

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ARZININ
MODELLENMESİ: TÜRKİYE İÇİN SEKTÖREL BİR
ANALİZ

Kumru TÜRKÖZ

Danışman
Prof. Dr. Utku UTKULU

İZMİR – 2020

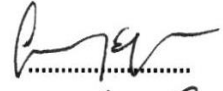
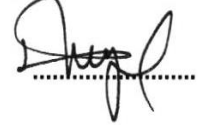
DOKTORA
TEZ ONAY SAYFASI

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : Kumru TÜRKÖZ
Öğrenci No : 2015801498
Tez Başlığı : Yenilenebilir Enerji Arzının Modellenmesi: Türkiye İçin Sektörel Bir Analiz

Savunma Tarihi : 21/02/2020

Danışmanı : Prof.Dr.Utku UTKULU

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>	<u>İmza</u>
Prof.Dr.Utku UTKULU	- Dokuz Eylül Üniversitesi	
Prof.Dr.Hüseyin Avni EGELİ	- Dokuz Eylül Üniversitesi	
Prof.Dr.Ahmet ÖZEN	- Dokuz Eylül Üniversitesi	
Prof.Dr.Hakan ÇETİNTAŞ	- Balıkesir Üniversitesi	
Prof.Dr.Doğan UYSAL	- Celal Bayar Üniversitesi	

Kumru TÜRKÖZ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği() / oy çokluğu() ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erkan GÖKSU
Müdür V.

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Yenilenebilir Enerji Arzının Modellenmesi: Türkiye İçin Sektörel Bir Analiz” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğuğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

21/02/2020

Kumru TÜRÖÖZ

ÖZET

Doktora Tezi

Yenilenebilir Enerji Arzının Modellenmesi: Türkiye İçin Sektörel Bir Analiz **Kumru TÜRKÖZ**

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

İktisat Doktora Programı

Üretim sürecinin temel girdisi olan enerjiye olan talebin belirgin artışları ve artan talebin yaygın olarak fosil yakıtlar aracılığıyla karşılanması çevre üzerinde yarattığı baskılar nedeniyle küresel alanda en çok tartışılan konulardan biri haline gelmiştir. Çevresel baskının ortadan kaldırılması için yeşil büyüme ya da büyümeme gibi çözümler ortaya atılırken bir diğer alternatif de yenilenebilir kaynakların enerji kullanımındaki payının artırılması olmuştur. Buradan hareketle bu çalışmada, yenilenebilir kaynakların neden fosil yakıtlara karşı üstün olduğu, dünyada yenilenebilir enerjiye doğru bir dönüşüm yaşanırken Türkiye'nin kullanmakta olduğu enerji kaynaklarıyla ve uygulamakta olduğu politikalarla küresel görünüm içerisindeki yeri karşılaştırmalı bir bakış açısıyla ortaya konulmuştur. Ayrıca Türkiye'de sektörel dönüşümler yaşanırken kullanılan enerjilerin sektör büyümelerinden ayrıklaşıp ayrıklaşmadığı diğer bir ifadeyle büyümenin kaynaklar üzerinde baskı yaratıp yaratmadığı, sektörel bazda enerji kaynakları arasında bir yakınsama ilişkisinin olup olmadığı, var ise bu ilişkinin fosil mi yoksa yenilenebilir kaynaklar yoluyla mı gerçekleştiği ampirik olarak test edilmiştir.

Ayrıklaştırma indeksi bulguları; Türkiye'de sektörlerin genelinde göreceli bir ayrıklaştırma ilişkisi olduğunu, panel veri analiz bulguları sektörler arasında kısmi bir yakınsama olduğunu ve yapısal kırılmalı birim kök analizi bulguları bu kısmi yakınsamanın sektörlerde kullanılan fosil yakıtlar aracılığıyla gerçekleştiğini göstermiştir. Bu bulgular, ülkedeki yenilenebilir enerji politikalarının teoride AB ve OECD gibi birlik politikalarıyla uyumlu, ancak uygulama noktasında yetersiz kaldığını gösterir niteliktedir. Bu

çerçevede bu politikaların birlik üyesi ülkelerdeki başarıyı neden yakalayamadığının araştırılması, enerji arz kaynaklarının yenilenebilir kaynaklar üzerinde yoğunlaştırılması, yenilenebilir kaynaklar için gerekli finansman desteğinin devletin öncü özel sektörün destekleyici olduğu politikalarla yaygınlaştırılması ve politikaların sürdürülebilirliğinin sağlanması, fosil yakıtların çevre üzerinde yarattığı baskının çevre vergileri aracılığıyla sınırlandırılması ve kamunun temiz teknolojilere yönelik ar-ge payının yeniden düzenlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji, Sürdürülebilirlik, Ayrıklaştırma, Sektör-Kaynak Analizi, Yakınsama Analizi.

