

**YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI İLE  
EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Şerife ANATÜRK**

**Eskişehir 2019**

**YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI İLE  
EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**Şerife ANATÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İktisat Anabilim Dalı**

**Doç. Dr. Erkan ÖZATA**

**Eskişehir**

**Anadolu Üniversitesi**

**Sosyal Bilimler Enstitüsü**

**Temmuz 2019**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Şerife ANATÜRK'ün "Yenilenebilir ve Yenilemeyen Enerji Kaynakları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği" başlıklı tezi 08 Temmuz 2019 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca toplanan İktisat Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Doç.Dr.Ekan ÖZATA

Üye : Prof.Dr.Erol KUTLU

Üye : Dr.Öğr.Üyesi Mustafa KIRCA

Prof.Dr.Bülent GÜNŞOY  
Anadolu Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

# YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Şerife ANATÜRK

İktisat Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Temmuz 2019

Doç. Dr. Erkan ÖZATA

## ÖZET

Enerji bir ülkenin sosyal, kültürel ve ekonomik alanda ilerleme kaydetmesi için son derece önemli bir yere sahiptir. Enerjinin daha açık ifadeyle bu alanda ilk akla gelen ve en büyük paya sahip olan elektrik enerjisinin ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemedeki rolü göz önünde bulundurulduğunda bu alandaki uygulanacak politikalar son derece hayatidir. 1990–2017 verileri kullanılarak Türkiye için yapmış olduğumuz bu çalışmanın temel amacı, kısa ve uzun vadeli tahminlerin yanı sıra, ekonomik büyüme (GSYİH), yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi (RELC) ile yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarından elektrik tüketimi (URELC) arasındaki ilişkiyi sermaye (K) ve emeğin (L) ilave değişkenler olarak dahil edildiği çok değişkenli bir model yardımıyla ortaya koyarak iktisadi açıdan etkili ve uygulanabilir enerji politikaları önerilerinde bulunmaktır. Elde edilen bulgular ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi tüketimi serisine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisini savunan Koruma(Saklama) Hipotezi’ni doğrular niteliktedir.

**Anahtar Sözcükler:** Yenilenebilir ve Yenilenemez Kaynaklardan Elektrik Tüketimi, Ekonomik Büyüme, ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE AND NON-RENEWABLE  
SOURCES AND ECONOMIC GROWTH: THE CASE OF TURKEY

Şerife ANATÜRK

Department of Economics

Associate Professor  
Erkan ÖZATA

Anadolu University, Graduate School Of Social Sciences, July 2019

**ABSTRACT**

Energy is of crucial importance for a country to make progress in the social, cultural and economic field. The policies that will be implemented in this field are extremely vital considering the role of energy, which is the first and most important share of electricity in this field to determine the level of development of countries. The main objective of this study that we have done using 1990-2017 data, short and long- term forecasts as well as economic growth (GDP), consumption of electricity from renewable sources (RELC) and electricity consumption from non-renewable sources (URELC) for Turkey in a multivariate model wherein capital (K) and labor (L) are included as additional variables. The findings confirm the Preservation Hypothesis, which advocates a one-way causality relationship from economic growth to renewable energy consumption series.

**Keywords:** Electricity Consumption From Renewable And Non-Renewable Sources, Economic Growth, ARDL Boundary Test Approach, Toda-Yamamoto Causality Analysis

## TEŞEKKÜR

Bu tezin yazılması sırasında her zaman olduğu gibi bu süreçte de sabırla yanımda olan ve motive eden en büyük destekçim eşim Orçun ANATÜRK'e, desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erkan ÖZATA'ya, bu çalışmada olduğu gibi her zaman desteğini hissettiğim, bana hayatın her alanında rol model olan Sayın hocam Prof. Dr. Erol KUTLU'ya, sabırla her soruma cevap veren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen hocam Sayın Mustafa KIRCA'ya ve her anımda yanımda olan, desteğini esirgemeyen arkadaşım Sevgili Arş. Gör. Merve ÇELİK KEÇİLİ'ye, dualarımı hiçbir zaman esirgemeyen babaannem Hatice SAMANCI'ya ve son olarak çalışmam sırasında manevi olarak yanımda olan herkese en içten dileklerle teşekkürü bir borç bilirim.

### ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmamın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan "bilimsel intihal tespit programı"yla tarandığını ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

(İmza)

*Şerife ANATÖRK*

(Öğrencinin Adı Soyadı)

## İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| BAŞLIK SAYFASI .....                             | ii           |
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....                       | ii           |
| ÖZET .....                                       | iii          |
| ABSTRACT.....                                    | iv           |
| TEŞEKKÜR.....                                    | v            |
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ..... | vi           |
| İÇİNDEKİLER.....                                 | vii          |
| TABLolar DİZİNİ.....                             | x            |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                             | xi           |
| KISALTMALAR DİZİNİ.....                          | xii          |
| GİRİŞ.....                                       | 1            |

### I. BÖLÜM

|  |    |
|--|----|
| ENERJİ, YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEZ (FOSİL) ENERJİ.....             | 3  |
| 1.1. Enerji Kavramı.....   | 3  |
| 1.2. Enerji Kavramının Genel İktisadi Yapıdaki Önemi.....            | 4  |
| 1.3. Enerji Kullanımının Tarihçesi.....                              | 5  |
| 1.4. Dünya Elektrik Tüketiminin Tarihsel Gelişimi.....               | 8  |
| 1.5. Enerjinin Kullanım Alanları.....                                | 10 |
| 1.6. Enerji Kaynakları.....  | 10 |
| 1.6.1. Yenilenemez (Fosil) enerji kaynakları.....                    | 12 |
| 1.6.1.1. Kömür potansiyeli ve kullanımı.....                         | 14 |
| 1.6.1.2. Petrol potansiyeli ve kullanımı.....                        | 17 |
| 1.6.1.3. Doğal gaz potansiyeli ve kullanımı.....                     | 19 |
| 1.6.1.4. Nükleer enerji potansiyeli ve kullanımı.....                | 22 |
| 1.6.2. Yenilenebilir enerji kaynakları.....                          | 24 |
| 1.6.2.1. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımı ve çeşitleri..... | 24 |
| 1.6.2.1.1. Güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı.....              | 29 |
| 1.6.2.1.2. Rüzgâr enerjisi potansiyeli ve kullanımı.....             | 31 |
| 1.6.2.1.3. Jeotermal enerji potansiyeli ve kullanımı.....            | 33 |
| 1.6.2.1.4. Hidroelektrik enerji potansiyeli ve kullanımı.....        | 36 |



|   |    |
|---|----|
| 1.6.2.1.5. <i>Biyokütle enerjisi potansiyeli ve kullanımı</i> .....       | 38 |
| 1.6.2.2. <i>Yenilenebilir enerji kaynakları' nın gelişim süreci</i> ..... | 41 |
| 1.6.2.3. <i>Yenilenebilir enerjinin üstünlüğü</i> .....                   | 43 |
| 1.7. Elektrik Enerjisinin Özellikleri ve Ekonomik Önemi .....             | 46 |
| 1.7.1. Elektrik enerjisinin gelişimi .....                                | 48 |

## II. BÖLÜM

|  |    |
|--|----|
| <b>DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ, TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI VE TEORİK ÇERÇEVE</b> ..... | 51 |
| 2.1. Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Görünümü .....  | 51 |
| 2.2. Türkiye'de Enerji Piyasasındaki Gelişmelerin Ülke Ekonomisi Üzerindeki Etkileri.....              | 57 |
| 2.3. Türkiye'nin Temel Enerji Politikası .....   | 59 |
| 2.4. Ekonomik Büyümenin Teorik Çerçevesi .....   | 61 |
| 2.5. Enerjinin Ekonomik Büyümedeki Rolü.....   | 63 |
| 2.5.1. Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi.....   | 63 |
| 2.5.2. Enerji ve gelişmişlik düzeyi ilişkisi .....   | 67 |
| 2.6. Ekonomik Büyüme Enerji Tüketimi Arasındaki Nedenselliğe Yönelik Görüşler.....                     | 69 |
| 2.6.1. Büyüme (growth) hipotezi .....  | 70 |
| 2.6.2. Koruma (conservation) hipotezi .....  | 70 |
| 2.6.3. Geri besleme (feedback) hipotezi.....   | 71 |
| 2.6.4. Yansızlık (neutrality) hipotezi .....   | 71 |

## III. BÖLÜM

|   |    |
|---|----|
| <b>TÜRKİYE'DE EKONOMİK BÜYÜME İLE YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARINDAN ELEKTRİK TÜKETİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ</b> ..... | 72 |
| 3.1. Metodoloji.....  | 72 |
| 3.1.1. Durağanlık kavramı ve testleri.....  | 72 |
| 3.1.1.1. <i>Dickey-Fuller (DF) birim kök testi</i> .....  | 73 |
| 3.1.1.2. <i>Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi</i> .....   | 75 |
| 3.1.1.3. <i>Phillips-Perron (PP) birim kök testi</i> .....  | 75 |
| 3.1.1.4. <i>Zivot-Andrews (ZA) birim kök testi</i> .....  | 76 |
| 3.1.2. Eş bütünleşme analizi .....  | 78 |
| 3.1.2.1. <i>Gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) yaklaşımı</i> .....   | 80 |
| 3.1.3. Nedensellik analizi .....  | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.1.3.1. Toda Yamamoto nedensellik analizi .....                                       | 84  |
| 3.2. Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki ilişkileri İnceleyen Ampirik Çalışmalar..... | 84  |
| 3.3. Ekonometrik Sonuçlar .....  | 88  |
| 3.3.1. Model ve veri seti.....   | 88  |
| 3.3.2. Birim kök testleri sonuçları .....  | 89  |
| 3.3.3. ARDL sınır testi sonuçları .....  | 91  |
| 3.3.4. Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçları.....                                | 96  |
| SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....   | 99  |
| KAYNAKÇA .....   | 102 |
| ÖZGEÇMİŞ   |     |

## TABLolar DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablo 1.1.</b> Tarihsel enerji tüketimi .....   | 8  |
| <b>Tablo 1.2.</b> Yenilenemeyen enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları.....  | 13 |
| <b>Tablo 1.3.</b> Fosil yakıt rezervlerinin tahmini kalan süresi .....   | 14 |
| <b>Tablo 1.4.</b> 2017 Yıl Sonu İtibari ile Türkiye Ham Petrol Rezervleri .....  | 19 |
| <b>Tablo 1.5.</b> 2017 yıl sonu itibari ile türkiye doğalgaz rezervleri .....  | 21 |
| <b>Tablo 1.6.</b> Alternatif enerji türleri ve kaynakları .....  | 25 |
| <b>Tablo 1.7.</b> Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları .....   | 28 |
| <b>Tablo 1.8.</b> 2002-2015 Yılları İçin Türkiye'deki Jeotermal Uygulamaların Karşılaştırılması.....   | 35 |
| <b>Tablo 1.9.</b> Biyokütle kaynakları kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler kullanılarak elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları ..... | 38 |
| <b>Tablo 1.10.</b> 2020 yılı dünya enerji bütçesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu .....   | 40 |
| <b>Tablo 1.11.</b> Alternatif ve alışlagelmiş enerji kaynaklarının karşılaştırılması.....  | 45 |
| <b>Tablo 2.1.</b> Türkiye kurulu gücünün kamu ve özel sektör dağılımı.....   | 56 |
| <b>Tablo 2.2.</b> G7 ülkelerinin 2017 yılı gsyih ve birincil enerji tüketimleri .....  | 64 |
| <b>Tablo 2.3.</b> En büyük petrol rezervlerine sahip ülkelerin GSYİH ve petrol rezervleri.....   | 64 |
| <b>Tablo 3.1.</b> Düzey değerleri için ADF ve PP test sonuçları .....  | 89 |
| <b>Tablo 3.2.</b> Birinci fark değerleri için ADF ve PP test sonuçları .....   | 90 |
| <b>Tablo 3.3.</b> Zivot -Andrews yapısal kırılmalı birim kök test sonuçları.....   | 90 |
| <b>Tablo 3.4.</b> ARDL(2, 2, 2, 1, 0) Modeli Tahmin Sonuçları .....  | 92 |
| <b>Tablo 3.5.</b> ARDL Sınır Testi Sonuçları .....   | 93 |
| <b>Tablo 3.6.</b> ARDL (2, 2, 2, 1, 0) modeli uzun dönem katsayıları (bağımlı değişken LOGGSYİH).....  | 93 |
| <b>Tablo 3.7.</b> Hata düzeltme modeli sonuçları.....  | 94 |
| <b>Tablo 3.8.</b> Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi amacıyla oluşturulan istatistik tablosu.....  | 96 |
| <b>Tablo 3.9.</b> VAR Granger Nedensellik/Blok dışsallık testi.....  | 97 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| <b>Şekil 1.1.</b> Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....  | 11 |
| <b>Şekil 2.1.</b> Elektrik üretiminde kömüre dayalı ülkeler ve kömürün payları .....   | 51 |
| <b>Şekil 2.2.</b> Türkiye'nin kömür tüketim projeksiyonu (2008–2020, Bin Ton).....   | 52 |
| <b>Şekil 2.3.</b> Dünya enerji tüketimi, katrilyon BTU .....   | 52 |
| <b>Şekil 2.4.</b> Seçilmiş bölgelerdeki enerji yoğunluğu, kişi başı GSYİH ve nüfus artışı<br>ortalama yıllık yüzde değişim, 2015–40..... | 53 |
| <b>Şekil 2.5.</b> Enerji kaynağı ile dünya enerji tüketimi, katrilyon BTU .....  | 54 |
| <b>Şekil 2.6.</b> Türkiye elektrik sistemi kaynaklara göre kurulu güç ve payları(%) (30 Kasım<br>2018 itibariyle) .....                  | 55 |
| <b>Şekil 2.7.</b> Elektrik sisteminin kuruluşlara göre kurulu güç ve payları(%) (30 Kasım<br>2018 Sonu İtibariyle) .....                 | 56 |
| <b>Şekil 3.1.</b> Akaike bilgi kriterine göre en iyi 20 model.....   | 91 |
| <b>Şekil 3.2.</b> CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçları .....  | 95 |

## KISALTMALAR DİZİNİ

|                 |  |
|-----------------|--|
| AB              | : Avrupa Birliği                                       |
| ABD             | : Amerika Birleşik Devletleri                          |
| ARDL            | : Autoregressive Distributed Lag Sınır Testi Yaklaşımı |
| BM              | : Birleşmiş Milletler                                  |
| BOTAŞ           | : Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi        |
| EPDK            | : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu                     |
| EPIAŞ           | : Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi             |
| ETKB            | : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı                  |
| EÜAŞ            | : Elektrik Üretim Anonim Şirketi                       |
| GEPA            | : Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası        |
| GSMH            | : Gayri Safi Milli Hasıla                              |
| GSYİH           | : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla                            |
| GW              | : Gigawatt   |
| IEA             | : International Energy Agency                          |
| kWh             | : Kilowatt/Saat  |
| MTA             | : Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü                      |
| MW              | : Megawatt   |
| m <sup>3</sup>  | : Metreküp   |
| PV              | : Photovoltaic (Fotovoltaik)                           |
| Sm <sup>3</sup> | : Standart Metreküp                                    |
| TAEK            | : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu                         |
| TEK             | : Türkiye Elektrik Kurumu                              |
| TEP             | : Ton Eşdeğer Petrol                                   |
| TEAŞ            | : Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.                         |
| TEİAŞ           | : Türkiye Elektrik İletim AŞ                           |
| TETAŞ           | : Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt AŞ               |
| TWh             | : Terawatt saat  |

## GİRİŞ

Enerji, insanoglunun varoluşundan bu yana varlığını sürdürmektedir ve önemi her geçen gün artmaktadır. Enerjinin ne kadar önemli olduğunu gösteren kıstaslardan biri ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemede önemli bir role sahip olmasıdır. Üretim ve tüketiminin oldukça fazla olması ve kaynaklarının çok çeşitlilik göstermesi nedeniyle enerji ekonomik faaliyet olarak ele alınmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile çok yakından ilgili olmasından dolayı gelişmiş ülkeler buldukları konumu korumak, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler ise gelişimlerini sağlamak amacıyla enerji konusunda büyük titizlik göstermektedirler. 1970’li yıllara kadar insanlar mevcut enerji kaynaklarıyla yaşamlarını idame ettirebilmekteydi. Fakat 1970 petrol krizinin ekonomiye verdiği hasar, mevcut enerji kaynaklarının nasıl daha verimli kullanılabilceği, daha az enerji isteyen gereçlerin üretimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gibi hususların gündeme gelmesine neden olmuştur.

Ekonomik büyüme ile birlikte toplam enerji tüketimi içerisinde elektrik enerjisinin payının fazla olması ekonomik büyüme üzerinde elektrik enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre daha etkili olduğu anlamına gelmektedir. II. Dünya Savaşı’ndan sonra elektrik sektörünün önemi daha çok artmış ve hakim olan Keynesyen politikalar sonucu kamu kesiminin sektördeki payı artmıştır. Devlet sayesinde yaygın kullanım alanı bulan elektrik kamu hizmeti sınıfına dahil olmuştur. Ancak 1970’li yıllara kadar sorunsuz bir şekilde tüketicilere ulaştırılan elektrik enerjisi yaşanan petrol şokları neticesinde aksaklıklara neden olmuş, alternatif enerji kaynakları ile elektrik üretimi çalışmaları hız kazanmıştır. Bunun sonucunda ise devletin varlığı tartışma konusu olmuş ve Klasik iktisat tekrar gündeme gelmiştir. Yaşanan bu gelişmeler, elektrik piyasasında karar verme mekanizmasının kamu kesiminden serbest piyasaya geçmesine neden olmuştur.

Türkiye ürettiğinden çok daha fazla tüketim eğiliminde olduğu için enerjide dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Fakat tek kriter bu olmadığı için coğrafi konum, nüfus gibi etmenler ülkelerin piyasadaki yerini belirlemede önemli olmaktadır. Türkiye’nin bölgesel ve dünya meselelerinde etkileyici olması ve enerji pazarında önemli bir role sahip olması, Avrupa Birliği için aday ülke ve G-20 üyelerinden biri olması Türkiye’nin önemini artırmaktadır (Doğan, 2015). Bu öneminin yanı sıra, Dünya Kalkınma Göstergeleri’ne göre 2017’de Almanya’dan sonra Avrupa’nın üçüncü kalabalık ülkesi

olması ve yine 2017’de Avrupa’nın en büyük yedinci GSYİH’ sına sahip olması, Avrupa’nın en büyük elektrik piyasasına sahip ülkeler arasında altıncı sırada yer alması gibi önemli özelliklerinden dolayı ülke seçimi olarak Türkiye’nin ayrı bir yeri vardır.

Gelişmekte olan ülkelerde teknik olmayan iletim ve dağıtım kayıpları fazladır. Teknik kayıplar hariç tüm elektrik üretiminin ekonomik büyümeye bağlı olduğu gerçeğinden yola çıkarak GSYİH, RELC ve URELC arasındaki ilişkiyi analiz etmek için tüketim verileri yanıltıcı olacağından üretim verileri kullanılmıştır (bkz. Doğan, 2015). Bu doğrultuda, bu çalışmada tüketim verileri yerine üretim verileri kullanılmıştır.

Çalışmanın temel gayesi Türkiye’de ekonomik büyüme ile yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak iktisadi olarak etkin ve uygulanabilir enerji politikaları önerebilmektir. Çalışmamızda içsel büyüme modelini doğrulamak için modelin tanımlanmasında çeşitli enerji kaynaklarının yanında sermaye ve işgücü değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmada sermaye ve işgücünün ek değişkenler olarak modele dahil edildiği çok değişkenli model kullanılması çalışmayı çoğu çalışmadan farklı kılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda seriler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin varlığını belirlemek amacıyla Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Sınır Testi Yaklaşımı, nedensellik ilişkisinin analizi için de Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde enerji kaynakları tanıtılarak; potansiyel ve kullanımları, avantaj ve dezavantajları, iktisadi açıdan öneminden bahsedilmiştir. İkinci bölümde dünyada ve Türkiye’de enerji görünümü, Türkiye’nin temel enerji politikası, ekonomik büyüme ve enerji ilişkisi, ekonomik büyümenin teorik çerçevesi ve enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar ele alınmıştır. Üçüncü bölümde ise uygulanan ekonometrik yöntemlerin tanımı ve uygulamadan elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Çalışmanın sonuç ve değerlendirme kısmında ise elde edilen neticeler doğrultusunda Türkiye’de uygulanması planlanan enerji politikalarına yönelik önerilere yer verilmiştir.

## I. BÖLÜM

### ENERJİ, YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEZ (FOSİL) ENERJİ

#### 1.1. Enerji Kavramı

Kavramsal olarak Yunanca ‘en’ iç ve ‘ergon’ iş kelimelerinden türetilen enerji, bilimsel olarak yakıt yakma, makinelerin itici gücü olma ve pilleri şarj etme gibi çeşitli süreçlerdeki yaygın özelliklere hizmet etmektedir. Bunlar ya da diğer süreçler enerjinin çeşitli formları olarak tanımlanabilir. Örneğin; termal enerji (sıcaklıkta), kimyasal enerji (yakıtlarda veya pillerde), kinetik enerji (hareketli nesnelere), elektrik enerjisi, yerçekimi potansiyel enerjisi ve diğerleridir (Boyle, 2004, s. 3).

Enerji kavramı, bir maddenin ya da maddeler sisteminin iş yapabilme kapasitesi olarak ifade edilmektedir. Hareket yeteneğine sahip insan, bir madde ya da bir cisim her an iş yapabilme yeteneğine sahip olduğundan bu kaynaklardan enerji elde etme durumu söz konusu olabilmektedir. Temele baktığımızda enerji her durum için aynı kabul edilir fakat enerjinin duruma göre değişen bir yanı vardır bu da enerjinin kaynağıdır (Başol, 1994, s. 110).

Hayatımızda hemen hemen yaptığımız her şey için enerjiye ihtiyaç duyarız. Güçlü olabilmek için yemek yeriz ve bu şekilde bir enerji elde ederiz. Bu yemeği yapmak için fırın ve ocaktan faydalanırız ve bu cihazları enerjiyle çalıştırırız. Yemeğimizin hammaddesi olan sebzeleri yetiştirmek ve mutfağımıza kadar getirmek için yine enerjiden faydalanırız. Genel olarak potansiyel (depolanmış) ve kinetik (hareket halinde) enerji olmak üzere iki tür enerjiden söz edilmektedir. Enerji elde etmek için kullandığımız enerji kaynaklarını makro çerçevede yenilenebilir ve yenilebilir olmayan enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar ve nükleer enerji yenilenebilir olmayan enerji grubunda bulunurken; hidrolik enerji, güneş ve rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlileri olarak bu grubun içerisinde yer almaktadırlar (Özil vd., 2012, s. 3).



## 1.2. Enerji Kavramının Genel İktisadi Yapıdaki Önemi

Enerji insanoğlunun dünyaya gelişinden bu yana önemini artarak korumaya devam etmektedir. Enerji kaynakları sanayileşme aşamasındaki ülke ekonomileri için mühim bir yere sahiptir. Enerjinin sanayide hammadde olarak kullanılması ayrıca ısıtıcı ve çevirici güç olarak enerjinin tercih edilmesi enerji sektöründeki gelişmelerin öteki sektördeki gelişmelere bağlı olduğunu göstermektedir. Ulusların mevcut durumunu koruyabilmesi, geleceğe güvenle bakabilmeleri için güçlü bir sanayi sektörüne sahip olmaları gerekmektedir. Güçlü bir sanayi ise enerji unsuruna bağlıdır. Gelişmekte olan ülkelerin kalkınabilmesi için sanayilerini geliştirmeye devam etmeleri ve GSYİH içindeki sanayi payının artırılması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmenin yolu ise enerjiden geçmektedir (Başol, 1994, s. 110-111).

Enerji elde etme konusu sosyal, kültürel, ekonomik ve de stratejik bakımdan son derece önem arz etmektedir. Çünkü bir ülkenin güçlü bir ekonomi, sosyal ve kültürel yapıya ulaşmasını sağlayan en önemli faktörlerden birisi de enerji temin etme sorunudur. Bu nedenle ülkeler, gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun, ihtiyaç duydukları enerjiyi kendi pazarlarındaki her türlü imkanı kullanarak karşılamaya çalışmaktadırlar. Aksi takdirde ülkeler enerji ihtiyacını dış pazardan sağlamaya çalışacaktır bu durum ülkenin hem döviz kaybetmesine hem de sanayi de dışa bağlı olma sorununa neden olacaktır. Ülkeler genellikle iktisadi olarak gelişmiş, gelişen ve az gelişmiş şeklinde bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Gelişmişlik derecesinin kesin olarak bir sonucu bulunamamakla beraber birçok iktisatçı bununla ilgili birtakım kriterler ortaya koymuştur. Gelişmişlik derecesinin ölçümünde kullanılan başlıca kriterler şu şekildedir (Alptekin, 1973, s. 9):

- Kişi başına düşen yıllık milli gelir,
- Tarım sektöründe çalışan nüfusun çalışan nüfusa oranı,
- Kişi başına tüketilen enerji, su, kâğıt, çelik, vb. maddeler.

Bazı iktisatçılara göre, bu kriterlerin en önemlisi kişi başına tüketilen enerji miktarıdır. Bu iktisatçılar uygarlık ölçüsü olarak ancak kişi başına tüketilen enerji miktarının kullanılabilceğini savunmaktadırlar (Ayverdi, 1963'den aktaran Alptekin, 1973, s. 10) Onlara göre kişi başına tüketilen enerji miktarı ile hayat standardı ve hayat seviyesi arasında güçlü bir ilişki vardır. Yani bir ülkenin gelişmişliğini, refahını ve ekonomik durumunu en iyi yansıtan kriter kişi başına tüketilen enerji miktarı olduğu savunulmaktadır (Alptekin, 1973, s. 10).

Ayrıca enerji tüketimi ile yaşam kalitesi arasındaki ilişki literatürde yerini almıştır. Hayat kalitesi birçok yoldan ölçülebilen öznel bir olgudur. Birleşmiş Milletler (BM) hayat kalitesini sayısal bir ölçümle ifade edebilmek için İnsani Gelişmişlik İndeksi' ni hesaplar. İnsani Gelişmişlik İndeksi insani gelişmişliği üç kategori altında hesaplamaktadır. Bunlar; hayat beklentisi, eğitim ve gayri safi yurtiçi hâsıla olarak sıralanmaktadır (Fanchi, 2004, s. 5).

Enerji üretim ve tüketiminin çok büyük boyutlarda olması ve enerji kaynaklarının oldukça çeşitlilik göstermesi onun önemli bir ekonomik faaliyet olarak ele alınmasına neden olmuştur. Ekonomik faaliyetlerin gerçekleşmesi ve devamlılığının sağlanması için artan enerji talebi ile sınırlı olan enerji kaynakları arasında bir dengenin kurulması gerekmektedir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile bu kadar yakından ilgili olması nedeniyle enerji üretimi, tüketimi ve dağılımı, ekonomik gelişme gibi günümüzün en önemli sorunu ile ilişkilendirilmektedir (Aytür, 1969'dan aktaran Berberoğlu, 1982, s.10). Buna bağlı olarak günümüz gelişmiş ülkeleri mevcut durumlarını korumak, geliştirmekte olan ve az gelişmiş ülkeler ise gelişmelerini sağlayabilmek için enerji konusu üzerinde durmalı ve bu konu da gerekli çalışmaları yapmaları gerekmektedir (Berberoğlu, 1982, s. 11).

### **1.3. Enerji Kullanımının Tarihçesi**

İnsanoğlu, varoluşundan bu yana enerjinin değişik türlerinden faydalanmıştır. Ekonomik gelişmeyle birlikte enerji türleri çeşitlilik arz etmektedir. Zaman zaman enerji türlerinde artış ya da azalış gözlemlenebilmektedir. Milyonlarca yıl önce insanların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ateşi keşfetmeleriyle birlikte enerji kullanımını fiilen başlamış bulunmaktadır. İnsanlar önceleri odun ateşini ısınmak, aydınlanmak ve yiyeceklerini pişirmek amacıyla kullanmışlardır. Daha sonraları ise metalleri işlemek için kullanmışlardır. Bununla birlikte kil tabletleri pişirmek, tuğla yapmak için de bu enerji kaynağından faydalanmışlardır. İnsanlar ısı seviyesini değiştirerek ateşi birçok amaç için kullanmışlardır. Tarımın gelişmeye başladığı döneme kadar insanlar hayvanların hareketlerini gözlemleyerek hayatlarını sürdürmüşlerdir. Beş-altı bin yıl önce rüzgârdan ilk olarak gemilerin yönlendirilmesi için faydalanılmıştır. Üç-dört bin yıl önce ise rüzgâr ve su değirmenleri tahılların öğütülmesinde kullanılmıştır. Bin yıl önce ise gelgit olaylarından yararlanarak enerji kullanılmıştır. Tamamen doğadan sağlanan yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından ulaşım ve

üretim için binlerce yıl faydalanılmıştır. Binlerce yıl doğadan sağlanan bu enerji kaynakları birçok medeniyetin yüksek düzeydeki üretim sistemlerinde, ticaretlerinde, mimarisinde ve birçok farklı alanda artarak ya da azalarak önemli bir rol üstlenmiştir (Şen, 2002, s. 12-16).

On sekizinci yüzyıl sanayi devrimi ile birlikte yakıt kullanımı özellikle de petrol, doğalgaz, kömür kullanımı toplumun refah düzeyini artırmıştır. Bu süreç üç safhada ele alınmaktadır (Şen, 2002, s. 16-17):

✓ İlk olarak insanlar nerede yeterli su kuvveti varsa oralarda su değirmeni kurarak verimli zamanlarda çalıştırmışlardır. Buhar makinasının icadı ile birlikte kömürü ve petrol kaynakları su kuvvetinin yerini almıştır.

✓ On dokuzuncu yüzyılda kömür yataklarının yakacak temininde kullanılması ile birlikte demir ve diğer maden türlerinin eritilmesinde de kullanılması ve buhar makinasının daha uzun mesafelere taşınabiliyor olması ile birlikte sanayileşmedeki artış hız kazanmıştır. O dönemlerde kömür ve demir yataklarından oldukça fazla yararlanılmış ve düşük verimli tesisler kullanılmış fakat bunların çevreye verdiği zarar hesap edilmemiştir.

✓ Yirminci yüzyılın başlangıcı ile birlikte elektrik ve içten yanmalı motorlar günlük hayatta kullanım yeri bulmuş, petrol ve gazın da ek yakıt olarak kullanılması kimya sanayiinde yeni ve dayanıklı maddelerin gündeme gelmesini sağlamıştır. Petrol ve gazın ilave yakıt olarak yanmalı motorlarda kullanımı ile doğrudan güç elde edilmekte ya da dolaylı olarak kullanılmaları ile elektrik enerjisi elde edilmiştir. Ucuz petrolden enerji elde edilmesi, bununla birlikte metal karışımları ve plastik gibi maddelerin elde ediliyor olması ile ulaşım alanında gelişmeler kaydedilmiştir. Bu olumlu etkiler sanayileşme alanındaki gelişmeleri artırmıştır. Yirminci yüzyılın ortalarında elektrik ağı vasıtası ile enerjinin uzak yakın demeden her yere ulaşması sağlanmıştır. Petrol çok ucuz bir enerji kaynağı olduğu için üretim yerlerinde kullanılan teknolojide de hantal olup bilhassa petrolün yakılması ile çevreye verilen zarar göz ardı edilmiştir.

Günümüzde gelişmiş toplumlar olarak bilinen endüstri gelişimini tamamlamış toplumlarda üretim giderek artmaktadır fakat bu durum toplumun en önemli ekonomik faaliyeti olma özelliğini yitirmesine sebep olmuştur. Bunun yerine hizmet, iletişim ve bilgi süreçleri önem kazanmış, bunlar sayesinde gelişmiş teknolojiler desteklenmiştir.

Bununla birlikte son yıllarda bilim ve teknoloji alanında olağanüstü gelişmeler yaşanmaktadır. 1960 sonrası dönemde sanayileşmenin çevreye verdiği zarar anlaşılmaya başlanmış, petrol atıklarının ve yakılmasının çevre kirliliğine neden olduğu kabul edilmiştir. 1970’li dönemlerde ortaya çıkan petrol krizi ile birlikte meydana gelen ekonomik sıkıntı ile birlikte var olan enerji kaynaklarının nasıl daha verimli kullanılabilceği hususu gündeme gelirken yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması da söz konusu olmuştur. Petrol kullanımının önemli derecede azaltılabileceği anlaşılmış, düşük enerji isteyen gereçlerin üretimi gibi konular tartışılmaya başlanmıştır. 1990 döneminde petrolün çevreye verdiği zarar iyice anlaşılmış fakat ekonomik olarak zor duruma düşüleceği için uygulamada gecikme olmuştur. 1980 sonrasında petrol fiyatlarında meydana gelen düşüşler petrol kullanımındaki kısıtlamaya gitmek için alınacak tedbirleri iyice zorlaştırmıştır. Böylece petrol ve fosil yakıtlara göre daha ekonomik ve çevreci yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi zorlaşmıştır (Şen, 2002, s. 17-18).

Doksanlı yıllarda dünya enerji ihtiyacının % 45’i petrolden, %25’i kömürden, %30’u ise hidrolik ve nükleer gibi diğer enerji kaynaklarından temin edilmektedir. Petrolün enerji kaynağı olarak kullanılmasının yanında sanayide hammadde olarak ve ulaşım sektöründe de yaygın bir şekilde kullanılmasından dolayı günümüzdeki sorunlara da zemin hazırlamıştır. Tarım sektörüne baktığımız zaman sektörde meydana gelen modernleşme hareketleri, makinalı tarım kullanımı, petrol talebini artıran bir diğer faktör olmuştur. Aslında petrolün diğer kaynaklara göre daha çok tercih edilmesinin nedeni üstünlüklerinin olmasıdır. Bunlardan başlıca ucuz olması ve kalori değerinin yüksek oluşu, az yer kaplaması, kolay taşınabilmesi, toz kül gibi artık madde bırakmadığından dolayı çevre kirliliğinde daha az rol oynaması şeklinde bahsedilmektedir. Doğal gaz ise ucuz ve pratik kullanımından dolayı petrole karşı ikame maddesi olma niteliği taşımaktadır. Fakat doğal gaz da petrol gibi maliyetinin yüksek olmasının yanında stratejik ve siyasal etkileri de beraberinde getirmektedir. Kömür ise çıkarılması zor ve maliyetli olduğu için bu alana yapılacak yeni yatırımlar istekli karşılanmamaktadır. Su kaynaklarından yararlanma giderek artmasına karşın petrolün yerini alması söz konusu değildir. Nükleer enerji çok masraflıdır ve çevreye çok fazla zarar vermektedir hatta kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Diğer bir enerji kaynağı olan gel-git olayları, çöpler, rüzgârlar, sıcak denizlerdeki yüzey ve derinlikteki

ısı farkından ayrıca denizlerdeki akıntıdan faydalanmak için milyonlarca liralık harcama yapılması gerekmektedir (Başol, 1994, s. 111-112).

Tüm bu olumsuz gidişata bir de fosil kaynakların tükenme tehlikesi eklendiği zaman enerji alanındaki sorun giderek artmaktadır. Bugünkü kullanımı ile ele alacak olursak, dünya petrol rezervlerinin yaklaşık olarak 12, doğal gazın 57 ve kömürün 207 yıl sonra tükeneceği varsayılmaktadır. Bu nedenle enerji krizinin kısa bir süre sonra daha güçlü bir şekilde tekrar meydana gelmesi kaçınılmaz görünmektedir. Bu fosil yakıtların tükenme tehlikesinin olması veya doğada sınırlı olması bizi güneş, rüzgâr ve su enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklarına yönlendirmektedir. Dünyanın çeşitli yerlerinde temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilmek için muazzam bir şekilde araştırmalar yapılmakta ve bunlarla ilgili teknolojilerde her geçen gün daha ekonomik gelişmeler görülmektedir (Şen, 2002, s. 12).

Enerji çağlar boyunca farklı alanlarda farklı yoğunlukta kullanılmıştır. Zamanla yeni enerji kaynaklarının bulunması ve kullanılması insanlığın geçirdiği aşamalarda önemli roller üstlenmiştir. Enerji talebi insanlığın yaşadığı sosyal ve ekonomik gelişmeler doğrultusunda sürekli artış göstermiştir (Berberoğlu, 1982, s. 9).

**Tablo 1. 1. Tarihsel enerji tüketimi (Fanchi, 2004, s. 4)**

| Dönem          | Fert Başına Günlük Tüketim(1000kcal) |      |       |        | Toplam |
|----------------|--------------------------------------|------|-------|--------|--------|
|                | Gıda                                 | K&H* | E&T** | Ulaşım |        |
| İlkel          | 2                                    |      |       |        | 2      |
| Avcılık        | 3                                    | 2    |       |        | 5      |
| İlkel Tarım    | 4                                    | 4    | 4     |        | 12     |
| Gelişmiş Tarım | 6                                    | 12   | 7     | 1      | 26     |
| Endüstri       | 7                                    | 32   | 24    | 14     | 77     |
| Teknoloji      | 10                                   | 66   | 91    | 63     | 230    |

\* K&H: Konut ve Hizmet \*\*E&T: Endüstri ve Tarım

#### 1.4. Dünya Elektrik Tüketiminin Tarihsel Gelişimi

İkinci Dünya Savaşı'nın ardından elektrik sektörünün öneminin daha iyi anlaşılması ve izlenen Keynesyen politikalar neticesinde dünya genelinde kamu kesiminin elektrik sektöründeki ağırlığı artmış ve devlet tarafından yapılan altyapı yatırımları sayesinde elektriğin daha geniş alanlara ulaşması sağlanmıştır. Devletin bu

sektöre dahil olması ile birlikte üretilen elektrik de “kamu hizmeti” grubuna dahil olmuştur. “Ülkeler kurdukları firmalar ile elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarını kendileri üstlenerek sektörde dikey bütünleşik tekellerin oluşmasına neden olmuşlardır. Bunun bir sonucu olarak elektrik enerjisinin merkezi yapısı gereği kamu tekeli zorunlu kıldığı görüşü savunulmuştur”. Bu yapı 1970’lerde yaşanan petrol krizlerine kadar tüketicilere talep ettikleri elektriği istikrarlı bir şekilde devam eden arz neticesinde aksaklıklar yaşanmadan sorunsuz bir şekilde sunulmuştur. Fakat 1973 ve 1979 yıllarında meydana gelen petrol şoklarından dolayı elektrik enerjisi üretiminde maliyet artışları gerçekleşmiş, elektrik talebinde azalmalar olmuş ve fiyatlar artmıştır. Bunun bir sonucu olarak petrole dayalı elektrik üretimindeki yüksek maliyetlerden kaçış başlamış ve alternatif enerji kaynakları ile elektrik üretimi çalışmalarına hız verilmiştir. Bu kriz karşısında uygulanan Keynesyen politikaların yetersiz kalması sonucunda devletin ekonomideki rolü ve ağırlığı yeniden tartışma konusu olmuş ve Klasik iktisat yeniden gündeme gelmiştir. Devletin ekonomik hayattaki rolünün azaltılması gerekliliği görüşünün hakim olduğu bu dönemdeki teknolojik ilerlemeler ve kamunun yatırım yapma alanında birtakım güçlüklerle karşılaşması, özel girişimcilere bu alanda imkanlar sunulması neticesinde elektrik piyasasında karar verme mekanizması kamu kesiminden serbest piyasaya geçmeye başlamıştır. 1980’li yılların ikinci yarısından itibaren elektrik piyasasında regülasyon, deregülasyon ve özelleştirme yoluyla kamunun ağırlığını azaltıp piyasayı tamamen serbest rekabete açma yolunda yeniden yapılandırma çalışmaları yapılmaktadır. Böylece tüketicilere istedikleri tedarikçiyi seçme hakkı doğmuştur. Rekabete dayalı bir piyasa ortamının olmasının bir sonucu olarak tüketiciye sunulan elektrik enerjisinin kalitesinin artırılması ve maliyetinin azaltılması amaçlanmıştır. Elektrik sektöründe yapılandırma süreci ilk olarak 1978 yılında ABD ‘de başlamış bunu sonraki yıllarda İngiltere ve diğer ülkeler takip etmiştir. OECD ülkelerinde 1990’lı yılların ortalarından itibaren başlamıştır. OECD ülkeleri arasında sadece ülkemizin elektrik enerjisi piyasasının tamamen serbestleştirilmesi hususunda geride kalmıştır (Doğru, 2010, s. 7-9).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin özelleştirme uygulamaları birbirinden farklıdır. Gelişmiş ülkelerde bu alandaki özelleştirme uygulamaları ile rekabet ortamı, elektrik kalitesinde artış ve daha ucuza elektrik üretimi amaçlanmıştır. Bunun yanında etkinliği artırma ve sermaye ihtiyacını temin etme özelleştirme ile sağlanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde kamuya ait elektrik tesislerinin özel sektöre devri ve bu

tesislerin özel sektör tarafından kurulması amaçlanmıştır. Özelleştirmede özel ve yabancı girişimlere izin vermek verilerek, elde edilen gelir yatırımcının ödülü niteliğinde görülmüştür (McGovern ve Hicks, 2004).

