.653 | 0.863 | 1.403 | 2;2010 |
| ***GRC*** | ***GDP*** | 0.396 | 0.484 | 0.740 | 1.530 | 2;2009;2012 |
| | ***RE*** | 0.104 | 0.663 | 0.959 | 1.885 | 2;2005;2011 |
| | ***GFCF*** | 0.183 | 0.507 | 0.734 | 1.373 | 2;2009;2012 |
| | ***LF*** | 0.174 | 0.866 | 1.194 | 2.217 | 2;2004;2010 |
| | ***CO2*** | 0.067 | 0.567 | 0.820 | 1.627 | 2;2005;2012 |
| | ***UP*** | 0.090 | 0.697 | 0.992 | 2.015 | 2;2009 |
| ***IDN*** | ***GDP*** | 0.365 | 0.734 | 1.046 | 1.901 | 2;1997;2001 |
| | ***RE*** | 0.117 | 0.662 | 0.975 | 1.896 | 2;1997;2010 |
| | ***GFCF*** | 0.113 | 0.514 | 0.776 | 1.316 | 1;1997 |
| | ***LF*** | 0.187 | 0.979 | 1.285 | 2.185 | 2;2001;2006 |
| | ***CO2*** | 0.115 | 0.374 | 0.548 | 1.005 | 1;2010 |
| | ***UP*** | 1.602** | 0.844 | 1.220 | 2.290 | 2;2000;2009 |
| ***IND*** | ***GDP*** | 0.299 | 0.885 | 1.190 | 2.077 | 1;2000 |
| | ***RE*** | 0.071 | 0.657 | 0.980 | 1.898 | 2;1999;2002 |
| | ***GFCF*** | 0.344 | 0.746 | 1.040 | 2.137 | 2;2004;2006 |
| | ***LF*** | 0.025 | 0.658 | 0.931 | 1.878 | 2;2006;2011 |
| | ***CO2*** | 0.072 | 0.484 | 0.676 | 1.191 | 1;2007 |
| | ***UP*** | 0.068 | 0.924 | 1.256 | 2.130 | 2;2008 |
| ***IRL*** | ***GDP*** | 0.037 | 0.854 | 1.182 | 2.015 | 2;2002;2011 |
| | ***RE*** | 0.037 | 0.854 | 1.182 | 2.015 | 2;1999;2005 |
| | ***GFCF*** | 0.850** | 0.588 | 0.837 | 1.569 | 2;2009;2012 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***LF*** | 0.511 | 0.794 | 1.113 | 2.018 | 2;2008 |
| | ***CO2*** | 0.096 | 0.758 | 1.087 | 1.919 | 2;1996;2012 |
| | ***UP*** | 0.782 | 0.942 | 1.279 | 2.256 | 2;1999 |
| ***ISR*** | ***GDP*** | 0.059 | 0.565 | 0.841 | 1.562 | 2;2002;2011 |
| | ***RE*** | 0.087 | 0.504 | 0.729 | 1.443 | 2;2008;2013 |
| | ***GFCF*** | 0.113 | 0.622 | 0.928 | 1.648 | 2;1994;2000 |
| | ***LF*** | 0.046 | 0.280 | 0.437 | 0.877 | 2;1994;2010 |
| | ***CO2*** | 0.043 | 0.376 | 0.564 | 1.156 | 1;2005 |
| | ***UP*** | 0.106 | 0.445 | 0.669 | 1.306 | 2;2002;2012 |
| ***ITA*** | ***GDP*** | 0.203 | 0.893 | 1.221 | 1.991 | 1;2003 |
| | ***RE*** | 0.046 | 0.629 | 0.862 | 1.487 | - |
| | ***GFCF*** | 0.107 | 0.528 | 0.754 | 0.107 | 2;2008;2011 |
| | ***LF*** | 0.238 | 0.276 | 0.434 | 0.840 | 2;1994;2008 |
| | ***CO2*** | 0.198 | 0.470 | 0.683 | 1.236 | 1;2003 |
| | ***UP*** | 0.047 | 0.616 | 0.883 | 1.536 | 2;2002;2004 |
| ***JOR*** | ***GDP*** | 0.063 | 0.508 | 0.727 | 1.233 | 1;2006;2008 |
| | ***RE*** | 0.050 | 0.327 | 0.480 | 0.902 | 1;2013 |
| | ***GFCF*** | 0.093 | 0.502 | 0.693 | 1.203 | 1;2004 |
| | ***LF*** | 0.111 | 0.607 | 0.873 | 1.698 | 2;1999;2006 |
| | ***CO2*** | 0.142 | 0.505 | 0.684 | 1.206 | - |
| | ***UP*** | 0.120 | 0.549 | 0.786 | 1.339 | 2;2002;2004 |