ABSTRACT
Doctoral Thesis
Doctor of Philosophy (PhD)
Modeling of Renewable Energy Supply: A Sectoral Analysis for Turkey
Kumru TÜRKÖZ

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Economics
Economics PhD Program

The increasing demand for energy, which is the main input of the production process, and the increasing demand to be met through fossil fuels have become one of the most discussed topics in the global arena due to the pressures it creates on the environment. While solutions such as green growth or non-growth have been proposed to eliminate environmental pressure, another alternative has been to increase the share of renewable resources in energy use. Hence, this study focus why renewable resources is superior to fossil fuels and while there is a transformation towards renewable energy in the world, Turkey's place in the global area that the use of energy resources and energy policies that have been demonstrated by a comparative perspective. It is empirically tested whether the energies used differ from (decoupling effect) sector growths in other words whether growth exerts pressure on resources in sectoral transformation process in Turkey. It has also empirically tested whether there is a convergence relationship between energy sources on a sectoral basis, if any, whether this relationship is realized through fossil or renewable resources.

Decoupling index results shows that it has a relative decoupling effect generally in the sectors. The panel data analysis results showed that there is a partial convergence between the sectors and the structural break unit root analysis results show that this partial convergence is realized through fossil fuels used in the sectors. These findings indicates that the renewable energy policies in the country are compatible with EU and OECD policies in theory, but

insufficient at the point of implementation. In this context, it is considered that to investigate why these policies are not successful such as union member countries, to concentrate energy supply resources to renewable resources, the necessary financing support for renewable resources should be extended through policies where the state is pioneering and the private sector is supportive and ensuring the sustainability of policies, limiting the pressure created by fossil fuels on the environment through environmental taxes and the public sector's research and development share for clean technologies should be rearranged.

Keywords: Energy Sources, Renewable Energy, Sustainability, Decoupling, Sector-Resource Analysis, Convergence Analysis.

YENİLENEBİLİR ENERJİ ARZININ MODELLENMESİ: TÜRKİYE İÇİN SEKTÖREL BİR ANALİZ

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xii
TABLolar LİSTESİ	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. ENERJİ (ARZ) KAYNAKLARI	5
1.1.1. Yenilenebilir Olmayan (Konvansiyonel, Fosil) Enerji Kaynakları	6
1.1.1.1. Kömür	7
1.1.1.2. Petrol	8
1.1.1.3. Doğalgaz	10
1.1.2. Nükleer Enerji	11
1.1.3. Yenilenebilir (Alternatif) Enerji Kaynakları	12
1.1.3.1. Güneş Enerjisi	13
1.1.3.2. Rüzgâr Enerjisi	14
1.1.3.3. Hidrolik Enerji	15
1.1.3.4. Jeotermal Enerji	17
1.1.3.5. Biyokütle Enerjisi	18
1.1.3.6. Dalga Enerjisi	20
1.2. NEDEN YENİLENEBİLİR ENERJİ?	21
1.2.1. Ekonomik ve Sosyal Boyut	22

1.2.1.1. Kalkınmanın Sürdürülebilirliği	22
1.2.1.2. Artan Nüfusun Enerji İhtiyacının Karşılanması	24
1.2.1.3. Enerji Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesi	26
1.2.1.4. Enerjide Dışa Bağımlılığın Azaltılması	27
1.2.2. Çevresel ve Ekolojik Boyut	29
1.2.2.1. Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması	29
1.2.2.2. İklim Değişikliklerinin Önüne Geçilmesi	32
1.2.2.3. Ayırıklaştırma (Decoupling)	34
1.2.2.3.1. Göreceli Ayırıklaştırma	36
1.2.2.3.2. Mutlak Ayırıklaştırma	37
1.3. YENİLENEBİLİR ENERJİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KOŞULLARI	39
1.3.1. Bilimsel ve Teknolojik Yenilik	40
1.3.2. Katılımcı Yönetim (Yönetişim)	41
1.3.3. Alternatif (Yenilenebilir) Enerji Kaynaklarına Yapılan Yatırımlarda Artış	42
1.3.4. Enerji Arzının Güvenliği ve Sürekliliği	43