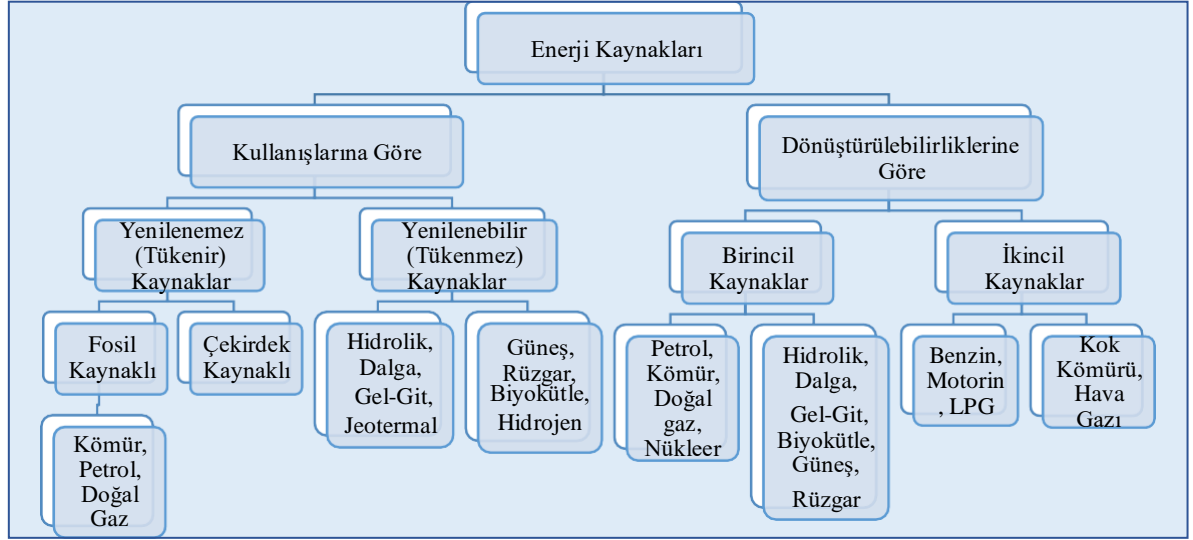
### **1.5. Enerjinin Kullanım Alanları**

Yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacın ve fosil kaynakların neden olduğu problemlerin anlaşılması için öncelikle dünyadaki enerji kullanım durumuna bakmak gerekmektedir. Enerji kullanımının iyi bir şekilde değerlendirilebilmesi için insan faaliyetleri sonucunda enerjinin en fazla kullanıldığı alanlar dört başlık altında incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi ulaşım sektörüdür. Bu sektörde kara ve demir yolları, hava alanları, su taşınımı, kamu ve özel sektör yük ve yolcu taşınmaları için sarf edilen enerjiler yer almaktadır. Bu alanda en fazla enerji ihtiyacı kara yollarında olmaktadır. İkinci olarak en fazla enerji tüketiminin olduğu alan ev kullanımlarıdır. Üçüncü olarak ticaret ve müesseselerin kullanımı vardır ve bunun içerisinde okullar, spor tesisleri, restoranlar, satış mağazaları ve benzerleri yer almaktadır. Son olarak endüstri sektörü vardır. Burada da demir ve çelik üretimi, gıda ve içecek sanayileri, kimyasal madde üretimi, tarım gibi faaliyet alanları bulunmaktadır (Şen, 2002, s. 26-27).

### **1.6. Enerji Kaynakları**

Dünya genelinde endüstrileşmedeki hızlı gelişim, nüfustaki büyük artış, yeni teknolojinin sunduğu makina ve araçlardaki çeşitlenme gibi faktörler her geçen gün enerjiye duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Günlük yaşamda her alanda kullanım alanı bulan enerji Şekil 1.1'de gösterildiği üzere enerji kaynakları kullanılışlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre gruplandırılmaktadır (Koç, vd., 2018, s. 87).

Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç, vd., 2018, s. 87)



Birincil enerji kaynakları, hiç değiştirilmeden kullanılabilir. İkincil enerji kaynakları ise, birincil enerji kaynaklarının belirli işlemler neticesinde biçim değiştirmesi ile oluşmaktadır (Berberoğlu, 1982, s. 11).

Birleşmiş milletler birincil enerji kaynaklarını yenilenebilir ve yenilenemez olarak iki şekilde incelemektedir. Yenilenebilir kaynaklar genellikle birinci grupta yer alır. Yenilenebilir enerji kaynakları, yeniden oluşturulabilen/kullanılabilen bir enerji formu olarak tanımlanabilir. Burada güneş, rüzgar, biomass, su gücü, gel-git gücü, dalga gücü, okyanus akıntısı, jeotermal enerji ve hayvan gücü bu grupta yer almaktadır. Bitümlü şist, katranlı kum ve turba kömürü yeni enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. Yenilenemez enerji kaynakları ise, yeniden oluşturulamayan/kullanılmayan bir enerji formu olarak tanımlanmaktadır. Kömür, petrol, gaz ve uranyum bu grupta yer almaktadır (Taşdemiroğlu, 1988, s. 1).

Dünya yenilenemez enerji kaynak rezervi %70 kömür, %14 petrol, %14 doğalgaz ve %2 diğer yenilenemez kaynaklar tarafından oluşmaktadır (Can, 2011, s. 3). Ticari ve ticari olmayan enerji kaynakları şeklinde başka bir sınıflandırma yapılmaktadır. Ticari enerji kaynakları içerisinde bugünün ticari kaynakları ve geleceğin ticari kaynakları şeklinde bir ayırım yapılmıştır. Bugünün ticari kaynakları arasında, taş kömür, linyit, petrol, doğalgaz, akarsular, nükleer enerji sayılabilirken; geleceğin ticari kaynakları arasında; jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, gel-git enerjisi (ısı farklarından



elde edilebilen enerji) yer almaktadır. Odun, tezek ve tarım artıkları ticari olmayan enerji kaynakları içerisinde yer almaktadır (Ceyhan vd., 1973, s. 3).

Ticari enerji kullanım şekilleri ülkeden ülkeye çeşitlilik göstermektedir ki bu esasen ülkelerin sahip oldukları enerji kaynakları, endüstri yapısı, iklim ve coğrafi konum, sosyal ve ekonomik gelişme gibi unsurlardan kaynaklanan farklılıkları yansıtmaktadır (Taşdemiroğlu, 1988, s. 5).

### **1.6.1. Fosil enerji kaynakları**

Artan enerji ihtiyacını karşılamak için çeşitli kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kaynakların başında ise fosil yakıtlar gelmektedir. Fosil yakıtlar, jeolojik devirlerdeki yağışlı ve sıcak dönemlerde yetişen gür bitki örtüsü artıklarının zaman içerisinde taş ve tabakalar arasında kalmaları sonucu yakıt maddesine dönüşen enerji kaynaklarıdır (Şahin vd., 2007, s. 408-409).

Bu kaynaklar üç türden oluşmaktadır; kömür, doğal gaz ve petrol. Enerji elde etmek için kullanılan kaynaklar arasında fosil kaynakların payı oldukça fazladır. Bu kaynakların sonsuz olmamasından dolayı gelecekte tükenme tehlikesi söz konusu olabilmektedir. Gelecekte kıt kaynak olma ihtimali bu kaynakların fiyatında önemli bir artışa neden olacağı tahmin edilmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte enerji ihtiyacı da artmıştır. Dünya üzerinde enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %80'i bu kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu kaynakların kullanım alanları oldukça geniştir. Örneğin; endüstriyel alanda, evlerde, ticari sektörlerde, ulaşım sektöründe, elektrik enerjisi üretiminde, ısı üretiminde, petrol ürünlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Doğan, 2010, s. 3-4).

Fakat fosil yakıtların geniş alanda kullanılmasının yanında çevreye verdiği zararlar yadsınamaz bir hal almaktadır. Bu zararların başında hava kirliliği, asit yağmurları, doğal kaynak miktarında azalma şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Endüstri devriminden beri insan aktiviteleri atmosferdeki sera gazının artmasına neden olmaktadır. Bu artışa fosil yakıtların kullanımından doğan karbon dioksit miktarı neden olmaktadır (Boyle, 2004, s. 10).

**Tablo 1. 2.** Yenilenemeyen enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları (EIA, 2019; Sbsciencematters, 2019; BBC, 2019)

| Enerji kaynağı | Avantajları  | Dezavantajları   |
|----------------|--|--|
| Kömür          | Doğada hazır bir şekilde bulunmaktadır. Yeryüzüne çıkartılması ve elektrik enerjisine dönüştürülmesi ucuzdur. Petrol ve doğal gaza nazaran rezervi daha fazladır.  | Daha temiz kömür yakma teknolojileri geliştirilmesine rağmen yakıldığı zaman çevre kirliliğine sebep olurlar. Yüksek oranda sera gazı, CO <sub>2</sub> yayarlar. Çıkarma yöntemi madenciler için hayati risk taşıyabilmektedir.  |
| Petrol         | Doğada hazır bir şekilde bulunmaktadır. Yeryüzüne çıkartılması ve enerjiye dönüştürülmesi ucuzdur. Endüstri ve taşımacılıkta kullanılır. Taşınması kolay, üretilmesi ekonomiktir.  | Yakıldığı zaman çevre kirliliğine sebep olurlar. Yüksek oranda sera gazı, CO <sub>2</sub> yayarlar. Sınırlı rezervi vardır. Rezervinin kömür ve doğal gazdan önce tükenme ihtimali vardır. Sınırlı bölgelerde bulunmaktadır.   |
| Doğal Gaz      | Doğada hazır şekilde bulunmaktadır. Nispeten ucuz bir kaynaktır. Kömür ve petrolle kıyaslandığında daha temiz bir enerji kaynağıdır.   | Çevre kirliliğine sebep olur. Rezervi sınırlıdır. Taşımacılık maliyeti yüksektir. Altyapı eksikliğinden dolayı bazı bölgelerdeki gaz kaynakları kullanılamamaktadır. Temiz bir şekilde yanmasına rağmen emisyon yayar.   |
| Nükleer        | Sera gazı veya CO <sub>2</sub> yaymaz. Az miktarda bir radyoaktif madde kullanımı ile çok fazla enerji açığa çıkmasını sağlar. Hammadde kaynakları nispeten ucuzdur ve rezervi yüksektir. Kömür tesisine kıyasla enerjiyi elektriğe dönüştürmede çok verimlidir. | Nükleer reaktörlerin çalışması pahalıdır ve nükleer atık yüksek derecede zehirlidir. Nükleer enerjiyle ilgili başlıca çevresel kaygı, uranyum fabrikası atıkları, kullanılmış reaktör yakıtı ve diğer radyoaktif atıklar gibi radyoaktif atıkların yaratılmasıdır. Bu malzemeler binlerce yıldır radyoaktif ve insan sağlığı için tehlikeli kalabilir. Güvenlik acil durumları, çevreleme, radyoaktif atıklar ve depolama sistemi nedeniyle daha yüksek sermaye maliyeti vardır. |

Nükleer enerji hariç diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarının en önemli ortak özelliği, rezervlerinin oldukça sınırlı olması ve tüketiminin oluşumundan daha kısa sürmesidir (Erdener vd., 2013'den aktaran Özşahin vd., 2016, s.114). Uluslararası kuruluşlardan yapılan tahminlere göre, dünyanın fosil yakıtlardan enerji talebinin günümüzde olduğu gibi devam etmesi durumunda, petrol ve gaz rezervlerinin gelecek dönemlerde tükenebileceği öngörülmektedir. Kömürün daha uzun sürmesi beklenmektedir. Fosil yakıt rezervlerinin tahmini kalan süreleri şu şekildedir (BBC, 2019).

**Tablo1. 3.** Fosil yakıt rezervlerinin tahmini kalan süresi (BBC, 2019)

| Fosil Yakıt | Kalan Süre (yıl) |
|-------------|------------------|
| Petrol      | 50 yıl           |
| Doğal Gaz   | 70 yıl           |
| Kömür       | 250 yıl          |

Fosil yakıtlar yenilenemez enerji kaynaklarıdır ve bir gün tükeneciklerdir. Günümüzde olduğu gibi gelecekte de yenilenemeyen bu kaynaklara olan talep artışı devam ederse enerji krizi hatta bununla birlikte ekolojik sorunlar da bizleri tehdit eden hayati unsurlar olacaktır. Enerjinin hayatımızın her alanında önemli bir rolünün olduğu düşünüldüğünde fosil kaynak ağırlıklı enerji kullanımının yerine çevre dostu yenilenebilir kaynakların kullanımına ağırlık verilmesi son derece önemlidir.

#### **1.6.1.1. Kömür potansiyeli ve kullanımı**

Çoğunlukla başlıca karbon bileşeni içeren mineral olarak tanımlanabilen kömür, dünyanın her bir kıtasında var olmaktadır. En geniş kaynaklar ABD eyaletlerinden 50 tanesinin 37'sinde Birleşik Devletler' de yaklaşık %23, eski Sovyetler Birliği'nde yaklaşık %23 ve Çin'de yaklaşık %11 bulunmuştur. Çin Birleşik Devletler 'in ardından dünyanın öcü üreticilerindedir. Kömür başlıca buhar türbini elektrik üretimi ve demir - çelik sanayiinde pişirme için kullanılmaktadır. Jeolojik şekilleri, kalite düzeyi farklı ve daha önemlisi belirli ısıtma değeri olan birçok kömür çeşidi bulunmaktadır. Kömür turba kömürü ile başlayıp daha sonra linyitler ( kahverengi kömürler), daha sonra bitümlü (yumuşak maden kömürü), ve son olarak antrasit ( maden kömürü) ve grafit olmak üzere devam eden bir sınıf aralığında nitelendirilebilir (Kruger, 2006, s. 43).

Toplumların sosyal kalkınma ve gelişme, ekonomik refah ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için temel ihtiyaçlarından biri olan enerjiyi en ucuz, en temiz, verimli ve kesintisiz tedarik etmesi gerekmektedir. IEA verilerine göre önümüzdeki yıllarda dünya ticari enerji ihtiyacının yaklaşık %90'ının fosil kaynaklardan temin edileceği tahmin edilmektedir. Fosil kaynaklardan faydalanırken bunların çevreye en az zarar verecek şekilde ve en verimli şekilde kullanılması oldukça önemli olmaktadır. Fosil enerji kaynaklarından biri olan petrol rezervlerinin gün geçtikçe tükenmekte ve bu kaynak sınırlı sayıda ülke ve tekel konumundaki firmalar tarafından üretilmekte ve pazarlanmaktadır. Fosil kaynaklardan bir diğeri olan doğal gazın da tükenme tehlikesi vardır ve dünya çapında sayılı bölgelerde üretilmektedir.

Tüm bu gelişmeler 50' den fazla ülkede üretimi gerçekleştirilen, diğerlerine göre daha ucuz olan ve tedarik edilmesi kolay olan kömürün bütün ilgiyi üzerine çekmesine neden olmaktadır. Yaklaşık olarak 230 yıl rezerv ömrüne sahip olduğu düşünülen kömür, dünyadaki elektrik üretiminin %38'ni, çelik üretiminin %70'ni sağlamaktadır ve dünyada yaklaşık olarak 7 milyon insanın istihdam edildiği bu sektör son yıllarda yaklaşık 1 milyar insanın elektriği tanıtmıştır (Yörükoğlu, 2003, s. 259-260).

- Diğer yakıtların ikame edilemediği bazı sanayi dallarında (demir-çelik sanayii gibi) devamlı olarak gelişme içerisinde olması,

- Enerji yönünden bağımsızlıklarını belirli seviyede tutmayı zorunluluk haline getiren ülkelerin sayıca fazla olması gibi iki sebepten dolayı bile kömürün diğer enerji kaynakları içerisinde belirli bir noktaya kadar gerilemesine ve üretiminin önemli bir yere sahip olmasını sağlamaya yetmektedir (Alptekin, 1973, s. 15).

Elektrik üretiminde kömür santrallerine sahip olan Elektrik Üretim A.Ş. ve Türkiye Kömür İşletmeleri içerisinde 20 tane santral yer almaktadır. Bunların işletmesi Elektrik Üretim A.Ş.'ye aittir. Bunların arasında en çok elektrik üreten Afşin-Elbistan bölgesinde bulunan termik santrallerdir. Burada iki tane termik santral yer almaktadır ve bunların yıllık üretimleri tahmini olarak 16.812,5 GW olarak hesaplanmıştır (Alemdaroğlu, 2007, s. 59).

Ülkemizde taşkömürü, linyit ve asfaltit olmak üzere üç çeşit kömür çıkarılıp enerji üretiminde kullanılmaktadır. Ülkemizde termik enerji elde etmek için fosil kaynaklardan faydalanılmaktadır. Bunlar arasında en çok katı haldeki linyit, sıvı haldeki doğal gaz kullanılmaktadır. Termik üretim yakıtlarından biri olan doğal gaz toplam elektrik üretiminde %43,5 gibi bir paya sahip iken linyit %17,6 ve taşkömürü %7,4'lik bir paya sahiptir.

*Asfaltit:* Yaklaşık olarak 80 milyon ton asfaltitin Güney Doğu Bölgesinde olduğu tahmin edilmektedir. (Alemdaroğlu, 2007, s. 58). Özellikle Cizre ve Şırnak'ta üretilmektedirler. Bunlar tam olarak linyitleşmemiş ve yakıldığı zaman çevreye zarar veren duman ve kükürt dioksit çıkarmaktadırlar (Şahin vd., 2007, s. 410).

*Taşkömürü:* Türkiye taşkömürü rezervi ve üretimi açısından zengin bir ülke değildir. Yılda gerçekleştirilen 4-5 milyon tonluk üretim ülkenin ihtiyacını karşılayamamaktadır. Taş kömürünün %20'lik kısmı iş yerlerinde, evlerde ve eski yapıım trenlerde doğrudan yakıt olarak kullanılmaktadır. %80'lik kısmı ise demir-çelik sanayiinde kullanılmakta olan kok kömürü elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Batı

Karadeniz bölümü Türkiye'nin en zengin taşkömürü havzasına sahiptir. Bu havzadaki taşkömürü Birinci Zamanın Karbon devrinde oluşmuştur. Bu havzadaki taşkömürü rezervleri Türkiye'nin sahip olduğu rezervlerin tamamına yakınına vermektedir (Şahin vd., 2007, s. 409). 1,3 milyar ton taşkömürü rezervi bu bölgededir. Toplamda taşkömürü rezervinin yaklaşık olarak 550,8 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Alemdaroğlu, 2007, s. 58).

*Linyit:* Türkiye'nin sahip olduğu en zengin yer altı kaynağı linyittir. Taşkömürü ile karşılaştığımızda sahip olduğu enerji daha düşüktür fakat rezervlerinin fazla olması ve kolay işletilebilen yataklar halinde bulunmasından dolayı Türkiye için önemli bir enerji kaynağı konumundadır. Linyit Üçüncü Zamandaki göllerde oluşan tabakalar arasında damar şeklinde yer almaktadır ve genel olarak yüzeye yakın tabakalar arasında bulunmaktadır. Bazı bölgelerde ise yüzeyde olması işletilmesinin kolay olmasını sağlamaktadır. Türkiye'nin her coğrafi bölgesinde 250'den fazla linyit yatağı bulunmaktadır. Bu yatakların yaklaşık olarak 90'ı işletilmektedir. Bu işletmelerin başında Afşin-Elbistan gelmektedir (Şahin vd., 2007, s. 409). Afşin-Elbistan bölgesi önemli bir rezerv kaynağına sahiptir ve linyit rezervinin 6,88 milyar tonu görünür rezervdir (Alemdaroğlu, 2007, s. 59). Bu işletmelerin bir bölümünde örneğin Afşin- Elbistan işletmesinde termik santral bulunmaktadır. Ocaklardan çıkarılan linyitler bu termik santrallerde yakılarak elektrik enerjisi elde edilmektedir. Üretimi taşkömürüne göre hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Üretilen linyitin %50'den fazlası elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Burada kullanılan linyitlerin kalitesi düşüktür. Yüksek kalitedeki linyitler konut ve işyerlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Linyitler bünyesinde bol miktarda kükürt bulundurduğu için hava kirliliğine neden olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için kükürt dioksit oranı daha düşük taşkömürü ithal edilmektedir (Şahin vd., 2007, s. 410).

ETKB (2017)'den edinilen bilgilere göre, kömürün en fazla tercih edilen enerji kaynağı olarak kullanılması gelecekte de devam edecektir. Dünya'da yaklaşık olarak 892 milyar ton kesinleşmiş kömür rezervi bulunmaktadır. Bu rezervin %57,1 (509 milyar ton) kömür ABD, Rusya ve Çin'de bulunmaktadır. Dünya 2015 yılı toplam kömür üretimi göz önünde bulundurulduğunda kömür rezervlerinin yaklaşık 134 yıl ömrünün kaldığı hesaplanmıştır. 2016 verilerine göre elektrik enerjisi üretimi için kömüre dayalı kurulu güç 17.316 MW'dur ve bu toplam kurulu gücün yüzde 22,1'ine denk gelmektedir.

Dünya’da elektrik üretiminin yaklaşık %40’ı kömürden elde edilmektedir. ABD’de ve Almanya’da (%53), Yunanistan’da (%69), Çin’de (%75), Danimarka’da (%77), Avustralya’da (%83), Güney Afrika’da (%93), Polonya’da (%95) dir ve ülkemizin elektrik enerjisinin (%32) ’si kömürden elde edilmektedir (TKİ, 2018).

Ülkemizin 2016 yılı sonu itibariyle toplam birincil enerji tüketimi 136,2 Milyon Ton Eşdeğer Petrol olarak gerçekleşmiş ve bunda kömürün payı %28’dir. 2018 yılının ilk yarısı itibari ile kömür santrali kurulu gücü 18.666 MW olarak gerçekleşmiş; bu toplam kurulu gücün %21,4’üne denk gelmektedir. Bunlardan yerli kömüre dayalı kurulu güç 10.570 MW (%12,1), 8.794 MW (%10,1) ithal kömüre dayalı kurulu güç olarak gerçekleşmiştir. 2005 yılı itibari ile enerji üretiminde dışa bağıllığın azaltılması amacıyla yerli kaynaklara önem verilmesi, artan enerji ihtiyacının karşılanması için yeni kömür sahalarının bulunması ve var olan sahaları geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Bunun sonucu olarak 2005 yılında 8,3 milyar ton olan linyit rezervimiz yaklaşık olarak 9 milyar tonun üzerinde artış göstererek 2018 yılında 17,3 milyar tona ulaşmıştır. 2018 yılı ilk yarısında kömüre dayalı santrallerden toplamda 53,9 TWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir ve bu toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %33,0 oranındadır (ETKB, 2016).

#### ***1.6.1.2. Petrol potansiyeli ve kullanımı***

Kendine has hafif bir kokusu olan, çok koyu renge sahip, doğal mineral yağ olarak tanımlanan petrol tortul arazilerde bulunmaktadır. Geniş alanda bakıldığında petrol bütün hidrokarbonları; dar ve ticari alanda ise sıvı olarak ham petrol, katı olarak asfalt, bitüm ve mum, sıvı olarak ise doğal gazı kapsamaktadır (Önertürk, 1983, s. 14).

Petrolün bir enerji hammaddesi olarak önemli olması diğer enerji kaynaklarının (su, elektrik, doğal gaz) önemini azaltmamış aksine artan enerji ihtiyacından dolayı her enerji kaynağı bulunduğu yere ve kullanım şekline göre iktisadi olarak sürekli talep edilmişlerdir. Birincil enerji kaynakları içerisinde petrolün değerinin sürekli artmasının nedeni olarak petrol ürünlerine olan talebin fazla olması ve petrol ürünlerinin bazı birincil enerji kaynaklarının yerine ikame edilebiliyor olması gösterilmektedir. Fakat petrol üretiminin tüketimiyle orantılı bir şekilde artırılamaması bundan dolayı tüketilen petrolün yarısından fazlasının ithal ediliyor olması ve enerji kaynakları içerisinde petrol payının sürekli artması ülke ekonomimizde sıkıntıya sebep olabilmektedir. Ülkemizde petrol ürünleri benzin, gazyağı, motorin, yağ, fuel-oil, asfalt ve parafin gibi alanlarda

kullanılmaktadır. Petrolün sahip olduğu bazı özelliklerinden dolayı enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir (Alptekin, 1973, s. 63). Bunlar;

- Petrol hareketli araçların ana yakıtı olma özelliğine sahiptir. Karayolu taşıtlarında, gemilerde, uçaklarda, benzin ve dizel motorlarda ve trenlerde enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

- Taşınması kolaydır.

- Verimi diğer enerji kaynaklarına göre daha yüksektir.

- Kül, is ve kurum gibi artıkları yoktur.

- Kap kapasitesinden daha fazla yararlanılmaktadır.

- Binalarda ve bazı sanayi alanlarında ısıtıcı olarak kullanılmaktadır.

- Ana kimya maddesi olma özelliğine sahip petrolün petro-kimya sanayiinde önemi önemli derecede artmaktadır (Alptekin, 1973, s.199).

Petrol dünyada en çok kullanılan kaynak olarak enerji ihtiyacının %75-80'i petrolden sağlanmaktadır. Kalkınma, sanayileşme ve gelişmenin dinamiklerinden biri olan enerjinin temel yapı taşı olarak petrolün günümüzdeki teknolojik gelişmeler ışığında arz ve talebin birleşmesi sonucunda boru hatları vasıtası ile çok uzaktaki ülkeleri birbirine bağlamaktadır. Bu sayede petrol kalkınmanın ana dinamiklerini yerine getirirken stratejik madde olma özelliği sayesinde ülkeleri hem ekonomik hem de siyasi olarak birbirine bağımlı kılmaktadır. Ülkemizde petrol arama çalışmaları 19. yüzyıl sonlarında başlatılmıştır. İlk petrol 1941 yılında Batman'ın Raman dağında ve Garzan'da Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) tarafından çıkarılmıştır. Türkiye İzmir'de Aliağa, Mersin'de Ataş, İzmit 'de İpraş, Kırıkkale'de Orta Anadolu ve Batman rafineleri olmak üzere 5 tane petrol arıtma tesisine sahip bulunmaktadır (Şahin vd., 2007, s. 410-411).

Ülkemizde tüketilen enerji kaynakları içerisinde petrol yaklaşık olarak %25'lik bir paya sahiptir. Bu da ülkemiz için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Önertürk, 1983, s. 48).

2017 yılındaki dünya petrol rezervi 1.696,6 milyar varil olarak tespit edilmiştir. Stratejik konuma sahip olan ham petrolün 2017 yılı itibarıyla dünya enerji talebinin %33,7'sini karşılamaktadır. Ülkemizin sahip olduğu jeopolitik konumundan dolayı dünya üretilebilir petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık olarak %72'sine sahip bölge ülkeleriyle komşu durumundadır. 2030 yılına kadar dünya birincil enerji kaynakları

talebinin %40 oranında artması beklenmektedir ve bunun önemli bir kısmının içinde yer aldığımız bölge kaynaklarından temin edilmesi öngörülmektedir (ETKB, 2017).

1967 yılında işletmeye açılan Türkiye'nin ilk ham petrol boru hattı olan Batman-Dörtyol ham petrol boru hattının yıllık kapasitesi 4,5 milyon ton'dur. 2017 yılında bu hattan 1,75 milyon ton ham petrol taşınmıştır ve 2017 yılında Batman'da TÜPRAŞ Rafinerisi'ne 1,06 milyon ton ham petrol teslim edilmiştir. Irak-Türkiye ham petrol boru hattı Türkiye'nin sahip olduğu en eski boru hatlarından biri olup hattın taşıdığı ham petrol miktarı 2017 yılında 25,7 milyon tondur. 1986 yılında işletmeye başlayan Ceyhan-Kırıkkale ham petrol boru hattının kapasitesi 7,2 milyon ton/yıl'dır. 2017 yılında bu hat ile taşınan ham petrol 5,4 milyon tondur (BOTAŞ, 2018).

28 Mayıs 2006 yılında petrol taşımak amacıyla faaliyete geçirilen Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) ham petrol boru hattının taşıma kapasitesi 50 milyon ton/yıldır. Hattan 2017 yılında 252, 763 bin varil ham petrol taşınmıştır. 2017 yılında 2,5 milyon ton petrol üretimi sağlanmıştır. Yine bu yılda ham petrol ithalatımız 25,8 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve 16,8 milyon ton petrol ürünü ithal edilmiştir. Ayrıca 10,1 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir. 2015 yılında talep edilen ham petrolün %7'lik kısmı yerli üretim ile karşılanmıştır. Her geçen gün petrole duyulan ihtiyacın artması ve bunu yurtiçi kaynaklardan temin etme yönündeki çalışmalar önem kazanmaktadır (ETKB, 2016). 2017 yılsonu itibari ile Türkiye ham petrol rezervleri şu şekildedir:

**Tablo 1. 4.** 2017 Yıl Sonu İtibari ile Türkiye Ham Petrol Rezervleri (PIGM, 2018)

|        | Rezervardaki petrol |            | Üretilabilir petrol |            | Kümülatif üretim |            | Kalan üretilabilir petrol |            |
|--------|---------------------|------------|---------------------|------------|------------------|------------|---------------------------|------------|
|        | Milyar Varil        | Milyar Ton | Milyar Varil        | Milyon Ton | Milyar Varil     | Milyon Ton | Milyon Varil              | Milyon Ton |
| Toplam | 7.260,4             | 1.058,0    | 1.440,5             | 205,4      | 1.075,3          | 152,7      | 365,2                     | 52,6       |

### **1.6.1.3. Doğal gaz potansiyeli ve kullanımı**

Havadan hafif, yanıcı, renksiz ve kokusuz bir gaz olarak tanımlanmaktadır. Fosil yakıtlar bundan milyonlarca yıl önce bitki ve hayvan artıklarının toprak altında kalarak basınç ve ısı altında değişikliğe uğrayıp bugünkü halleriyle enerji kaynağı olarak hayatımızda yerlerini almaktadırlar. Doğal gaz havaya göre daha hafif olduğu için açık havada uçucu bir özelliğe sahiptir. Kendisi zehirli değildir. Fakat kaçak olması



durumunda havada gaz miktarı artışıyla birlikte oksijen azalacağı için boğulma tehlikesi olabilir (Akdemir ve Arın, 2002).

Doğal gaz, yer altında serbest olarak ya da petrol içinde çözülmüş olarak yer almaktadır. Dünyanın önemli enerji kaynaklarından biri olan doğal gazın yakıt olarak kullanımı daha fazla tercih edilmektedir. Yakıt olarak ısı değeri petrolle eş değer olmasının yanında birtakım üstünlükleri de bulunmaktadır. Doğal gazın rafine işlemine ihtiyacı yoktur ve kül veya kurum bırakmadan kolay ve verimli bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca petrokimya sanayisinin hammaddesi olarak kullanılmaktadır (Alptekin, 1973, s. 42-43).

Tüm bu üstünlüklerinin yanında doğal gaz, Dünya’da en ucuza elde edilebilen bir yakıt olma özelliğine de sahip olmaktadır. Ayrıca elektrik enerjisi üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Berberoğlu, 1982, s. 49).

Doğal gazın uzak mesafelere taşınabilmesi sayesinde tüketimi kolay ve yaygın bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Tüketim alanlarında çevre kirliliğine neden olmadığı için diğer fosil yakıtlara tercih edilmektedir. Örneğin Ankara’da konutların doğal gazla ısıtılıyor olması hava kirliliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Şahin vd., 2007, s. 412).

Doğal gaz, konutlarda ısıtma-soğutma, sıcak su temininde, çimento, demir-çelik, kimya sanayiinde, cam ve kiremit imalatında ve tekstil, seramik sektörü gibi daha birçok sektörde doğal gaz enerjisinden faydalanılmaktadır. Aynı zamanda doğal gaz değerli bir sanayi hammaddesi olduğu için rezervlerinin yakıt olarak kullanılmayıp hammadde olarak ileriye dönük saklanması gerektiği düşünülmektedir. Fotoğraf filmi, sentetik lastik, gübre, plastik vb. maddelerin üretiminde hammadde olarak rol üstlenmektedir. Bunlara ek olarak Türkiye’nin elektrik ihtiyacının azımsanmayacak bir bölümü doğal gaz ile çalışan santrallerde üretilerek sağlanmaktadır (Ertürk, 2011, s. 33-34).

Türkiye’de doğal gaza ilk defa 1963 yılında rastlanmıştır. Ülkemiz doğal gaz rezervi bakımından fakir durumdadır. Bilinen en önemli doğal gaz rezervi Trakya (Hamitabat) rezervidir. Gelişmekte olan ülkemizin sahip olduğu rezervler ihtiyaç duyulan ucuz enerjiyi karşılayamamıştır. Bundan dolayı doğal gaz ithalatı gündeme gelmiştir (Alptekin, 1973, s. 47-48).

Ülkemizde doğal gaz kullanımı diğer ülkelere göre daha geç olmasına rağmen 1990’lı yıllarla beraber kullanımı tüm sektörlerde artmıştır. Artan enerji talebiyle birlikte doğal gazın bazı üstünlüklerinden dolayı kullanım oranı ve kullanım alanı gittikçe

artmıştır. Doğal gaza olan talep ile birlikte yeni stratejilerin benimsenmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu süreçte doğal gaz tedarik kaynağı Rusya iken zamanla bu kaynaklar çeşitlenmiştir (Ertürk, 2011, s. 236-238).

Ülkemiz doğal gaz arz-talep dengesi dikkate alındığında yıllık gaz talebinin karşılanmasında herhangi sorun bulunmamaktadır. Fakat talebin yoğun olduğu kış aylarında ve talebin en üst seviyeye çıktığı dönemlerde kaynak ülkelerdeki veya güzergâh ülkelerdeki aksamaların neden olabileceği dönemsel arz-talep dengesizliklerini ortadan kaldırmak için birtakım çalışmalar sürdürülmektedir. 2007 yılında faaliyete açılan Türkiye- Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı ile ülkemiz doğal gaz şebekesi ile komşu ülkelerin altyapısıyla bağlantı sağlanmış ve ülkemiz doğal gazda köprü tedarikçi konuma gelmiştir. 2017 yılı sonu itibari ile 19,5 milyar m<sup>3</sup> mevcut üretilebilir doğalgaz rezervimiz bulunmaktadır. 2017 yılı doğal gaz tüketimimiz 53,5 milyar m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. 2016 verilerine göre elektrik enerjisi üretimi için doğal gaza dayalı kurulu güç 22.217 MW' dur ve bu toplam kurulu gücün yüzde 28,3'ünü denkleştirmektedir. Hala devam eden Tuz Gölü Doğal Gaz Yer Altı Depolama Projesi kapsamında birinci aşama 2017 yılında bitirilmiş doğal gaz depolanmaya başlanmıştır. 2023 yılı itibarıyla bu yer altı deposunun ikinci aşaması da bitirilip toplam çalışma gazı kapasitesinin 5,4 milyar Sm<sup>3</sup>'e ve geri üretim kapasitesinin 80 milyon Sm<sup>3</sup>/gün'e çıkarılması hedeflenmektedir. Projenin bitiminde ise günlük maksimum 40 milyon m<sup>3</sup> doğal gaz Türkiye şebekelerine verilebilecektir (ETKB, 2017). Aşağıda 2017 yılı sonu itibari ile Türkiye doğalgaz rezervleri verilmektedir.

**Tablo 1. 5.** 2017 yıl sonu itibari ile türkiye doğalgaz rezervleri (PIGM, 2018)

|        | Rezervardaki Gaz      | Üretilebilir Gaz      | Kümülatif Üretim      | Kalan Üretilebilir Gaz |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|        | Milyar M <sup>3</sup> | Milyar M <sup>3</sup> | Milyar M <sup>3</sup> | Milyar M <sup>3</sup>  |
| Toplam | 25.987,3              | 19.950,5              | 15.695,9              | 4. 254,6               |

- Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı
- Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı (BTC)
- Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP)
- Türkiye-Bulgaristan Enterkonnektörü (ITB) Projesi

- Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı (ITG)
- Rusya-Türkiye-Avrupa Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (Türk Akımı)
- Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı)
- İran-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı
- Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Mavi Akım)

Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı (BTE) ülkemizin dâhil olduğu petrol ve doğal gaz boru hatları ve projeleridir(ETKB, 2016, s. 93-100).

#### ***1.6.1.4. Nükleer enerji potansiyeli ve kullanımı***

Nükleer enerjinin temelini oluşturan atom eski Yunanca kökenlidir ve parçalanmaz anlamına gelmektedir. Minerallerin en küçük parçası olan atom, mineralin karakterini belirler ve bir çekirdek ve onu çevreleyen elektronlardan oluşmaktadır (Temurçin ve Aliğaoğlu, 2003:26).

Atom çekirdeklerinin parçalanması ve ağır atom çekirdeklerinin bombardımanı ile meydana gelen büyük tepkime sonucu açığa çıkan fisyon; atom çekirdeklerinin birleşmesi sonucu açığa çıkan enerji füzyon olarak adlandırılmaktadır. Meydana gelen fisyon ve füzyon olayları sonucunda elde edilen enerji nükleer enerjidir. Uranyum, plütonyum ve toryum nükleer enerji elde etmek için yeryüzünde bulunan en önemli madenlerdir. Nükleer santrallerde atom çekirdeğinin parçalanması sonucunda ortaya çıkan ısı enerjisi öncelikle mekanik enerjiye daha sonra elektrik enerjisine çevrilmektedir. Fisyon tepkimesi içerdiğinden önemli boyutlara varan tehlikeler barındırmaktadır. Bundan dolayı nükleer santrallerin ilk yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte kalite standartları, kontrol ve denetimleri en üst düzeyde tasarlanmaktadır (Alemdaroğlu, 2007, s. 17-18).

1939 yılında atomun bölünmesi (fisyon) sonucu enerjinin açığa çıktığı keşfedildi. Bu olayı takiben 1943 yılında ilk kontrol edilebilen zincirleme reaksiyon, 1945 yılında ilk atom silahı ve 1951 yılında ise nükleer enerjiden ilk elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Nükleer enerjinin ABD’de ilk elektrik üretimini için kullanımının ardından 1953’te İngiltere’de, 1954’te Rusya’da 1956’da Fransa’da ve 1961’de Almanya’da elektrik üretimi için kullanılmaya başlanmıştır. 1960 döneminde on ülke ve bunu takiben 1970’lerde on ülke daha bu kervana katılmıştır (TAEK, 2018).