| ***JPN*** | ***GDP*** | 0.091 | 0.432 | 0.637 | 1.175 | 1;2008 |
| | ***RE*** | 0.239 | 0.302 | 0.457 | 1.042 | 1;2010 |
| | ***GFCF*** | 0.468** | 0.454 | 0.653 | 1.218 | 1;2008 |
| | ***LF*** | 0.296 | 0.364 | 0.538 | 1.079 | 2;1998;2011 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***CO2*** | 0.360 | 0.435 | 0.635 | 1.191 | 1;2001 |
| | ***UP*** | 0.091 | 0.916 | 1.205 | 2.256 | 2;1996;2009 |
| ***KEN*** | ***GDP*** | 0.474 | 0.682 | 0.967 | 1.797 | 2;2002;2007 |
| | ***RE*** | 0.192 | 0.956 | 1.264 | 2.041 | 2;2007 |
| | ***GFCF*** | 0.400 | 0.631 | 0.863 | 1.536 | 1;2005 |
| | ***LF*** | 2.127** | 0.862 | 1.177 | 2.232 | 2;2002;2004 |
| | ***CO2*** | 0.076 | 0.713 | 0.954 | 1.791 | 2;2001;2003 |
| | ***UP*** | 0.195 | 0.463 | 0.677 | 1.553 | 2;1996;2009 |
| ***KOR*** | ***GDP*** | 0.111 | 0.639 | 0.910 | 1.651 | 2;1996;2008 |
| | ***RE*** | 0.051 | 0.632 | 0.883 | 1.596 | 2;2008;2012 |
| | ***GFCF*** | 0.355 | 0.745 | 1.044 | 1.949 | 2;2001;2011 |
| | ***LF*** | 0.058 | 0.850 | 1.177 | 2.110 | 2;1997;2008 |
| | ***CO2*** | 0.731* | 0.585 | 0.828 | 1.532 | 2;2003;2012 |
| | ***UP*** | 0.414 | 0.578 | 0.848 | 1.692 | 2;2002;2012 |
| ***MAR*** | ***GDP*** | 0.199 | 0.282 | 0.433 | 0.895 | 1;2008 |
| | ***RE*** | 0.086 | 0.511 | 0.716 | 1.334 | 1;2005 |
| | ***GFCF*** | 0.041 | 0.518 | 0.759 | 1.493 | 2;2006 |
| | ***LF*** | 0.263 | 0.650 | 0.883 | 1.579 | 2;2009;2011 |
| | ***CO2*** | 0.039 | 0.610 | 0.855 | 1.628 | 2;2004;2008 |
| | ***UP*** | 0.377 | 0.535 | 0.785 | 1.427 | 2;1995;2011 |
| ***MEX*** | ***GDP*** | 0.405* | 0.362 | 0.546 | 1.074 | 2;2000;2001 |
| | ***RE*** | 0.066 | 0.575 | 0.878 | 1.611 | 2;2011 |
| | ***GFCF*** | 0.046 | 0.507 | 0.788 | 1.585 | 2;2003;2007 |
| | ***LF*** | 0.163 | 0.766 | 1.068 | 2.014 | 2;2009;2005 |
| | ***CO2*** | 0.800* | 0.704 | 0.994 | 1.986 | 2;1994;2001 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***UP*** | 0.317 | 0.363 | 0.541 | 1.095 | 2;2006;2011 |
| ***NLD*** | ***GDP*** | 0.043 | 0.961 | 1.266 | 2.098 | 2;1999;2008 |
| | ***RE*** | 0.083 | 0.775 | 1.048 | 1.880 | 2;1999;2006 |
| | ***GFCF*** | 0.164 | 0.449 | 0.639 | 1.098 | 1;2008 |
| | ***LF*** | 0.078 | 0.857 | 1.160 | 2.033 | 2;2003;2009 |
| | ***CO2*** | 0.495 | 0.515 | 0.765 | 1.474 | 2;2007;2010 |
| | ***UP*** | 0.047 | 0.660 | 0.895 | 1.639 | 2;2005 |
| ***NOR*** | ***GDP*** | 0.039 | 0.710 | 1.024 | 2.026 | 2;1999;2008 |
| | ***RE*** | 0.076 | 0.474 | 0.732 | 1.384 | 2;1999;2000 |
| | ***GFCF*** | 0.154 | 0.501 | 0.686 | 1.208 | 2;2005;2004 |
| | ***LF*** | 0.049 | 0.759 | 1.044 | 2.003 | 2;2002;2006 |
| | ***CO2*** | 0.070 | 0.475 | 0.667 | 1.216 | - |
| | ***UP*** | 1.177* | 0.939 | 1.257 | 2.116 | 2;2006 |