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ SEKTÖRÜ VE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DEĞİŞEN ROLÜ

2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ PERFORMANSINA GENEL BİR BAKIŞ	46
2.1.1. Dünya'da Yenilenebilir Enerji Performansı ve Konvansiyonel Enerji	47
2.1.1.1. Üretim, Tüketim ve Yatırım	49
2.1.1.2. Kurulu Kapasite	53
2.1.1.3. Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Hedefler	55
2.1.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Performansı ve Konvansiyonel Enerji	59
2.1.2.1. Kaynak Bazında Enerji Arz ve Talep Yapısı	64
2.1.2.1.1. Kömür	64
2.1.2.1.2. Petrol	66
2.1.2.1.3. Doğalgaz	67

2.1.2.1.4. Güneş Enerjisi	69
2.1.2.1.5. Rüzgâr Enerjisi	71
2.1.2.1.6. Hidrolik Enerji	72
2.1.2.1.7. Jeotermal Enerji	74
2.1.2.1.8. Biyokütle Enerjisi	76
2.1.2.1.9. Dalga Enerjisi	78
2.1.2.2. Sektör Bazında Enerji Arz ve Talep Yapısı	79
2.1.2.2.1. Tarım Sektörü	81
2.1.2.2.2. Sanayi Sektörü	82
2.1.2.2.3. Konut ve Hizmetler Sektörü	84
2.1.2.2.4. Ulaştırma Sektörü	86
2.1.2.2.5. Sektörlerarası Karşılaştırma	88
2.1.2.3. Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Yatırım Süreçleri	89
2.1.2.4. Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Hedefler	92
2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KOŞULLARI KAPSAMINDA AB, OECD VE TÜRKİYE ENERJİ POLİTİKALARINA KARŞILAŞTIRMALI BİR BAKIŞ	96

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ENERJİ KULLANIMINDA AYRIKLAŞTIRMA VE SEKTÖR-KAYNAK ANALİZİ

3.1.TÜRKİYE’DE SEKTÖREL BAZDA ENERJİ KULLANIMINDA AYRIKLAŞTIRMA ANALİZİ	103
3.1.1. Ayrıklaştırma: Ekonometrik Yöntem	103
3.1.2. Ampirik Literatür Taraması	105
3.1.3. Uygulamanın Kapsamı, Model ve Veri Setinin Tanıtılması	108
3.1.4. Uygulama, Bulgular ve Bulguların Değerlendirilmesi	108
3.2. TÜRKİYE’DE ENERJİ KULLANIMINDA SEKTÖR-KAYNAK ANALİZİ	112
3.2.1. Uygulamanın Hipotezine Yönelik Ekonometrik Yöntemler	113
3.2.1.1. Doğrusalsızlık Testleri	113
3.2.1.1.1. Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) Testi	113
3.2.1.1.2. Terasvirta Neural Network Testi	115

3.2.1.1.3. White Neural Network Testi	116
3.2.1.1.4. Diğer Genel Doğrusalsızlık Testleri	117
3.2.1.2. Zaman Serilerinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri	119
3.2.1.2.1. Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) Testi	119
3.2.1.2.2. Clemente-Montañes-Reyes (CMR) Testi	121
3.2.1.2.3. Lumsdaine-Papell (LP) Testi	122
3.2.1.3. Panel TAR Modelleri	124
3.2.2. Ampirik Literatür Taraması	129
3.2.3. Uygulamanın Kapsamı, Model ve Veri Setinin Tanıtılması	134
3.2.4. Uygulama, Bulgular ve Bulguların Değerlendirilmesi	137
3.2.4.1 Doğrusalsızlık Test Bulguları	137
3.2.4.2. Birim Kök Test Bulguları	140
3.2.4.3. Sektörlerarası Yakınsama Analiz Bulguları	144
3.2.4.4. Kaynak Bazında Yakınsama Analiz Bulguları	146
SONUÇ VE ÖNERİLER	151
KAYNAKÇA	158