Nükleer santrallere olan talep 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi ile artmaya başlamıştır. Tüm dünyada hızlı bir şekilde işletmeye alınan nükleer santral

kurulumunda, 1979 yılında ABD’de Three Mile Island ve 1986 yılında bugün Ukrayna sınırları içinde yer alan Sovyet Rusya’da yaşanan Çernobil kazaları nedeniyle yavaşlama olsa da dünya genelinde kurulmaya devam etmiştir. Bu yaşanan üzücü olaylar neticesinde dünya genelinde daha güvenli santrallerin kurulması ve işletilmesi için gerekli çalışmalar yapılmıştır (ETKB, 2018).

Yeryüzündeki bilinen enerji kaynaklarının hepsi kullanılsa bile enerji ihtiyacının tamamını karşılamamanın mümkün olmadığı bilinen bir gerçektir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılsa bile ihtiyaç duyulan enerjiye yeterli olmamaktadır. Bundan dolayı olumsuz yanlarının olmasına rağmen nükleer enerjiden elektrik üretmek kaçınılmaz olmuştur. Özellikle gelişmiş ülkeler önemli derecede üretim gerçekleştirmektedir (Alemdaroğlu, 2007, s. 19).

Nükleer santraller sahip oldukları;

- Kesintisiz olarak hiçbir hava olayından etkilenmeden elektrik üretebilmesi
- Hammaddesi olan Uranyum’un dünyada farklı bölgelerde yayılmış olması,
- Elektrik birim maliyet fiyatlandırmasında nükleer yakıt maliyeti diğer kaynaklara göre çok düşük olduğu için yakıt fiyatlarında meydana gelen dalgalanmaların elektrik üretim maliyetini etkilememesi,
- Nükleer santrallerin sera gazı salımı yapmaması, bundan dolayı küresel ısınmayı engellemede önemli bir alternatif olması,
- Sahip oldukları güvenlik sistemleri sayesinde çevremizde bulunan radyasyonun sadece %1’i kadar bir etkiye sahip olması,
- Birim elektrik üretimi başına kurulum alanının diğer tüm santrallere göre daha küçük olması nedeniyle tarım, yerleşim ve doğal hayatı minimum düzeyde etkilemesi gibi kendilerine has özelliklerinden dolayı günümüzde ülkeler tarafından elektrik kaynağı olarak tercih edilmektedirler. İhtiyaç duyulan güvenilir, ucuz, sürdürülebilir ve erişilebilir bir enerji kaynağı temininde alternatif kaynaklara göre daha çok ön plana çıkmaktadır.

2018 Temmuz ayı itibariyle 31 ülkede 453 nükleer reaktör işletme halinde olup, 17 ülkede 57 nükleer reaktör inşa halindedir. Dünya elektrik arzının %11’i nükleer santrallerinden üretilen elektrikle karşılanmaktadır. Ülke bazında ele aldığımızda ise, Fransa elektrik talebinin yaklaşık olarak %72’sini, Ukrayna %55’ini, Belçika %50’sini, İsveç %40’ını, Güney Kore %27’sini, AB %30 ve ABD %20’sini nükleer enerjiden

karşılmaktadır. Çin’de 15, Hindistan’da 7, Rusya’da 6, ABD’de 2, Birleşik Arap Emirlikleri ve Güney Kore’de 4’er ve Fransa ve Türkiye’de 1’er adet İnşa halindeki nükleer reaktör bulunmaktadır. Ülkemizde 2023 yılında işletmeye alınması planlanan Rusya Federasyonu ile yapılan bir anlaşma ile ilk adımı atılan Akkuyu Nükleer Santralini inşası halan devam etmektedir. İkinci projemiz olan Sinop Nükleer Santrali için Japonya ile anlaşma imzalanmış, konuyla ilgili çalışmalar devam etmektedir (ETKB, 2018).

### **1.6.2. Yenilenebilir enerji kaynakları**

Fosil enerji kaynaklarının tükenme tehlikesinden dolayı onlara alternatif olabilecek tükenmeyen kaynaklara ihtiyaç duyulmuştur. Yenilenebilir kaynak adı verilen bu kaynaklar doğada var olan başlangıç maliyeti yüksek fakat sürekli kendini yenileyen kaynaklar oldukları için ülkeleri enerjide dışa bağımlı olmaktan alıkoyabilmektedir.

#### ***1.6.2.1. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımı ve çeşitleri***

Yenilenebilir enerji doğal ortamda sürekli ve tekrarlı bir şekilde ortaya çıkan akımlardan elde edilen enerjidir. Diğer bir tanıma göre, kullanıldıkça aynı oranda beslenen enerjiye denilmektedir. Son zamanlarda İngiltere Tavsiye Grubu tarafından yenilenebilir enerji, insan faaliyetleri yararına çevrede sürekli ve tekrarlı var olan akımları kapsayan enerji türüdür şeklinde tanımlar yapılmaktadır. Bu tür enerjilerin temelinde yerçekimi, güneş ve dünyanın dönmesi yatmaktadır (Şen, 2002, s. 44).

1970’li yıllarda dünya çapında meydana gelen petrol krizi beraberinde yeni kaynak arayışını da getirmiştir. Krizle birlikte çevreye olan hassasiyet de artınca var olan enerji kaynaklarına alternatif olabilecek kaynak arayışı gündeme gelmiştir. Alternatif enerji kaynakları dünyada herhangi bir işlem gereği olmadan sınırsız bir şekilde bulunan, kullanıldıklarında çevreye herhangi bir zararları olmayan, kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil kaynaklı olmayan, yenilenebilen, kullanılmaya hazır bir şekilde doğada sürekli bulunan güneş, rüzgâr, jeotermal, biyogaz, hidrolik, gel-git enerjisi, hidrojen gibi enerji kaynakları bu enerji kaynakları içerisinde sayılmaktadır (Can, 2011 , s. 13).

**Tablo 1. 6.** *Alternatif enerji türleri ve kaynakları (Ünalın, tarihsiz, s.1)*

|   | <b>Alternatif Enerji Türü</b>  | <b>Kaynak veya Yakıtı</b>   |
|---|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Jeotermal Enerji               | Yer altı suları             |
| 2 | Güneş Enerjisi                 | Güneş                       |
| 3 | Rüzgâr Enerjisi                | Atmosferin hareketi         |
| 4 | Dalga Enerjisi                 | Okyanus ve denizler         |
| 5 | Hidrolik Potansiyel            | Nehirler                    |
| 6 | Hidrojen                       | Su ve hidroksitler          |
| 7 | Bio-mass, bio-dizel ve bio-gas | Biyolojik atıklar ve yağlar |

Petrol krizinde sanayileşmiş ülkeler karşılaştıkları sıkıntıları tekrar yaşamamak için enerjide bağımsız hale gelmenin yollarını araştırmışlardır. Yukarıdaki tabloda verilen yeni enerji kaynaklarını geliştirmişlerdir. Bu kaynakların her ülkede olmasına özen göstermişlerdir (Ünalın, tarihsiz, s.1)

Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) yaptığı tanıma göre yenilenebilir enerji, tüketildiğinden daha fazla oranda doldurulan, doğal süreçlerden (örneğin güneş ışığı ve rüzgâr ) türeyen bir enerjidir. Yenilenebilir enerjinin elektrik, ısıtma-soğutma ve ulaştırma sektörlerindeki rolü artmaya devam etmektedir. Coğrafi olarak daha çok yoğunlaşan doğalgaz, kömür ve petrol gibi geleneksel kaynakların aksine yenilenebilir enerji teknolojileri önemli bir dağılma potansiyeline sahip olduğu için küresel olarak yayılmaktadırlar. Dünyadaki bütün ülkeler en azından bir tane yenilenebilir kaynağa bol miktarda sahiptir ve birçok ülke kaynakların bir portföyüne sahiptir. IEA'nın bütün senaryolarında yenilenebilir enerjinin elektrik üretiminde, ısıtma-soğutma ve ulaşım sektörlerindeki daha fazla katkılarıyla birlikte rolünün zamanla önemli derecede artacağı beklenmektedir. Bu gelişmeler ışığında hükümetler destekleyici politikaları devreye sokmaktadır. Sonuç olarak yenilenebilir kaynaklar 2000' den beri küresel temiz enerji sektöründeki büyümenin çoğunda etmen olmuştur. Yenilenebilir kaynakların önemi hızlı bir şekilde artmaya devam etmektedir. 2020'ye kadar dünya çapında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi günümüzdeki Çin, Hindistan ve Brezilya'daki elektrik taleplerinin birleşiminden daha fazla olacaktır (IEA, 2016).

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 'Renewables 2018' analizine göre yenilenebilir enerjinin dünya çapında elektrik üretimindeki payı 2017'de %24 iken 2023'e kadar

yaklaşık olarak % 30 olacağı öngörülmektedir. Bu süreçte yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyoenerji) dünya çapındaki elektrik üretim artışının %70'den fazlasının karşılanacağı öngörülmektedir. 2023'e kadar hidroelektrik, dünya çapındaki elektrik talebinin %16'sını karşılayarak en büyük yenilenebilir kaynak olma özelliğini sürdürecektir. Hidroelektriği rüzgâr (%6), güneş (%4) ve biyoenerji (%3) ile takip etmektedir (Biol, 2018).

Paul Kruger yenilenebilir enerjinin son elli yılda çeşitli destek gruplarının farklı sosyal sebepler ve teknik bakış açılarına odaklandıkları için birçok tanıma sahip olduğunu savunmaktadır. 1960'lardan beri çevresel hareketlerden yapılan geniş bir tanıma, bazı enerji kaynaklarının geleneksel kaynak olarak bilinen fosil ( ve bazıları için nükleer) yakıtlara alternatif olan enerji kaynakları şeklindedir. Bu tanım gerçekten yenilenebilir kaynak olmayan jeotermal enerji içindir. Şöyle ki jeotermik tortuyu çıkartıp ısı yerine koymak yüzlerce binlerce yıl gerektirir (Kruger, 2006, s. 137).

Çoğu yenilenebilir enerji türleri kolaylıkla elektriğe dönüştürülebilir. Güneş enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi aynı zamanda ısı temininde kullanılabilir. Yenilenebilir enerji temelde geleneksel enerji kaynaklarından elde edilen ısıtma, soğutma, elektrik ve bütün zorluklara ve maliyete rağmen, taşıt yakıtı gibi bütün hizmetleri temin edebilir. Yenilenebilir enerji doğal olarak yayılan bir kaynak olması, kapsamlı bir taşıma sistemi olmadan uzak bölgelere enerji temin edebilir olması, her zaman yenilenebilir enerjiyi elektriğe dönüştürmek zorunda olmaması (güneş enerjisiyle su ısıtma ve rüzgar gücüyle su pompalama elektrik kapsamında olmadan çok iyi çalışabilen sistemlere iyi örnekler olabilir) gibi avantajlara sahiptir. Fakat yenilenebilir enerjinin en büyük katkısı insanların elektrik formundaki ihtiyaçlarını sağlamak olacaktır (Freris ve Infield, 2008, s. 15).

Başka bir tanımda ise yenilenebilir enerji, doğal çevrede bulunan devamlı ya da kendini yineleyen enerji akımından meydana gelen enerjidir denilmektedir. Örnek olarak 24 saatte kendini yenileyen güneş enerjisi verilebilir. Bu enerji bir akım veya akıntı şeklinde çevrenin içinden geçer (Twild ve Weir, 1987, s. 3).

Sonlu olan fosil yakıtların aksine yenilenebilir enerji kaynakları yeniden üretilebilir. Yaygın olarak kullanılan 5 tane yenilenebilir enerji kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; biomass (biyokütle), hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal enerjisidir.

Yenilenebilir enerji sera gazı emisyonunu azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığı zaman fosil yakıtlara doğrudan sera gazı

yaymaz. Geçmişte yenilenebilir enerji genellikle üretmek ve kullanmak için pahalıydı bundan dolayı enerji üretiminde fosil yakıtlar kullanılmaktaydı. Yenilenebilir kaynaklar genellikle uzak alanlarda bulunur ve elektrik ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan temin eden şehirlerde elektrik hattı inşa etmek pahalı olabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına her zaman ulaşamadığı için kullanımları sınırlıdır. Örneğin bulutlu günlerde güneş santrallerinden elektrik üretimi azalmakta, rüzgârsız günlerde rüzgâr çiftliklerinden elektrik üretimi azalmakta ve kuraklık su gücünü azaltmaktır (EIA, 2016).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanabilmenin yolu teknolojinin gelecekte daha detaylı ve ekonomik olarak gelişmesinden geçmektedir. Gelecekte bu enerjilerin kullanılması ile fosil kaynakların neden olduğu çevresel hasarlar en aza indirilebilecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları atmosfere kirletici gaz salgılamaz, güvenilir ve tükenmezdir. Önceden depolanmalarına gerek yoktur. Bazı gel-git enerji üretim yerleri ile hidroelektrik tesisleri fosil yakıtlarla bir tesisten elde edilecek enerjinin birkaç katını üretebilmektedir. Bu enerjinin tesisleri oldukça küçük ölçeklidir ve bu tesislerin inşaatı için fazla yatırıma, fazla zamana ihtiyaç yoktur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tümünün kullanıma dahil edilmesiyle nükleer ve fosil enerjinin çevreye verdiği zararların hepsi önlenabilir ve gelecekteki teknolojik gelişmeler neticesinde kullanılacak fosil ve nükleer enerji miktarının tümü teorik olarak yenilenebilir kaynaklardan temin edilebilir. Fosil kaynakların sadece üretim maliyeti hesap edilmektedir. Geçmişte de bundan dolayı ucuz görünerek yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesine engel olmuştur (Şen, 2002, s. 44-45).

Fosil kaynakların çevreye verdiği zararları düşünecek olursak kirlenen çevrenin temizlenmesi için karşılamak zorunda olduğumuz maliyeti göz ardı etmemeliyiz. Yenilenebilir kaynakların kullanımı ilk bakışta masraflı olabilir fakat fosil yakıtların çevreye verdiği zarar ve ekonomimizi dışa bağımlı hale getirdiği düşünüldüğünde bu masraf abartı gelmemektedir. Çünkü ülkemiz yenilenebilir kaynak bakımından oldukça zengindir. İthal ettiğimiz fosil kaynaklardan enerji elde etme yolunu bırakıp yerli kaynak diye ifade ettiğimiz yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih edersek hem temiz bir çevreye sahip olabiliriz hem de ekonomik olarak dışa bağılı olmaktan kurtulabiliriz.



**Tablo 1. 7. Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları (EIA,2019; Sbsciencematters, 2019; BBC,2019)**

| Enerji Kaynağı | Avantajları  | Dezavantajları   |
|----------------|--|--|
| Güneş          | Sınırsız bir enerji kaynağıdır.<br>Hava kirliliğine veya karbondioksit salınımına neden olmaz.<br>Binalardaki güneş enerjisi sistemleri çevre üzerinde minimum etkisi vardır.<br>Her binanın kendi elektrik enerjisi ihtiyacını karşılar.  | Başlangıç yatırımı yüksektir.<br>Güneş panelleri imalatı ve uygulaması pahalı olabilmektedir.<br>Dünya yüzeyine düşen güneş miktarı sabit olmadığı ve nispeten küçük olduğu için düşük güneş ışığı alan bölgelerde ilave enerji gerekebilir.<br>Yararlı enerji miktarı almak için geniş alanların kullanımını gerektirir.<br>Panellerin üretiminde kullanılan bazı zehirli maddelerin sızıntı yapması durumunda çevreye zararı olmaktadır.   |
| Rüzgâr         | Sonsuz bir enerji kaynağıdır.<br>Hava kirliliğine veya karbondioksit salınımına neden olmaz.<br>Elektrik üretiminde soğutma için suya ihtiyaç duymazlar.<br>Verimliliği oldukça yüksektir.   | Başlangıç yatırımı ve bakım maliyeti yüksektir.<br>Rüzgâr panelleri imalatı ve uygulaması maliyetlidir.<br>Verimliliği rüzgâr hızıyla orantılıdır.<br>Geniş arazi kullanımı gerektirir.<br>Kuşlar için tehdit oluşturabilir.<br>Görüntü ve ses kirliliğine neden olabilir.<br>Tüm coğrafi konumlar için uygun değildir.  |
| Jeotermal      | Sonsuz bir enerji kaynağı olma potansiyeli vardır.<br>Jeotermal enerji santralleri elektrik üretmek için yakıt yakmadığı için yaydıkları hava kirlenici madde seviyeleri düşüktür.<br>Doğrudan kullanım uygulamaları (ısıtma, pişirme, yiyecek kurutma, altın madenciliği ve süt pastörizasyonu, vb.) ve jeotermal ısı pompalarının çevre üzerinde neredeyse hiçbir olumsuz etkisi yoktur. | Kurulumu maliyetlidir.<br>Jeotermal kaynaklar yeryüzünün belirli alanlarında bulunmaktadır (özellikle volkanik alanlarda).<br>Kuyuların kapanma olasılığı vardır.<br>Yeraltında bulunan tehlikeli unsurlar dikkatlice imha edilmelidir. Aksi takdirde yeryüzüne çıkma olasılığı vardır.  |
| Hidroelektrik  | Enerji kaynakları kadar su rezervi de yaratır.<br>Hava kirliliğine neden olmaz.<br>Büyük miktarda güç üretme kabiliyeti vardır.<br>Elde edilen güç talep edilen miktara göre ayarlanabilmektedir.  | Barajların inşası maliyetlidir.<br>Barajlar kuraklıktan etkilenebilir.<br>Balık göçünü engelleyebilir.<br>Barajlar su sıcaklıklarını, su kimyasını, nehir akış özelliklerini değiştirebilir.<br>Bu değişikliklerin tümü ekolojiyi ve nehrin fiziksel özelliklerini etkileyebilir; doğal bitkiler üzerinde ve nehrin içindeki ve çevresindeki hayvanlar, insanlar üzerinde olumsuz etkileri olabilir.<br>Barajlarında üretilmesi, emisyon üretebilecek ekipman gerektirmektedir   |
| Biyokütle      | Ucuz ve doğada hazır bir şekilde bulunan ve arzı bol bir kaynaktır.<br>Fosil yakıtlara nazaran karbon emisyonu düşüktür.<br>Dizel motorlarda kullanılabilir.<br>Otomobil motorları kolayca biyokütle yakıtla çalışmak üzere dönüştürülür.<br>Mahsuller değiştirilirse, uzun vadeli ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olabilir.  | Havadaki nitrojen oksit düzeyinin artmasına ve belli ölçüde hava kirliliği oluşmasına neden olur.<br>Biyoyakıt için bitki yetiştirmek tartışmalıdır çünkü biyoyakıt bitkileri yetiştirmek için toprak, gübreler ve enerji yerine gıda ürünleri yetiştirmek için kullanılabilir.<br>Enerjiye dönüşümü için bazı fosil yakıtların kullanılmaktadır.<br>Taşıma maliyetini azaltmak için kaynak kullanımının yakınında olmalı.<br>Kentsel atıkların yakılması önemli ve zararlı kimyasalların açığa çıkmasına neden olur ve düzgün bir şekilde kontrol edilmezse insanlar ve doğa için tehlikeli olabilmektedir. |

### ***1.6.2.1.1. Güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı***

Güneş, 1,39 milyon km. çapa sahip, yeryüzüne yaklaşık olarak 150 milyon km. uzaklıkta olan, sıcak gazların oluşturduğu bir küttedir. Bilinen en eski enerji kaynağı olan güneş enerjisi ise, güneşin çekirdeğinde bulunan ve hidrojen gazını helyuma dönüştüren füzyon reaksiyonu sonucu meydana gelen çok güçlü olan bir enerji kaynağıdır. Bu reaksiyon sonucu açığa çıkan enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü ile insanoğlunun ihtiyaç duyduğu tüm enerji fazlasıyla karşılanabilmektedir. Doğrudan ya da dolaylı olsun geleneksel enerji kaynaklarının hepsinin kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi değişken, kesintili, dağınık ve düşük yoğunluklu olmak gibi özelliklere sahiptir (TÇV, 2006, s.35).

Günümüzde kullandığımız enerji kaynaklarının hemen hepsi güneş kökenlidir. Güneş enerjisi, dünyamızı aydınlatır, iklimsel döngüler meydana gelir, rüzgar meydana gelir ve de fotosentez yoluyla canlılar yaşamlarını devam ettirebilmektedir (Acaroğlu, 2003, s. 15).

Güneş enerjisinin çevre kirliliğine neden olmaması, yenilenebilir yani tükenmez olması, hemen hemen dünyanın her yerinde bol miktarda bulunması gibi birçok avantajı vardır. Bunun yanında kesik, dağınık, değişken olması, elektrik üretimi için ilk yatırım maliyetinin alışıl gelmiş kaynaklara göre yüksek olması, çoğu zaman enerji çevrim teknolojilerinin zayıf kalması gibi dezavantajları da vardır. Fakat fosil kaynakların çevreye verdiği zararın maliyeti ve diğer dış maliyetler düşünüldüğünde güvenilir bir kaynak olan güneş enerjisinin maliyeti göz ardı edilebilmektedir (TÇV, 2006, s.57).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, güneş ışınımı dünyanın her yerinde bulunduğu için sürdürülebilir enerji gündeminin başında geleceği öngörülmektedir. Farklı teknolojilerin kullanılması ile güneş enerjisi kullanılabilir ve faydalı enerjilere doğrudan dönüştürülebilir. Örneğin güneş ışınımının güneş toplayıcıları adı verilen kolektörler ile toplanması ile sıcak su elde edilmektedir. Binalarda buna uygun tasarım, plan ve projeler yapıldığı takdirde doğrudan olmasa bile boş hacimler ısıtılabilir. Yüksek sıcaklık seviyeleri elektrik enerjisi üretiminde veya ısınma amaçlı kullanılabilir. İlk güneş pilleri 1950 yılında yapılmış ve bu sayede doğrudan güneş ışınımının elektrik enerjisine dönüşümü sağlanmıştır. Güneş enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları bu dönemden beri yoğun bir şekilde devam etmektedir. Güneş pillerinden günümüzde uzak iletişim merkezlerinde, ışıktandırmada,

hesap makinalarında ve bazı ülkelerde su pompalarını çalıştırmak için faydalanılmaktadır (Şen, 2002, s. 56-57).

Dünyada çok eski dönemlerden beri güneş enerjisinden yararlanılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. 1860'lı yıllarda bakır ve çinko eritebilmek amacıyla güneş fırını kurulması, 1870'li yıllarda tuzlu suları damıtmak için güneş damıtma ünitesinin kurulması, 1900'lü yıllarda güneş enerjisi ile su pompasının çalıştırılması örnek olarak verilebilir. Çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilen güneş enerjisi 1973'te yaşanan petrol krizinden sonra daha önemli hale gelmiştir. Ülkemizde güneş enerjisinden yararlanma alanındaki çalışmalar 1970'li yıllardan sonra önemli derecede artmış ve güneş enerjisi sistemlerinde teknolojik ilerleme gözlemlenirken maliyetinde düşüş sağlanmıştır. Güneşin ömrü 5 milyar yıldan daha fazla olduğu dikkate alındığında insanoğlu varlığını sürdürdüğü sürece bu enerjiden kaynak sorunu olmadan faydalanabilecektir. Ekvatorun 35° Kuzey-Güney enlemleri arasında kalan kuşakta yeryüzündeki güneş enerjisinden yararlanmak için en elverişli alanlar vardır. Ülkemizin coğrafi konumu itibariyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre şanslı sayılmaktadır (TÇV, 2006, s.37-41).

Uluslararası Enerji Ajansına göre güneş enerjisi, 2050 yılına kadar fosil yakıtlar, rüzgâr enerjisi, hidro ve nükleer enerjiyle kıyaslandığında dünyanın en büyük elektrik enerjisi kaynağı olabilir. Uluslararası Enerji Ajansının iki yol haritası yoğunlaştırıcı güneş enerji sistemlerinden üretilen güneş termik elektrik enerjisi %11 katkı sağlarken güneş fotovoltaik sistemlerinin 2050 yılına kadar dünya elektrik enerjisi ihtiyacının %16'nı nasıl karşıladığını göstermektedir. Bu güneş teknolojileri 2050 yılına kadar yılda 6 milyar tondan fazla CO<sub>2</sub> emisyonunu önleyebilir. Bu günümüzde dünya çapındaki taşıma sektörünün neden olduğu emisyonlardan daha fazladır. Yol haritasındaki senaryoya göre 2030 yılına kadar elektrik üretimindeki artışın çoğu fotovoltaik enerji kaynaklı olacaktır. Fakat bu tablo sonradan değişecektir. Yıllık elektrik üretimi %5–15 seviyesine ulaştığında fotovoltaik toptan piyasalarda değer yitirmeye başlayacaktır. Bu aşamada termik depolarda inşa edilen yoğunlaştırılmış güneş enerji tesisleri sayesinde büyük çaplı güneş termik elektrik enerjisi yayılmaya başlamaktadır. Bu sayede akşama doğru ve gece en yüksek talep olduğu zaman bile elektrik üretim imkânı sağlamaktadır. Bu fotovoltaik üretimi tamamlayıcısını bulmuş demektir (EIA, 2016).

Enerji bakanlığının hazırlamış olduğu Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.741 saat ve yıllık toplam

gelen güneş enerjisinin 1.527 kWh/m<sup>2</sup>.yıl olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılı itibariyle ülkemizdeki toplam kurulu kolektör alanı yaklaşık 20.000.000 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Yine bu yılda güneş kolektörleri ile yaklaşık 823.000 TEP ısı enerjisi elde edilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine yönelik hukuki ve teknik düzenlemelerin ardından Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 2013 yılında lisans başvuruları alınmış. 5 tane güneş enerji santraline önlisans, 2 tanesine de lisans verilmiştir. Lisanssız elektrik üretim santrallerinin kurulmasıyla birlikte 2018 Haziran ayı sonu itibari ile ülkemizde lisanssız 4.703 MW, lisanslı 23 MW olmak üzere toplam PV güneş enerjisi santrali kurulu gücü 4.726 MW'tır. Gelecek yıllarda aşamalı bir şekilde kapasite artırılabacak ve Enerji Bakanlığı 2023 yılına gelindiğinde 3000 MW lisanslı PV santral gücüne ulaşmayı hedeflemektedir. 2016 yılında güneş enerjisinden yaklaşık olarak 1 milyar kWh elektrik üretimi yapılmış iken 2017 yılında 2,9 milyar kWh elektrik üretilmiştir (ETKB, 2016).

#### ***1.6.2.1.2. Rüzgâr enerjisi potansiyeli ve kullanımı***

Birbirine komşu olan iki bölge arasındaki basınç farklılığından dolayı ortaya çıkan ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımı rüzgâr olarak tanımlanmaktadır. Rüzgârlar, yüzey sürtünmelerinden, arazilerin topografik yapısından, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinden, bölgesel ısı dağılımından ve rüzgâr yönündeki farklı atmosferik olaylardan etkilenmektedirler. Rüzgâr hız ve yön olmak üzere iki değişken ile ifade edilmektedir (TÇV, 2006, s.67– 69).

İnsanoğlu rüzgârın neden meydana geldiğini bilmeden rüzgâr gücünden binlerce yıldır faydalanmaktadır. Rüzgârın gücünü topluma fayda sağlayacak işlerde kullanmaya çalışmışlardır. Buna ilk olarak yelkenli gemilerin yönlendirilmesi ile başladıkları tahmin edilmektedir. Ayrıca 1940'lı yıllarda bazı küçük köylerin elektrik ihtiyacının rüzgâr enerjisinden karşılandığı bilinmektedir. (Şen, 2002, s. 92).

Dünya üzerinde yaklaşık olarak 300.000'den fazla yel değirmeni olduğu tahmin edilmektedir. Su pompalama sistemlerinde ve yelkenlilerde de rüzgârdan faydalanılmıştır. 1918 yılı sonunda büyük şehirlerin elektriğe kavuşmuş olması ve dizel yakıtların ucuz olması nedeniyle rüzgâr enerjisinden faydalanma düşünceleri ertelenmiştir. Fakat 1970'li yıllarda meydana gelen petrol krizi ve yakıt fiyatlarındaki artışla birlikte rüzgâr enerjisinden faydalanma düşüncesi gündeme gelmiş ve bu

alandaki yatırımlar artmıştır. Ülkemizde genel kullanıma yönelik ilk rüzgar elektriği 1986 yılında Çeşme Altinyunus Tesislerinde Kurulmuş olan 55 kW nominal güce sahip Vestas marka rüzgar türbininden elde edilmiştir. Uluslar arası boyutta ilk rüzgâr elektriği 1998 yılında Çeşme Germiyan Köyü'nde üretilmiştir. Aynı yıl işletmeye alınan Alaçatı'daki ARES adlı 12 adet rüzgar türbinine sahip rüzgar çiftliği Türkiye'de Yap- İşlet-Devret modeliyle işletmeye açılan ilk rüzgar enerji tesisidir (Acaroğlu, 2003, s. 181-182).

Rüzgâr enerjisi fosil yakıtlar ve nükleer enerji ile kıyaslandığında daha pahalı bir enerji üretim sistemidir. Fakat sera gazı emisyonuna neden olmadığı için temiz enerji statüsüne giren ve yenilenebilir olmasından dolayı Kyoto Protokolü tarafından da desteklenmiştir. Rüzgâr enerjisinin maliyetini belirleyebilmek için yapılan yatırımın ömrü önem arz etmektedir. Bir rüzgâr türbininin etkin olarak çalışma ömrü ortalama 20–25 yıl olarak tespit edilmiştir. ABD'de yapılan bir araştırmaya göre Dünya elektrik enerji ihtiyacının %12'sinin rüzgâr enerjisinden sağlanabileceği ve 2020 yılına kadar da 11 milyar ton CO<sub>2</sub> azaltılabileceği belirtilmiştir (Polat, 2010, s. 227).

Rüzgâr enerjisi mekanik ve elektrik enerjisi gibi enerji türlerine dönüştürülebilir. Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin dünyaya gelen % 1 – % 2 gibi küçük bir kısmı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Taşkın, 2016). Rüzgâr enerjisinden ilkçağdan beri çeşitli ürünleri kesme, öğütme, yağ çıkarma, su pompalama gibi mekanik enerjiye ihtiyaç duyulan alanlarda faydalanılmaktadır. Mekanik uygulamalar, elektriksel uygulamalar ve ısı enerjisi uygulamaları rüzgar enerjisinin etkin bir şekilde kullanıldığı alanlardır. Rüzgâr enerjisinin ilk başlangıç maliyetinin yüksek, kapasite faktörünün düşük oluşu ve enerji üretiminin değişken olması gibi dezavantajlarının aksine sahip olduğu üstünlükler şu şekildedir;

- Güvenilir bir kaynağa sahiptir, tükenmezdir ve zamanla fiyatında artış olmaz.
- Bakım ve işletme maliyeti yüksek değildir.
- İstihdam sağlar.
- Yenilenebilir, temiz bir enerji kaynağıdır.
- Günümüzdeki güç santralleriyle rekabet edebilecek bir maliyeti vardır.
- Kısa sürede işletmeye alınabilir.
- Göreceli olarak basit teknoloji tesisi ve işletmesine sahiptir (ETKB, 2016).

Teknoloji yol haritası: rüzgâr enerjisi–2013 yayınındaki bulgulara göre günümüzdeki rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretimi %6 ile karşılaştırdığımızda,

2050'ye kadar dünya elektrik enerjisinin %18'i rüzgâr enerjisinden elde edilebilecektir. Dünya çapında yaklaşık olarak 300 milyar vat olan rüzgâr enerjisi yol haritası vizyonuna ulaşabilmek için 8–10 katına çıkarılmalıdır. Rüzgâr enerjisi teknolojilerindeki son gelişmeler ve de küresel enerji içeriği daha yüksek uzun dönem hedefleri açıklamaktadır. Yerleşik rüzgâr enerji maliyeti elektrik enerjisi üreten diğer kaynaklarla rekabet etmeye yakındır. Yol haritası listelerindeki hükümetler, araştırma merkezleri, endüstriler vb. tarafından gerçekleştirilen eylemlerde 2050'ye kadar rüzgâr enerji maliyetini karada %25 ve açık denizde %45'e kadar düşürülmesi hedeflenmektedir. Fakat finansman, sistem entegrasyon sorunları, izin ve kamu kabulüyle ilgili zorluklar dahil olmak üzere birçok engel süreci geciktirmektedir (EIA, 2016).

Türkiye'nin 48.000 MW rüzgâr enerji potansiyeli vardır. Türkiye yüz ölçümünün %1.3'ü bu potansiyele karşılık gelen toplam alanı vermektedir. Bu oranlar bize rüzgâr enerjisinin verimli olarak kullanılabilmesi için oldukça avantajlı bir coğrafyayı ifade etmektedir. 2018 Haziran ayı sonu itibari ile işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü 6.671 MW'dır. 2016 yılında rüzgâr enerjisinden 15,4 milyar kWh elektrik üretilmişken, 2017 yılında rüzgâr enerjisinden 17,9 milyar kWh elektrik üretilmiştir (ETKB, 2016).

#### ***1.6.2.1.3. Jeotermal enerji potansiyeli ve kullanımı***

Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının meydana getirdiği, sıcaklıkları devamlı olarak bölgesel atmosferik ortalama üzerinde seyreden ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha çok erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar şeklinde tanımlanmaktadır. Jeotermal enerji ise, bu kaynaklardan doğrudan ya da dılaylı olarak her çeşit faydalanmayı içermektedir. Jeotermal enerjinin üretimi, yerin derinliklerinde bulunan akışkanın sondajlar vasıtası ile çıkarılarak doğrudan ya da dolaylı olarak ekonomik kullanıma sunulması ile gerçekleşmektedir. Son yıllarda yaşanan çevre kirliliğindeki artış ve fosil kaynakların giderek azalma tehlikesi içerisinde olması yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan ve ucuz, güvenilir, yenilenebilir, sürdürülebilir, çevre dostu , yerli bir kaynak olan jeotermal enerjiye duyulan ilginin artmasına neden olmuştur (TÇV, 2006, s.97).

Jeotermal enerjinin kullanım alanları önem sırasına göre şu şekildedir; elektrik üretiminde, konut ve sera ısıtmacılığında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri,

tropikal birki ve balık yetiştirmeciliğinde, hayvan çiftlikleri, cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, konservecilikte, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayiinde, yiyeceklerin kurutulması ve sterilizasyonu, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, kağıt ve dokuma endüstrisinde, ilaç, şeker, pastörize süt fabrikalarında,soğutma tesislerinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda çeşitli kimyasalların elde edilmesinde jeotermal akışkan kullanılmaktadır (Kılıç, 1998, s. 79).

Düşük (20-70° C) sıcaklıklı sahalardan günümüz teknolojik ve ekonomik koşullarına uygun olarak başta ısıtmacılık (sera, bina, tarım) olmak üzere endüstride (yiyecek kurutma, kağıt ve dokuma sanayii gibi), kimyasal madde üretiminde faydalanılmaktadır. Orta (70-150° C) ve yüksek (150° C'den yüksek) sıcaklıklı sahalar ise elektrik üretiminin yanında entegre olarak ısıtma uygulamalarında da faydalanılmaktadır (ETKB, 2016).

Jeotermal kaplıcaların kullanımı ilk çağlardan beri bilinmesine rağmen endüstriyel amaçlı aktif jeotermal keşifler 19. yüzyılın başında İtalya'da başlamıştır. 19. yüzyılın sonunda ABD'de jeotermal merkezi ısıtma sistemi işletilmeye başlandı bunu 1920'lerde İzlanda takip etmiştir. 20. yüzyılın başında jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretimine yönelik ilk başarılı girişim gerçekleştirilmiştir. O zamandan beri jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde sürekli bir artış yaşanmıştır. Yeni jeotermal enerji tesislerinin kapasitesi %95'e kadar ulaşmaktadır. 2017 yılında küresel jeotermal enerji üretimi tahmini 84.8 TWh olurken, kümülatif kapasite 14 GW'a ulaşmaktadır. 2023'e kadar küresel jeotermal güç kapasitesinin 17 GW üzerinde olması beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansının bir raporunda 2050'ye kadar jeotermal enerjiden ısınma ve elektrik enerjisi üretiminin en az on katına çıkacağını ve yeni teknolojiler sayesinde jeotermal enerjiden yıllık küresel elektrik üretiminin %3.5'inin, ısınmak için kullanılan enerjinin de %3.9'unun üretilebileceği belirtilmektedir (EIA, 2016).

Denizli-Kızıldere sahasında bulunan jeotermal santral ülkemizde kurulan ilk santraldir (Kılıç, 1998, s. 99). Bu santralde yılda 120.000 ton kurulu güç kapasiteli olarak kurulan CO<sub>2</sub> fabrikasından ticari anlamda kimyasal madde üretimi gerçekleştirilmektedir. İlk jeotermal ısıtma uygulaması ise 1964 yılında Gönen Park Otelinde gerçekleşmiştir (TÇV, 2006, s.112).

Dünyada jeotermal zenginliği ile yedinci sırada yer alan ülkemiz, jeotermal ile toplam elektrik enerjisi ihtiyacının % 5'ini, ısıtmada ısı enerjisi ihtiyacının %30'unu karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Türkiye'nin toplam jeotermal elektrik potansiyeli

4500 MWe (36 Milyar kWh/Yıl) olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı itibariyle, dünyadaki jeotermal enerji kurulu gücü 14.500 MW olup jeotermalden elektrik üretimi 106 Milyar kWh/yıldır. Dünya ülkelerinin 2050 yılı hedefi 250.000 MWe Kurulu güç elektrik üretimi olarak belirtilmiştir (TJD, 2018).

Jeotermal enerjiden elektrik üreten ilk beş ülke ABD, Filipinler, Endonezya, Meksike ve İtalya'dır. Başka amaçla kullanımı 70.329 MW'tır.. Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve Japonya dünyadaki jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk beş ülkedir. Türkiye Alp-Himalaya kuşağında yer aldığı için jeotermal potansiyeli oldukça yüksektir. %79'u Batı Anadolu, %8,5'i Orta Anadolu, %7,5'i Marmara Bölgesi, %4,5'i Doğu Anadolu, ve %0,5'i diğer bölgelerde olmak üzere teorik olarak 31.500 MW jeotermal potansiyeline sahip bulunmaktayız. Kaynaklarımızın %94'ü düşük ve orta sıcaklıklılıdır ve doğrudan uygulamalar (termal turizm, mineral elde etme, ısıtma vb.) için uygundur. %6'sı ise yüksek sıcaklıklılıdır ve dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur (ETKB, 2016).

**Tablo 1. 8.** 2002-2015 Yılları İçin Türkiye'deki Jeotermal Uygulamaların Karşılaştırılması (ETKB, 2018)

|  | 2002   | 2015   |
|--|--------|--------|
| <b>Elektrik Üretimine Uygun Saha Sayısı (adet)</b> | 16     | 25     |
| <b>Sera Isıtması (dönüm)</b>                       | 500    | 3931   |
| <b>Konut Isıtması</b>                              | 30.000 | 114567 |
| <b>Elektrik Üretimi (MW)</b>                       | 15     | 612,83 |
| <b>Ülke Görünür Isı Kapasitesi (MW)</b>            | 3000   | 14000  |

Ülkemizde elektrik üretimine uygun jeotermal saha sayısı 2002 yılında 16 iken 2017 yılında 25 adede çıkmıştır. 2016 yılında 820 MW olarak gerçekleşen jeotermal kaynaklı kurulu gücümüz 2018 yılı Haziran ayı sonu itibarıyla 1.144 MW olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizin jeotermal kaynaklı kurulu güç içindeki payının artış göstermesiyle birlikte geldiği durum jeotermal enerjiden elektrik üretimi konusunda en hızlı büyüyen ülke durumuna geçmesine neden olmuştur. 2017 yılında jeotermal enerjiden 6,1 milyar kWh elektrik üretilmiştir (KPMG, 2018).