| ***PAK*** | ***GDP*** | 0.045 | 0.517 | 0.704 | 1.383 | 2;2004;2012 |
| | ***RE*** | 0.104 | 0.500 | 0.703 | 1.331 | 2;1994;2002 |
| | ***GFCF*** | 0.063 | 0.638 | 0.941 | 1.823 | 2;2010;2012 |
| | ***LF*** | 0.396 | 0.623 | 0.896 | 1.608 | 1;1996 |
| | ***CO2*** | 0.371 | 0.489 | 0.728 | 1.246 | 1;2006 |
| | ***UP*** | 0.531 | 0.977 | 1.322 | 2.181 | 2;2000;2007 |
| ***PHL*** | ***GDP*** | 0.292 | 0.496 | 0.686 | 1.187 | 2;2002;2008 |
| | ***RE*** | 0.104 | 0.631 | 0.873 | 1.646 | 2;2002;2012 |
| | ***GFCF*** | 0.059 | 0.842 | 1.145 | 2.215 | 2;2011 |
| | ***LF*** | 0.074 | 0.748 | 1.056 | 2.023 | 1;2013 |
| | ***CO2*** | 0.183 | 0.795 | 1.091 | 1.902 | 2;2000;2005 |
| | ***UP*** | 0.134 | 0.874 | 1.251 | 2.287 | 2;1999;2009 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***PRT*** | ***GDP*** | 0.132 | 0.885 | 1.204 | 2.275 | 2;2003;2002 |
| | ***RE*** | 0.097 | 0.485 | 0.689 | 1.200 | 1;2013 |
| | ***GFCF*** | 0.064 | 0.568 | 0.878 | 1.626 | 2;2001;2002 |
| | ***LF*** | 0.078 | 0.918 | 1.247 | 2.179 | 2;2005 |
| | ***CO2*** | 0.534* | 0.516 | 0.709 | 1.259 | 2;2001;2009 |
| | ***UP*** | 0.282 | 0.733 | 1.045 | 1.918 | 2;2005;2004 |
| ***SWE*** | ***GDP*** | 0.162 | 0.468 | 0.664 | 1.319 | 2;2008 |
| | ***RE*** | 0.044 | 0.701 | 0.936 | 1.751 | 2;1999;2003 |
| | ***GFCF*** | 0.196 | 0.448 | 0.643 | 1.171 | 2;1994;2008 |
| | ***LF*** | 0.039 | 0.505 | 0.704 | 1.273 | 2;2000;2001 |
| | ***CO2*** | 0.083 | 0.505 | 0.713 | 1.206 | - |
| | ***UP*** | 0.026 | 0.817 | 1.105 | 1.933 | 2;2006;2005 |
| ***THA*** | ***GDP*** | 0.047 | 0.911 | 1.268 | 2.224 | 2;1996;2007 |
| | ***RE*** | 0.091 | 0.835 | 1.158 | 2.182 | 2;2011;2010 |
| | ***GFCF*** | 0.047 | 0.828 | 1.151 | 2.276 | 2;1997;2003 |
| | ***LF*** | 0.041 | 0.608 | 0.841 | 1.720 | 2;2008;2012 |
| | ***CO2*** | 0.046 | 0.834 | 1.155 | 2.183 | 2;1997;2003 |
| | ***UP*** | 0.054 | 0.850 | 1.159 | 1.989 | 2;2001;2009 |
| ***TUR*** | ***GDP*** | 0.249 | 0.910 | 1.216 | 2.118 | 2;2000;2008 |
| | ***RE*** | 0.117 | 0.340 | 0.492 | 0.922 | 1;2011 |
| | ***GFCF*** | 0.044 | 0.941 | 1.277 | 2.207 | 2;2008 |
| | ***LF*** | 0.359 | 0.500 | 0.700 | 1.238 | 2;2005;2006 |
| | ***CO2*** | 0.039 | 0.503 | 0.694 | 1.214 | - |
| | ***UP*** | 0.095 | 0.704 | 0.991 | 2.050 | 2; 2006;2010 |
| ***USA*** | ***GDP*** | 0.031 | 0.919 | 1.262 | 2.217 | 2;2007;2008 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***RE*** | 0.160 | 0.517 | 0.708 | 1.235 | 1;2002 |
| | ***GFCF*** | 0.032 | 0.903 | 1.228 | 2.200 | 2;2007;2008 |
| | ***LF*** | 0.044 | 0.894 | 1.196 | 2.102 | 2;2000;2009 |
| | ***CO2*** | 0.122 | 0.879 | 1.177 | 2.142 | 2;2003;2008 |
| | ***UP*** | 1.201* | 0.873 | 1.209 | 2.093 | 2;2000;2009 |