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
APERC	Asya Pasifik Enerji Araştırma Merkezi
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
AO	Additive Outliner
BDS	Brock, Dechert ve Scheinkman
BEPA	Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası
BIC/SIC	Bayesian/Schwarz Bilgi Kriteri
bkz.	Bakınız
BP	British Petroleum
btep	Bin Ton Eşdeğer Petrol
CFCs	Kloroflorokarbon
CH₄	Metan
CMR	Clemente-Montañes-Reyes
CO₂	Karbondioksit
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	Devlet Su İşleri
DSPIR	Driver State Pressure Impact Response
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
FGLS	Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GSYH	Gayri Safı Yurtiçi Hasıla

IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
IO	Innovation Outliner
KSS	Kapetanios, Shin ve Snell
LMDI	Long-Mean Divisia Index
LP	Lumsdaine-Papell
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MAPEG	Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik ve Arama
mtoe	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
N₂O	Azotdioksit
NEEAP	National Energy Efficiency Action Plan (Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği
PİGM	Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
STAR	Yumuşak Geçişli Eşik Değerli Otoregresif Model
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TAR	Threshold Autoregressive Models (Eşik Otoregresif Modeller)
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolu
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEPAV	Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı
TL	Türk Lirası
TSKB	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
TUREB	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

UNDP United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)

UNEP United Nations Environmental Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)

YEK Yenilenebilir Enerji Kaynakları



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Kömürleşme Süreci	s.7
Tablo 2: Çevresel Bozulma-Nüfus İlişkisi	s.25
Tablo 3: Dünya Toplam Birincil Enerji Arzında Temel Enerji Kaynaklarının Payları (%)	s.48
Tablo 4: Dünya Toplam Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payları (%)	s.49
Tablo 5: Dünyada Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yapılan Yatırımlar (Milyar Dolar)	s.52
Tablo 6: Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Resmi Ulusal Politika Belirleyen Ülkeler	s.56
Tablo 7: Seçilmiş Ülkelerde Yenilenebilir Enerjinin Birincil Enerji ve Toplam Enerji Tüketimi İçerisindeki Payları, Hedefleri ve Hedef Dönemleri (%)	s.58
Tablo 8: Türkiye Toplam Birincil Enerji Arzında Temel Enerji Kaynaklarının Payları (%)	s.62
Tablo 9: Türkiye Toplam Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payları (%)	s.63
Tablo 10: 2017 Yıl Sonu İtibarıyla Türkiye Ham Petrol Rezervleri	s.66
Tablo 11: 2017 Yıl Sonu İtibarıyla Türkiye Doğalgaz Rezervleri	s.68
Tablo 12: 2017 Yıl Sonu İtibarıyla Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli Projeleri	s.73
Tablo 13: Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli	s.77
Tablo 14: Türkiye Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları (kWh/m)	s.78
Tablo 15: Sektörlerde Kullanılan Enerjinin Kaynak Bazında Ortalama Dağılımları (1971-2017)	s.88
Tablo 16: Yenilenebilir Enerji Yatırımları Program-Harcama Gerçekleşme Durumları (TL)	s.90
Tablo 17: Yenilenebilir Enerji Kaynak Türüne Göre Verilen Tarife Garantileri	s.91
Tablo 18: Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Düzenlemelerinin ve Politikalarının Gelişimi	s.93
Tablo 19: Teknoloji Bazında Yenilenebilir Kaynaklar için Belirlenen Somut Hedefler (MW)	s.95

Tablo 20: Kaynak Kullanımı için Ayırıklaştırma Göstergeleri ve Dereceleri	s.105
Tablo 21: Sektörel Bazda Ayırıklaştırma İndeksi Bulguları	s.111
Tablo 22: Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri	s.136
Tablo 23: Tarım Sektörü BDS Testi Bulguları	s.138
Tablo 24: Sanayi Sektörü BDS Testi Bulguları	s.138
Tablo 25: Konut ve Hizmetler Sektörü BDS Testi Bulguları	s.138
Tablo 26: Ulaştırma Sektörü BDS Testi Bulguları	s.138
Tablo 27: Tarım Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları	s.139
Tablo 28: Sanayi Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları	s.139
Tablo 29: Konut ve Hizmetler Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları	s.140
Tablo 30: Ulaştırma Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları	s.140
Tablo 31: Sektör-Kaynak Bazında KSS Birim Kök Testi Bulguları	s.141
Tablo 32: Sektör-Kaynak Bazında Clemente-Montañes-Reyes (1998) Birim Kök Testi Bulguları	s.143
Tablo 33: Sektör Bazında Panel TAR Yakınsama Analiz Bulguları	s.144
Tablo 34: Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi ile Kaynak Bazında Yakınsama Analiz Bulguları	s.147