#### **1.6.2.1.4. Hidroelektrik enerjisi potansiyeli ve kullanımı**

Su, insanoğlunun varoluşundan bu yana en önemli kaynak olmayı sürdürmektedir. Eski insanlar ana ve temiz enerji kaynaklarından su tekerleği ve yel değirmenleri sayesinde yararlanmışlardır. Su kuvvetinin, insan ve hayvanların üzerindeki yükü azaltmak için kullanılan ilk enerji kaynağı olduğu bilinmektedir. İlk aletler akarsu kenarlarına yerleştirilen, suyu düşük seviyeden yüksek seviyeye çıkaran su tekerlekleridir. Hidroelektrik enerjisinin ilk kullanımı akarsuyun %52'lik bir kısmını mekanik enerjiye çevirebilen su tekerlekleri ya da su değirmenleri ile olmuştur. Fakat zamanla yaşanan gelişmeler doğrultusunda bu verim %90 seviyesinde elektrik enerjisi üretimine ulaşabilmiştir (Şen, 2002, s. 162).

2002 Johannesburg Zirvesi'nde hidroelektriğin yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu onaylanmıştır. 2005 yılında nehir veya kanal gibi santraller ve rezervuar alanı 15 km<sup>2</sup>'nin altında olan hidroelektrik üretim yerleri yenilenebilir enerji kaynağı kabul edilmiştir (TÇV, 2006, s.26-27).

Su gücünün kurulan santraller sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülme süreci hidro-enerji olarak ifade edilmektedir (Polat, 2010, s. 232). Hidroelektrik enerjisi barajların arkasında birikerek yükselen su seviyesi dolayısı ile öncelikle potansiyel enerji olarak depo edilmektedir. Daha sonra bunun kinetik (hareket) enerjiye oradan da elektrik gibi faydalı enerjiye dönüştürülebilmesi için belirli bir yükseklikten bırakılarak türbin denilen tekerlerin dönmesi sağlanmaktadır. Hidroelektrik enerjisi de dolaylı olarak güneş kaynaklıdır (Şen, 2002, s. 163-164).

Hidroelektrik enerjisi tamamlanmış ve maliyet rekabeti olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerji 2005 yılından beri sahip olduğu yeni kapasitesiyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla elektrik enerjisi üreterek dünya çapındaki yenilenebilir elektrik enerjisi üretim teknolojine liderlik etmektedir. Dünya çapındaki elektrik enerjisinin %16'sından fazlasında ve küresel yenilenebilir elektrik enerjisinin yaklaşık %85'inin üretimindeki katkısından dolayı günümüzde önemli bir role sahiptir. Ayrıca hidroelektrik enerji talep ve arz arasındaki dalgalanmayı dengede tutma gibi bir role sahiptir. Başlıca rüzgar gücü ve güneş fotovoltaik gibi değişken yenilenebilir elektrik enerjisi kaynaklarının payı önemli derecede artacağı için hidroelektrik enerjisinin bu rolü gelecek 10 yılda daha önemli olacaktır. Hidroelektrik enerji gelişimi birçok fayda sağlamaktadır. En önemlileri, su temini, sel ve kuraklık kontrolü ve sulamadır. Ayrıca güvenilir olması, ispatlanmış

teknolojisi, geniş depolama kapasitesi ve çok düşük işletme ve bakım maliyeti gibi avantajları da vardır. Teknoloji yol haritasında hidroelektrik enerjinin sağladığı katkılar 2050'ye kadar iki katına çıkabileceği belirtilmektedir. Bunun başında hidroelektrik enerjisinin fosil kaynakların neden olduğu CO<sub>2</sub> emisyonunu yıllık olarak 3 milyar tona kadar önleyerek temiz elektrik enerji üretimi gelmektedir (EIA, 2016).

Yukarıda da değindiğimiz üzere hidroelektrik santrallerin faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Sera gazı emisyonuna neden olmazlar,
- Yenilenebilir bir kaynak olan sudan enerji elde ederler,
- İşletme bakım giderleri düşüktür,
- İnşaatı yerli imkanlarla yapılabilen ki bu bizi dışa bağlı olmaktan

alıkoymaktadır,

- Teknik ömrü uzundur ve yakıt gideri yoktur,
- İstihdam sağlar,
- Kırsal alanlarda ekonomik ve sosyal yapıyı canlandırır (EİE, 2016).

Hidroelektrik kaynaklar ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yere sahiptir. Teorik olarak hidroelektrik potansiyelimiz 433 milyar kWh olmakla birlikte değerlendirilebilir potansiyelimiz 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik potansiyelimiz 140 kWh/yıl'dır. Hidroelektrik santraller elektrik üretimi içinde %34'lük bir paya sahiptir. 2017 yılında hidroelektrik kaynaklardan 58,2 milyar kWh elektrik üretilmiştir. Ülkemizde enerji sektöründeki rekabete dayalı yatırım ortamının geliştirilmekte, elektrik üretim sektörünün özel sektöre açılmasıyla özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yürürlüğe konulan yasal düzenlemelerin de bir gereği olarak hidroelektrik santral (HES) yapmak üzere 2013 yılının Ocak ayı itibariyle 12.515 MW'lık 560 santral lisansı almıştır. 2018 Haziran ayı sonu itibari ile işletmede bulunan 636 adet 27.912 MW'lık kurulu güce sahip HES, Türkiye toplam kurulu gücünün %32'sine karşılık gelmektedir (ETKB, 2016).

Baraj tipi santrallerin en büyük avantajı suyun kinetik enerjisinin depolanarak istenilen gün ve saatlerde kullanılabilmesidir (Enerji Atlası, 2016). 1993 yılında tam kapasite ile elektrik üretimine başlanan Avrupa'nın ve Türkiye'nin en büyük üretim santrali olan, hacmi bakımından dünyanın 6. büyük barajı olan Atatürk Barajı Türkiye'deki hidroelektrik santrallerinde üretilen enerjinin %20'sini tek başına

karşılacak potansiyele sahiptir. Kurulu gücü 2 bin 400 megavattır ve Türkiye'deki hidroelektrik santrallerinde yıllık 8,9 milyar kWh elektrik üretimi yapılmaktadır (Ultraenerji, 2018).

#### **1.6.2.1.5. Biyokütle enerjisi potansiyeli ve kullanımı**

Yüz yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları gibi tüm organik maddeler biyokütle olarak tanımlanmaktadır (Acaroğlu, 2003, s. 75). Üretim yöntemine göre modern ve klasik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Odun, tarımsal ürünler, tarımsal artıklar, ve organik atıkların fermantasyon, gazlaştırma, gibi modern değerlendirilmesi sonucu ısı, elektrik, sıvı ve gaz yakıt elde edilmesi modern; konvansiyonel ormanlardan elde edilen odunun, bitki ve hayvan artıklarının (özellikle yurdumuzda da çok kullanılan tezek) çoğunlukla ısınma ve pişirme amacıyla doğrudan yakılması ise klasik biyokütle enerjisi olarak ifade edilmektedir (TÇV, 2006, s.131).

Biyokütle alışverişinin çoğu kayıtlara alınmadan yerel olarak yapıldığı için biokütle enerji harcamalarını ve pazarlanmasını kontrol eden ortak bir kuruluş bulunmamaktadır. Bundan dolayı hesaplamalarda belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Dünyada en fazla kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmasına rağmen bu belirsizliklerden dolayı çok fazla gündeme gelmemekte bundan dolayı da çoğu zaman önemsiz bir enerji kaynağıymış gibi bir izlenim sergilenenmektedir (Şen, 2002, s. 153).

**Tablo 1. 9.** *Biyokütle kaynakları kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler kullanılarak elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları( Karayılmazlar vd., 2011, s.65)*

| <b>Biyokütle</b>                    | <b>Çevrim Yöntemi</b>         | <b>Yakıtlar</b> | <b>Uygulama Alanları</b>           |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| <b>Orman artıkları</b>              | Havasız çürütme               | Biyogaz         | Elektrik üretimi, ısınma           |
| <b>Tarım atıkları</b>               | Piroliz                       | Etanol          | Isınma, ulaşım araçları            |
| <b>Enerji bitkileri</b>             | Doğrudan yakma                | Hidrojen        | Isınma                             |
| <b>Hayvansal atıklar</b>            | Fermantasyon, havasız çürütme | Metan           | Ulaşım araçları, ısınma            |
| <b>Çöpler (organik)</b>             | Gazlaştırma                   | Metanol         | Uçaklar                            |
| <b>Algler</b>                       | Hidroliz                      |                 | Sentetik yağ ve roketler           |
| <b>Enerji ormanları</b>             | Biyofotoliz                   | Motorin         | Ürün kurutma                       |
| <b>Bitkisel ve hayvansal yağlar</b> | Esterleşme reaksiyonu         | Motorin         | Ulaşım araçları, ısınma, seracılık |

Biyokütlenin elde edildiği yerler, çevrim teknikleri, bu teknikler neticesinde oluşan yakıtlar ve bunların kullanım alanları Tablo 1.9’da belirtilmektedir. Biyokütle enerjisi güneşin sonsuz enerjisi ile karbondioksitin yeşil bitkilerde besine dönüşmesi sürecinde depolanan enerjinin geri kazanılması esasına dayanmaktadır. Doğada yılda 150 milyar ton biokütle üretilmektedir. Biyokütle enerjisi kullanımı sonunda CO<sub>2</sub> açığa çıkmaktadır. Fakat bitkisel biokütle meydana geldiği anda CO<sub>2</sub> bitki tarafından emildiği için, karbon döngüsü nedeniyle biokütle enerji kaynakları fosil yakıtlara göre %90 daha az CO<sub>2</sub> yaymaktadırlar. 1800’lü yılların ortalarına kadar dünyamızın ihtiyaç duyduğu enerji ve yakıt ihtiyacını büyük oranda karşılamıştır fakat fosil yakıt döneminin başlamasıyla birlikte özellikle sanayileşen ülkelerdeki kullanımında azalış olmuştur. Son dönemlerde çevresel ve ekonomik endişeler nedeniyle biokütle enerjisinin sosyal hayatı devam ettirebilecek potansiyelde yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu tekrar önem kazanmaktadır. Biyokütle enerji kullanımındaki artışla birlikte sera gazı emisyonlarında azalma, ithal enerjiye olan talepte azalma ve kırsal kesim ekonomisinde canlanma kaçınılmaz olacaktır (TÇV, 2006, s.129).

Biyokütle enerjisinin kullanımı özellikle üçüncü dünya ülkelerinde çok daha fazladır ve buradaki istihdamın neredeyse %40’ını oluşturmaktadır. Bu enerji türü bol ormana sahip gelişmiş ülkeler için önemli bir kaynak durumundadır. Ülkemizde hayvan dışkıları (tezek) ve samanın yakacak olarak önemli seviyelerde kullanılmaktadır (Şen, 2002, s. 150).

Biyokütle enerjisi her ölçekte enerji verimi için uygun olması, depolanabilir olması, çevre kirliliğine neden olmaması, asit yağmurlarına neden olmaması, sera etkisi oluşturmaması, hemen her yerde yetiştirilebilmesi, kesikli değil sürekli enerji sağlayabiliyor olması gibi birtakım üstünlüklere sahiptir. Bu üstünlüklerinden dolayı diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde avantajlı konumdadır (EİE, 2016).

Su ihtiyacının fazla olması, geniş yerleşim alanlarına ihtiyaç duyulması, tarım alanları bakımından rekabet oluşturmaması, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtlarla kıyaslandığında enerji veriminin düşük olması, ekilmesi, işlenmesi ve kullanılmasının uzun bir süreç olması, elde edilmesi için teknoloji ve çaba gerektirmesi gibi etmenler ise biyokütle enerjisinin dezavantajlarını oluşturmaktadır (Ultraenerji, 2018). Biyoenerji günümüzün en büyük yenilenebilir enerji kaynağıdır ve dünya birincil enerji ihtiyacının %10’nu temin etmektedir. Biyokütle enerjisi pişirme ve ısıtmada temel enerji olarak kullanılan birçok gelişmekte olan ülkede hayati öneme sahiptir fakat çoğu kez şiddetli

sağlık ve çevresel etkiler meydana gelmektedir. Gelişmiş biyokütlenin yaygın kullanımı 2030 yılına kadar gelişmekte olan ülkelerin buldukları durumu iyileştirmede ve evrensel temiz enerji olanaklarına erişmeyi başarmada önemli bir anahtar konumundadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2011 yol haritasına göre biokütle enerjisinden üretilen akışkan ve gaz halinde olan biyoyakıtlar 2050'ye kadar dünya ulaşımında kullanılan yakıtın günümüzde %2 olan oranını %27'ye kadar çıkarabilecektir (IEA, 2016).

Dünya birincil enerji tüketiminin 2020 yılına gelindiğinde 11.4-15.4 milyar TEP arasında olacağı ve yine bu yılda dünya genelinde alternatif kaynaklardan 2.3-3.3 milyar TEP sınırlarında üretim yapılacağı öngörülmektedir. Bu payın içerisinde hidrolik enerji ve klasik biyokütle enerjinin yanısıra modern biyokütle ve diğer alternatif kaynaklarda bulunmaktadır. Modern biyokütlenin payını diğer alternatif kaynaklarla karşılaştırmalı olarak aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Acaroğlu, 2003, s. 77).

**Tablo 1. 10.** 2020 yılı dünya enerji bütçesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu (Acaroğlu, 2003, s. 77)

|                                    | 2020 Yılında Min. |               | 2020 Yılında Mak. |               |
|------------------------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|                                    | MTEP              | Toplamın %'si | TEP               | Toplamın %'si |
| <b>Modern biyokütle</b>            | 234               | 45            | 561               | 42            |
| <b>Güneş</b>                       | 109               | 20            | 355               | 26            |
| <b>Rüzgar</b>                      | 85                | 15            | 215               | 16            |
| <b>Jeotermal</b>                   | 40                | 7             | 91                | 7             |
| <b>Küçük hidrolik</b>              | 48                | 9             | 69                | 5             |
| <b>Deniz enerjileri</b>            | 14                | 4             | 54                | 4             |
| <b>Toplam</b>                      | 539               | 100           | 1345              | 100           |
| <b>Genel enerji talebinin %'si</b> |                   | 3-4           |                   | 8-12          |

Enerji bakanlığından alınan bilgiler atık potansiyelimiz yaklaşık olarak 8,6 MTEP olup bunun 6 MTEP'i ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Hayvansal atık potansiyelimize karşılık gelen üretilebilecek biyogaz miktarı 1,5-2 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olduğu öngörülmektedir. İşletmede bulunan toplam kurulu gücü 695 MW olan biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden, 2018 Haziran ayı sonu itibari ile 1.610 GWh elektrik üretimi sağlanmıştır (ETKB, 2016).

### ***1.6.2.2. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişim süreci***

Birçok düşüncenin aksine yenilenebilir enerji modern toplumda yeni, ispat edilmemiş bir buluş değildir. İnsanoğlu var oluşundan beri yenilenebilir enerjiyi tanımaktadır. İnsanlık tarihinin büyük bir bölümünde insanoğlu varlığını sürdürüebilmek için enerjiye ihtiyaç duymuştur. Atalarımız mağaralarını ısıtmak ve yiyeceklerini pişirmek için odun yakmışlardır. Bitkiler kendilerini toprak, su, hava ve asıl enerji kaynağı olan güneş sayesinde tohumlardan, köklerden veya yumrulardan yeniden üretebildiği ve insanoğlunun varlığını devam ettirmesinde enerji sağladıkları için yenilenebilir kaynak olarak görülmüştür (Chiras, 2006, s. 17).

Yerleşik hayata geçişte su önemli faktör olmuştur. İnsanlar gerek gıda üretimlerinde gerek yük taşımacılığı olsun binlerce yıldır suyu farklı amaçlar için kullanmışlardır. İnsanoğlu ve hayvanların iş yükünü önemli derecede azaltan su en eski yenilenebilir kaynak olarak düşünülmektedir. Günümüzde ise suyun gücünden teknolojik gelişmeler neticesinde elektrik üretimi için faydalanılmaktadır. Hatta öyle ki en çok enerji üretilen yenilenebilir enerji kaynağı su olarak düşünülmektedir (Craddock, 2008, s. 70-72).

Rüzgar da su enerjisi gibi çok eskilere dayanan bir enerji türüdür. Rüzgarın farklı enerji türlerini üretmek amacıyla kullanımı binlerce yıla dayanmaktadır. Fakat hayati önemi olan bu yenilenebilir enerji kaynağının arkasındaki teknoloji önemli derecede kaynağın başlangıcından beri zaman içinde gelişme göstermektedir. Birçok uygarlık rüzgar gücünden günlük hayatlarını kolaylaştırmak için faydalanmışlardır. Rüzgar gücünün elektrik enerjisine dönüştürülmesi için kullanılan rüzgar güllerinin geçmişi dört bin yıl öncesine dayanmaktadır (Craddock, 2008, s. 87).

Rüzgar ve su yelkenli gemilerin gücü olarak, su çarklarını döndürmek için, öğütme amaçlı yel değirmenlerinin kullanımında ve diğer mekanik ihtiyaçlarda kullanılmıştır. Gelişmiş uygarlıklarda 1800'lere kadar yakıt odunu en önemli enerji kaynağı olmuştur ve hala günümüzün gelişen dünyasının en önemli enerji kaynaklarından biri olmaya devam etmektedir. Endüstri devrimin başlangıcına kadar tarih boyunca odun, ısınmada, pişirmede ve çalışma motorları için buhar üretmede kullanılmıştır. Endüstriyel dönüşümle birlikte odunun yerini alacak yeni bir yakıt olan kömür bulunmuştur. Kömür hem sanayide hem de evlerde ısınma amaçlı kullanımı dışında birçok alanda kullanılmıştır. Kömürün egemen enerji kaynağı konumunda

olması 1859 yılında petrolün keşfine kadar devam etmiştir. Bu kaynağı doğalgazın keşfi takip etmiştir. Günümüzdeki teknoloji düzeyine bu kaynakların keşfi ve yoğun bir şekilde kullanımı ile ulaştığımız bir gerçektir (Smith ve Taylor, 2008, s. 4).

1970’li yıllarda yaşanan petrol krizinin beraberinde getirdiği petrol fiyatlarında yükseliş ve petrol rezervlerinin tükenme tehlikesi, fosil kaynaklı olmayan enerji türlerinin arayışının başlamasına neden olmuştur. Yenilenebilir enerji türlerine ilgi bu gelişmeler doğrultusunda artmıştır. Birçok ülke araştırma geliştirme programları geliştirerek daha verimli yenilenebilir enerji teknolojileri elde etmeyi amaçlamıştır (Bayındır, 2010, s.7).

Örneğin Avrupa Birliği’nin AB ülkeleri için 2010 yılında tüketilecek elektriğin %21 ‘inin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi öngörülmüştür. Bu Türkiye gibi yenilenebilir kaynak bakımından zengin bir ülke için fırsat anlamına gelmekteydi. Diğer yandan AB tarafından yayınlanan Green Paper’da 2020 yılında AB kurulu gücünün 800–900 GW’ye ulaşması bunu teminen ise 2000-2020 süresince 200- 300 GW kadar ilave kurulu gücün devreye girmesinin söz konusu olduğu belirtilmiştir. Bu ilave kurulu gücün içinde petrol ve kömürün payı düşerken doğal gaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payında artış beklenmektedir (TÇV, 2006, s.25-26).

Ülkemizde yenilenebilir enerjinin tarihi çok eskilere gitmemektedir. 2000’li yılların başından beri yaşanan hızlı gelişmelerle birlikte artan enerji talebini karşılamak amacıyla sahip olunan bütün enerji kaynakları faaliyete geçirilmeye çalışılmıştır. İlk girişim ise Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK)’nun kurulması olmuştur. Bu sayede özel ve devlet sektör yatırımları kontrol altına alınabilecekti. 2004 yılına gelindiğinde ise dünya çapında gerçekleştirilen enerji yatırımları göz önüne alınarak Türkiye’nin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyelinin farkına varmak ve bunu kullanmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda 2005’te Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımına İlişkin Kanun (YEK) resmi olarak kabul edilmiştir. Bu kanunla birlikte yenilenebilir kaynak olarak bilinen güneş, rüzgar ve jeotermal enerji türleri alanında çalışmalar yapılmıştır. Hemen ardından 2007 yılında kanunlaşan Enerji Verimliliği Kanunu ile birlikte sanayide tüketilen enerjideki verimliliğin artmasına yönelik teşvikler yapılmıştır. Yine bu yılda rüzgâr enerji santrali onaylanmış ve devlet tarafından firmalara 10 yıllık satın alma garantisi verilmiştir (Teke, 2013, s.83).

### **1.6.2.3. Yenilenebilir enerjinin üstünlüğü**

Yenilenebilir enerji kaynakları birçok ülkede ihtiyaç duyulan enerjinin önemli bir kısmını temin etmektedir. Uluslararası enerji ajansından alınan bilgiye göre yenilenebilir enerji kaynakları dünya enerji talebinin %10'nu karşılamaktadır. Bu enerji kaynakları dünya için azımsanmayacak destek potansiyeli vadeder bu yüzden bu kaynakların önemi gelecekte önemli derecede artış göstermesi beklenmektedir. Enerji türleri arasında iyi durumda olan birçok enerji çeşidi vardır. Bunlar; rüzgar enerji sistemi, biokütle enerji sistemi ve güneş pili enerji sistemi şeklinde sıralanabilir. Fakat gelecek ekonomileri ve yeni teknoloji piyasalarını öngörmek için daha fazla deneyime ihtiyaç vardır. Yenilenebilir enerji şuan ki elektrik üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyon seviyesi ile karşılaştırıldığında çevre dostudur. 2020 yılı itibari ile Uluslararası Enerji Ajansı'nda belirtildiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen %30'luk bir katkı ile CO<sub>2</sub> emisyonu azaltılabilecek. Yenilenebilir enerji kaynaklarından böyle bir katkı elde edilmesi aynı zamanda asit yağmurlarına, sise ve diğer yerel çevresel tehlikelere neden olan diğer kirleticilerin seviyesinde önemli derecede bir azalmaya neden olacaktır. Yenilenebilir enerjinin bunlardan başka birçok faydası daha vardır. Bunlar (Eltamaly, 2011, s. 1):

- Enerji arz piyasasındaki çeşitliliği artırır ve enerji güvenliğini güçlendirir.
- Küresel atmosfer emisyonunun azaltılmasında önemli bir katkı sağlar.
- Enerji altyapısında, imalatında, donanımında, vb. alanlarda önemli derecede yeni istihdam olanakları sağlar.
- Uzun dönemde uygun maliyetli çevresel olarak sürdürülebilir enerji teçhizatlarının güvenliğine katkı sağlar.
- Düşük işletme maliyeti sunar.

Fosil yakıtların tükenebilir ve çevreyi kirletici olmasından dolayı gelecekte enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir kaynaklardan yararlanma düşüncesi bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin diğer enerji teknolojilerine göre çok daha az kirletici salgıladığı ve çevreyi kirletici bir yanının olmadığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji grubunda yer alan güneş, rüzgâr, su gücü, jeotermal gibi kaynaklar fosil yakıtlara göre tükenmez bir niteliğe sahip oldukları için sonsuza dek ekonomik bir şekilde gelecekteki teknolojik gelişmeler doğrultusunda enerji ihtiyacını sağlayabilir. Yenilenebilir kaynaklar tek tek yeterli olmamakla birlikte bunların gerekli yerlerde



birbirine destekleyecek şekilde kullanılması kaynakların sürekliliğini sağlayacağı anlamına gelmektedir. İmal edilirken ucuz, dayanıklı ve verimli olmaları temel amaç olarak görülmektedir. Örneğin bir rüzgar türbininin ortalama 30 yıl kadar garantisi vardır. Fosil kaynaklara göre yenilenebilir kaynakların sosyal etkileri farklılık göstermektedir. Yenilenebilir enerji bölgesel üretilerek kullanıldığı için bu kaynakların fayda ya da zararları sadece o bölgedeki toplumu etkilemektedir. Örneğin ek bir masraf söz konusu olduğunda bunu o bölgedekiler karşılamaktadır. Ortaya çıkan fayda da o bölgedekiler tarafından paylaşılmaktadır. Başka bir örnek verecek olursak rüzgâr kaynağının bulunduğu yerde karşılaşılan gürültüden bölgedekiler rahatsız olur. Fakat fosil yakıtların hava veya atmosfer kirliliği bazen bulunulan şehrin ya da ülkenin sınırlarını da aşarak diğer topluluklara da zarar verebilmektedir. Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının gelecekte artması için faydalarının maksimize edilmesi zararlarının ise minimize edilmesi gerekmektedir. Bunun için de yerel veya merkezi yönetim tarafından gerekli düzenlemelerin yapılması, gerekli vergi indirimine gidilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını özendirici tedbirlerin alınması şeklinde bir yöntem izlenmesinde fayda görülmektedir (Şen, 2002, s. 50-52).

**Tablo 1. 11.** *Alternatif ve alışlagelmiş enerji kaynaklarının karşılaştırılması (Acaroğlu, 2003, s. 3)*

| <b>Kriterler</b>                    | <b>Alternatif Enerji Kaynakları</b>                              | <b>Alışlagelmiş Enerji Kaynakları</b>                       |
|-------------------------------------|--|---|
| <b>1 Örnekler</b>                   | <b>Rüzgâr, Güneş, Biyokütle</b>                                  | <b>Petrol, Kömür, Doğalgaz</b>                              |
| <b>2 Kaynaklar</b>                  | <b>Doğal- Bölgesel Çevre</b>                                     | <b>Yoğun stok</b>   |
| <b>3 Normal Durumu</b>              | <b>Bir enerji akımı/Bir gelir (Akar)</b>                         | <b>Statik Enerji Deposu/Kapital</b>                         |
| <b>4 Başlangıç Şiddeti</b>          | <b>Düşük <math>I &lt; 300 \text{ W/m}^2</math></b>               | <b><math>I &gt; 100 \text{ kWm}^2</math></b>                |
| <b>5 Temin Süresi</b>               | <b>Sonsuz</b>  | <b>Sınırlı</b>  |
| <b>6 Kaynak Maliyeti</b>            | <b>Serbest</b>   | <b>Giderek Pahalı <math>&gt; 0.1 \text{ \\$/kWh}</math></b> |
| <b>7 Ekipman Masrafı</b>            | <b>Yüksek, 2000 <math>\text{\\$/kW}</math> kapasitede</b>        | <b>Orta, 500 <math>\text{\\$/kW}</math> kapasite içi</b>    |
| <b>8 Değişim ve Kontrol</b>         | <b>Değişken, ön beslemeli kontrol</b>                            | <b>Düzenli, geri dönüş kontrol</b>                          |
| <b>9 Kullanım Yeri</b>              | <b>Bölge ve topluma özel</b>                                     | <b>Genel ve Uluslararası kullanım</b>                       |
| <b>10 Ölçek</b>                     | <b>Küçük tesisler için uygun</b>                                 | <b>Büyük ölçekli tesisler</b>                               |
| <b>11 Kalifiye Gereksinimi</b>      | <b>Disiplinler arası (tarım, kimya, makine, biyoloji, fizik)</b> | <b>Dar ihtisas alanı</b>                                    |
| <b>12 İlişki</b>                    | <b>Kırsal ve Bölgesel Endüstri</b>                               | <b>Kentsel ve Merkezi Endüstri</b>                          |
| <b>13 Bağımlılık</b>                | <b>Kendine yeten sistemler önerilir</b>                          | <b>Dış girdilere bağımlı sistemler</b>                      |
| <b>14 Güvenlik</b>                  | <b>Bölgesel hasar olabilir</b>                                   | <b>Arıza olduğunda çok tehlikeli</b>                        |
| <b>15 Kirlilik ve Çevreye Zarar</b> | <b>Genellikle çok düşük</b>                                      | <b>Sürekli zarar vermektedirler</b>                         |
| <b>16 Estetik</b>                   | <b>Lokal çirkinlik, kabul edilebilir</b>                         | <b>Büyük sistemler oldukça çirkin</b>                       |

Acaroğlu yukarıdaki tabloda alternatif ve alışlagelmiş enerji olarak tabir edilen fosil kaynaklı enerji arasındaki farkı açıklamıştır ve alternatif enerjii; “doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak akan enerjiden elde edilen enerji” olarak tanımlamaktadır. Bu enerjinin en önemli yanının bu gücü yakalayacak insan yapımı bir cihaz olsun ya da olmasın çevremizden bir akım halinde geçiyor olduğunu ifade etmektedir (Acaroğlu, 2003, s. 3).

## 1.7. Elektrik Enerjisinin Özellikleri ve Ekonomik Önemi

Sanayileşmenin, sosyal ve ekonomik gelişmenin en temel girdilerinden biri enerjidir. Bundan dolayı gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Özellikle ikincil enerji türü olarak bilinen elektrik enerjisinin kullanım alanlarının çeşitli olması, kullanımının kolay olması ve yüksek verimliliğe sahip olmasından dolayı genel enerji talebi artışıyla kıyaslandığında dünya elektrik talebindeki artış hızı daha fazla olmaktadır (Yiğitgüden, 1999, s. 28). Bir ülkede kişi başına düşen elektrik enerjisi üretimi ve/veya tüketimi o ülkenin hayat standardını yansıttığı için önem arz etmektedir (Polat Enerji, 2016).

Elektrik enerjisinin bu kadar önemli olmasının nedenlerinden ilki üretiminde hemen hemen tüm birincil enerji kaynaklarının kullanılabilir olmasıdır. İletiminin kolay olması, istenilen miktarlarda bölünebilmesi, çevre kirliliği yaratmaması, kullanım kolaylığı gibi üstünlüklerinden dolayı tüm ekonomik ve sosyal yaşamın içerisinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Berberoğlu, 1982, s.12). Bunun yanında elektrik enerjisinin aydınlatma, elektroşimi ve elektrometalürji dallarında başka hiçbir kaynakla ikamesinin olmaması bu kaynağın Dünya’da en çok kullanılan enerji türü olmasına ve çok büyük önem taşımasına neden olmaktadır (Demir, 1968, s. 65).

Önceleri sanayi kuruluşlarında buhar makinaları kullanılmaktaydı. Bir buhar makinasının döndürdüğü şafttan kuruluştaki tüm tezgâhlar yararlanabilmekteydi. Böyle bir durumda bir tezgâhı çalıştırmak ya da durdurmak için tüm sistemin çalıştırılması ya da durdurulması gerekiyordu. Günümüzde ise elektrik enerjisi ile her tezgâha ait elektrik motoru ayrı bir şekilde çalıştırılabilmekte ve istenildiği anda birbirlerini etkilemeden durdurulabilmektedir (Alptekin, 1973, s. 35).

Elektrik enerjisi ulaştırma sektöründe de üstünlüklere sahiptir. Elektrikle çalışan ulaşım araçlarının işletme maliyeti düşüklüğü ve minimum çevre kirliliği gibi üstünlüklerinden dolayı gelişmiş ülkelerde hatta artık gelişmekte olan ülkelerde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin günlük yaşamdaki kullanım alanları çok gelişmiştir. Birkaç az gelişmiş ülke dışında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde elektrik enerjisi aydınlatma amaçlı kullanıldığı gibi ve iş yerlerinde elektrikli araç kullanımına olan talep gelişen teknolojiyle birlikte gün geçtikçe artmaktadır (Berberoğlu, 1982, s. 13).

Elektrik enerjisi tüketimindeki artış gelir seviyesindeki artış, nüfus artışı, yaşama standardının yükselmesi, elektrik enerjisi ile çalışan makine, alet ve cihazların yaygınlaşması, kullanılmasının pratik olması, satış fiyatı ve çok hassas ayar imkânının olması gibi nedenlerle belirlenmektedir. Tüm bunların yanında elektrik enerjisinin depolama olanaklarının sınırlı ve pahalı olmasından dolayı üretildiği an tüketilme gereksiniminin olması zayıf yönünün bir göstergesidir. Yani elektrik enerjisinin üretimi tüketimine bağlı bulunmaktadır. Tüketim her zaman aynı olmamaktadır. Bunun için elektrik üretimi için kurulan santrallerin kurulu gücünün en yükseğini karşılayabilecek kapasitede olması gerekmektedir (Ünver, 1973, s. 43-44).

Elektrik enerjisi talebinin sürekliliğini güvenilir bir şekilde karşılamak için üretiminin iyi planlanması gerekmektedir. Planlama yapılırken dikkat edilmesi gereken temel unsurlar şu şekilde özetlenmektedir (Yıldız ve Cengiz, 2009, s. 39-42):

- Elektrik enerjisi elde etmede kullanılan kaynakların sınırlı, yeni enerji kaynaklarının da henüz istenilen düzeyde uygulamaya konulmamasından dolayı elektrik enerjisi verimli kullanılmalıdır.

- Enerji sanayinin en önemli girdisi olduğu için herhangi bir aksaklık maliyet artışına neden olabilmektedir. Bunu önlemenin en önemli yolu da elektrik enerjisinde büyük ölçekli yatırımlara gidilmesidir.

- Elektrik enerjisi bir ülkenin ekonomik ve sosyal yapısının gelişmesinde önemli bir rol oynadığı için elektrik enerjisi politikaları sanayileşme politikalarına ve nüfus planlamasına bağlıdır.

- Elektrik enerjisinin temel bir mal olması ve depo edilemiyor olmasından dolayı anında tüketilmesi gerekmektedir. Bu üretim ve dağıtımın merkezi bir planlama ile yapılması zorunlu olmaktadır.

- Elektrik enerjisi tüketimi ülkelerin en önemli gelişmişlik göstergesidir. Bunun anlamlı olabilmesi için ülke genelinde bütünlük sağlanması gerekmektedir.

- Her ne kadar günümüzde özelleştirme yoluna gidiliyor olsa da elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtım yapıları gereği doğal bir tekel olma özelliği taşımaktadır. Bundan dolayı elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtımında kamu ağırlığının bulunması gerekmektedir.

- Enerji üretim, iletim ve dağıtım teknolojisi henüz aynı bölge içerisinde birden fazla iletim ve dağıtım şebekesi kurulmasına imkân vermemektedir. Böyle bir durum maliyetin getiriden fazla olduğu bir durumla karşılaşmamıza neden olabilmektedir.

Bundan dolayı elektrik enerjisi dağıtım yapılarından dolayı rekabete uygun bulunmamaktadır.

### 1.7.1. Elektrik enerjisinin gelişimi

Dünyada elektrik enerjisinin günlük hayatta kullanımı 1878 yılında olmuştur. Londra'da 1882 yılında ilk elektrik santrali hizmete alınmıştır. Ülkemizde Tarsus'ta 1902 yılında kurulan bir santralle ilk defa elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Elektrik enerjisiyle ilk tanışan Tarsus ilçesinin ardından 1914 yılında İstanbul'da da elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. 1935 yılında Maden Tetkik ve Arama (MTA), Etibank, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ), 1945 yılında İller Bankası ve 1953 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) devreye girmiştir (Yiğitgüden, 1999, s. 31). 1950–1960 dönemlerinde Seyhan, Sarıyar, Kemer, Hirfanlı, Demirköprü, Hazar 1-2, Kovada 1-2 gibi hidroelektrik Soma ve Tunçbilek termik elektrik santralleri açılmıştır ve 1960 yılında ülkemizin kurulu gücü 1272.4 MW'a yükselerek elektrik üretiminde büyük artış gözlemlenmiştir (Karabulut, 2004, s. 55).

1970'li dönemlere gelindiğinde hidrolik kaynaklar daha önemli olmuştur ama termik kaynaklarda ihmal edilmemiştir. İhtiyaç duyulan elektrik enerjisini temin edebilmek amacıyla Keban, Karakaya, Atatürk hidrolik ve Afşin-Elbistan termik santraller açılarak ülke ihtiyacının kendi kaynaklarımızdan karşılanmasına önem verilmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizleri ülkemizi de etkilemiş, arz-talep dengesindeki bozulmadan dolayı zorunlu olarak enerji kısıtlamasına gidilmiştir. 1980 yılında kurulu gücümüz 5118 MW üretim ise 23275 milyon kWh seviyesine ulaşmıştır. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu (TEK)'nin faaliyete başlamasıyla olumlu gelişmeler yaşanmıştır. Belediyelerin ve İller Bankası'nın elektrik dağıtım görevi TEK'e devredilerek elektrik hizmeti tek bir elden vermeye başlanmıştır. Ülkemizin 1990 yılındaki kurulu gücü 16315.1 MW'a yükselmiştir (Yiğitgüden, 1999).

1993 yılında alınan bir karar ile kamu iktisadi kuruluşu olan TEK, Türkiye Elektrik Üretim İletim AŞ (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ (TEDAŞ) olmak üzere iki ayrı iktisadi kuruluş olarak teşkilatlandırılmıştır (TEİAŞ, 2016).

1997–1998 dönemi elektrik enerjisi arz-talep dengesi açısından kritik dönemler olmuştur. Bu dönemde 3.3 milyar kWh'a çıkarılan elektrik enerjisi ithalatı, otoprodüktör üretimleri (1997 yılında yaklaşık 7 milyar kWh iken 1998 yılında yaklaşık

10 milyar kWh), su akımlarının çok iyi olması, alınan tasarruf önlemleriyle olası sıkıntılar aşılabilmektedir (Yiğitgüden, 1999, s. 33-34).

2000 yılına gelindiğinde 4501 sayılı Kanun ile mevcut durumdaki elektrik mevzuatının Avrupa Birliği (AB) müktesebatına uyumlu hale getirilmesi ve buna yönelik sektörde yeniden yapılandırma çalışmaları başlatılmıştır. 2001 yılında hükümet tarafından Ekonomik İstikrar ve Enflasyonla Mücadele Programı uygulamaya konulmuştur. Programın başlıca amacı serbest rekabet ortamını sağlamak, elektrikte serbest piyasa sistemine geçmek, elektrik enerjisi sektörünün yeniden yapılandırmak, elektrik ile ilgili iletim, dağıtım ve toptan satış için ayrı ayrı kamu şirketi kurmak ve iletim dışındaki kamu elektrik şirketlerini özelleştirmektir. Bu çerçevede TEAŞ'ın özelleştirilerek yeniden yapılandırılması öngörülmüştür. TEAŞ, Türkiye Elektrik İletim AŞ (TEİAŞ), Elektrik Üretim AŞ (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt AŞ (TETAŞ) unvanlarında anonim şirket olarak üç ayrı iktisadi kuruluş şeklinde teşkilatlandırılmıştır. TEİAŞ devletin genel enerji politikası dahilinde ülkedeki tüm elektrik tesislerini devralmak, elektrik iletimi, yük tevzi ve işletme planlamasını yürütmek üzere 2001 yılında faaliyete geçirilmiştir (TEİAŞ, 2016). TEİAŞ elektrik enerjisi iletimi, EÜAŞ elektrik enerjisi üretimi, TETAŞ ise elektrik enerjisinin toptan satışını gerçekleştirecek şekilde yapılandırılmıştır. TEK'in kuruluş tarihi olan 1970 yılından 2006 yılı sonuna kadar kurulu gücümüz 2.234 MW'tan 40.519 MW'a; üretimimiz 8,62 milyar kWh'den 176,69 milyar kWh seviyesine ulaşmıştır (EMO, 2016). 2018'de TETAŞ kapatılmış, yapılan düzenleme ile tüm hak ve yükümlülükleri ile görevleri Elektrik Üretim A.Ş.'ye devredilmiştir.