| ***GDP: Panel B: Panel Birim Kök İstatistiği*** | | |
|---|---|---|
| ***Model*** | ***Test İst.*** | ***Asimtotik p-değeri*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 16.865 | 0.000 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 65.657 | 0.000 |

| ***GDP: Panel C: Bootstrap Kritik Değerler (%)*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Model*** | ***%90*** | ***%95*** | ***%99*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 43.461 | 49.093 | 62.193 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 143.487 | 159.566 | 194.204 |

| ***RE: Panel B: Panel Birim Kök İstatistiği*** | | |
|---|---|---|
| ***Model*** | ***Test İst.*** | ***Asimtotik p-değeri*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 16.033 | 0.000 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 44.874 | 0.000 |

| ***RE: Panel C: Bootstrap Kritik Değerler (%)*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Model*** | ***%90*** | ***%95*** | ***%99*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 44.319 | 51.624 | 67.081 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 114.028 | 127.061 | 154.730 |

| ***GFCF: Panel B: Panel Birim Kök İstatistiği*** | | |
|---|---|---|
| ***Model*** | ***Test İst.*** | ***Asimtotik p-değeri*** |

| | | |
|---|---|---|
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 20.329 | 0.000 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 63.435 | 0. 000 |

| ***GFCF: Panel C: Bootstrap Kritik Değerler (%)*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Model*** | ***%90*** | ***%95*** | ***%99*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 34.265 | 38.657 | 48.113 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 99.475 | 112.891 | 139.723 |

| ***LF: Panel B: Panel Birim Kök İstatistiği*** | | |
|---|---|---|
| ***Model*** | ***Test İst.*** | ***Asimtotik p-değeri*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 28.993 | 0.000 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 78.411 | 0.000 |

| ***LF: Panel C: Bootstrap Kritik Değerler (%)*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Model*** | ***%90*** | ***%95*** | ***%99*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 42.466 | 46.604 | 57.372 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 155.900 | 170.921 | 207.517 |

| ***CO2: Panel B: Panel Birim Kök İstatistiği*** | | |
|---|---|---|
| ***Model*** | ***Test İst.*** | ***Asimtotik p-değeri*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 11.362 | 0.000 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 42.961 | 0.000 |

| ***CO2: Panel C: Bootstrap Kritik Değerler (%)*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Model*** | ***%90*** | ***%95*** | ***%99*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 20.430 | 22.873 | 28.202 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 68.600 | 76.851 | 92.322 |
| ***UP: Panel B: Panel Birim Kök İstatistiği*** | | | |
| ***Model*** | ***Test İst.*** | | ***Asimtotik p-değeri*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 44.802 | | 0.000 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 172.979 | | 0.000 |
| ***UP: Panel C: Bootstrap Kritik Değerler (%)*** | | | |
| ***Model*** | ***%90*** | ***%95*** | ***%99*** |
| $LM^{(\lambda)}(hom)$ | 75.181 | 86.971 | 111.340 |
| $LM^{(\lambda)}(het)$ | 217.773 | 243.744 | 301.531 |

**Not:** Tabloda yer alan kritik değerler bootstrap 5000 döngü ile üretilmiş, sabit ve trend içeren model kullanılmıştır. "*" işareti %10, "**" işareti %5 ve "***" işareti %1 anlamlılık düzeyinde serinin durağan olduğunu göstermektedir.

## ÖZ GEÇMİŞ

**Kişisel Bilgiler**

**Adı ve Soyadı** **:** Erdal Eren Kızılırmak

**Yabancı Dil** **:** İngilizce ve Almanca

**Eğitim Bilgileri**

**Yüksek Lisans** **:** Kocaeli Üniversitesi-İktisat Anabilim Dalı-İktisadi Gelişme ve Uluslararası İktisat Bilim Dalı-2021

**Lisans** **:** Anadolu Üniversitesi-İİBF-İktisat Bölümü-2016

**İş Deneyimleri**

**Türk-Alman Üniversitesi** **:** 2019-Devam ediyor

**Yayınlar**

Kızılırmak, Erdal Eren ve Gülten Dursun. (2020). "Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Dinamik Panel Veri Analizi", İZU Sosyal Bilimler Lisansüstü Öğrenci Kongresi Özet Kitapçığı, 6-7 Haziran 2020, Çevrimiçi Katılım, 166.