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Enerji Kullanımının Etkileri ve Sonuçları	s.31
Şekil 2: Sera Etkisinin Şematik Gösterimi	s.33
Şekil 3: Kaynak Ayırıklaştırması ve Ayırıklaştırma Etkisi	s.35
Şekil 4: Dünya Enerji Dengesi (mtoe)	s.50
Şekil 5: Birincil Enerji Tüketiminin Bölgelere Göre Değişimi (mtoe)	s.51
Şekil 6: Dünya Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kapasiteleri (GW)	s.53
Şekil 7: Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasitelerinin Bölgelere Göre Değişimi (GW)	s.54
Şekil 8: Türkiye’de Birincil Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi (btep)	s.60
Şekil 9: Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığı (btep)	s.61
Şekil 10: Türkiye’de Kömür Arzında Yerli Üretim ve İthalatın Gelişimi (btep)	s.65
Şekil 11: Türkiye’de Petrol Arzında Yerli Üretim ve İthalatın Gelişimi (btep)	s.66
Şekil 12: Türkiye’de Doğalgaz Arzında Yerli Üretim ve İthalatın Gelişimi (btep)	s.68
Şekil 13: Türkiye’de Güneş Enerjisi Arzının Gelişimi (btep)	s.70
Şekil 14: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinin Gelişimi (MW)	s.72
Şekil 15: Türkiye’de Hidrolik Enerjisi Kurulu Gücü (MW) ve Üretimin (GWh) Gelişimi	s.74
Şekil 16: Türkiye’de Jeotermal Enerji Üretimi ve Kurulu Gücün Yıllar İtibarıyla Değişimi (MW)	s.75
Şekil 17: Türkiye’de Biyokütle Enerji Üretiminin Yıllar İtibarıyla Değişimi	s.77
Şekil 18: Türkiye’de Sektörlerin Enerji Tüketimi Eğilimleri (btep)	s.80
Şekil 19: Tarım Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)	s.81
Şekil 20: Sanayi Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)	s.83
Şekil 21: Konut ve Hizmetler Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)	s.85
Şekil 22: Ulaştırma Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı	s.87
Şekil 23: Sektörlere göre Enerji Tüketimi/ GSYH Oranları (E/GSYH)	s.109
Şekil 24: Yakınsama Analizi için Sektör-Kaynak Ayırıştırması	s.136

GİRİŞ

Sanayi devrimi ile ortaya çıkan makineleşme süreci üretim sürecinde daha fazla hammadde ihtiyacına yol açarak enerji talebinin giderek artmasına yol açmıştır. Sanayileşmenin yanı sıra hızlı nüfus artışı, kentleşme, büyüme gibi etkenlerle artan enerji gereksiniminin tek tip enerji kaynaklarıyla (fosil yakıtlarla) karşılanamayacağı endişesi, fosil kaynakların çevre üzerinde yarattığı geri dönülemez tahribatlar ve son dönemin güncel tartışmalarından yeşil büyüme kavramları yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Çalışmada buradan hareketle dünya enerji yapısı göz önünde bulundurularak Türkiye için sektör-kaynak bazında detaylı bir analiz yapılması planlanmış ve araştırmanın konusu, amacı, yöntemi ve planına ilişkin genel bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

a. Araştırmanın Konusu

Pek çok gelişmekte olan ülkede olduğu gibi Türkiye de artan enerji ihtiyacını yüksek oranda fosil yakıtlar aracılığıyla karşılamaktadır. Fosil yakıtların çevre üzerinde yarattığı baskının yanında ülkenin sınırlı fosil yakıt rezervleri enerjide dışa bağımlılığını artırmaktadır. Bu durum hem enerji kaynaklı cari açıklar hem de enerjide güvenlik unsuru üzerinde tehdit oluşturmaktadır. Küresel alanda daha çok iklim değişiklikleri üzerindeki etkisi nedeniyle alternatifi aranan fosil yakıtların Türkiye açısından pek çok yönüyle sorgulanması gerekmektedir. Buradan yola çıkarak tezde bütün enerji kaynakları dikkate alınarak neden yenilenebilir enerjinin ön planda olması gerektiği ve Türkiye'deki mevcut durum hem sektör hem de kaynak çerçevesinde ayrı ayrı incelenmiştir.