ETKB sayfasından edinmiş olduğumuz bilgiye göre, ülkemizde elektrik enerjisi tüketimi 2017 yılında bir önceki yıla göre (257,2 milyar kWh) %5,6 artarak 294,9 milyar kWh; elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre (252,0 milyar kWh) %7,7 oranında artarak 295,5 kWh düzeyinde gerçekleşmektedir. Yapılan yüksek senaryoya göre 2020 yılına gelindiğinde elektrik tüketimi yıllık yaklaşık olarak %6.9 artış göstererek 392 TWh'e, bir diğer baz senaryoya göre ise yıllık ortalama %5,5 düzeyinde bir artışla 357,4 TWh'e ulaşması öngörülmektedir. Elektrik piyasasının serbestleştirilme hedefi ışığında yeni üretim yatırımlarının özel sektör tarafından yapılması öngörülmektedir. Elektrik enerjisi sektöründe rekabeti esas alan şeffaf bir piyasanın oluşturulması, organize toptan elektrik piyasalarının işletim faaliyetini ve bu faaliyetlere yönelik diğer mali işlemleri yürütmek amacıyla 12 Mart 2015 tarihinde Enerji Piyasaları İşletme AŞ

(EPIAŞ) kurulmuş, 1 Eylül 2015 tarihinde piyasa işletme lisansını almıştır. Bu lisans kapsamında Borsa İstanbul Anonim Şirketi ve TEİAŞ tarafından işletilen piyasalar dışındaki organize toptan elektrik piyasalarının işletim faaliyetini yürütmektedir (ETKB, 2016).

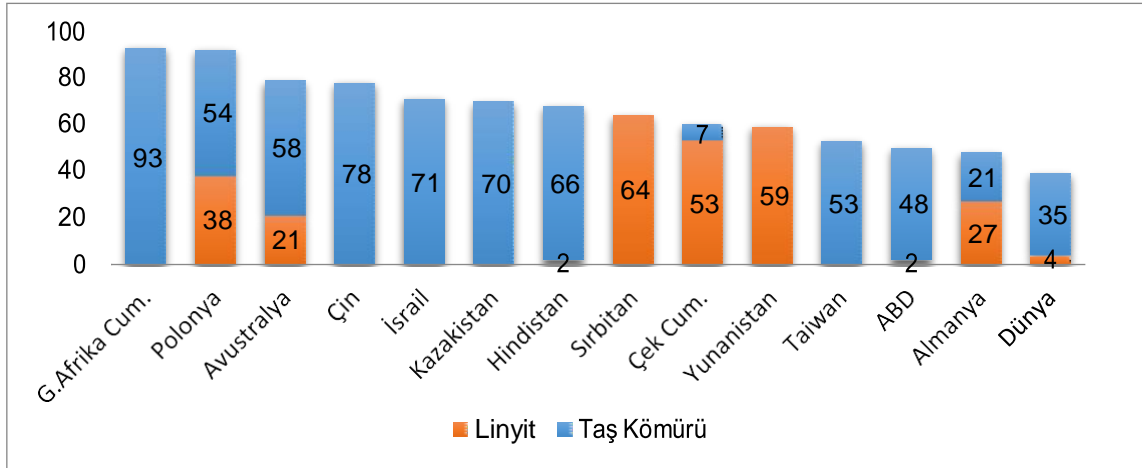
## II. BÖLÜM

### DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ, TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI VE TEORİK ÇERÇEVE

#### 2.1. Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Görünümü

Kömürün elektrik üretiminde yadsınamaz bir yeri vardır. Elektrik üretimlerini ağırlıklı olarak kömürden sağlayan ülkeler ve kömürün elektrik üretimlerindeki payı Şekil 2.1'de verilmiştir. Elektrik üretiminin yaklaşık %93'ünü kömürden karşılayan Güney Afrika ile %92'sini karşılayan Polonya elektrik üretiminde kömür kullanan ülkeler arasında önde gelmektedirler (ETKB, 2017).

Şekil 2. 1. Elektrik üretiminde kömüre dayalı ülkeler ve kömürün payları (ETKB, 2017)

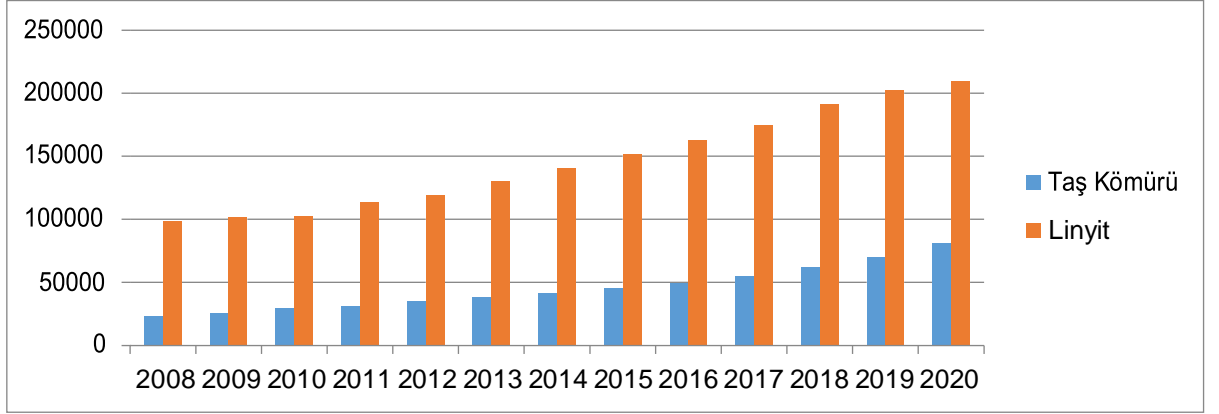


ETKB (2017) raporunda belirtildiği üzere ülkeler kendileri için önemli olan ürünlerin çeşitli girdilerini göz önüne alarak talep ve arz projeksiyonlarını oluşturmaktadırlar. Oluşturulan bu projeksiyonlar, dünyadaki konjonktürel dalgalanmalardan etkilenebilmekle beraber gelecekteki taleplere ışık tutması açısından önem taşımaktadır. Ülkemiz 2018 yılında 17,3 milyar ton linyit rezervine ulaşmıştır. Kamu elinde bulunan yerli linyit kaynaklarının ülke ekonomisine kazandırılması Türkiye'nin enerjideki dışa bağımlılığının ve enerjinin cari açık içerisindeki payının azaltılmasına katkı sağlaması hedeflenmektedir. ETKB tarafından hazırlanan "Milli Enerji ve Maden Politikası" kapsamında yerli kömürden elektrik üretilmesi ile hem



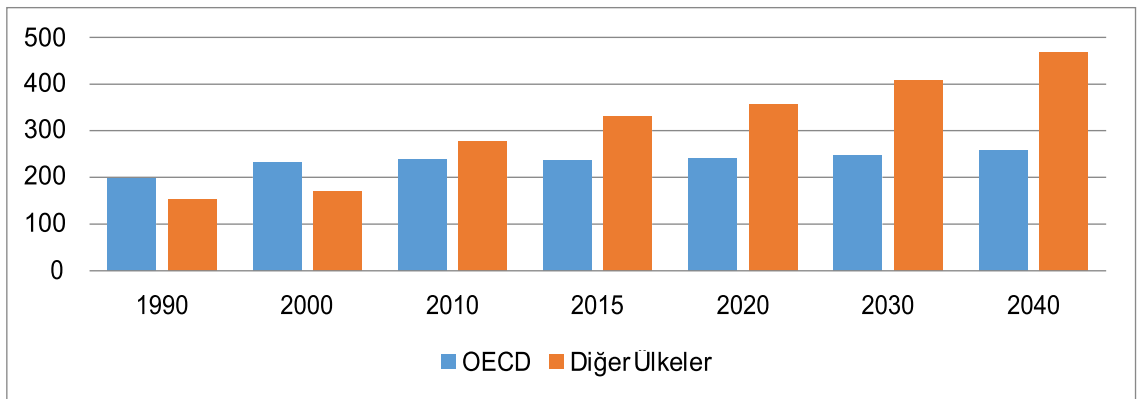
tüketicilere ucuz elektrik ulaştırılması hem de nihayetinde kömür madenciliğinin geliştirilmesine katkı sağlaması planlanmaktadır. Bu anlamda ETKB'dan elde ettiğimiz verilerden yola çıkarak oluşturduğumuz Şekil 2.2 de kömür tüketim projeksiyonunun yıllara göre devamlı bir artış içinde olduğu görülmektedir (Karagöl ve Tür, 2017).

**Şekil 2. 2.** Türkiye'nin kömür tüketim projeksiyonu (2008–2020, Bin Ton) (ETKB, 2017)



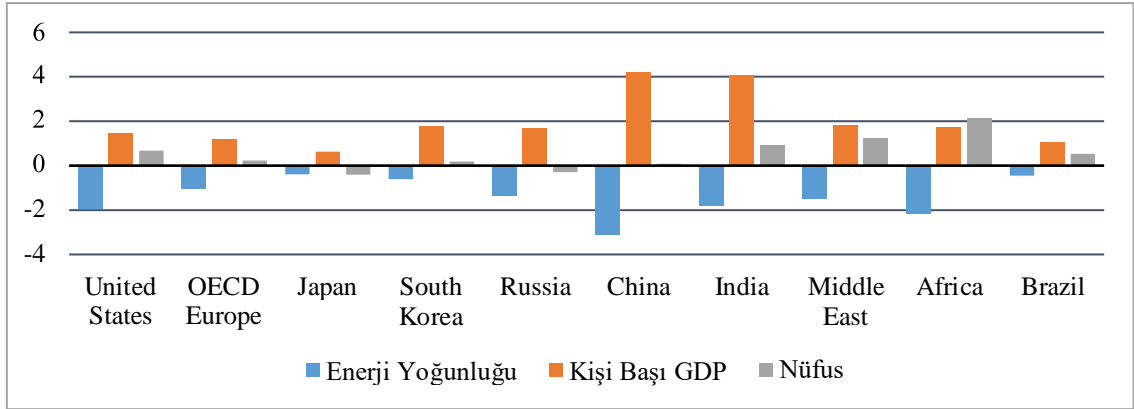
Dünyada fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması, enerjinin sürdürülebilir kalkınmadaki önemini her geçen gün artırmaktadır. 2040 yılına kadar küresel enerji tüketimimizin yüzde 28 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu artışın büyük bir bölümünün OECD dışında kalan ve ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler tarafından kaynaklanacağı belirtilmektedir. Yüksek ekonomik büyüme oranlarına sahip gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimleri de bu bağlamda artmaktadır. Çin ve Hindistan olmak üzere OECD dışında kalan diğer ülkelerin enerji tüketimi ile OECD ülkelerinin toplam enerji tüketimi arasında önemli bir fark bulunmakla birlikte bu farkın gelecek yıllarda artması beklenmektedir Şekil 2.3 (KPMG, 2018).

**Şekil 2. 3.** Dünya enerji tüketimi, katrilyon BTU (EIA,2017)

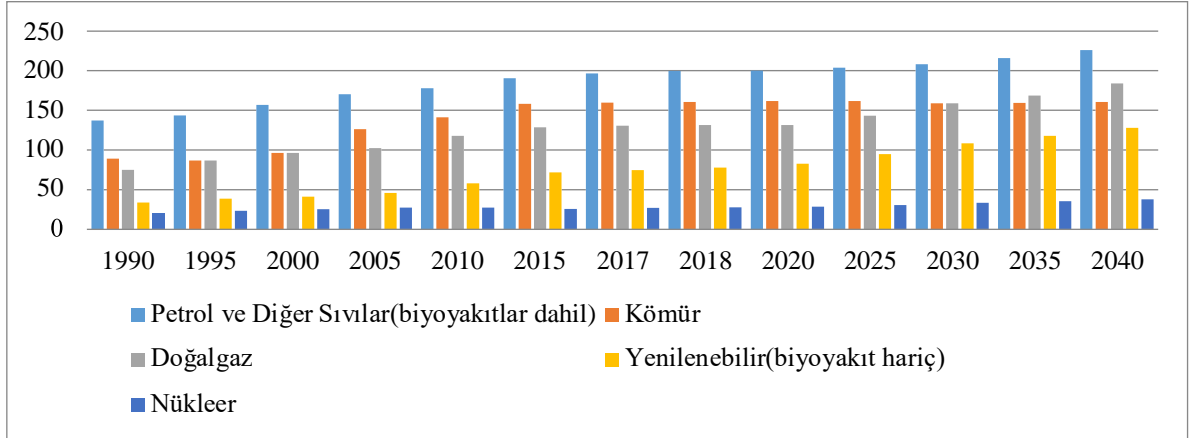


Gelir ve nüfus artışı enerji talebini önemli ölçüde etkilemektedir, fakat enerji yoğunluğundaki iyileştirmeler enerji tüketimindeki ilgili artışları telafi edebilir. Gelir ve nüfustaki artış enerji talebindeki artışı tetiklemekte, fakat bu büyüme enerji yoğunluğunun azalmasıyla azalmaktadır (GSYİH doları başına tüketilen enerji). Hindistan ve Çin kişi başına gelirden öngörülen en hızlı büyümeye sahip iki bölgedir. Fakat bu ülkelerdeki enerji yoğunluğundaki önemli ölçüdeki azalmalar gelecekteki enerji talebini karşılamak için gerekli olan enerji miktarını azaltmaktadır. Japonya yaşanmakta olan bir işgücüne ve nispeten yüksek kişi başı gelire sahip azalmakta olan bir nüfusa sahiptir. Aynı zamanda dünyanın en verimli enerji tüketicileri arasında bulunmaktadır. Demografik ve ekonomik faktörlerin birleşimi ülkenin gelecekteki enerji yoğunluğunu geliştirme potansiyelinin oldukça az olduğu anlamına gelmektedir. Ülkenin enerji yoğunluğu 2015'ten 2040'a kadar dünya ortalama %1,9/yıl ile karşılaştırıldığında %0,4/yıl artmıştır Şekil 2.4 (EIA, 2017).

**Şekil 2. 4.** Seçilmiş bölgelerdeki enerji yoğunluğu, kişi başı GSYİH ve nüfus artışı ortalama yıllık yüzde değişim, 2015–40(EIA,2017)

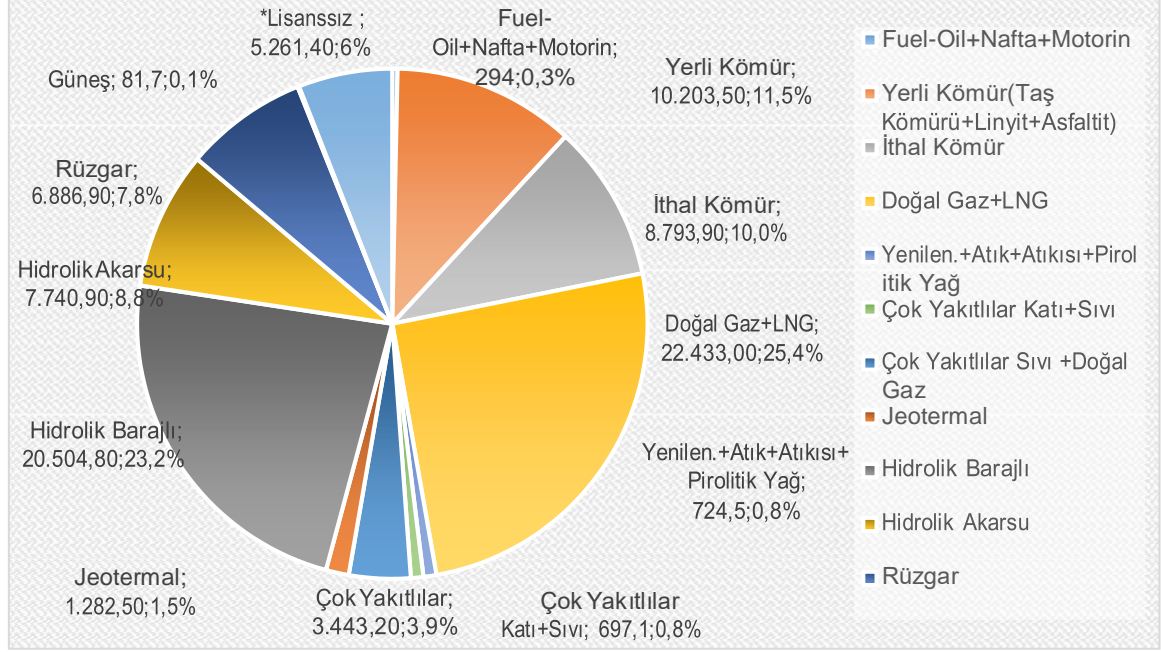


Şekil 2. 5. Enerji kaynağı ile dünya enerji tüketimi, katrilyon BTU (EIA,2017)



Kömür dışında diğer fosil yakıtların kullanımı verilen yıllarda artış göstermektedir. Yenilenebilir ve nükleer enerji dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynakları olmalarına rağmen fosil yakıtların dünya enerji talebinin çoğunu karşılaması beklenilmektedir. Petrol ve diğer sıvılar en büyük enerji kaynağı olmaya devam etmektedir, fakat dünya pazarındaki enerji payı 2015 yılında %33 iken 2040'ta %31'e düşmektedir. Dünya çapında, endüstriyel ve ulaştırma sektörlerinde sıvı tüketimi artarken, elektrik enerjisi sektöründe azalmaktadır. Doğal gaz %1,4/yıl artış ile sıvıların %0,7/yıl artışı ve neredeyse hiç artış olmayan kömür kullanımı (0.1/yıl) ile karşılaştırıldığında dünyanın en hızlı artış sağlayan fosil yakıtıdır. 2000'li yılların başlarında kömür kullanımındaki kuvvetli artış ile karşılaştırıldığında, OECD bölgelerinde ve Çin'deki düşüşler ve Hindistan ve diğer OECD üyesi olmayan ülkelerdeki artışın dengelenmesiyle dünya çapında kömür kullanımının sabit kalacağı tahmin edilmektedir. Elektrik üretiminde kömürün yerini doğal gaz, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji (Çin durumunda) almaktadır. Kömür için sanayi talebi de zayıflamaktadır (EIA, 2017).

**Şekil 2. 6.** Türkiye elektrik sistemi kaynaklara göre kurulu güç ve payları(%) (30 Kasım 2018 itibariyle) (TEİAŞ, 2018)

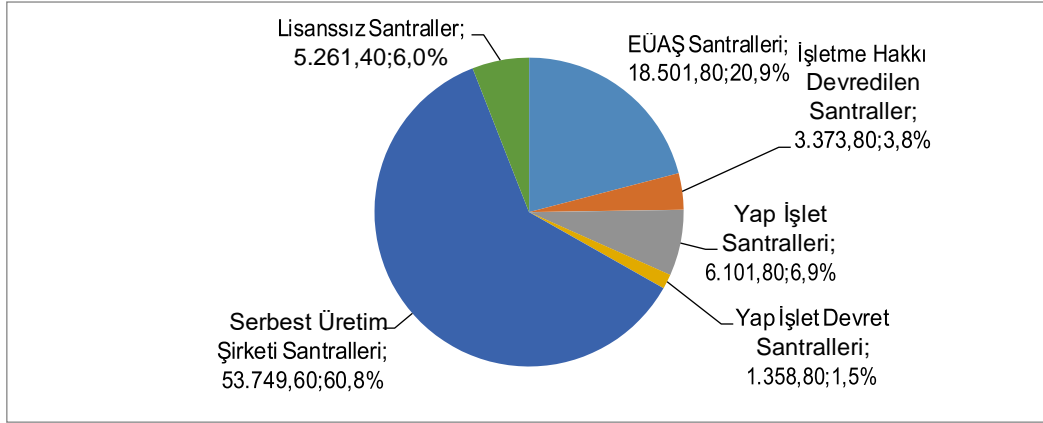


\*Lisanssız: Termik:270,8; Rüzgâr:62,2; Hidrolik:7,6; Güneş:4.920,8

TEİAŞ verilerine göre ülkemizin sahip olduğu elektrik enerjisi üretimi sağlayan santral sayısı 2018 yılı Kasım sonu itibarı ile lisanssız santraller dahil 7.333 düzeyine ulaşmıştır. Bu santraller 652 tanesi hidroelektrik, 42 tanesi kömür, 248 tanesi rüzgâr, 48 tanesi jeotermal, 250 tanesi doğal gaz, 5.787 tanesi güneş, 306 tanesi ise diğer kaynaklı santrallerden oluşmaktadır. Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücü 2017 yılı sonu itibariyle 85.200,0 MW iken, 30 Kasım 2018 sonu itibariyle kurulu güç 88.347,2 MW olarak gerçekleşmiştir. Kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı (lisanssız santraller de dahil); %32,0'ı hidrolik enerji, %25,4'ü doğal gaz, %21,5'i kömür, %7,9'u rüzgâr, %5,7'si güneş, %1,5'i jeotermal ve % 6.1'i diğer kaynaklar şeklindedir.

TEİAŞ'dan edindiğimiz verilere göre ülkemizin 30 Kasım 2018 sonu itibariyle elektrik sistemi kuruluşlara göre kurulu güç ve payları Şekil 2.7'de gösterilmiştir. 2017 yılında toplam 5.021 santral üzerinde gerçekleşen üretim, bu yıl 7.333 santrale ulaşmıştır. Kasım sonu verilerine göre toplam kurulu güç içerisinde en yüksek pay %60,8 ile serbest üretim şirketlerine aittir. EÜAŞ santrallerinin payı %20,9 olarak gerçekleşirken, lisanssız santrallerin payı %6,0 olarak gerçekleşmiş ve hâlihazırdaki sözleşmeler kapsamında faaliyet gösteren santrallerin (İHD, YİD, Yİ) payı ise %12,2 olarak gerçekleşmiştir.

**Şekil 2.7.** Elektrik sisteminin kuruluşlara göre kurulu güç ve payları(%) (30 Kasım 2018 Sonu İtibariyle) (TEİAŞ, 2018)



TETAŞ 2017 Sektör Raporu'ndan edinilen bilgiye göre elektrik piyasası elektrik dağıtım bölgelerinin tamamının özel sektöre aktarıldığı ve üretim varlıklarının önemli bir kısmının özelleştirildiği, elektrik piyasasına yeni kazanımlar sunduğu bir döneme girmiştir. Hem özelleştirmeler hem de uygun mevzuat altyapısının hazırlanması ile birlikte özel sektör tarafından gerçekleştirilen enerji üretim tesisi yatırımları hız kazanmıştır (TETAŞ, 2018).

**Tablo 2. 1.** Türkiye kurulu gücünün kamu ve özel sektör dağılımı (TEİAŞ, 2018)

| KURULUŞLAR  | KURULU GÜÇ (MW) ve PAY(%) |       |                               |       |
|-------------|---------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|             | 2017                      |       | 30 Kasım 2018 Sonu İtibariyle |       |
| KAMU        | 19.899,8                  | 23,4  | 18.501,8                      | 20,9  |
| ÖZEL SEKTÖR | 61.654,9                  | 72,3  | 64.584,00                     | 73,1  |
| LİSANSSIZ   | 3.645,3                   | 4,3   | 5.261,4                       | 6,0   |
| TOPLAM      | 85.200,0                  | 100,0 | 88.347,2                      | 100,0 |

Elektrik piyasasında yaşanan bu gelişmelere bağlı olarak Türkiye Kurulu gücünün kamu ve özel sektör dağılımına baktığımızda; 2017 yılı sonu itibarıyla kamunun payı %23,4 iken, özel sektörün payı ise %72,3 (mevcut sözleşmeler kapsamında faaliyet gösteren Yİ-YİD-İHD santralleri dahil) olarak gerçekleşmiştir. 2018 Kasım ayı sonu itibarıyla tam tersi bir durum söz konusu olup kamunun sahip olduğu 18.501,8 MW Kurulu gücün toplam kurulu güç içerisindeki payı %20,9 düzeyine ulaşırken; özel sektör tarafından işletilen 64.584,00 MW kurulu güce sahip santrallerin payı ise %73,1 olmuştur.

## **2.2. Türkiye’de Enerji Piyasasındaki Gelişmelerin Ülke Ekonomisi Üzerindeki Etkileri**

Enerji kaynaklarının varlığını ve bu kaynakların ekonomik faaliyetlerle olan ilişkisi, enerji talebi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, enerjinin fazlalığı veya yetersizliğinin ekonomi üzerindeki etkileri enerji ekonomisinin konusunu oluşturmaktadır (Yücel, 1994,s.134). Enerji ekonomisi, ekonomik birimlerin yani firmalar, kişiler ve hükümetlerin enerji kaynaklarını elde etmeye ve bu kaynakları faydalı enerji formları olarak kullanıcıya iletmelerinin arkasındaki faktörleri incelemektedir. Ayrıca enerji ekonomisi alternatif piyasaların ve düzenleyici yapıların bu faaliyetler üzerindeki rollerini, ekonomik dağıtım etkilerini ve çevresel sonuçlarını incelemektedir (Sweeney, 2007,s.1)

1973 ve 1980’de yaşanan enerji krizleri, enerji ve ekonomi arasındaki ilişkilerin önem kazanmaya başlamıştır ve enerji fiyatları, özellikle petrol fiyatları dünya ekonomisi ve ulusal ekonomiler için önemli unsurlardan biri haline gelmiştir (Altıntaş, 2012,s.4).

Enerji kaynakları üretim sektöründe genellikle öteki sektörler tarafından girdi olarak kullanıldığından firmalar için hayati bir öneme sahiptir. Ülkemizde özellikle son dönemlerde yaşanan enerji krizlerinden dolayı enerji kaynaklarının ülke ekonomisi içindeki öneminin daha çok arttığı gözlemlenmiştir (Özdemir ve Yüksel, 2006). Enerji fiyatında meydana gelen yükselişler, firmaların üretimde kullandıkları girdilerin maliyetlerini ve ürünün piyasa fiyatını artırmaktadır. Enerji fiyatlarının değişken olması enflasyon ve toplam talebi etkileyerek ekonomik durgunluk baskısını artırmaktadır (LeBlanc ve Chinn, 2004). Elektrik enerjisi darboğazı ekonomik büyüme sürecinde gelişmekte olan ülke statüsündeki Türkiye ekonomisinde de önemli bir sorun olarak görülmektedir. Ekonomik büyümeyle birlikte enerji kullanımında özellikle de elektrik

enerjisi kullanımda artışın olması, bugün elektrik enerjisinin sosyo-kültürel ve ekonomik gelişmenin önemli bir göstergesi olarak görülmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak elektrik enerjisi, üretim sürecinde kullanılan bir girdi olarak kalmayıp aynı zamanda ekonomik kalkınma düzeyinin belirlenmesinde de önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Ülkemiz gibi gelişimini henüz tamamlayamamış ülkelerde, enerji üreten sektörlerin ekonomideki diğer sektörlerle önemli yapısal bağları bulunmaktadır. Ülkemizde özellikle, elektrik enerjisi sektörü gerisel bağıllığı(etkisi) nedeniyle ekonomik büyüme tarafından etkilenirken; önsel bağıllığı nedeniyle de ekonomideki diğer sektörlerde büyümeyi olumlu bir şekilde etkilemektedir. Bugünün modern toplumlarında gün geçtikçe yaygın olarak kullanılan elektrik enerjisi ekonomideki diğer sektörlere girdi temin ederek bu sektörlerdeki gelişmeleri tetiklemektedir. Ekonomik büyümeyle birlikte artması gereken elektrik enerjisi arzının talebi karşılayamaması ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemesinin yanında enerji arzının ekonomi üzerinde uyarıcı etki yaratmasına da engel olmaktadır. Ekonomik büyüme paralel olarak toplam enerji tüketimi içerisinde elektrik enerjisinin payının artış göstermesi ekonomik büyüme üzerinde elektrik enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca birçok ülkede olduğu gibi ekonomik büyümede en önemli role sahip olan sanayi sektörünün en fazla elektrik enerjisi kullanan sektör olması elektrik enerjisinin büyüme üzerindeki önemini açıkça göstermektedir (Terzi, 1998, s.63). Ülkemiz enerji kullanımında dışa bağımlı ülkelerden bir tanesidir. Hem üreticiler hem de tüketiciler için son derece önemli olan enerji sektörü günümüzde kilit sektör olarak nitelendirilmekte. Enerji sektörünün bu özelliği iyi kullanıldığı takdirde ve enerji kullanımında dışa olan bağımlılığın azaltılması ile ülke ekonomisinde kalkınmanın gerçekleştirilebilmesinin daha kolay olacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda ülkemizde enerji sektörüne yönelik yatırımlar artırılmalı ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Özellikle yenilenemez enerji kaynaklarına dayalı bir sanayi modeli dışa bağımlılığın daha da artmasına neden olduğu için ülkemiz sahip olduğu rüzgâr, güneş ve hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabildiği sürece diğer sektörleri daha çok destekleyebilecektir (Özdemir ve Yüksel, 2006) .

Yenilenebilir teknolojiler günümüzde her geçen gün sayısı artan ülke ve bölgeler için en ekonomik çözümdür. Elektrik üretiminin petrole dayalı olduğu yerlerde, günümüzde düşük maliyetli yenilenebilir çözüm hemen hemen her zaman

bulunmaktadır. Yenilenebilir enerjinin maliyeti düştükçe ekonomik açıdan uygun uygulamaların kapsamı daha da artacaktır. Yenilenebilir enerji teknolojileri, ülkelerin güvenilir, düşük maliyetli ve herkesin erişebileceği enerji imkânı sunarak fiyat dalgalanmalarını azaltmakta, ekonomik ve sosyal kalkınmaya yardım etmektedir (Irena, 2013).

### **2.3. Türkiye'nin Temel Enerji Politikası**

Enerji politikaları; enerjinin küresel etkileri, gelecekle ilgili beklenti ve endişeler nedeniyle dünyamızda önemli bir yere sahiptir. Enerji politikaları ile hedeflenen, küresel çapta rekabet gücü, enerji güvenliği ve çevreye duyarlı yaklaşımlar arasında bir denge sağlayarak enerji kaynaklarının payının artırılmasıdır. Gün geçtikçe küreselleşen ve ekonomik olarak bütünleşen ülkelerde ortaya çıkan karşılıklı bağımlılık ve çevresel faktörler, uluslar arası düzeydeki enerji politikalarının da değişmesine neden olmaktadır (Albayrak, 2011).

Enerji ülkelerin ekonomik gelişmelerini sürdürmesi için temel girdi durumundadır. Bu özelliğinden dolayı çok boyutlu ve uzun soluklu politika ve stratejilerin uygulanmasını gerekli kılan bir alan olarak önemi her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple enerji konusu sadece hükümet politikası değil bir devlet politikası olarak da değerlendirilmelidir. Bu noktada enerji arz güvenliği konusu enerji sektörünün tartışma konularının en başında gelmektedir. Son yıllarda yaşanan küresel ekonomik daralmaya rağmen;

- Enerji fiyatlarındaki artış eğilimi,
- Küresel ısınma ve iklim değişikliği hususundaki duyarlılığın artması,
- Dünya çapındaki enerjiye olan talep artışına karşın tükenme riski taşıyan fosil yakıtlara olan bağımlılığın yakın gelecekte de devam edecek olması,
- Yeni enerji teknolojileri alanında kaydedilen gelişmelerin şuan için talep artışını karşılayacak ticari olgunlukta olmaması ülkelerin enerji güvenliği hususundaki kaygılarını gün geçtikçe daha da artırmakta ve ülkeleri yeni kaynak arayışına yöneltmektedir (ETKB, tarihsiz, s.27-29). Ülkemizin enerji politikalarının asıl amacı; ihtiyaç duyulan enerjinin zamanında, güvenilir, ucuz ve kaliteli bir şekilde hedeflenen kalkınma hızı ve sosyal gelişmeye katkı sağlayacak şekilde temin edilmesidir (Doğan, 2010).



ETKB Türkiye için enerji politikasını; ‘‘Ülkemiz enerji güvenliğinin, çevresel etkiler göz önünde bulundurularak, uygun maliyetli ve sürdürülebilir bir şekilde sağlanması, ülkemizin bölgesel ve küresel enerji ticaretinde söz sahibi olması ve enerji verimliliğinin artırılması temel amaçları arasında olduğu’’ şeklinde açıklamıştır.

Ülkemizdeki enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla geliştirilen politika ve stratejiler; dünyadaki genel eğilimlerin yanı sıra, bölgesel ve küresel çaptaki enerji dinamiklerinde önemli olan tüm aktörlerin politika ve stratejileri analiz edilerek ve ülke gerçeklerimiz göz önünde bulundurularak, özellikle AB müktesebatı ve içinde bulunduğumuz coğrafi perspektiften bakılarak oluşturulmuştur. Temel enerji politikamız şu şekildedir;

- Dışa bağımlılığın en alt seviyeye indirilmesi,
- Oluşacak her türlü zararın minimum düzeye indirilmesi,
- Enerjinin verimli bir şekilde üretilmesi ve kullanılması,
- Kaynak çeşitliliğine, yerli ve yenilenebilir kaynaklara önem verilmesi,
- Serbest piyasa uygulamaları içerisinde yer alan kamu ve özel kesim imkanlarının harekete geçirilmesi,
- Ülkenin ihtiyaç duyduğu enerjiyi güvenli, sürekli, minimum maliyet ve çevresel etkilerle karşılayacak önlemleri alan politikaların hayata geçirilmesi şeklindedir (ETKB, tarihsiz, s.27-29).

Türkiye jeopolitik konumunun avantajlarından faydalanmaktan ziyade içinde yaşadığı bölgenin maliyetini yüklenmiştir. Enerji kaynaklarından yoksun olan bir ülke olduğu için kaynak ihtiyacını dış pazarlardan temin etmiştir. Türkiye’nin büyüyen ekonomisi beraberinde daha fazla enerji tüketimini getirmiştir. Bu durum ülkeyi enerji konusunda dış bağımlı hale getirmiştir. Son dönemlerde yüksek büyüme oranlarının yakalandığı ülkemizde enerji ihtiyacını karşılamak için enerji politikalarında da ciddi anlamda bir dönüşüm sürecine gidilmiştir. Ülkemiz bulunduğu bölgedeki siyasi ve ekonomik karşılıklardan kaynaklanan maliyetleri yüklenmek yerine sahip olduğu jeopolitik konumun avantajlarını fırsata çevirmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda enerji politikalarının temel eksenini enerji merkezi olma hedefi üzerinde kurmaya başlamıştır. Bu gelişmeler Türkiye’nin önümüzdeki süreçte enerji politikalarının belirlenmesinde belirleyici olacağı düşünülmektedir (Karagöl vd., 2016).

Uluslararası Enerji Ajansı’nın raporuna göre Türkiye’nin enerji konusundaki dışa bağımlılık oranının azaltılması için doğru politikaların, uzun vadeli enerji stratejilerinin

saptanması ve bu stratejilerde bilimsel hesaplamalara dayanan, bilinçli, kararlı, ekonomi, çevre ve dış politika gibi alanların menfaatini gözeten bir yöntemin takip edilmesi gerekliliği üzerinde durulmaktadır.

İlbaş (2014,s.37-39), yapmış olduğu milli enerji politikası değerlendirmesinde, ülkemizin enerjideki ilk beş sorununu; arz güvenliği, dışa bağımlılık, elektrikte doğalgaza bağımlılık, pahalılık ve verimsiz enerji şeklinde açıklamıştır. Ayrıca yukarıda değindiğimiz icraatlar ve politikalar kapsamında EPDK'nın yapılandırılarak tam bir enerji piyasasının oluşumunun sağlanması gerektiğini belirtmiştir. Yerli kaynağımız olan kömür ve kömür santralleri iyileştirilmeli ve elektrik üretimi kömür, yenilenebilir, doğalgaz ve nükleer olmak üzere beş sütunda yer almalıdır. 2023 yılına kadar rüzgar enerjisi kurulu gücünün 20 bin MW, hidroelektrik kurulu gücünün ise 30 bin MW'a çıkarılmalıdır. Enerji teknolojileri stratejik sanayi sektörü olarak belirlenmeli ve sanayici bu alana teşvik edilmeli. Bu bağlamda iç piyasada 15 yıl içerisinde yapılması planlanan enerji yatırımlarını ve yılda 2 trilyon doları geçen dış piyasa taleplerini dikkate alarak yerli enerji teknoloji sanayi kurulmalıdır. Rüzgar türbinleri, güneş panelleri-fotovoltaik piller ve hidrojen yakıt pilleri teknolojilerine yatırım yapılmalı ve özel sektör bu alanda teşvik edilmelidir.

#### **2.4. Ekonomik Büyümenin Teorik Çerçevesi**

Kişi başı reel GSYİH' deki artış iktisadi büyüme olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda bir ülkenin üretim imkanları eğrisinin dışa doğru kaymasını sağlayan etmenler ekonomik büyümenin de temelini oluşturmaktadır. Üretim imkanları eğrisini belirleyen temel faktör ise ekonomide üretilen çıktı düzeyidir. Bu çıktının üretilmesi için ise fiziki sermaye, vasıflı ve vasıfsız işgücü ve doğal kaynaklar başta olmak üzere bir takım girdilerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Güvenek ve Alptekin, 2010).

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki genel olarak "işsel büyüme modelleri" ile açıklanmaktadır. Örneğin Solow tarafından geliştirilen büyüme modelinde, büyüme oranının artması için teknolojik gelişmenin gerekli olduğu açıklanmış fakat gelişmenin nasıl sağlanabileceği konusuna bir açıklık getirmemiştir. Oysaki beşeri sermaye, bilgi birikimi, araştırma-geliştirme çalışmaları ve teknolojik gelişme gibi faktörler geçmişten günümüze değin ekonomik gelişme üzerinde etkili olmuşlardır. Öteki taraftan günümüz dünyasında az gelişmişliğin nedeni olarak finansal ve reel sermaye yetersizliği olarak gören yaklaşımlar geçerliliğini yitirmiştir. Artık az

gelişmişliğin nedeni olarak, güncel bilgilere ulaşamama, yeterli beşeri sermayeye sahip olamama, mevcut teknolojiyi kullanamama gibi faktörler gösterilmektedir. 1980’li yıllarda eğitim, sağlık, teknolojik yenilikler, Ar-Ge, vb. gibi daha birçok unsurun üretim üzerindeki etkisi anlaşılınca büyüme ve büyümeyi belirleyen unsurların tekrar ele alınması gerekmiştir. Bahsi geçen değişkenlerin modellenmesi de içsel büyüme olarak karşımıza çıkmaktadır (Taban, 2008, s.90).

Büyüme teorilerinde bütün ekonomilerin büyümesinin tek bir modelle ya da değişkenle açıklanması söz konusu olmadığı için içsel büyüme modelleri de kendi içinde farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Berber, 2006).

Romar tarafından önerilen büyüme teorisinden önce gelişen diğer büyüme teorileri vardı. Solow büyüme teorisi daha sonra moda olan teorilerden biriydi. Solow büyüme teorisi aynı zamanda teknolojiyi, büyümeyi belirleyen dışsal bir faktör olarak gördüğü için dışsal teori olarak da bilinirdi. Solow modelinin temel varsayımlarından biri azalan emeğe ve sermayeye geri dönüş ve sürekli ölçek getirisinin yanı sıra rekabetçi piyasa dengesi ve sabit tasarruf oranıdır. Fakat Solow modeli için önemli olan kişi başına uzun dönemde büyümenin model dışından gelen teknolojik ilerleme oranı ile açıklanması gerçeğidir. İçsel büyüme teorisi veya yeni büyüme teorisi, neoklasik dışsal büyüme teorisinin kusurlarına bir tepki olarak geliştirilmiştir. Romar içsel büyüme teorisi ilk olarak 1986 yılında üretime girdi ve üretim fonksiyonunda bir girdi olarak gördü. Teori üretkenlik artışını veya teknik ilerlemeyi içselleştirerek uzun dönem büyümeyi açıklamayı amaçlamıştır.

Teorinin temel varsayımları şunlardır:

- Olumlu dışsallıklar nedeniyle ölçeğe dönüşün arttırılması,
- İnsan sermayesi (bireylerin bilgi, beceri ve eğitimi) ve yeni teknolojilerin üretilmesi, uzun vadeli büyüme için gereklidir.
- Araştırma ve geliştirmeye yapılan özel yatırım, teknolojik ilerlemenin en önemli kaynağıdır.
- Bilgi ve teknik gelişmeler rakipsiz maldır.

Bu modelde, yeni teknoloji, uzun vadeli büyüme için nihai belirleyicidir ve araştırma teknolojisine yapılan yatırım tarafından belirlenir. Romer’in modelinde toplam üretim fonksiyonunu aşağıdaki şekilde yazmak mümkündür:

$$Y = F(A, K, L)$$

Bu fonksiyonda Y toplam reel çıktı düzeyini, A teknolojiyi (teknolojik ilerleme), K toplam reel sermaye stokunu ve L toplam işgücünü temsil etmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta teknolojinin araştırma teknolojisine yapılan yatırıma dayanmasıdır. Teknoloji, enerjiyle ilgili olabilecek içsel bir faktör olarak görülmektedir. Enerji, teknolojinin tek belirleyicisi değil, teknolojinin (her hangi seviyede) kullanılmasını sağlamak için gerekli bir faktördür. Enerjinin ham haliyle faydalı duruma çevrilmesi yüksek teknoloji odaklıdır. Enerji üretiminin teknoloji odaklı yapısından ipucu olarak; Enerji üretiminin sermaye yoğun olduğu da bilinmektedir. Kullanılabilir enerji üretmek için büyük makinelere ihtiyaç vardır. Bu enerji üretmek için büyük miktarda sermaye gerektiği anlamına gelir. Enerjiyi üretmekle kalmayıp enerji verimliliğini sağlamak için büyük yatırımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Gbadebo ve Okonkwo, 2009).

Enerji, teknolojinin pratikte kullanımına imkân vererek düşük maliyetle temin edilen ve üretim sürecinde verimli bir şekilde kullanılabilen bir faktör olarak, teknoloji unsuru üzerinden ulusal çıktı düzeyinin artmasını sağlamaktadır (Mucuk ve Uysal, 2009).

## **2.5. Enerjinin Ekonomik Büyümedeki Rolü**

Enerjinin ne kadar önemli olduğunu gösteren kıstaslardan biri ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemede önemli bir role sahip olmasıdır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile çok yakından ilgili olmasından dolayı gelişmiş ülkeler buldukları konumu korumak geliştirmekte olan ve az gelişmiş ülkeler ise gelişimlerini sağlamak amacıyla enerji konusunda büyük titizlik göstermektedirler.

### **2.5.1. Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi**

Enerji ekonominin hem arz hem talep tarafında önemli bir rol oynamaktadır. Talep tarafından bakıldığında tüketicilerin faydalarını maksimize etme amacıyla talep ettikleri bir üründür. Arz tarafından bakıldığında ise emek, sermaye ve hammaddenin yanında üretimin önemli bir faktörüdür ve ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminde hayati bir rol oynadığı, ekonomik büyümenin ve yaşam standartlarının arttırılmasında kilit bir faktör olduğu görülmektedir. Bu, enerji tüketiminden milli gelire veya GSYİH'ya ya da tam tersi nedensel bir ilişkinin olması gerektiği anlamına gelmektedir (Chontanawat vd., 2006).

Ekonomik büyüme, dünya çapındaki enerji tüketiminde meydana gelebilecek değişimleri etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir. Kısa dönemde talep tarafını temsil eden hane halkları ve firmaların tüketim kararları ekonominin gidişatını belirlemektedir. Tüketim kararları ise, gelir, faiz oranları ve mal fiyatları gibi ekonomik unsurlardan etkilenmektedir. Ülkelerin sahip oldukları mal ve üretme gücü uzun dönemde o ülke ekonomisinin potansiyelini belirlemektedir. Büyüme potansiyelini etkileyen unsurlar ise istihdam oranı, nüfus artışı, sermaye birikimi ve inovasyondur. Ekonomik büyüme ve enerji talebi arasındaki bağlantının şiddeti bölgeye göre farklılıklar sergilemektedir. Tarihsel olarak baktığımız zaman OECD dışı Avrupa ve Avrasya ülkelerinin enerji yoğunluğu OECD ülkelerinden ve diğer OECD dışı ülkelerin enerji yoğunluğundan daha yüksek olmuştur. 1990 yılına kadar OECD dışı Avrupa ve Avrasya’da enerji tüketimi GSYİH’den daha hızlı büyümüştür. Sovyetler Birliği’nin çöküşü ile birlikte enerji kullanımı ve gelir seviyesi düşmüş fakat GSYİH’deki düşüş enerji tüketiminden daha hızlı olduğu için enerji yoğunluğu artmıştır. Rusya ve Ukrayna’da endüstri sektörünün güçlenmesiyle birlikte OECD dışı Avrupa ve Avrasya’da ekonomik büyümedeki artış enerji kullanımındaki artışı geçmiş ve böylelikle enerji yoğunluğu hızlı bir şekilde düşmeye başlamıştır (Ersoy, 2010).

Enerji ekonomik ve sosyal kalkınmanın gerçekleştirilmesi için üretim sürecindeki en temel girdilerden biridir. Türkiye’de enerji tüketimi, nüfus ve sanayileşmeye bağlı olarak özellikle 1980 sonrasında hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. İhracata dayalı dışa açık sanayileşmenin olduğu bu dönemde ekonominin genel yapısında değişime gidilmiş tarım kesimi önemini yitirirken sanayi ve hizmetler sektörü ön plana çıkmıştır. Bu gelişmeler daha fazla enerji kullanımını gerektirdiği için özellikle petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlara olan talepte artış olmuştur. Enerji tüketimindeki artışın ulusal çıktı düzeyindeki etkisi tartışma konusu haline gelmiştir (Mucuk ve Uysal, 2009). Bir bölgedeki ekonomik büyüme ve enerji talebi arasındaki bağ, o bölgedeki ekonomik kalkınma düzeyi ve fertlerin yaşam standartları tarafından önemli derecede etkilenmektedir. Hane halklarının yüksek hayat standartlarına sahip olduğu gelişmiş ülke ekonomilerde kişi başına düşen enerji tüketimi göreceli olarak daha fazladır. Fakat bu ekonomilerde fert başına düşen enerji tüketimi miktar olarak sabittir ya da çok az değişme eğilimi sergilemektedir. Gelirde meydana gelen hızlı artışlar genelde enerji yoğunluğu oranında hızlı bir düşüşe neden olurken; yavaş ekonomik büyüme enerji yoğunluğunda yavaş düşüşe neden olmaktadır (Ersoy, 2010).

Tablo 2.2’de dünya çapındaki en gelişmiş ekonomiler olan G7 ülke ekonomilerinin 2017 yılı gayri safi yurtiçi hâsılları (GSYİH) ve birincil enerji tüketimleri yer almaktadır. Tablo 2.3’de ise dünya çapındaki en büyük petrol rezervine sahip ilk on ülkenin GSYİH’ları ve sahip oldukları ispatlanmış rezerv miktarları yer almaktadır. Dünya çapındaki petrol rezervlerinin sadece %2,9’una sahip olan A.B.D. dünyanın en fazla enerji tüketen ve aynı zamanda GSYİH’sı en yüksek ülkesi olma özelliği taşımaktadır. Bunun yanında %17,9’luk pay ile dünya çapındaki en büyük petrol rezervine sahip ülkesi olan Venezüella GSYİH sıralamasında 51. Sırada yer almaktadır. Ayrıca A.B.D. dünya toplam birincil enerji tüketiminin %16,5’ini gerçekleştirirken Venezüella ise dünya birincil enerji tüketiminin sadece %0,5’ini gerçekleştirmiştir. Venezüella ekonomisi ağırlıklı olarak petrol üretim ve ihracatına dayanmaktadır. GSYİH’sının %30’u, ihracat gelirlerinin %95’i ve kamu gelirlerinin %56’sı petrol sektöründen sağlanmaktadır (MFA, 2018).

Ülke gün geçtikçe petrol gelinine dayalı bir ekonomi haline gelmiştir. Birçok alanda üretim durmuş, onun yerini ithalat almıştır. Petrol ihracatından elde edilen gelirle her şeyi ithal etme yoluna gidilmiş, üreticiler ithalatçılığa başlamıştır. Petrol fiyatlarındaki artışla ülke parası (Bolivar) aşırı değerlenmiş bu da ülkenin ithalata dayalı bir ekonomi durumuna gelmesine neden olmuştur. Ülkede üretim düşmüş, GSYİH büyümesi durmuştur (Eğilmez, 2017). Buna karşılık en büyük enerji tüketicisi konumunda olan ve özellikle sermaye ve teknoloji yoğun mallarda karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olan A.B.D.’nin başlıca ihracat kalemleri bu mallardan oluşmaktadır (UİB, 2018, s.7).

Dünyanın teknoloji alanındaki en güçlü ülkesi olan A.B.D. sanayi üretimi için büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır. GSYİH ve birincil enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek için verdiğimiz A.B.D. ve Venezüella örneğinde görüldüğü üzere; önemli derecede enerji kaynaklarına sahip olan ülkelerin gelirleri büyük oranda bu enerji kaynaklarının dış satımı ile sağlanmakta fakat ekonomileri sanayi ile desteklenmediği için gelirleri belirli düzeyi aşmamaktadır. Sanayileşmenin bir ön koşulu niteliğinde olan enerji ihtiyacı sanayileşmiş ülkelerde daha fazladır(Ersoy, 2010). Tablo 2.2’ye baktığımızda GSYİH’sı yüksek olan ülkelerin enerji tüketimlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

**Tablo 2. 2.** G7 ülkelerinin 2017 yılı gsyih ve birincil enerji tüketimleri (IMF,2018)

| Ülkeler   | 2017 Yılı GSYİH* | 2017 Yılı B.E.T.** |
|-----------|------------------|--------------------|
| A.B.D     | 19,390.600       | 2234,9             |
| Japonya   | 4,872.135        | 456,4              |
| Almanya   | 3,684.816        | 335,1              |
| İngiltere | 2,624.529        | 191,3              |
| Fransa    | 2,583.560        | 237,9              |
| İtalya    | 1,937.894        | 156,0              |
| Kanada    | 1,652.412        | 348,7              |

\* Cari Fiyatlarla Milyar A.B.D. Doları Cinsinden

\*\*Milyon Ton Petrol Eşdeğeri Bazında

Tablo 2.3'e baktığımızda, Rusya hariç diğer ülkelerin dünya çapındaki en önemli petrol rezervlerine sahip olmalarına rağmen GSYİH'larının çok yüksek olmadığı görülmektedir.

**Tablo 2. 3.** En büyük petrol rezervlerine sahip ülkelerin GSYİH ve petrol rezervleri (IMF,2018)

| Ülkeler         | 2017 Yılı GSYİH* | 2017 Yılı Rezerv** |
|-----------------|------------------|--------------------|
| Suudi Arabistan | 683.827          | 36,6               |
| İran            | 431.920          | 21,6               |
| Irak            | 197.699          | 20,1               |
| Kuveyt          | 120.351          | 14,0               |
| B.A.E.          | 377.435          | 13,0               |
| Venezüella      | 210.085          | 47,3               |
| Rusya           | 1,527.469        | 14,5               |
| Libya           | 31.331           | 6,3                |
| Kazakistan      | 160.839          | 3,9                |
| Nijerya         | 376.284          | 5,1                |

\*Cari Fiyatlarla Milyar A.B.D. Doları Cinsinden

\*\* Bin Milyon Ton

Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'ü birlikte ele aldığımızda, enerji kaynaklarına sahip olmanın ekonomik olarak çok önemli olmadığı; asıl önemli olanın bu kaynakları ara girdi olarak kullanıp endüstriyel çıktıyı artırmak olduğu görülmektedir. Enerjinin sanayi sektörü için oldukça önemli bir girdi olma özelliğinden dolayı ekonomilerin toplam çıktısı arttıkça enerjiye olan gereksinim de buna bağlı olarak artmaktadır (Ersoy, 2010, s. 9-10).

### 2.5.2. Enerji ve gelişmişlik düzeyi ilişkisi

Doğrudan kullanılabilir enerji türünün en yaygın olanı elektrik enerjisidir. Ekonomik ve sosyal hayatın merkezinde olduğu için bir ülkede bir yılda üretilmiş olan toplam elektrik enerjisi, o ülkenin özellikle endüstriyel üretim ve tüketim kapasitesinin genel bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve kişi başına düşen yıllık elektrik enerjisi tüketimi toplumların yaşam ve kalkınmışlık düzeyini belirleyen bir ölçüt olarak kabul edilmektedir (Güçeri, tarihsiz, s.315-323).

Bu denli önemli olması, elektriğin temelde ekonominin diğer sektörleri ile olan yapısal bağlılığından kaynaklanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde elektrik talebi ile ekonomik büyüme arasında var olan güçlü ilişkinin gelişmiş ülkelerde daha zayıf olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde elektrik kullanımının uluslararası standartların epey gerisinde kalmasının yanında, bu ülkelerdeki sanayileşme çabaları, gelirdeki artış ve elektrikli ev aletlerinin kullanımındaki yaygınlık elektriğe olan talebin artmasına neden olmuştur (Glen, 1992).

1973 yılında meydana gelen enerji krizi ve petrol fiyatlarındaki muazzam artışlar, dünya genelinde enerjinin hem sosyal yaşamdaki hem de sanayi ile diğer sektörlerde ağırlığını hissettirmiştir. Böylelikle, 1973 yılına kadar düşük enerji fiyatları dolayısıyla işgücü yerine enerjinin ikame edildiği dönemlerin sonuna gelinmiştir. Günümüzde tüm dünya ülkeleri enerji kullanımı ile ekonomik gelişme arasındaki ilişkinin önemini anlamıştır. Yetersiz enerji arzının birçok ülkede ekonomik gerilemeye ya da en azından duraklamaya sebebiyet verdiği; enerji fiyatlarındaki büyük artışların da ekonomilerde enflasyon artırıcı bir etkisinin olduğu artık biline bir gerçek olmuştur. 1973 öncesi dönemlerde enerji fiyatlarının günümüzle karşılaştığımızda daha düşük olması iş gücü kıtlığı ve yüksek ücretlerle karşı karşıya gelen girişimcinin sanayi sektöründe işgücü yerine enerji ve sermaye ikame etmeyi tercih etmişlerdir. Bunun sonucu olarak ekonomik yapının enerjiye olan bağlılığı artmıştır. Enerji fiyatlarının bu denli düşük olması, gelişmiş hatta gelişmekte olan ülkeleri enerjiye sıkı sıkı bağlayarak, enerjiye ekonomik büyümenin en önemli faktörü olma rolünü yüklemiştir. Öyle ki, geçmiş dönem göz önünde bulundurulduğunda bütün ülkelerde elde edilen ekonomik gelişmenin yanında genel enerji ve elektrik enerjisi tüketiminin hızlı bir şekilde artış



göstermesi dikkat çekmektedir. Bundan dolayı gelecek dönemlerde dünya genelinde ekonomik gelişmenin sağlanabilmesi için genel enerji ve elektrik enerjisi arzlarının artması gerektiği düşünülmektedir. Enerji üretiminde gerekli artışlar olmadığı takdirde ekonomik gelişmenin bundan olumsuz bir şekilde etkilenmesi kaçınılmaz bir son olacaktır (Berberoğlu, 1982, s.161-162).

Topyekün kalkınmayı hızlandırıcı özelliği ile 1970'li yıllardan bu yana dünya çapındaki bütün ülkelerin gündeminde yer alan enerji, kaynakları kısıtlı, ülke ihtiyacını ithalat yoluyla karşılamak zorunda olan ülkeler için kritik bir öneme sahiptir. Ülkeler, milli gelirleri arttıkça enerji tüketimlerini de artırmaktadır. Bu durum enerjinin önemli üretim faktörlerinin arasında yer aldığı bir göstergesidir. Genel olarak ekonomik refah beraberinde artan bir enerji tüketimini getirmektedir. Günümüzde kişi başına gelir düzeyleri yüksek olan ülkelerin genellikle kişi başına enerji tüketimleri de oldukça yüksek olmaktadır. Enerji planlarını, iktisadi planlamalardan soyutlandırmak, diğer sektörlerdeki gelişmeleri göz ardı ederek ele almak mümkün ve rasyonel bulunmamaktadır. Enerji planlarımızın ekonomik plan ile uyumlu olması, onun bir parçası olması, planın geçerliliği ve uygulanabilirliği açısından oldukça önemlidir (Aybar, 1990).

Tarihi gelişimi incelendiğinde elektriğe olan talep ekonomik büyüme ile yakından ilişkili olmuştur. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizleri bu ilişkiyi gelişmiş ülkeler için biraz zayıflatmış olsa da gelişmekte olan ülkelere ekonomik büyümenin gerçekleştiği ölçüde elektrik talebi artmaya devam etmiştir. Bunun nedenleri hem basit hem karmaşıktır. Basit olanı, gelişmekte olan ülkelere elektrik kullanımının uluslararası standartların çok altında olmasıdır. Karmaşık olanı ise, elektrik talebinin fiyat esnekliği düşük olduğu için petrol kriziyle fiyatın yükselmesine rağmen talepteki artıştır (Glen, 1992).

Günümüz ekonomilerinde yaşanan gelişmeler enerji talebini önemli ölçüde etkilemektedir. Her ülkedeki yurtiçi üretim artışları daha fazla enerji kullanımına neden olmaktadır. Bu yüzden, enerji kullanımı ve ekonomik gelişme arasındaki ilişkiye yönelik olarak yapılan her gelişmede bu iki değişken arasında önemli istatistiksel ilişkiler tespit edilmektedir (Berberoğlu, 1982).

Gelişmekte olan ülkelerdeki enerji ihtiyacının gelişmiş ülkelerle kıyasladığımızda daha fazla olduğu, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkide görülmektedir. Son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan çoğu ülkede ekonomik gelişme

ile enerji kullanımını arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için hesaplanan esneklik katsayısı özellikle gelişmekte olan ülkeler için 1'e yakın değerler taşımaktadır. Esneklik katsayısının 1 olması, ekonomide gerçekleşen %1'lik büyüme durumunda enerjiye olan genel talebin de %1 oranında artacağını ifade etmektedir. Elektrik enerjisi ile GSMH arasındaki ilişki, genel enerji ile GSMH arasındaki ilişkiden daha güçlüdür. Bu kapsamda, ekonomik gelişme elektrik tüketimi arasındaki esneklik katsayısı genellikle 1'den büyük olarak hesaplanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise, enerji tüketimi ile GSMH artışı arasında esneklik katsayısı genellikle 1'den düşük olarak hesaplanmaktadır. Enerji kullanım yoğunluğu olarak da belirtilen, her birim çıktı için kullanılan enerjinin gelişmekte olan ülkelerde, gelişmiş ülkeler göre daha fazla gerçekleşmesinde, ekonomik kalkınma hızı ile birlikte ekonomideki etkinsizlik önemli bir rol oynamaktadır (Kulalı, 1997).

Gelişmekte olan ülkeler, sanayileşme oranları arttıkça daha fazla enerji tüketeceklerdir. Fakat enerji kullanımında etkin olamama, teknoloji kullanımının geliştirilememesi ve bu ülkelerde hizmet sektörünün gelişmemesi, çıktı başına enerji kullanımını artırmaktadır. Bundan dolayı, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere kıyasla enerjinin etkin bir şekilde kullanılmamasının da etkisiyle, ilave enerji talebinde artış görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde enerji talebindeki hızlı artışa rağmen kapasite artışının sağlanamaması neticesinde, enerji arzı yetersiz kalmakta ve bundan dolayı sanayi üretiminde aksama ve enerji fiyatlarında artış gibi ekonomik rekabet gücünü düşürücü sonuçlar meydana gelmektedir (Glen, 1992).

## **2.6. Ekonomik Büyüme Enerji Tüketimi Arasındaki Nedenselliğe Yönelik Görüşler**

1970'lerde yaşanan enerji krizleri ve özellikle petrol fiyatlarındaki artışlar gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesini olumsuz bir şekilde etkilemiştir. 1970'lerin sonlarından itibaren enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Altınay ve Karagöl, 2004). Birçok çalışmada bu ilişki ele alınmasına rağmen herhangi bir görüş birliği sağlanamamıştır. Farklı ülke ve veri setleri ile çalışılması, kurulan model ve ekonometrik testlerin farklılık göstermesi gibi nedenlerden dolayı ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki hala tartışma konusu olmaktadır (Bildirici vd., 2012).

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiye yönelik bir takım politikalar geliştirilmektedir. Uygulanması planlanan enerji politikalarının etkili olabilmesi için değişkenler arasındaki ilişkinin yönü oldukça önemlidir. Literatürde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki; büyüme, koruma, geri besleme ve yansızlık olmak üzere dört hipoteze göre test edilmektedir. Bunlar (Durğun ve Durğun, 2018):

### **2.6.1. Büyüme (growth) hipotezi**

Büyüme hipotezi, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliği ifade etmektedir. Bu hipoteze göre, enerji kullanımındaki bir artış ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilerken; enerjide bir kısıtlama olduğu durumda ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Büyüme hipotezi, enerji tüketiminin doğrudan veya dolaylı bir şekilde üretim sürecindeki emek ve sermayenin bir tamamlayıcısı olmasından dolayı ekonomik büyümede önemli bir rolünün olduğunu savunmaktadır. Dolayısı ile enerjinin büyümede kısıtlayıcı faktör olduğu ve bu yüzden enerji arzındaki bir şokun ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkisinin olacağı sonucu çıkarılabilir (Öztürk, 2010). Enerji tüketimindeki artış reel GSYİH artışına neden oluyorsa ekonominin enerjiye bağımlı olduğu düşünülmektedir. Böyle bir durumda enerji tüketimini azaltan koruma politikaları reel GSYİH'yı olumsuz yönde etkileyebilir (Apergis ve Payne, 2009).

### **2.6.2. Koruma (conservation) hipotezi**

Saklama hipotezi de denilen bu hipotez, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedenselliği ifade etmektedir. Enerjiye az bağımlı olan ülkelerde enerji tüketimini koruma politikalarının büyüme üzerinde az olumsuz etkisinin olacağı veya hiçbir olumsuz etkisinin olmayacağını savunmaktadır. Koruma hipotezi, reel GSYİH'daki bir artış enerji tüketiminde bir artışa neden oluyorsa desteklenmektedir (Öztürk, 2010). Squalli (2007)'ye göre, siyasi istikrarsızlıklar veya kaynakların iyi yönetilememesi ve enerji tüketimi de dâhil olmak üzere mal ve hizmetlere olan talebin azalması ekonomik büyümede yavaşlamaya neden olabilir. Böyle bir durumda, ekonomik büyümedeki bir artışın enerji tüketimi üzerinde olumsuz etkisi olacaktır (Apergis ve Payne, 2009).

### **2.6.3. Geri besleme (feedback) hipotezi**

Çift yönlü nedensellik de denilen bu hipotez, enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin birbirleriyle ilişkili ve birbirini tamamlayan iki farklı değişken olduğunu savunmaktadır. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır. Bu durumda, enerji tüketimi verimliliğindeki iyileştirmelere yönelik enerji politikaları reel GSYİH'yı olumsuz yönde etkilemeyecektir (Apergis ve James, 2009).

### **2.6.4. Yansızlık (nötrality) hipotezi**

Bu hipotez, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını savunmaktadır. Yani enerji tüketimi ile ilgili korumacı ya da genişletici politikaların ekonomik büyüme üzerinde bir etkisi olmayacaktır. Bu yüzden bu hipotez enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişkinin olmaması ile desteklenmektedir (Öztürk, 2010). Apergis ve Payne (2009)'a göre bu hipotez, enerji tüketiminin toplam çıktının küçük bileşeni olduğunu varsaymaktadır. Bu yüzden enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ya çok küçük bir ilişki vardır ya da herhangi bir nedensel ilişki yoktur.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisinin olmaması enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki negatif etki ihtimalini ortadan kaldırmaktadır. Aksi bir durumda, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olması halinde enerji tüketimini azaltma yönündeki korumacı politikalar büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Aytaç, 2010).

### III. BÖLÜM

## TÜRKİYE'DE EKONOMİK BÜYÜME İLE YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARINDAN ELEKTRİK TÜKETİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

### 3.1. Metodoloji

Türkiye'yi baz alarak yapmış olduğumuz bu çalışmada 1990–2017 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Değişkenlerin öncelikle ortalamadan sapmanın önüne geçebilmek amacıyla logaritmaları alınmıştır. Değişkenlerin durağan olup-olmadığını incelemek amacıyla Augmented Dickey-Fuller ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. Ayrıca ele aldığımız dönemde yapısal kırılmalara neden olabilecek ekonomik olaylar yaşandığı için Zivot- Andrews yapısal kırılmalı birim kök testine başvurulmuştur. Daha sonra eşbütünleşme analizi için diğer eşbütünleşme analizleri ile karşılaştırdığımızda sahip olduğu (farklı düzeylerde durağan hale gelen değişkenlerle ve küçük örneklemlemlerle çalışılabilir olması) gibi avantajlarından dolayı ve bizim çalışmamızda da örneklem sayısı nispeten küçük olduğu için gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) yaklaşımı kullanılmıştır. Son olarak değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünü belirlemek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik analizi uygulanarak elde edilen bulgular doğrultusunda çıkarımlarda bulunulmuştur.

#### 3.1.1. Durağanlık kavramı ve testleri

Zaman serisine dayanan çalışmalarda genel olarak kullanılan zaman serileri durağan olarak varsayılmaktadır. Durağanlık terimi teknik olarak “ bir zaman serisinin ortalamasıyla varyansı zamanla düzenli bir biçimde değişmiyorsa o seri durağandır” şeklinde tanımlanmaktadır (Gujarati ve Porter, 2012, s. 22). Durağan zaman serileri oldukça önemlidir. Çünkü bir zaman serisi durağan değilse, onun davranışı yalnızca ele alınan dönem için incelenebilmektedir. Böyle bir durumda gelecek zaman dilimlerine genelleme yapılamaz. Dolayısıyla durağan olmayan zaman serileri uygulamada kestirim yapmaya elverişli değildir (Gujarati ve Porter, 2012, s. 741).

Zayıf durağanlığı açıklamak için  $Y_t$  değişkeni aşağıdaki özellikleri taşıyan olasılıklı bir zaman serisi olsun:

$$\text{Ortalama :} \quad E(Y_t) = \mu \quad (3.1)$$

$$\text{Varyans :} \quad \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (3.2)$$

$$\text{Ortak Varyans :} \quad \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (3.3)$$

$\gamma_k$ , k gecikme ile ortak varyans olup  $Y_t$  ve  $Y_{t+k}$  arasındaki yani aralarında k dönem fark olan iki Y değeri arasındaki ortak varyanstır (Gujarati ve Porter, 2012, s. 740). Bu özellikleri taşıyan zaman serileri durağan olarak adlandırılmaktadır. Ekonometrik çalışmalarda zaman serilerinin durağanlığı birçok yöntemle sınanabilmektedir. Bunlardan en önemlisi birim kök testleridir. Birim kök testleri serinin birim kök içerip içermediğinin sınanması olarak tanımlayabiliriz. Birçok birim kök testi bulunmakla beraber bunlardan en önemlileri Dickey-Fuller birim kök testi, Augmented Dickey-Fuller birim kök testi ve Phillips-Perron birim kök testleridir.

### 3.1.1.1. Dickey-Fuller (DF) birim kök testi

Eşitlik (3.4)'deki model birinci dereceden otoregresif AR(1) modelidir. Bağımlı değişkenin geçmiş dönem değeri ile olan ilişkisi olarak kurulan modelde bağımlı değişken olarak yer alan  $Y_t$  değişkeninin geçmişteki değeri  $Y_{t-1}$  ile ifade edilirken,  $u_t$  stokastik hata terimini ifade etmektedir. Dickey-Fuller birim kök denklemini elde etmek için bu denklemden faydalanılmaktadır (Tarı, 2011, s. 388).

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (3.4)$$

Buradaki  $u_t$  beyaz gürültü hata terimidir.  $\rho = 1$  olması durumunda yani birim kök durumunda durağan olmayan olasılıklı bir süreç ile karşı karşıya kalmaktayız. Tahmin edilen  $\rho$ 'nin istatistiki açıdan 1'e eşit olup olmadığını bulmak için eşitliği değiştirmemiz gerekmektedir. Bunun için (3.4) eşitliğinin her iki tarafından  $\Delta_t$ 'nin bir dönem gecikmeli değeri  $\Delta_{t-1}$ 'i çıkarırsak;

$$Y_t - Y_{t-1} = pY_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \quad (3.5)$$

$$Y_t - Y_{t-1} = (p-1) Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \quad (3.6)$$

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (3.7)$$

Burada  $\delta = (p - 1)$  ve  $\Delta$  ise bildiğimiz fark işlemcisini belirtmektedir (Gujarati ve Porter, 2012, s. 754-755). Yeni elde ettiğimiz eşitlik (3.7) için hipotezimiz aşağıdaki gibi kurulmaktadır;

$H_0 : \delta = 0$  ( $p = 1$ , seri birim köke sahiptir – yani seri durağan değildir )

$H_1 : \delta < 0$  ( $p < 1$ , seri birim köke sahip değildir – yani seri durağan değildir )

Bir serinin durağanlık sınaması şu şekilde araştırılmaktadır: bu testte hipotez (3.4) nolu eşitliğe göre  $H_0 : p = 1$  şeklinde kurulurken (3.7) nolu eşitliğe göre  $H_0 : \delta = 0$  şeklinde kurulmaktadır. Bu durum serinin durağan olmadığını göstermektedir.  $H_0$  hipotezi altında  $t$  istatistiğinin tutarlı olabilmesi için serilerin durağan olması gerekmektedir.  $t$  testi 0 etrafında dağıldığı için bu durumda  $t$  testi kullanılamamaktadır. Bundan dolayı  $H_0$  'ın incelenmesine kendi makalelerinde kullandıkları tau testi kendi isimlerini verdikleri Dickey-Fuller birim kök testi olarak ifade edilmekte ve üç farklı hipotez ile test edilmektedir (Tarı, 2011, s. 389):

Sabit Terimsiz ve Trendsiz Model:  $\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$

Sabit Terimli Model:  $\Delta Y_t = B_1 + \delta Y_{t-1} + u_t$

Sabit Terimli ve Trendli Model:  $\Delta Y_t = B_1 + B_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t$

Yukarıda belirtilen üç model için hipotezler aynı kurulmakta ve  $H_0$  hipotezinin kabul edilmemesi durumunda  $Y_t$  serisi birim kök içermiyor durağandır şeklinde yorumlanmaktadır.

### 3.1.1.2. Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi

Dickey-Fuller birim kök testinde  $u_t$  hata terimlerinin ardışık ilişkisiz olduğu varsayılmaktaydı. Fakat  $u_t$  'nin ardışık ikili olduğu durum için Dickey ve Fuller, Augmented (genişletilmiş) Dickey-Fuller (ADF) birim kök testini geliştirmiştir. Bu test bağımlı değişken  $\Delta Y_t$  'nin gecikmeli değerlerinin DF'deki üç eşitliğe eklenerek bunların genişletilmeleriyle uygulanmaktadır ve şu şekildedir (Gujarati ve Porter, 2012, s. 757):

$$\text{Sabit Terimsiz ve Trendsiz Model:} \quad \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{Sabit Terimli Model:} \quad \Delta Y_t = B_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{Sabit Terimli ve Trendli Model:} \quad \Delta Y_t = B_1 + B_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Burada  $\varepsilon_t$  saf beyaz gürültü hata terimini belirtmektedir. Bu üç durum için hipotezlerimiz aynı kurulmaktadır ve şu şekildedir:

$$H_0 : \delta = 0 \text{ (} p = 1, \text{ seri birim köke sahiptir – yani seri durağan değildir )}$$

$$H_1 : \delta < 0 \text{ (} p < 1, \text{ seri birim köke sahip değildir – yani seri durağan değildir )}$$

$H_0$  hipotezinin kabulü durumunda seri durağan değilken;  $H_0$  hipotezinin reddedilmesi durumunda ise  $Y_t$  serisi durağandır.

### 3.1.1.3. Phillips-Perron (PP) birim kök testi

DF testinde  $u_t$  hata terimlerinin bağımsız ve özdeş dağıldığı varsayılmaktadır. ADF testinde ise bağımlı değişkenin gecikmeli fark terimlerini ekleyerek hata terimlerinde olası bir ardışık ilişkiyi hesaba katıp DF sınamasını düzeltilmektedir. Phillips ve Perron hata terimindeki ardışık ilişkiyi göz önünde bulundurmak için gecikmeli fark değerlerini eklemeyen” katsayısal olmayan istatistik yöntemleri” ni kullanmaktadır. PP testinin kavuşmaz dağılımı ADF test istatistiğinininki ile aynı olduğu için benzer sonuçlar vermektedir (Gujarati ve Porter, 2012, s. 758) .

Bir testin güçlü yanı, yanlış olan hipotezi reddetme olasılığı ile ölçülmektedir. DF testlerinin bu bakımdan gücü düşüktür. Çünkü bu testler birim kök ve yakın birim kök



arasında ayırım yapmakta yetersiz kalmaktadır. Testin gücünün düşük olması veri aralığının genişletilmesiyle çözümlenebilmektedir. Buna ek olarak ADF testinde test denklemindeki terimlere ilave farklarının eklenmesi gerekmektedir. Burada da serbestlik derecesi ve test sürecinin gücünde azalma gibi problemlere neden olmaktadır. Bu eksikliklerden yola çıkarak oluşturulan PP testi, DF ve ADF testlerinin hata terimlerine yönelik varsayımlarına göre daha esnektir. DF ve ADF testlerinde hata teriminin bağımsız ve sabit varyanslı olduğu kabul görmektedir. PP'nin DF'nin hata terimleri ile ilgili varsayımının genişletilmiş hali şu şekildedir:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + u_t \quad (3.8)$$

$$Y_t = a_0 + Y_{t-1} + a_2 (t - T/2) + u_t \quad (3.9)$$

Burada T gözlem sayısını,  $u_t$  hata terimlerinin dağılımını ifade etmektedir ve hata teriminin ortalaması sifıra eşittir. PP testinde “hata terimleri arasında içsel bağıntının olmadığı (serial correlation) veya homojenlik varsayımı” terk edilerek, hata terimlerinin zayıf bağımlılığı ve heterojen dağılımı kabul edilmiştir. Buradan hareketle “Phillips-Perron, DF t istatistikleri geliştirilmesinde hata terimlerinin varsayımları konusundaki sınırlandırmaları dikkate almamıştır”. (Tarı, 2011, s. 400).

#### **3.1.1.4. Zivot–Andrews (ZA) yapısal kırılmalı birim kök testi**

1990–2017 dönemini kapsayan verileri kullandığımız çalışmamız, Türkiye ekonomisinde 1994, 2000 ve 2001 krizlerinin yaşandığı dönemi kapsamaktadır. Bu krizlerin kullanmış olduğumuz GSYİH, K, L, RELC ve URELC değişkenleri üzerinde neden olabilecekleri olası bir yapısal kırılmanın göz önünde bulundurularak bu değişkenlerin durağanlık özelliklerinin tespit edilmesinde verilerdeki kırılma dönemlerini dikkate alan bir testin kullanılmasının yararlı olabileceği düşünülmüştür.

Bu amaçla uygulayabileceğimiz testlerden biri olan Perron (1989); yapısal bir kırılmaya izin veren birim kökleri test etmek için resmi prosedür geliştirmiştir. Perron (1989) birçok makroekonomik zaman serisinin birim kökle karakterize edilemeyeceğini, sadece 1929 ekonomik buhranı ve 1973 petrol fiyatı şoku gibi iki önemli ekonomik olayın çeşitli makroekonomik değişkenler üzerinde kalıcı etki yarattığını, bunun dışında

dalgalanmaların deterministik bir trend fonksiyonu etrafında durağan olduğunu belirtmiştir. Bu iki dalgalanma çeşitli serilerin temel veri oluşturma mekanizmasını gerçekleştirmediği için bu dalgalanmaları dışsal olarak modele dahil etmiştir (Perron,1989).

Perron'un çalışması, kırılma noktasının dışsal olarak belirlendiği başka bir deyişle önsel olarak bilindiği gerçeğine dayanarak, literatürde bazı eleştiriler almıştır. Bu eleştirilerin temelinde dışsal olarak belirlenen kırılma tarihinin veriden bağımsız olduğu varsayılan test stratejisiyle tutarlı olmaması yatmaktadır (Libanio, 2005). Bu eleştirilerden yola çıkarak yapısal değişimlerin içsel olarak tahmin edildiği bir çok birim kök testi geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan ve çalışmamızda kullandığımız Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen Zivot-Andrews (ZA) birim kök testi, Perron (1989) yapısal kırılma testindeki kırılmanın dışsal olarak belirlenmesinin aksine kırılma noktasının içsel olarak tahmin edildiği birim kök testidir bu yüzden daha üstün görülmektedir. ZA birim kök testi için aşağıdaki modeller ele alınmaktadır (Zivot ve Andrews, 1992, s. 254);

Model A:

$$\Delta y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \theta_1 DU_t(\lambda) + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3.10)$$

Model B:

$$\Delta y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \gamma_1 DT_t(\lambda) + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3.11)$$

Model C:

$$\Delta y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \theta_1 DU_t(\lambda) + \gamma_1 DT_t(\lambda) + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3.12)$$

Model A ortalamada, Model B eğimde, Model C ise hem ortalamada hem de eğimde meydana gelen yapısal değişimleri ifade etmektedir. Denklem (3.10), (3.11) ve (3.12)'de yer alan  $\Delta$  fark operatörünü,  $\varepsilon_t$  otokorelasyonsuz ve normal dağılımlı hata terimini,  $t$  zamanı ( $t=1,2,\dots,T$ ) ifade etmektedir. Denklemlerin sağ tarafında yer alan  $\Delta y_{t-j}$  terimi hata teriminin otokorelasyonsuz olmasını sağlamak için modele dahil edilmektedir.  $\lambda = T_B/T$  ve  $\lambda \in [0.15,0.8]$  olmak üzere  $T_B$  kırılma noktasını göstermektedir. Kırılma noktası  $T_B$  'de temel hipotez testi için t-istatistik değeri

minimumdur. ZA testine göre birim kök sınaması  $y_{t-1}$  'in katsayısının istatistiksel olarak anlamlılığı ile test edilmektedir. t-istatistik değeri ZA kritik değerinden mutlak değerce daha büyük ise bahsi geçen değişkenin durağan olmadığı temel hipotezi reddedilir.

$$DU_t(\lambda) = \begin{cases} 1 & \text{ise } t > TB \\ 0 & \text{tersi durumda} \end{cases}$$

ve

$$DT_t(\lambda) = \begin{cases} t - TB & \text{ise } t > TB \\ 0 & \text{tersi durumda} \end{cases}$$

ZA testi uygulaması yapılırken öncelikle Model C tahmin edilmektedir. *DU* ve *DT* gölge değişkenlerine ait parametrelerin anlamlılığına göre uygun model tercih edilmektedir. *DU* ve *DT* gölge değişkenlerinin her ikisi de anlamlı ise Model C, sadece *DU* anlamlı ise Model A ve sadece *DT* anlamlı ise Model B'nin tahmin edilmesi uygun olmaktadır. Bu modellerin hangisinin üstün olduğu konusunda bir fikir birliği olmamakla birlikte uygulamada genellikle Model A ve Model C kullanılmaktadır. Diğer birim kök testlerinde olduğu gibi ZA testi de gecikme uzunluğuna duyarlıdır (Yavuz, 2006, s. 166). ZA testinde sınanacak hipotezler aşağıdaki şekildedir:

- <sub>0</sub>: Seri birim köklü (Yapısal kırılma olmadan seri birim köklü)
- <sub>1</sub>: Seri içsel olarak belirlenen bir yapısal kırılma ile durağandır

### 3.1.2. Eş bütünleşme analizi

Yapılan birçok ekonomik analizle ekonomik değişkenler arasında uzun dönemli veya bir denge ilişkisinin varlığı tespit edilebilmektedir. Eşbütünleşme, ekonomik değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin istatistiksel olarak ortaya konulmasıdır. Başka bir deyişle eşbütünleşme, "iki veya daha fazla durağan dışı değişken arasında uzun dönemli birlikte hareket ettikleri bir denge ilişkisini ortaya koymaktadır". İki veya daha fazla durağan dışı değişken arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığına yönelik

yapılacak bir araştırma değişkenlerin eşbütünleşik olmalarına bağlıdır (Sevüktekin ve Çınar, 2014, s. 557-559). ‘‘Düzey değerinde durağan olmayan değişkenler aynı dereceden durağan hale geliyorsa ve bunların doğrusal bileşimi durağansa bu seriler eşbütünleşiktir. Eşbütünleşme analizi durağan olmayan serilerin uzun dönemde bir denge noktasına gelip-gelmediğini araştırmaktadır. Eşbütünleşme analizinin yapılabilmesi için değişkenlerin aynı dereceden durağan olması gerekmektedir. Değişkenler eşbütünleşik ise uzun dönemde birlikte hareket ettikleri söylenebilir’’ (Yıldirtan, 2010, s. 247).

İki veya daha fazla durağan dışı değişken arasında uzun dönemli bir ilişki yoksa bu durumda tahmin edilen regresyon modeli sahte regresyon modeli olacaktır. Genellikle sahte regresyon durumunda tahmin edilen modelden iyi sonuçlar elde edilmektedir. Fakat bu sonuçların ekonomik olarak yorumlanması zordur. Temel sebep ise değişkenlerin birbiriyle ilişkili olması değil, bu iki veya daha fazla durağan dışı değişkenin tesadüfi olarak aynı yönde hareket etmesidir. Sahte regresyondan kaçınmak için iki yol izlenebilir. Bunlardan ilki durağan dışı değişkenleri durağanlaştırarak kullanmaktır. En yaygın olarak kullanılan durağanlaştırma işlemi fark alma işlemidir. Fakat fark alma işlemi değişkenlerin uzun dönem ilişkilerini yok ettiği için ikinci yol olan değişkenlerin eşbütünleşik olması ile sahte regresyondan kaçınılabılır. Makroekonomik zaman serilerinin çoğunlukla durağan dışı olması nedeniyle iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek için eşbütünleşme analizi kullanılmaktadır. Bu durumu basit bir örnekle açıklamak gerekirse (Sevüktekin ve Çınar, 2014, s. 559-560):

$$Y_t = B_0 + B_1 X_t + \varepsilon_t \quad (3.13)$$

regresyon denkleminde  $X_t$  ve  $Y_t$  birinci dereceden I(1) bütünleşik değişkenleri ifade etmektedir. Bu değişkenlerin eşbütünleşik olması için hata terimi ( $\varepsilon_t$ ) ‘nin durağan olması gerekmektedir. Denklem (3.13)’den elde edilen hata terimi:

$$\varepsilon_t = Y_t - B_0 - B_1 X_t \quad (3.14)$$

biçiminde hesaplanmakta ve denge sapması olarak isimlendirilmektedir. Sonuç olarak hata teriminin sıfırinci dereceden bütünlük I(0) olması,  $X_t$  ve  $Y_t$ 'nin eşbütünlük olduğu anlamına gelmektedir.

### 3.1.2.1. Gecikmesi dağıtılmış otoregresif sınır testi (ARDL) yaklaşımı

Zaman serisi verileri barındıran regresyon analizinde, regresyon model bağımsız değişkenlerin sadece cari dönem değerlerini değil aynı zamanda gecikmeli değerlerini de bulunduruyorsa bu modele gecikmesi dağıtılmış model (distributed lag model) olarak adlandırılmaktadır. Eğer model bağımlı değişkenin de bir veya daha fazla gecikmeli değerini bulunduruyorsa bu model otoregresif model olarak adlandırılmaktadır (Gujarati ve Porter, 2009, 617).

Distributed Lag Model :

$$Y_t = a + B_0 X_t + B_1 X_{t-1} + B_2 X_{t-2} + u_t$$

Otoregresif Model (Dinamik Model) :

$$Y_t = a + B X_t + \gamma Y_{t-1} + u_t$$

Genellikle iktisadi zaman serileri, durağan olmayan süreçlere sahiplerdir (Johansen ve Juselius, 1990, s. 170). Durağan olmayan zaman serileriyle yapılan analizlerde sahte regresyon sorunuyla karşılaşmaktadır (Granger ve Newbold, 1974). Serilerde durağanlığın sağlanması için fark alma işlemi uygulanmaktadır. Fakat fark alma işlemi sonucunda serilerde bilgi kaybı olurken, seriler arasında var olan ilişkinin ortadan kalkması sorunuyla karşılaşabilmektedir (Tarı ve Yıldırım, 2009). Bundan dolayı düzeyde durağan olmayan en az iki serinin durağan bir bileşimi olduğunu ifade eden eşbütünlük analize başvurulmaktadır (Eriçok ve Yılancı, 2013, s. 95).

Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelediğimiz bu çalışmamızda eşbütünlük analizi için Peseran vd.(2001) tarafından literatüre kazandırılan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (autoregressive distributed lag - ARDL) sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Engle-Granger, Johansen gibi eşbütünlük testlerinde kullanılan serilerin aynı seviyede durağan olmaları gerekliliği vardır. Fakat Peseran vd.(2001) tarafından kazandırılan sınır testi yaklaşımıyla bu gereksinim ortadan kalkmıştır. Bununla birlikte bu testin diğer eşbütünlük testlerine göre bir takım avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar şu şekildedir:

1- Modelde kullanılacak değişkenlerin I(0) veya I(1) olup olmasına bakılmaksızın sınır testini uygulanabilmektedir. Bundan dolayı sınır testi uygulamasından önce değişkenlerin durağanlığını test etmeye gereksinim duyulmamaktadır. Ancak, Pesaran vd. (2001)'deki kritik değerler değişkenlerin I(0) veya I(1) durumuna göre tablo haline getirildiği için değişkenlerin I(2) veya daha büyük olma ihtimaline karşı birim kök testleri uygulanması gerekmektedir (Eriçok ve Yıllancı, 2013, s. 95). Çünkü ARDL sınır testi yaklaşımı değişkenlerin I(0) veya I(1) olması durumunda kullanılmaktadır (Çağlayan, 2006, s. 427).

2- Ayrıca bu testte değişkenlerin bütünleşme düzeyleri ile ilgilenilmemesinin yanı sıra, diğer bir avantajı da incelenen gözlem aralığı az olsa bile küçük bir örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalara uygulanabilmesidir. ARDL modelinde kısıtsız hata düzeltme modeli (UECM) kullanıldığı için, iki aşamalı Engle- Granger testine göre daha iyi istatistiksel özelliklere sahiptir. Aynı zamanda küçük örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalarda Johansen ve Engle-Granger testlerine göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Narayan ve Narayan, 2005, s. 429).

ARDL sınır testinde üç aşamadan bahsetmek mümkündür. İlk aşama olarak eşitlikteki değişkenler arasında uzun dönem ilişkinin olup-olmadığı analiz edilir. Daha sonra eşbütünleşme ilişkisinin varlığı koşulu altında, ikinci ve üçüncü adımlarda sırasıyla uzun ve kısa dönem elastikiyetleri test edilmektedir (Narayan ve Smyth, 2006, s. 337).

Değişkenler arasındaki uzun vadeli ilişkinin yönü hakkında önceden herhangi bir bilgiye sahip olmadan, sınırsız hata düzeltme modeli kurulmaktadır (Narayan ve Narayan, 2005, s. 430). Sınırsız hata modelinin çalışmamıza uyarlanmış şekli aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \Delta \text{LogGSYİH}_t = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_{1i} \Delta \text{LogGSYİH}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{2i} \Delta \text{LogK}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{3i} \Delta \text{LogL}_{t-i} + \\ \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{4i} \Delta \text{LogRelc}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{5i} \Delta \text{LogUrelc}_{t-i} + \beta_1 \text{LogGSYİH}_{t-1} + \beta_2 \text{LogK}_{t-1} + \beta_3 \text{LogL}_{t-1} + \\ \beta_4 \text{LogRelc}_{t-1} + \beta_5 \text{LogUrelc}_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (3.15)$$

Modelde yer alan LogGSYİH Gayri Safi Yurtiçi Hasıla değişkeninin, LogK sabit sermaye oluşumu değişkeninin, LogL toplam işgücü değişkeninin, LogRelc

yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi değişkeninin ve LogUrelc ise yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi değişkeninin logaritmik formunu ifade etmektedir.  $\Delta$  ifadesi, birinci dereceden farkları ifade etmektedir.

Modelde, bağımlı değişken LogGSYİH'nın farkı kullanılmaktadır. Açıklayıcı değişkenler LogK, LogL, LogRelc ve LogUrelc iki grupta ele alınabilmektedir. Birinci grupta içlerinde bağımlı değişkenin de bulunduğu açıklayıcı değişkenlerin farkları ve bu farkların gecikmeleri bulunmaktadır. Bu grupta sadece bağımlı değişkenin farkı birinci gecikmede, diğerleri ise sıfırıncı gecikmeden başlamaktadır. İkinci grupta ise bütün açıklayıcı değişkenlerin birinci gecikmeleri yer almaktadır (Esen vd.,2012, s. 257). Modelimizde eşbütünleşmenin varlığını test etmek için kullandığımız ARDL sınır testi yaklaşımında ilk olarak denklemde m olarak belirtilen gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Gecikme uzunluğu belirlenirken Schwarz- Bayesian ve Akaike Bilgi Kriterlerinden faydalanılmaktadır. ARDL eşbütünleşme analizinin sınır testi F veya Wald istatistiğine dayanmaktadır. Test hipotezi şu şekilde kurulmaktadır:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0 \quad (\text{Eş Bütünleşme Yoktur})$$

$$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq 0 \quad (\text{Eş Bütünleşme Vardır})$$

Elde edilen anlamlılık düzeyi için Peseran vd.(2001) çalışmasındaki F istatistiğinin alt ve üst sınır değerleri ile karşılaştırılır. İlk olarak F istatistik değeri üst sınır değerinden büyük olması durumunda temel hipotez reddedilerek alternatif hipotez kabul edilir yani değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin olduğu; F istatistik değerinin alt sınır değerinden küçük olması durumunda temel hipotez kabul edilir yani değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmaktadır. Son olarak F istatistik değerinin alt ve üst değerlerinin arasında kalması durumunda ise kesin bir yorum yapılamamaktadır. Böyle bir durumda değişkenlerin eş bütünleşme derecelerini göz önünde bulunduran diğer yöntemlere başvurulması önerilmektedir. ‘‘Sınır Testinin sağlıklı sonuç vermesi için incelenen modelin hata terimleri serisinde ardışık bağımlılık olmaması gerekmektedir’’. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkiyi incelemek için ARDL Modeli (Çağlayan, 2006, s. 426):

$$\begin{aligned} \text{LogGSYİH}_t = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_{1i} \text{LogGSYİH}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{2i} \text{LogK}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{3i} \text{LogL}_{t-i} + \\ \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{4i} \text{LogRelc}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{5i} \text{LogUrelc}_{t-i} + u_t \end{aligned} \quad (3.16)$$

şeklinde tahmin edilmektedir. Değişkenler arasındaki kısa dönem ilişki ARDL yaklaşımına dayanan hata düzeltme modeli yardımı ile analiz edilmektedir şu şekilde tahmin edilmektedir (Çağlayan, 2006, s. 427).

$$\begin{aligned} \Delta \text{LogGSYİH}_t = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_{1i} \Delta \text{LogGSYİH}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{2i} \Delta \text{LogK}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{3i} \Delta \text{LogL}_{t-i} + \\ \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{4i} \Delta \text{LogRelc}_{t-i} + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{5i} \Delta \text{LogUrelc}_{t-i} + \lambda \text{HDT}_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (3.17)$$

Modelin 1 numaralı modelden farkı modele hata düzeltme terimi (HDT) eklenmiş olmasıdır. Bu terim uzun dönem ilişkinin elde edildiği modelin kalıntılarının bir gecikmeli değerini ifade etmektedir (Esen vd., 2012, s. 258). Bu değişkenin katsayısı ( $\lambda$ ), kısa dönemde meydana gelen bir dengesizliğin ne kadarının uzun dönemde düzeltileceğini belirtmektedir. Hata düzeltme modelinin kararlılığının sağlanması için hata düzeltme değişkeninin katsayısının negatif işaretli ve anlamlı olması beklenmektedir (Çağlayan, 2006, s. 427).

### 3.1.3. Nedensellik analizi

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkileri ile ilgilenmektedir. Fakat bu bağımlılık mutlaka nedensellik ilişkisi anlamına gelmemektedir. Yani bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki bağımlılık ilişkisi neden-sonuç ilişkisini ifade etmemektedir. İstatistiksel olarak ele alındığında, iki değişken arasındaki sıkı bir ilişki bir birlikliği belirtirken nedensellik ilişkisi ise iktisat teorisi tarafından doğrulanması gerekmektedir. Regresyon analizinde değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkisi araştırıldığı zaman, bağımlı ve açıklayıcı değişken ayrımı ile başlangıçta ilişkilerin yönü ile ilgili ön koşul bulunurken; nedensellik analizinde bu tür bir ön koşul olmaksızın



ilişkilerin yönü analiz edilmektedir. İktisadi değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisi ve bu ilişkilerin yönü nedensellik testleri ile analiz edilmektedir (Tarı, 2011, s. 436) .

### 3.1.3.1. Toda Yamamoto nedensellik analizi

Toda- Yamamoto testi (Vector Autoregression) VAR modeline dayanmaktadır. Analizde kullanılan değişkenlerin durağanlık sınaması yapılmasına gerek duymadan düzey değerlerin yer aldığı modelin tahmin edilmesine imkân vermektedir. Yani değişkenlerin durağan olmaması ya da eş bütünleşme ilişkisine sahip olmaları analizi herhangi bir şekilde etkilememektedir. Bu analizde VAR modelinin ve uygun gecikme uzunluğu ( $m$ ) ve analizde kullanılan değişkenlerin en büyük durağanlık derecesi ( $d_{\max}$ ) belirlenmesinin ardından  $(m+d_{\max})$  boyutunda bir VAR modeli tahmin edilmektedir. Tahmin edilen VAR  $(m+d_{\max})$  modeli şu şekilde oluşturulmaktadır (Gazel, 2017, s. 291-292):

$$Y_t = \varphi + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{3i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{4i} Y_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (3.18)$$

$$X_t = \varphi + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \alpha_{4i} Y_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (3.19)$$

Eşitliklerde yer alan  $(m)$  optimal gecikme uzunluğunu,  $(d_{\max})$  maksimum bütünleşme derecesini ve  $(\varepsilon_{1t}$  ve  $\varepsilon_{2t})$  sıfır ortalama ve sabit kovaryans matrisine sahip olduğu varsayılan hata terimini ifade etmektedir. Optimal gecikme uzunluğu bilgi kriterleri, maksimum bütünleşme derecesi ise birim kök testleri yardımı ile belirlenmektedir. Değişkenler arasındaki karşılıklı nedensellik ilişkisinin varlığını belirlemek için  $H_0: \alpha_{1t} = 0$  ve  $H_0: \alpha_{2t} = 0$  hipotezleri düzenlenmiş (modified) WALD test istatistiği ile sınanmaktadır. Hesaplanan MWALD test istatistik değeri  $k$  serbestlik dereceli  $\chi^2$  tablo değerinden büyük olması durumunda bahsi geçen hipotezler reddedilmektedir (Gazel, 2017, s. 292).

## 3.2. Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki ilişkileri İnceleyen Ampirik Çalışmalar

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür geçmişi 1970'lere dayanmaktadır. 1970'li yıllarda yaşanan enerji şoklarına paralel olarak enerji fiyatlarında da ani bir şekilde artışların yaşanması, dünya genelinde ülkelerin büyüme hızlarını olumsuz etkilemiş ve enerji tasarruf süreçlerinin uygulanmasını gerekli hale getirmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda farklı ülke ve ülke grupları için enerji tüketimini

ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Ancak 1985 yılından sonra petrol şoklarının ekonomi üzerindeki

etkisinin git gide azalması ile yapılan bu çalışmalar da yavaşlamıştır. 1990'lı yıllardan sonra gerek fosil yakıtlara dayalı enerji kaynaklarının aşırı kullanımı sonucu meydana gelen küresel ısınma ve çevre kirliliği sorunları, gerekse kaynakları sınırlı olan fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi enerji konusunu bir kez daha gündemin merkezine oturtmuştur. Aşırı fosil yakıt tüketimi sonucu meydana gelen çevre sorunlarını engellemek için uygulanan yeni çevre politikaları doğrultusunda enerji üretimin önemli bir girdisi haline gelirken, bu gelişme ile birlikte enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi test etmeye yönelik yapılan çalışmaların sayısı da artmıştır (Çiçekçi, 2010, s. 50).

Literatürde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda farklı ekonometri yöntemlerin kullanılması, veri setinin farklı olması ve ele alınan ülkelerin karakteristik özelliklerinden dolayı elde edilen sonuçlar da farklılık göstermektedir. Bu çalışmalardan ilki Kraft ve Kraft (1978) tarafından 1947–1974 yılları arasındaki dönem için ABD'nin enerji tüketimi ile GSMH'sı arasındaki ilişki Sims'in Nedensellik analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kraft ve Kraft yapmış oldukları bu çalışmada ABD'de GSMH' dan enerji tüketimine doğru Koruma Hipotezi'ni destekleyen tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulmuştur .

Alper ve Oğuz (2015), yeni AB üyesi olmuş bir grup ülke (Bulgaristan, Macaristan, Romanya, Estonya, Polonya, Slovenya, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti) için 1990-2009 dönemini kapsayan Pesaran ve Hatemi-J tarafından geliştirilen Autoregressive Distributed Lag (ARDL) ve Asymmetric Nedensellik Test yöntemini kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında ele alınan ülkelerin tümü için yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu fakat istatistiksel olarak ekonomik büyüme üzerindeki önemli etkinin sadece Bulgaristan, Estonya, Polonya ve Slovenya için olduğu yönündedir. Ayrıca Kıbrıs, Macaristan, Polonya ve Slovenya için nedensellik ilişkisi bulunamamış; Çek Cumhuriyeti için koruma hipotezini destekleyen ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü bir ilişki saptanmış, Bulgaristan için ise yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik saptanmıştır.

Kar ve Kınık (2008), Türkiye için yapmış oldukları çalışmalarında 1975–2005 dönemi için, elektrik tüketimi içerisinde toplam elektrik tüketimi, sanayi elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zaman

serileri analizindeki gelişmeleri dikkate alarak incelemişler ve Johansen eş-bütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modelini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre toplam, sanayi ve mesken elektrik tüketimleri ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu Johansen eş-bütünleşme testi ile saptanmıştır. Nedenselliğin yönü ise vektör hata düzeltme modeli ile nedenselliğin yönünün elektrik tüketimlerinden ekonomik büyümeye doğru olduğu saptanmıştır. Ayrıca sadece mesken elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu saptanmıştır.

Karagöl vd., (2007), Türkiye’de elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 1974-2004 dönemini için inceledikleri çalışmalarında ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi serileri farklı derecelerden durağan [ $I(0)$  ve  $I(1)$ ] oldukları için aralarındaki ilişki Pesaran vd.’nin geliştirmiş olduğu sınır testi yaklaşımı ile incelenmiştir. Bu yaklaşıma göre değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisi tespit edilmiş, kısa dönemde pozitif bir ilişki çıkmasına rağmen uzun dönemde negatif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

Özata (2010), Türkiye’de 1970–2008 dönemi için yapmış olduğu çalışmasında enerji tüketimi ile Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) arasındaki nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Değişkenlerin durağanlığını test etmek için birim kök testleri, nedensellik analizi için Granger testi, uzun dönemdeki ilişkilerin belirlenmesi için eş-bütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modeli kullanılmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisi olduğu ve reel GSMH’ dan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Terzi (1998), Türkiye için 1950–1991 dönemine ait yıllık verilerle yapmış olduğu çalışmada Engle-Granger eş-bütünleşme yöntemiyle elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ticaret ve sanayi sektörleri için incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre kısa ve uzun dönemde gelir ve fiyat esnekliklerinin inelastik olduğu belirlenmiştir. Hata düzeltme modeli çerçevesinde uygulanan nedensellik testine göre GSYİH ile toplam elektrik tüketimi arasında çift yönlü bir nedensel ilişkinin olduğu tespit edilirken; sektörel seviyede ise sanayi ve ticari elektrik tüketimi ile GSYİH arasında anlamlı ve çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Ulusoy (2006), Türkiye için yapmış olduğu çalışmasında Granger nedensellik testini kullanarak enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini tespit etmeye çalışmıştır. Bu etkileşimi desteklemek amacıyla çalışmada petrol, elektrik

ve doğal gaz bazında sektörel tüketimle ekonomik büyüme arasındaki etkileşim de ele alınmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre her türlü enerji kaynağının büyümeyi doğrudan değil de yatırımların milli hasıla içerisindeki payının artırılması yoluyla gerçekleştiğini görülmektedir. Aynı zamanda ekonomik büyümenin de enerji tüketimini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mucuk ve Uysal (2009), bu çalışmada Türkiye için 1960–2006 dönemine ait yıllık reel GSMH ve enerji tüketim verilerini kullanarak enerji tüketimi ve büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi eş-bütünleşme ve Granger nedensellik testleri kullanarak analiz etmektedir. Ayrıca analizlerde birim kök testi, etki– tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre birinci farklarında durağan olan seriler uzun dönemde eşbütünleşik yani birlikte hareket etmekte; Granger nedensellik test sonuçları da değişkenler arasındaki var olan ilişkinin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru gerçekleştiğini ve enerji tüketiminin büyümeyi pozitif yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Apergis ve Payne (2011), 16 gelişmekte olan ülke ekonomileri için yaptıkları bu çalışmada 1990–2007 dönemine ait yıllık verilerle yenilenebilir ve yenilenemez elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi çok değişkenli panel çerçevesiyle incelemişlerdir. Pedroni'nin geliştirmiş olduğu heterojen panel kointegrasyon testi sonuçlarına göre reel GSYİH, yenilenebilir elektrik tüketimi, yenilenemez elektrik tüketimi, reel brüt sabit sermaye oluşumu ve işgücü arasında uzun dönem denge ilişkisi tespit edilmiştir. Fakat yenilenebilir elektrik tüketimi uzun dönem esneklik tahmini pozitif iken istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Panel hata düzeltme sonuçlarına göre kısa dönemde ekonomik büyümeden yenilenebilir elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik gözlemlenmişken uzun dönemde çift yönlü nedensellik gözlemlenmiştir. Ayrıca hem kısa dönemde hem de uzun dönemde yenilenemez elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Soytaş vd. (2001), 1960–1995 yılları arasındaki yıllık enerji tüketimi ve GSYİH veri setiyle Türkiye için nedensellik analizi yapmışlardır. Analizlerinde Johansen eş-bütünleşme testi ve Vektör Hata Düzeltme modelini kullanmışlardır. Analiz sonucuna göre enerji tüketimi ile GSYİH arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca enerji tüketiminden gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı saptanmıştır.

Şengül ve Tuncer (2006), Türkiye için yapmış oldukları bu çalışmada 1960–2000 dönemi yıllık veriler kullanarak ticari enerji kullanımını, reel enerji fiyatları endeksi ve GSYİH arasındaki nedensellik ilişkilerini analiz etmişlerdir. Nedensellik sınamalarında Toda ve Yamamoto (1995) çalışmasına dayalı gecikmesi artırılmış VAR yöntemi kullanılmışlardır. Analiz sonuçlarına göre ticari enerji kullanımından GSYİH' ya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken, reel enerji fiyatları ile GSYİH arasında çift yönlü ve reel enerji fiyatları endeksinden ticari enerji kullanımına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir.

Lee ve Chang'ın (2008), 16 Asya ülkesi için yapmış oldukları bu çalışmada 1971–2002 dönemine ait yıllık verilerle enerji tüketimi ve reel GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini emek ve sermaye stoğu içeren birçok değişken çerçevesinde yeniden incelenmişlerdir. Analizlerinde en son geliştirilen panel birim kök testi, heterojen panel eş-bütünleşme ve panel tabanlı hata düzeltme modelleri kullanmışlardır. Modelde toplam üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre heterojen ülke etkisi dikkate alındığında enerji tüketimi ve reel GSYİH arasında uzun dönem eş-bütünleşik bir ilişkinin varlığı tam olarak desteklenmiştir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında kısa dönem nedensellik bulunamamasına rağmen, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru uzun dönemli tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur.

### **3.3. Ekonometrik Sonuçlar**

#### **3.3.1. Model ve veri seti**

Çalışmada kullanılan Türkiye için 1990–2017 dönemini kapsayan yıllık bazdaki değişkenlerden GSYİH, K ve L World Development Indicators(2018) sayfasından; Rele ve Urelc değişkenleri ise TÜİK(2018) sayfasından temin edilmiştir. Ekonomik büyüme değişkeni olarak Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın(GSYİH) 2010 baz yıllı ABD Doları cinsinden veriler, sabit sermaye oluşumu değişkeni olarak K'nın 2010 baz yıllı ABD Doları cinsinden ve milyar olarak belirtilen veriler, toplam işgücü değişkeni milyar cinsinden ifade edilen L, yenilenebilir (jeotermal, rüzgar, katı biyokütle, güneş, biogaz, hidroelektrik ve atık kaynaklar) (GWh) cinsinden belirtilen enerji kaynaklarından elektrik üretimi değişkeni olarak RELC ve yenilenemeyen (kömür, sıvı yakıtlar ve doğal gaz) (GWh) cinsinden ifade edilen enerji kaynaklarından elektrik üretimi değişkeni olarak URELc verileri tercih edilmiştir. Bütün değişkenlerin doğal

logaritması alınmıştır. Logaritmik formdaki değişkenler LOGGSYİH, LOGK, LOGL, LOGRELC ve LOGURELC şeklinde ifade edilmektedir.

$GSYİH_t = f(RELC_t, URELC_t, K_t, L_t)$  geleneksel neoklasik büyüme modeli

$GSYİH_t = K_t^\alpha L_t^\beta RELC_t^\delta URELC_t^\gamma$   $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  ve  $\gamma$  sermaye, emek, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ve yenilenemeyen kaynaklardan elektrik üretimi açısından ekonomik büyümenin esneklikleridir. Cobb–Douglas.

$GSYİH_t = C + \alpha K_t + \beta L_t + \delta RELC_t + \gamma URELC_t + e_t$  sabit ve hata terimi eklenmiş log-dogrusal model.

### 3.3.2. Birim kök testleri sonuçları

Değişkenlerin durağanlığını test etmek amacıyla ADF, PP ve Zivot -Andrews yapısal kırılmalı birim kök testlerine başvurulacaktır. Bu testlere ait sonuçlar Tablo 3.1., Tablo 3.2. ve Tablo 3.3.'de gösterilmektedir.

**Tablo 3. 1.** Düzey değerleri için ADF ve PP test sonuçları

| DEĞİŞKENLER                   | ADF TESTİ KRİTİK DEĞERLER |                       |                        | ADF(t)<br>ADF(prob) | PP TESTİ KRİTİK DEĞERLER |                       |                        | PP(t)<br>PP(prob) |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
|                               | %1<br>Anlam<br>Düzeyi     | %5<br>Anlam<br>Düzeyi | %10<br>Anlam<br>Düzeyi |                     | %1<br>Anlam<br>Düzeyi    | %5<br>Anlam<br>Düzeyi | %10<br>Anlam<br>Düzeyi |                   |
| LOGGSYİH<br>(intercept)       | -3.699                    | -2.976                | -2.627                 | 0.732<br>0.9907     | -3.699                   | -2.976                | -2.627                 | 0.793<br>0.9920   |
| LOGGSYİH<br>(trend&intercept) | -4.339                    | -3.587                | -3.229                 | -2.068<br>0.5393    | -4.339                   | -3.587                | -3.229                 | -2.120<br>0.5121  |
| LOGK<br>(intercept)           | -3.699                    | -2.976                | -2.627                 | -0.616<br>0.8510    | -3.699                   | -2.976                | -2.627                 | -0.301<br>0.9124  |
| LOGK<br>(trend&intercept)     | -4.339                    | -3.587                | -3.229                 | -3.597<br>0.0490    | -4.339                   | -3.587                | -3.229                 | -3.590<br>0.0497  |
| IOGL<br>(intercept)           | -3.699                    | -2.976                | -2.627                 | 1.536<br>0.9990     | -3.699                   | -2.976                | -2.627                 | 1.909<br>0.9997   |
| LOGL<br>(intercept&trend)     | -4.339                    | -3.587                | -3.229                 | -0.683<br>0.9642    | -4.339                   | -3.587                | -3.229                 | -0.450<br>0.9798  |
| LOGRELC<br>(intercept)        | -3.699                    | -2.976                | -2.627                 | -1.012<br>0.7340    | -3.699                   | -2.976                | -2.627                 | -1.012<br>0.7340  |
| LOGRELC<br>(intercept&trend)  | -4.339                    | -3.587                | -3.229                 | -2.412<br>0.3654    | -4.339                   | -3.587                | -3.229                 | -2.419<br>0.3619  |
| LOGURELC<br>(intercept)       | -3.699                    | -2.976                | -2.627                 | -1.631<br>0.4536    | -3.699                   | -2.976                | -2.627                 | -2.037<br>0.2702  |
| LOGURELC<br>(intercept&trend) | -4.339                    | -3.587                | -3.229                 | -1.318<br>0.8612    | -4.339                   | -3.587                | -3.229                 | -1.214<br>0.8871  |



**Tablo 3.1.** Birinci fark değerleri için ADF ve PP test sonuçları

| DEĞİŞKENLER                            | ADF TESTİ KRİTİK DEĞERLER |                       |                        | ADF(t)<br>ADF(prob) | PP TESTİ KRİTİK DEĞERLER |                       |                        | PP(t)<br>PP(prob) |
|--|---------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
|  | %1<br>Anlam<br>Düzeyi     | %5<br>Anlam<br>Düzeyi | %10<br>Anlam<br>Düzeyi |                     | %1<br>Anlam<br>Düzeyi    | %5<br>Anlam<br>Düzeyi | %10<br>Anlam<br>Düzeyi |                   |
| $\Delta$ LOGGSYİH<br>(intercept)       | -3.711                    | -2.981                | -2.629                 | -5.184<br>0.0003    | -3.711                   | -2.981                | -2.629                 | -5.184<br>0.0003  |
| $\Delta$ LOGGSYİH<br>(intercept&trend) | -4.467                    | -3.644                | -3.261                 | -4.375<br>0.0121    | -4.356                   | -3.595                | -3.233                 | -5.231<br>0.0014  |
| $\Delta$ IOGL<br>(intercept)           | -3.737                    | -2.991                | -2.635                 | -2.397<br>0.1527    | -3.711                   | -2.981                | -2.629                 | -5.116<br>0.0003  |
| $\Delta$ LOGL<br>(intercept&trend)     | -4.356                    | -3.595                | -3.233                 | -6.070<br>0.0002    | -4.356                   | -3.595                | -3.233                 | -6.070<br>0.0002  |
| $\Delta$ LOGRELC<br>(intercept)        | -3.711                    | -2.981                | -2.629                 | -6.055<br>0.0000    | -3.711                   | -2.981                | -2.629                 | -6.055<br>0.0000  |
| $\Delta$ LOGRELC<br>(intercept&trend)  | -4.356                    | -3.595                | -3.233                 | -5.935<br>0.0003    | -4.356                   | -3.595                | -3.233                 | -5.935<br>0.0003  |
| $\Delta$ LOGURELC<br>(intercept)       | -3.711                    | -2.981                | -2.629                 | -5.561<br>0.0001    | -3.711                   | -2.981                | -2.629                 | -5.561<br>0.0001  |
| $\Delta$ LOGURELC<br>(intercept&trend) | -4.356                    | -3.595                | -3.233                 | -5.980<br>0.0002    | -4.356                   | -3.595                | -3.233                 | -6.105<br>0.0002  |

$\Delta$  Birinci fark operatörüdür.

Serilerin durağan olup olmadığını anlamak için hesaplanan kritik değer ile test istatistik değerinin mutlak değer içinde karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan test istatistik değeri kritik değerden büyük ise seri durağandır; tersi durumunda ise seri durağan değildir şeklinde yorumlanmaktadır. Tablo 3.2.'de yer alan test sonuçlarına göre LOGK dışında diğer seriler Tablo 3.2.'de görüldüğü üzere birinci farklarında I(1) durağandır. LOGK serisinin ise sabitli ve trendli modeli düzeyde I(0) durağandır.

**Tablo 3. 2.** Zivot -Andrews yapısal kırılmalı birim kök test sonuçları

| Değişkenler | Model | Kırılma Dönemi | t İstatistik Değeri | Seçilen Gecikme Uzunluğu | Değişkenler       | Model | Kırılma Dönemi | t İstatistik Değeri | Seçilen Gecikme Uzunluğu |
|-------------|-------|----------------|---------------------|--------------------------|-------------------|-------|----------------|---------------------|--------------------------|
| LOGGSYİH    | A     | 1999           | -3.741              | 2                        | $\Delta$ LOGGSYİH | A     | 2003           | -5.497              | 2                        |
|             | C     | 2001           | -3.764              | 2                        |                   | C     | 2003           | -5.488              | 2                        |
| LOGK        | A     | 2004           | -4.563              | 2                        | $\Delta$ LOGK     | A     | 2003           | -7.868              | 2                        |
|             | C     | 2004           | -4.736              | 2                        |                   | C     | 2003           | -7.711              | 2                        |
| LOGL        | A     | 2000           | -2.567              | 2                        | $\Delta$ LOGL     | A     | 2008           | -7.185              | 2                        |
|             | C     | 2006           | -4.246              | 2                        |                   | C     | 2000           | -6.966              | 2                        |
| LOGRELC     | A     | 1999           | -4.077              | 2                        | $\Delta$ LOGRELC  | A     | 2009           | -6.491              | 2                        |
|             | C     | 1999           | -3.996              | 2                        |                   | C     | 2002           | -7.113              | 2                        |
| LOGURELC    | A     | 1997           | -2.725              | 2                        | $\Delta$ LOGURELC | A     | 2009           | -6.633              | 2                        |
|             | C     | 2007           | -3.759              | 2                        |                   | C     | 2001           | -6.612              | 2                        |

Kritik Değerler: Model A için %5 anlamlılık düzeyinde -4.80; Model C için %5 anlamlılık düzeyinde -5.08

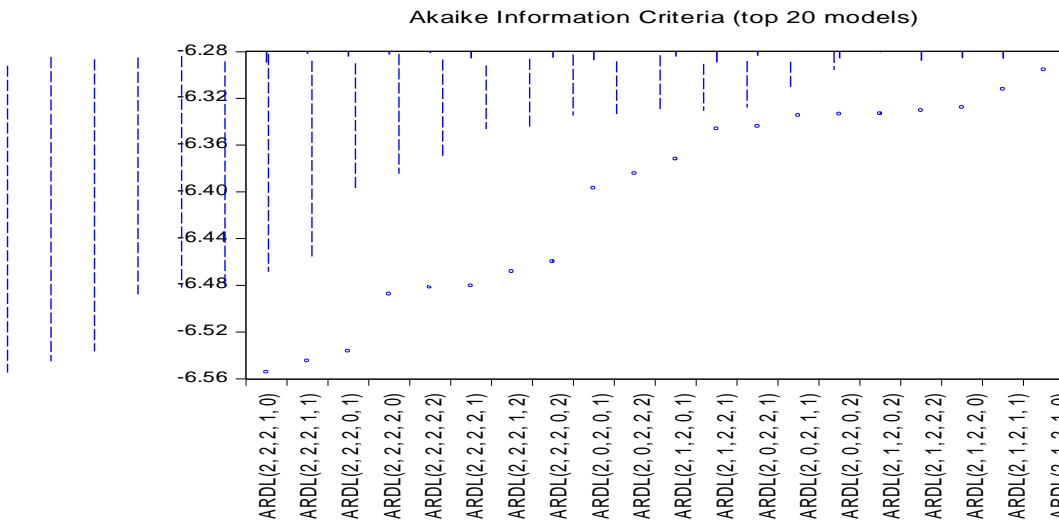
Not: Kritik Değerler Zivot ve Andrews (1992)'den alınmıştır.

Daha önce bahsettiğimiz üzere 1990–2017 döneminde yapısal kırılmaya sebep olabilecek ekonomik gelişmeler yaşandığı için, GSYİH, K, L, Relc ve Urelc değişkenlerine serideki yapısal değişimi içsel olarak belirleyen Zivot ve Andrews birim kök testi uygulanmış ve test sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir. Testin uygulamasında gözlem sayısı nispeten küçük sayılabileceği için, gecikme uzunluğu 5 alınmıştır. Elde edilen test istatistiği değerleri % 5 anlamlılık düzeyinde kritik değerden küçük olduğu için verilen kırılma dönemlerinde meydana gelen kırılmayla durağan olduğu hipotezi reddedilmekte ve yapısal kırılma olmadan seride birim kökün varlığını gösteren temel hipotez kabul edilmektedir.

### 3.3.3. ARDL sınır testi sonuçları

Yukarıdaki tablolardan da görüldüğü üzere hiçbir değişkenimiz I(2) olmadığı için ARDL modelini tahmin edebiliriz. Uygun gecikme uzunluğu farkı alınarak durağan hale gelen değişkenlerin farkı alınmış değeri; seviyesinde durağan hale gelen değişkenlerin seviye değeri kullanılarak bulunmuştur. Yapılan kriter testleri de göz önünde bulundurularak, uygun gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir. Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılarak ARDL(2, 2, 2, 1, 0) modeli uygun model olarak belirlenmiştir. Buna göre LOGGSYİH'nın 2, LOGK'nın 2, LOGL'nin 2, LOGRELC'nin 1 ve LOGURELC'nin 0 gecikmesi modele dahil edilmiştir. Akaike Bilgi Kriterine göre uygun modellerin sıralaması Şekil 3.1.'de gösterilmektedir.

Şekil 3. 1. Akaike bilgi kriterine göre en iyi 20 model



Tablo 3.3. ARDL(2, 2, 2, 1, 0) Modeli Tahmin Sonuçları

| <b>Değişken</b>                | <b>Katsayı</b>       | <b>t-istatistiği</b>      | <b>Olasılık Değeri</b> |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>LOGGSYİH (-1)</b>           | 0.507537             | 3.737062                  | 0.0022                 |
| <b>LOGGSYİH (-2)</b>           | -0.397726            | -3.575569                 | 0.0030                 |
| <b>LOGK</b>                    | 0.311833             | 17.05722                  | 0.0000                 |
| <b>LOGK(-1)</b>                | -0.062224            | -1.652789                 | 0.1206                 |
| <b>LOGK(-2)</b>                | 0.071815             | 2.364387                  | 0.0330                 |
| <b>LOGL</b>                    | 0.515389             | 4.681865                  | 0.0004                 |
| <b>LOGL(-1)</b>                | -0.099438            | -0.798185                 | 0.4381                 |
| <b>LOGL(-2)</b>                | 0.556071             | 4.581482                  | 0.0004                 |
| <b>LOGRELC</b>                 | 0.022761             | 1.481032                  | 0.1608                 |
| <b>LOGRELC(-1)</b>             | -0.050308            | -3.655084                 | 0.0026                 |
| <b>LOGURELC</b>                | 0.100153             | 5.556810                  | 0.0001                 |
| <b>C</b>                       | -1.438888            | -1.937186                 | 0.0732                 |
| <b>Tanımsal Test Sonuçları</b> |                      |                           |                        |
| <b>Breusch-Godfrey Testi</b>   | 5.039748<br>[0.0805] | <b>Jarque-Bera Testi</b>  | 1.562769<br>[0.457772] |
| <b>ARCH Testi</b>              | 0.538300<br>[0.7640] | <b>Ramsey Reset Testi</b> | 0.933083<br>[0.3678]   |

\*Tanımsal test sonuçlarında parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Breusch-Godfrey Testi otokorelesyonu, Jarque-Bera Testi normal dağılımı, ARCH Testi değişen varyansı ve Ramsey Reset Testi model kurmayı sınamaktadır. Tablo 3.4.'de verilen tanımsal test sonuçları modelde değişen varyans, otokorelasyon ve fonksiyonel form sorunlarının olmadığını ayrıca kalıntıların normal dağılım sergilediğini göstermektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin var olup olmadığını inceleyen sınır testi sonuçları ile Pesaran vd. (2001) tarafından hesaplanan kritik değerler Tablo 3.5.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.4.** *ARDL Sınır Testi Sonuçları*

| F-istatistiği: | Kritik Değer Sınırları |                |
|----------------|------------------------|----------------|
|                | Alt Sınır I(0)         | Üst Sınır I(1) |
| %10            | 2.45                   | 3.52           |
| %5             | 2.86                   | 4.01           |
| %2.5           | 3.25                   | 4.49           |
| %1             | 3.74                   | 5.06           |

Tablo 3.5.'de gösterilen ARDL sınır testi sonuçları, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi, yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi, sabit sermaye oluşumu, toplam işgücü ve ekonomik büyüme arasında uzun dönem bir eşbütünlük ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi tespit edilmiştir.

ARDL modelinde değişkenler arasında tespit edilen uzun dönemli ilişkinin yönünün ve boyutunun belirlenmesi amacıyla uzun dönem katsayıların incelenmesi gerekmektedir. Tablo 3.6.'da tahmin edilen ARDL(2, 2, 2, 1, 0) modelinde değişkenlerin uzun dönem katsayıları gösterilmektedir.

**Tablo 3.5.** *ARDL (2, 2, 2, 1, 0) modeli uzun dönem katsayıları (bağımlı değişken LOGGSYİH)*

| Değişken | Katsayı   | t-istatistiği | Olasılık Değeri |
|----------|-----------|---------------|-----------------|
| LOGK     | 0.361074  | 21.377581     | 0.0000          |
| LOGL     | 1.091927  | 17.587428     | 0.0000          |
| LOGRELC  | -0.030946 | -1.452438     | 0.1684          |
| LOGURELC | 0.112507  | 9.457225      | 0.0000          |

Tablo 3.6.'da sunulan sonuçlara göre, sabit sermaye oluşumu, toplam işgücü ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi değişkenlerinin uzun dönem katsayısı pozitif ve anlamlı olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi değişkeninin ise uzun dönem katsayısının negatif ve anlamsız olduğu görülmektedir. Bu sonuç, uzun dönemde sabit sermaye oluşumu, toplam işgücü ve yenilenemeyen enerji

kaynaklarından elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu; yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketiminin ise anlamsız ve negatif bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Buradan sabit sermaye oluşumunda meydana gelen %1'lik bir artışın ekonomik büyümeyi %0.36 oranında, toplam işgücünde meydana gelen %1'lik bir artışın ekonomik büyümeyi %1.09 oranında ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artışın ekonomik büyümeyi %0.11 oranında artıracığı sonucuna ulaşılırken; yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artışın ekonomik büyüme üzerinde %0.03 oranında bir azalmaya neden olacağı sonucuna varılmaktadır.

Hata düzeltme teriminin (HDT) istatistiksel olarak anlamlı ve negatif değere sahip olması kısa dönemde meydana gelen denge sapmalarının uzun dönemde düzeltileceğini ifade etmektedir. Uzun dönem dengesine gelme hızı hata düzeltme teriminin değerine bağlıdır. ARDL (2, 2, 2, 1, 0) modeline ait kısa dönem dinamiklerini içeren hata düzeltme mekanizmasına ait sonuçlar Tablo 3.7.'de verilmektedir.

**Tablo 3.6.** Hata düzeltme modeli sonuçları

| Değişken                      | Katsayı          | t-istatistiği    | Olasılık Değeri |
|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| $\Delta(\text{LOGGSYİH}(-1))$ | 0.381818         | 4.262743         | 0.0008          |
| $\Delta(\text{LOGK})$         | 0.317530         | 21.762395        | 0.0000          |
| $\Delta(\text{LOGK}(-1))$     | -0.067521        | -2.510190        | 0.0250          |
| $\Delta(\text{LOGL})$         | 0.532381         | 6.582911         | 0.0000          |
| $\Delta(\text{LOGL}(-1))$     | -0.567559        | -5.365770        | 0.0001          |
| $\Delta(\text{LOGRELC})$      | 0.012072         | 0.751501         | 0.4648          |
| $\Delta(\text{LOGURELC})$     | 0.073045         | 2.012781         | 0.0638          |
| C                             | -1.448244        | -8.119576        | 0.0000          |
| <b>HDT(-1)</b>                | <b>-0.897414</b> | <b>-8.207497</b> | <b>0.0000</b>   |

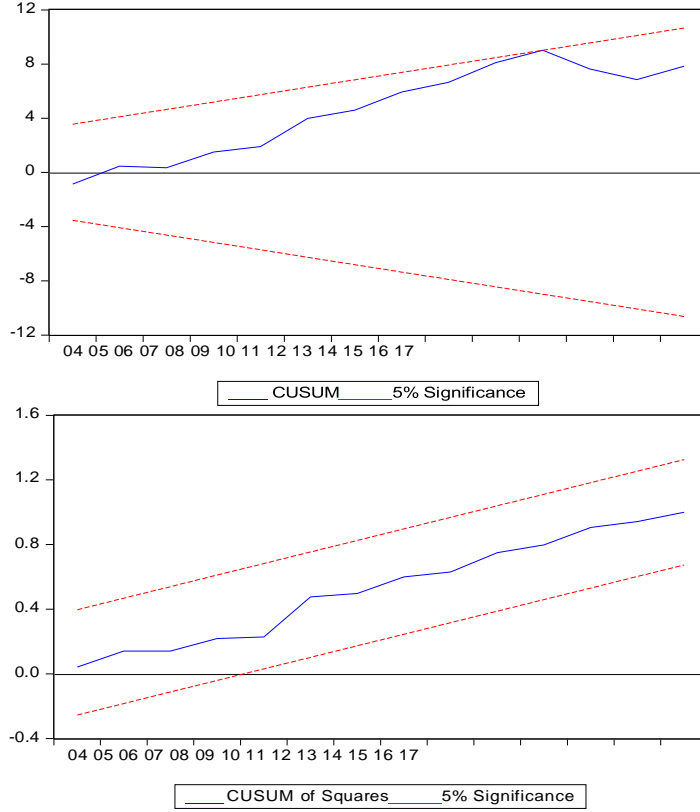
$\Delta$  fark işlemcisidir. Parantez içerisindeki ifadeler gecikme sayısını belirtmektedir.

Tablo 3.7.'de görüldüğü üzere hata düzeltme teriminin katsayısı -0.897414 ve t-istatistik değeri -8.207497 olarak gerçekleştiği için hata düzeltme mekanizmasının çalıştığı yani parametrelerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle kısa dönemde dengeden bir sapma yaşanması durumunda uzun dönemde tekrar dengeye gelineceğini belirtmektedir. Elde edilen bulgulara göre  $\frac{1}{|\square\square|} = \frac{1}{|-0,897414|}$  ifadesinin

yaklaşık olarak 1,12 döneme denk geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak kısa dönemde meydana gelen sapmaların 1,12 dönem gibi bir zaman diliminde uzun dönem

dengesine yaklaşacağını söyleyebiliriz. Diğer bir ifadeyle, kısa dönemde meydana gelen sapmalarda her dönem %89,74 oranında uzun dönemdeki dengeye yaklaşılacağı sonucuna ulaşılmaktadır (Altunç vd., 2017).

Şekil 3.2. CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçları



Ülkemizde incelenen dönemde yaşanan yapısal değişimlerden dolayı bir veya daha fazla yapısal kırılma olabileceği için kısa ve uzun dönem katsayıların uygunluğu test etmek ve tahmin edilen ARDL modelinin istikrarını incelemek amacıyla CUSUM ve CUSUM of Squares testleri yapılabilmektedir. Şekil 3.2.'de CUSUM ve CUSUM of Squares test istatistiklerinin %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırların içerisinde kaldığı görülmektedir. Buradan elde edilen sonuç tahmin edilen parametrelerin incelenen dönem içerisinde istikrarlı olduğudur (Alper ve Alper, 2017). Dolayısıyla tahmin edilen ekonomik büyüme modeli politika belirleme amacıyla kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir. Çünkü eşitlikteki parametreler tahmin edilen dönemde istikrarlı bir yol izlediği için, büyüme modelinin açıklayıcı değişkenlerinde muhtemel politika

değişikliklerinin etkileri ekonomik büyüme üzerinde büyük etkiler yaratmayacaktır (Esen ve Özata, 2015, s. 54).

### 3.3.4. Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçları

Değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin yönünü belirlemek için Toda-Yamamoto nedensellik analizi uygulanmıştır. Testin uygulanmasında öncelikle maksimum bütünleşme derecesinin ( $d_{max}$ ) belirlenmelidir. Yapılan birim kök testleri sonucunda LOGGSYİH, LOGL, LOGRELC VE LOGURELC serilerinin I(1), LOGK serisinin ise I(0) olarak belirlendiği için maksimum bütünleşme derecesi 1 olarak belirlenmektedir. Daha sonra serilerin düzey değerleri kullanılarak kısıtsız bir VAR modeli tahmin edilmiş ve Tablo 3.8.'de gösterildiği üzere bilgi kriterleri yardımı ile uygun gecikmenin (m) 2 olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 3.7.** Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi amacıyla oluşturulan istatistik tablosu

| Lag | LogL     | LR        | FPE       | AIC        | SC         | HQ        |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
| 0   |          |           |           |            |            | -7.868142 |
| 1   | 108.1916 | NA        | 2.46e-10  | -7.937812  | -7.695871  | -15.47002 |
| 2   | 236.5445 | 197.4661* | 9.03e-14  | -15.88804  | -14.43639* | -         |
|     | 269.0746 | 37.53463  | 6.44e-14* | -16.46727* | -13.80592  | 15.70090* |

\*Kriterler tarafından seçilen gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Bu aşamalardan sonra VAR( $m + d_{\max}$ ) yani VAR(2 +1) modeli tahmin edilerek VAR Granger nedensellik/Blok dışsallık testi uygulanmıştır. Testin sonuçları Tablo 3.9.'da verilmektedir.

**Tablo 3.8.** VAR Granger Nedensellik/Blok dışsallık testi

| VAR Granger Nedensellik / Blok Dışsallık Wald Testi |          |                     |                 |
|---|----------|---------------------|-----------------|
| Bağımlı Değişken: LOGGSYİH                          |          |                     |                 |
| Dışlanan  | Ki-Kare  | Serbestlik Derecesi | Olasılık Değeri |
| LOGK  | 2.169415 | 2                   | 0.3380          |
| LOGL  | 0.531281 | 2                   | 0.7667          |
| LOGRELC   | 0.686100 | 2                   | 0.7096          |
| LOGURELC  | 1.679748 | 2                   | 0.4318          |
| Tümü  | 13.05724 | 8                   | 0.1099          |
| Bağımlı Değişken: LOGRELC                           |          |                     |                 |
| Dışlanan  | Ki-Kare  | Serbestlik Derecesi | Olasılık Değeri |
| LOGGSYİH  | 7.224762 | 2                   | 0.0270          |
| LOGK  | 4.624265 | 2                   | 0.0990          |
| LOGL  | 2.755233 | 2                   | 0.2522          |
| LOGURELC  | 2.313549 | 2                   | 0.3145          |
| Tümü  | 32.95100 | 8                   | 0.0001          |
| Bağımlı Değişken: LOGURELC                          |          |                     |                 |
| Dışlanan  | Ki-Kare  | Serbestlik Derecesi | Olasılık Değeri |
| LOGGSYİH  | 4.125198 | 2                   | 0.1271          |
| LOGK  | 3.037821 | 2                   | 0.2190          |
| LOGL  | 3.007293 | 2                   | 0.2223          |
| LOGRELC   | 10.31795 | 2                   | 0.0057          |
| Tümü  | 40.89016 | 8                   | 0.0000          |

Toda-Yamamoto nedensellik testinde  $H_0$  hipotezi değişkenler arasında nedenselliğin olmadığını,  $H_1$  alternatif hipotezi ise nedenselliğin bulunduğunu ifade etmektedir. Test sonuçlarına göre yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisinden ekonomik büyümeye doğru nedensellik olmadığını belirten sıfır hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilememiştir. Yani yenilenebilir enerji kaynaklarından



elektrik tüketimi serisinden ekonomik büyümeye doğru nedensellik yoktur. Öte yandan ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisine doğru nedensellik olmadığını belirten sıfır hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir(Prob=0.0270). Yani ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisine doğru nedensellik vardır. Bu durumda tek yönlü nedensellikten bahsedebiliriz. Yani ekonomik büyümedeki bir artış yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimini artırmaktadır diyebiliriz. Ayrıca sabit sermaye oluşumu serisinden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisine doğru %10 anlamlılık düzeyinde (Prob= 0.0990) tek yönlü nedensellik ilişkisi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisinden yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisine doğru %5 anlamlılık düzeyinde (Prob= 0.0057) tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sosyal, kültürel, ekonomik ve stratejik bakımdan son derece önemli olan ve ülkelerin gelişmişlik düzeyinde önemli bir kriter olarak görünen enerjinin ekonomik gelişmeyle birlikte çeşitli türleri ortaya çıkmaktadır. Nasıl ki ulusların gelişmesinde güçlü sanayilerin varlığına ihtiyaç duyuluyorsa güçlü sanayiler için de enerjiye ihtiyaç vardır. Ekonomik faaliyetlerin gelişmesi ve devamlılığının sağlanması, artan enerji talebi ile sınırlı olan enerji kaynakları arasındaki denge ilişkisini kurmaktan geçmektedir. Bunun için de gelişmiş ülkeler mevcut durumlarını korumak, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ise gelişmelerini sağlamak amacıyla enerji konusunda dikkatli hareket etmeleri gerekmektedir.

On sekizinci yüzyıl sanayi devrimi ile birlikte yakıt kullanımı özellikle fosil yakıt kullanımı toplumun refah düzeyinde artışa neden olmuştur. On dokuzuncu yüzyıla gelindiğinde kömürün yakacak amaçlı kullanımının yanı sıra demir eritmede de kullanılması ve buhar makinesinin taşınabiliyor olması ile birlikte sanayileşmeye ivme kazanmıştır. Yirminci yüzyılın başlangıcı ile elektrik günlük yaşamda yerini almıştır. Sanayileşmede gelişmelerle birlikte uzak yakın demeden elektrik her yere ulaştırılmıştır. 1970'lerde yaşanan petrol krizi ile birlikte enerjideki darboğaz enerji kaynaklarının daha verimli kullanımı ve yenilenebilir kaynak kullanımını gündeme getirmiştir. Bu krizle birlikte enerji üretim maliyetlerinde artış yaşanırken elektrik talebinde azalmalar meydana gelmiş ve fiyatlar yükselmiştir. Petrole dayalı elektrik üretimi maliyetli olduğu için alternatif olarak tanımladığımız kullanılmaya hazır bir şekilde doğada sürekli bulunan enerji kaynakları ile elektrik üretimi çalışmalarına hız verilmiştir. Bu dönemdeki aksaklıklardan sorumlu olarak devletin görülmesi elektrik sektörünün kamu kesiminden serbest piyasaya geçmesine neden olmuştur. Fakat her ne kadar günümüzde özelleştirme yoluna gidiliyor olsa da elektrik enerjisinin üretim, iletim ve yapısı gereği doğal bir tekel olma özelliği taşımaktadır. Ekonomik büyüme ile birlikte toplam enerji tüketimi içerisinde elektrik enerjisi payının fazla olması büyüme üzerinde elektrik enerjisinin daha etkili olduğu anlamına gelmektedir. Bundan dolayı elektrik enerji tüketimi bir ülkenin gelişmişlik göstergesi olarak kabul görmektedir. Bunun sağlanabilmesi için de ülke genelinde bütünlük olması gerekmektedir. Bu ise merkezi bir planlamayı zorunlu kılmaktadır.

Yenilenebilir(alternatif) enerji kaynaklarından elektrik üretimi ilk bakışta maliyetli görünse de fosil kaynakların çevreye verdiği zarar ve ekonomiyi dışa bağımlı hale getirdiği göz önünde bulundurulduğunda aslında maliyet hiç de o kadar fazla gelmemektedir. Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengindir. Bunu fırsata çevirdiğimizde hem daha temiz bir çevreye sahip oluruz hem de ekonomik olarak dışa bağımlı olmaktan kurtulabiliriz. Hem üretici hem de tüketiciler için kilit sektör olarak nitelendirilen enerji sektörünün bu özelliği iyi değerlendirildiğinde ve enerji kullanımında dışa bağımlılığın azaltılması ile ülke ekonomisinde kalkınmanın daha kolay olacağı öngörülebilmektedir.

Sanayi devriminden sonra dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de enerji talebindeki artış hız kazanmıştır. Bunda nüfus ve sanayileşmedeki gelişmelerin büyük katkısı olmuştur. Bir bölgedeki ekonomik büyüme ile enerji talebi arasındaki ilişki bölgedeki kalkınma düzeyi ve fertlerin yaşam standartları tarafından önemli derecede etkilenmektedir. 1970'lerin sonlarından itibaren ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişki kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiye yönelik bir geliştirilen politikaların etkili olabilmesi için değişkenler arasındaki ilişkinin yönü oldukça önemlidir.

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin yönüyle ilgili iktisat literatüründe farklı ekonometri yöntemlerin kullanılması, veri setinin farklı olması ve ele alınan ülkelerin karakteristik özelliklerinden dolayı kesin bir görüşün bulunmamasıyla birlikte, söz konusu ilişkiyi açıklayan dört ana hipotez bulunmaktadır. Bunlar; enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliği ifade eden Büyüme Hipotezi, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedenselliği ifade eden Koruma Hipotezi, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedenselliği ifade eden geri Besleme Hipotezi ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını ifade eden Yansızlık Hipotezi'dir.

Türkiye için yapmış olduğumuz bu çalışmada 1990–2017 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Öncelikle serilerin ADF, PP ve ZA yapısal kırılmalı birim kök testleri ile durağanlık sınaması yapılmıştır. Daha sonra değişkenler farklı düzeylerde durağan oldukları için eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi için daha güncel olan ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ve Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi kullanılmıştır. Ekonometrik analizler neticesinde ARDL sınır testi sonuçları 1990–2017 dönemi için

uzun dönemde yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Toda-Yamamoto nedensellik analizi sonuçları ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi serisine doğru nedensellik ilişkisi olduğunu savunan Koruma (Saklama) Hipotezi'ni doğrulamaktadır. Elde edilen bu sonuçlar Kraft ve Kraft (1978), Alper ve Oğuz (2016) ve Özata (2010) çalışmalarıyla da tutarlılık göstermektedir.

Literatürde enerji kaynaklarının yanlış değerlendirilmesi sonucu böyle bir ilişkinin var olabileceği varsayılmaktadır. Koruma Hipotezi, ekonomik büyümedeki bir artış enerji tüketiminde bir artışa neden oluyorsa desteklenmelidir.

Enerji Yenilenebilir enerji kaynakları yönünden zengin olan ülkelerin bu durumu iyi değerlendirip enerjide dışa bağımlılıklarından kurtulmalıdır. Bunun için yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleyen politikalar son derece önem arz etmektedir. Bu doğrultuda araştırma-geliştirme çalışmalarına daha fazla önem verilmeli ve bireyler yenilenebilir kaynakların yenilenemeyen kaynakları ikame edebileceği hususunda bilinçlendirilmelidir.

## KAYNAKÇA

- Acaroğlu, M. (2003). *Alternatif enerji kaynakları*. İstanbul: Atlas Yayınları.
- Akdemir, S., ve Arın, S. (2002). Seralarda doğal gazın ısıtma amacıyla kullanılabilirliği . *Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Dergisi B Serisi*, 3(1), s.89-99.
- Albayrak, B. (2011). *Elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları ve finansmanı:bir uygulama*. Doktora Tezi. İstanbul: Kadir Has Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Alemdaroğlu, N. (2007). *Enerji sektörünün geleceği alternatif enerji kaynakları ve türkiye'nin önündeki fırsatlar*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Alper, A., ve Oğuz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth:Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 60, s. 953–959.
- Alper, F. Ö., ve Alper, A. E. (2017). Karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ilişkisi: türkiye için bir ardl sınır testi yaklaşımı. *Sosyoekonomi Dergisi*, 25(33), s.145-156.
- Alptekin, A. E. (1973). *Türkiye 'de petrol üretim ve tüketimi*, No:63. Ankara: A.İ.T.İ.A. Yayınları.
- Altınay, G., ve Karagöl, E. (2004). structural break, unit root, and the causality between energy consumption and GSYİH in Turkey. *Energy Economics*, 26 , s.985 – 994.
- Altıntaş, A. (2012). *Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin elektrik üretimi açısından ekonomik etkileri: Avrupa Birliği ve Türkiye uygulamaları*.Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Altunç, Ö. F., Karakuş, K., ve Akyıldız, A. (2017). Uluslararası göç ve çevre kirliliği arasındaki ilişkinin ekonometrik analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 60, s.76-85.
- Apergis, N., & J. E. (2009). Energy consumption and economic growth: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Economics*,31, s.641–647.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). Energy consumption and economic growth in central america: evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, 31, s.211-216.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). Renewable and non-renewable electricity consumption–growth nexus:evidence from emerging market economies. *Applied Energy*,88, s.5226–5230.

Aybar, E. N. (1990). *Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı "Genel Enerji Planlaması" Çalışmalarının İlk Sonuçları*, Türkiye 5. Enerji Kongresi. Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.

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

Aytür, M. (1969). *Kalkınma yarışı ve Türkiye*. Ankara: *Bilgi Matbaası'dan aktaran N. Berberoğlu (1982)*. Türkiye'nin ekonomik gelişmesinde enerji sorunu. Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, s.10.

Ayverdi, Fazlı. (1963). *Türkiye'de petrol*. İstanbul'dan aktaran E. Alptekin (1973). Türkiye'de petrol üretim ve tüketimi, No:63. Ankara: A.İ.T.İ.A. Yayınları, s.10.

Başol, K. (1994). *Doğal kaynaklar ekonomisi; doğal kaynaklar, enerji ve çevre sorunları*. İzmir: Anadolu Matbaası.

Bayındır M.Selçuk. (2010). *Yenilenebilir enerji kaynakları Avrupa Birliği ve Türkiye uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi. İSTANBUL: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, s.7.

Berber, M. (2006). *İktisadi büyüme ve kalkınma*. Trabzon: Derya Kitabevi.

Berberoğlu, N. (1982). *Türkiye'nin ekonomik gelişmesinde enerji sorunu*. Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları.

Bildirici, M. E., Bakirtaş, T., ve Kayıkçı, F. (2012). Economic growth and electricity consumption: auto regressive distributed lag analysis. *Journal of Energy in Southern Africa*, 23( 4), s.29-45.

Biol, F. (2018). *Renewables 2018 market analysis and forecast from 2018 to 2023*. International Energy Agency Market Report Series.

Boyle, G. (2004). *Renewable energy; power for a sustainable future*, 2. Baskı. Oxford.

Can, S. (2011 ). *Alternatif enerji kaynakları potansiyelinin yönetilmesi: Çanakkale ili örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale:Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ceyhan, H., vd. (1973). *Türkiye'de 1970-80'lerde enerji ihtiyacı ve arzı, Türkiye'nin enerji sorunu ve enerji ihtiyacı*. İstanbul: Çeltüt Matbaacılık Koll.Şti.

Chiras, D. (2006). *The homeowner's guide to renewable energy*. Canada: New Society Publishers.

Chontanawat, J., Hunt, L. C., ve Pierse, R. (2006). Causality between energy consumption and GSYİH:evidence from 30 OECD and 78 non-OECD countries. *Surrey Energy Economics Centre (Seec) Department Of Economics*, s. 1-58.

Craddock, D. (2008). *Renewable energy made easy*. Florida: Atlantic Publishing.

- Çağlayan, E. (2006). Enflasyon, faiz oranı ve büyümenin yurtiçi tasarruflar üzerindeki etkileri. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 11(1), s.423-438.
- Çiçekçi, C. (2010). Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi:Avrupa Birliği 15 ülkesi üzerine ampirik bir değerlendirme, Ankara.
- Demir, A. (1968). *Dünya enerji ekonomisi üzerine bir araştırma, no:259*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları .
- Doğan, B. (2010). *Enerji tüketimi- ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye örneği (1980-2008)*. Yüksek Lisans Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Doğan, E. (2015). The relationship between economic growth and electricity consumption from renewable and non-renewable sources: A study of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,52, s.534–546.
- Doğru, C. (2010). Türkiye’de elektrik piyasasının yeniden yapılanması sürecine bir bakış. *Sosyal Bilimler Metinleri*, s. 1-31.
- Durğun, B., ve Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*,6(1), s.1-27.
- ETKB, (2017).*Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*,Sayı 15.
- Eğilmez, M. (2017). Mahfi Eğilmez Kendime Yazılar,Venezuela Niçin Battı? Mahfi Eğilmez Kendime Yazılar Web Sitesi: <http://www.mahfiegilmez.com> adresinden alınmıştır
- EIA, I. E. (2017). *International Energy Outlook 2017*. Administration, U.S. Energy Information.
- Eltamaly, M. A. (2011). *Power quality in interconnecting renewable energy to electric utility : power quality consideration in interconnecting renewable energy (wind, solar, fuel cells) converters to electric utility*. Saarbrücken: Lap Lamber Academic Pub.
- Erdal Karagöl, E. E. (2007). Türkiye’de ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi ilişkisi: sınır testi yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi* 8(1), s.72-80.
- Erdener, Hülya vd. (2013). *Sürdürülebilir enerji ve hidrojen*. Ankara: ODTÜ Yayıncılık'dan aktaran Ş. Özşahin, M. Mucuk ve M. Gerçek (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), s.114.
- Eriçok, R. E., ve Yılandı, V. (2013). Eğitim harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: sınır testi yaklaşımı. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(1), s.87-101.
- Ersoy, A. Y. (2010). Ekonomik büyüme bağlamında enerji tüketimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 20, s.1-11.

- Ertürk, M. (2011). *Dünya'da ve Türkiye'de doğal gaz sektörü ve inovasyon etkileri*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No:2010-77.
- Esen, E., ve Özata, E. (2015). Turizmin ekonomik büyümeye etkisi: turizme dayalı büyüme hipotezinin türkiye için geçerliğinin ARDL modeli ile analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s.43-58.
- Esen, E., Yıldırım, S., & Kostakoğlu, S. (2012). Feldstein-Horioka hipotezinin Türkiye ekonomisi için sınanması: ARDL modeli uygulaması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi* 7(1), s.251-267.
- ETKB. (2017). *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016 yılı taşkömürü sektör raporu*.
- ETKB. (2017). *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Sayı 15.
- ETKB. (tarihsiz). Nükleer santraller ve ülkemizde kurulacak nükleer santrale ilişkin bilgiler, Yayın No:1, s. 27-29. Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı.
- Fanchi, J. R. (2004). *Energy technology and directions for the future*. USA: Elsevier Academic Pres.
- Freris, L., ve Infield, D. (2008). *Renewable energy in power systems*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd. s.15
- Gazel, S. (2017). Bist sınai endeksi ile çeşitli metaller arasındaki ilişki: Toda-Yamamoto nedensellik testi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, s.287-299.
- Gbadebo, O. O., and Okonkwo, C. (2009). Does energy consumption contribute to economic performance? Empirical evidence from Nigeria. *Journal of Economics and Business*, 12(2), s.44-58.
- Glen, J. D. (1992). Private sector electricity in developing countries supply and demand. *International Finance Corporation Working Paper*, s.1-23.
- Granger, C. W., and Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal Of Econometrics*, s.111-120.
- Gujarati, D. N., and Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics*, Beşinci Baskı. Boston: Mc Graw Hill Yayınları, s.617
- Gujarati, D. N., and Porter, D. C. (2012). *Temel ekonometri* (Çev: Ü. Şenesen, Gülay G.Şenesen) (Eserin Orjinali 5. Baskıdan Çeviri), İstanbul : Litaretür Yayınları, no.656.
- Güçeri, Ş. (tarihsiz). Uzun vadeli enerji planlamasında ağır elektroteknik ekipman sorunu. *Elektrik Enerjisi*, 7. *Teknik Kongre*, s. 315-323.
- Güvenek, B. ve Alptekin, V. (2010). Enerji tüketimi ve büyüme ilişkisi: OECD ülkelerine ilişkin bir panel veri analizi . *Enerji, Piyasa ve Düzenleme Dergisi*, 1(2), s. 172-193.



- İlbaş, M. (2014 ). *Enerji-politik Dünya ve Türkiye*. Ankara: Berikan Yayınevi, s.37-39.
- Johansen, S., and Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration- with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics And Statistics*, 52(2), s.169-210.
- Kar, M., ve Kınık, E. (2008). Türkiye’de elektrik tüketimi çeşitleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ekonometrik bir analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), s.333-351.
- Karabulut, Y. (2004). Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, Sayı: 3.
- Karagöl, E. T. ve Tür, M. R. (2017). Türkiye'de elektrik enerjisi. *SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı*.
- Karagöl, E. T., Ateş, S. A., Kaya, S., ve Kızılkaya, M. (2016). *Türkiye'nin enerjide merkez ülke olma arayışı*. İstanbul: SETA.
- Karayılmazlar S.,Saraçoğlu N., Çabuk Y. ve Kurt R. (2011). Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* , 13(19),s.65.
- Kılıç, N. (1998). *Dünyada ve Türkiye’de enerji sektörüne bakış ve jeotermal enerji potansiyelinin irdelenmesi*. İzmir: İzmir Ticaret Odası Yayını.
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., ve Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*,59(692),s. 86-114.
- Kraft, J., and Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3( 2), s.401-403.
- Kruger, P. (2006). *Alternative energy resources; the quest for sustainable energy*. New Jersey: John Wiley& Sons Şirketi.
- Kulalı, İ. (1997, Ağustos). *Elektrik sektöründe özelleştirme ve Türkiye uygulaması*.DPT Uzmanlık Tezi. Ankara: DPT Yayınları.
- KURUMU, T. E. (2018). *Elektrik piyasası 2017 yılı piyasa gelişim raporu*. Ankara: Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- LeBlanc, M., and Chinn, M. D. (2004). Do high oil prices presage inflation? the evidence from G-5 countries. *Santa Cruz Center for International Economics Working Paper*, s. 7-25.
- Lee, C.-C., and Chang, C.-P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asia economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, 30(1), s. 50-65.
- Libanio, G. A. (2005), Unit roots in macroeconomic time series: theory, implications, and evidence. *Nova Economia*, 15(3), s.145-176.

- McGovern, T. and Hicks, C. (2004). Deregulation and restructuring of the global electricity supply industry and its impact upon power plant suppliers. *International Journal of Production Economics*, 89(3), s. 321-337.
- Mucuk, M., ve Uysal, D. (2009). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Maliye Dergisi*, Sayı 157, 105-115.
- Narayan, P. K., and Narayan, S. (2005). Estimating income and price elasticities of imports for Fiji in a cointegration framework. *Economic Modelling*, s.423-428.
- Narayan, P. K., and Smyth, R. (2006). What Determines migration flows from low-income to high-income countries? an empirical investigation of Fiji-U.S. migration 1972-2001. *Contemporary Economic Policy*, 24(2),s. 332-342.
- Önertürk, F. (1983). *Petrol ve ekonomisi üzerine*. Ankara: Maliye Bakanlığı Tetkik Kurulu Yayını .
- Özata, E. (2010). Türkiye’de Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ekonometrik incelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s.26.
- Özdemir, A., ve Yüksel, F. (2006). Türkiye’de enerji sektörünün ileri ve geri bağlantı etkileri . *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 13(2),s. 1-18.
- Özil, E., Şişbot, S. ve Olgun, B. (2012). *Elektrik enerjisi teknolojileri ve enerji verimliliği* . İstanbul: TESAB Yayınları.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M., ve Gerçekler, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), s.111-130.
- Öztürk, İ. (2010). A literature survey on energy–growth nexus. *Energy Policy*, s.340-349.
- Perron, P. (1989). The Great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57(6) , s.1361-1401.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., and Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, s.289-326.
- Polat, Ç. (2010). *Kyoto protokolü’ne mikro ekonomik yaklaşım, Türkiye karbon piyasası için teorik değerlendirme*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Sevüktekin, M., ve Çınar, M. (2014). *Ekonometrik zaman serileri analizi evIEWS uygulamalı*, Genişletilmiş 4. Baskı. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Smith, A. Z., and Taylor, D. (2008). Renewable and alternative energy sources. California: ABC-Clio.
- Soytaş, U., Sarı, R., ve Özdemir, Ö. (2001). Energy Consumption and GSYİH Relations in Turkey:A Cointegration and Vector Error Correction Analysis. *Economies and*

*Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*, Global Business and Technology Association, s.838-844.

Squalli, J. (2007). Electricity consumption and economic growth: bounds and causality analyses of OPEC members. *Energy Economics*, s.1192–1205.

Sweeney, J. L. (2007,). Economics of energy. *Terman Engineering Center*, 323, 4.9(48), Stanford University, s. 1-29.

Şahin, C., & vd. (2007). *Türkiye coğrafyası (fiziki-beşeri-ekonomik-jeopolitik)*. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.

Şen, Z. (2002). *Temiz enerji ve kaynakları*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Şengül, S. ve Tuncer, İ. (2006). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme: 1960-2000. *İktisat İşletme Finans Dergisi*, 21(242), s.69-80.

Taban, S. (2008), *iktisadi büyüme kavram ve modeller*, Nobel Yayıncılık, İstanbul, s.90.

Tarı, R. (2011). *Ekonometri*, (Gözden geçirilmiş yedinci baskı). Kocaeli: Umuttepe Yayınları.

Tarı, R., ve Yıldırım, D. Ç. (2009). Döviz kuru belirsizliğinin ihracata etkisi: Türkiye için bir uygulama . *Yönetim ve Ekonomi*, 16(2), s.95-105.

Taşdemiroğlu, E. (1988). *Solar energy utilization: technical and economic aspects*. Ankara: Middle East Technical University.

Teke, O. (2013). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji’nin Mevcut Durumu ve AR-GE Çalışmaları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160 İZMİR, s.83.

Temurçin, K., ve Aliğağaoğlu, A. (2003:26). Nükleer enerji ve tartışmalar ışığında Türkiye’de nükleer enerji gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(2), s.25-39.

Terzi, H. (1998). Türkiye’de elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: sektörel bir karşılaştırma. *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, s.62-71.

TETAŞ. ( 2018). *2017 Yılı Sektör Raporu*. Stratejik Yönetim ve Dış İlişkiler Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Strateji Geliştirme Müdürlüğü.

TÇV.(2006).*Türkiye ’nin yenilenebilir enerji kaynakları*. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, s.25-26

Twild, W. and Weir, D. (1987). *Renewable energy resources*. Londra: English Language Book Society/E.&F.N.Spon.

UİB. (2018). *Amerika Birleşik Devletleri ülke raporu* (Meyve Sebze Mamulleri Sektörü Açısından). Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Arge Şubesi, s.7.

- Ulusoy, V. (2006). Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi: bir ekonometrik uygulama. *Bahçeşehir Üniversitesi, İşletme Bölümü. I. Ulusal Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul, s. 147-154.
- Ünalın, S.(tarihsiz). Alternatif enerji kaynakları, Basılmamış Ders Notları.
- Ünver, Ö. (1973). *Türkiye'de elektrik üretim ve tüketimi*. Ankara: A.İ.T.İ.A. Yayını
- Yavuz, N. Ç. (2006). Türkiye'de turizm gelirlerinin ekonomik büyümeye etkisinin testi: yapısal kırılma ve nedensellik analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7 (2), s.162-171.
- Yiğitgüden, H. Y. (1999). *Türkiye'de elektrik enerjisi sektöründe özelleştirme politikaları ve çalışmaları*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası .
- Yıldırın, D. Ç. (2010). *E-views uygulamalı temel ekonometri makro ekonomik verilerle*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Yıldız, D., ve Cengiz, P. (2009). *Üretimin enerjisi*. İstanbul: USİAD Yayını.
- Yörüköğlü, M. (2003). *Türkiye 4.enerji sempozyumu bildiriler kitabı; avrupa birliğı ve türkiye için kömürün önemi*. Ankara: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yayını.
- Yücel, F. (1994). *Enerji ekonomisi*. İstanbul: Febel Yayınları, s.134.
- Zivot, E., and Andrews, D. W. (1992). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), s.251-270.

### **İnternet Adresleri**

- <http://sbsciencematters.com/6th/physical-energy/6.9Renewable-NonrenewableEnergy.pdf>. Erişim Tarihi: 15.02.2019
- <http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm>., Erişim Tarihi: 15.02.2019
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi: 31.03.2016
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, Erişim Tarihi: 31.03.2016
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>, Erişim Tarihi: 10.09.2018
- <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/>, Erişim Tarihi: 10.11.2018
- <http://www.mfa.gov.tr> , Erişim Tarihi : 10.11.2017
- <http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler>, Erişim Tarihi: 16.11.2018.
- <http://www.taek.gov.tr>., Erişim Tarihi:10.09.2018.
- <http://www.tki.gov.tr>., Erişim Tarihi: 21.11.2018
- <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/sectorel-bakis-2018-enerji.pdf>, Erişim Tarihi: 22.11.2018

<https://www.bbc.com/bitesize/guides/z3tjcw/revision> , Erişim Tarihi: 02.04. 2019.

<https://www.bbc.com/bitesize/guides/z3tjcw/revision/1/energy>, Erişim Tarihi: 02.04.2019

<https://www.botas.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 16.11.2018.

<https://www.enerji.gov.tr>, Erişim Tarihi: 09.11.2017.

<https://www.ultraenerji.com> , Erişim Tarihi: 08.01.2018

<https://www.eia.gov>, Erişim Tarihi: 14.04.2016.

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, Erişim Tarihi:27.04.2016.

[https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=solar\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=solar_home), Erişim Tarihi: 27.04.2016.

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, Erişim Tarihi:26.04.2016.

[https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=wind\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=wind_home), Erişim Tarihi:27.04.2016.

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>, Erişim Tarihi: 29.04.2016.

[https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=geothermal\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=geothermal_home), Erişim Tarihi: 29.04.2016.

[https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=hydropower\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=hydropower_home), Erişim Tarihi: 07.05.2016.

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>, Erişim Tarihi: 07.05.2016.

<https://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/hidroelektrik>, Erişim Tarihi: 07.05.2016.

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>, Erişim Tarihi:09.05.2016.

[https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=biofuel\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=biofuel_home), Erişim Tarihi:09.05.2016.

<http://www.polatenerji.com/>, Erişim Tarihi: 11.05.2016.

<http://www.teias.gov.tr/Kurulus>, Erişim Tarihi:22.06.2016.

<http://www.emo.org.tr/>, Erişim Tarihi: 22.06.2016.

<http://www.iea.org/>, Erişim Tarihi: 15.04.2016

[https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=electricity\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=electricity_home), Erişim Tarihi: 02.05.2017

<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>, Erişim Tarihi: 22.06.2016.

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2018/01/weodata/index.aspx>, Erişim Tarihi: 10.09.2018

[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Costs/Slides/Presentation-Taylor\\_Renewable-Power-Generation-Costs-2012.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Costs/Slides/Presentation-Taylor_Renewable-Power-Generation-Costs-2012.pdf), Erişim Tarihi: 07.11.2016

<http://www.mesuttaskin.com/ruzgar-enerjisinden-elektrik-uretimi-289>, Erişim Tarihi: 28.02.2016

[www.teias.gov.tr](http://www.teias.gov.tr), Erişim Tarihi: 02.10.2018

<https://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi: 01.08.2018

<http://www.tuik.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01.08.2018