b. Araştırmanın Amacı

Bütün ülkelerin nihai amacı olan büyüme hedeflerini gerçekleştirirken çevre üzerinde yaratılan baskıların göz ardı edilmesi sonucu ortaya atılan yeşil büyüme ya da büyümeme (degrowth) tartışmalarının alternatif çözümü olarak yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiştir. Bu tartışmalardan hareketle bu tezde yenilenebilir kaynakların neden bir çıkış yolu olarak görüldüğü hem ekonomik hem de ekolojik boyutlarıyla ele alınmış, yenilenebilir ve fosil yakıtların Dünya genelinde nasıl bir eğilim içerisinde olduğu, yenilenebilir kaynaklar için hangi politikaların

uygulamaya konulduğu ve Türkiye'nin bu küresel görünüm içerisinde nasıl bir yerde olduğu detaylıca analiz edilmiştir. Buradan yola çıkarak çalışmada cevabı aranan sorular şunlardır:

- (i) Türkiye'de ekonomik büyüme aşamasında sektörel enerji kullanımında herhangi bir ayırıklaştırma etkisi ortaya çıkmakta mıdır?
- (ii) Türkiye'de kaynak ve sektör bazındaki enerji yapısı nasıl bir seyir (doğrusallık, durağanlık yapıları) izlemektedir?
- (iii) Türkiye'de sektörlerde kullanılan toplam enerji miktarları arasında zaman içerisinde bir yakınsama ilişkisi var mıdır?
- (iv) Eğer sektörel enerji kullanımlarında bir yakınsama ilişkisi var ise bu fosil kaynaklar aracılığıyla mı yoksa yenilenebilir kaynaklar arasındaki yakınsama ilişkisi nedeniyle mi ortaya çıkmaktadır?

Bu soruların cevaplarıyla Türkiye'nin sektörel düzeydeki enerji yapısı ve kullanılan enerji kaynaklarının (fosil-yenilenebilir) genel yapısı hakkında fikir sahibi olmak, uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkinliği açısından değerlendirilmelerde ve birtakım politika önerilerinde bulunmak hedeflenmiştir.

c. Araştırmanın Önemi

Yeşil ekonomi, yeşil büyüme ve çevre üzerindeki baskıyı azaltabilmek için büyüme olmadan refah (büyümesiz refah) gibi kavramlar özellikle 1970'li yıllardan sonra uluslararası platformda yoğun olarak tartışılmış başlanmıştır. Bu nedenle konuyla ilgili ampirik alandaki çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. 2000'li yılların başlamasıyla özellikle yerli ve yenilenebilir teknolojileri enerji politikalarının merkezine yerleştiren ve birtakım çevresel taahhütleri bulunan ülkeler için geniş bir teorik ve ampirik literatür oluşmaya başlamıştır. Ancak Türkiye'de enerji ekonomisi literatüründeki çalışmalarda hem fosil hem de yenilenebilir kaynakların sektör bazında incelendiği çalışma sayısının sınırlı olması bu çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaştırmaktadır. Böylelikle Türkiye'nin enerji yapısının hem sektör hem de kaynak bazında ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmesi ve yeni bir kavram olan ayırıklaştırma ilişkisinin sektörel bazda test ediliyor olması çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır. Çünkü ulusal enerji ekonomisi literatüründe Türkiye

için hem sektör hem de kaynak bazındaki enerji yapısının ayrıştırılarak doğrusal olmayan yöntemlerle incelendiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

d. Veri Seti ve Yöntem

Araştırmanın uygulama aşamasında Türkiye’de 1970-2017 döneminde ayrıklaştırma ilişkisi, her bir kaynaktan karşılanan enerji tüketimlerinin oluşturduğu serilerin durağanlık-doğrusallık yapıları, sektörlerdeki yakınsama ilişkisi ve sektörlerdeki bu yakınsamaya paralel olarak ortaya çıkan enerji kaynaklarındaki yakınsama ilişkisi incelenmiştir. Ayrıklaştırma ilişkisi literatürde uygulamaya konu olan ülkenin genel yapısı dikkate alınarak tanımlanan pek çok ayrıklaştırma indeksi aracılığıyla sınanabilmektedir. Çalışmada sektör bazlı bir analiz yapıldığında ülkenin genel enerji yapısına ve sektörel uygulamaya imkân tanıyan bir ayrıklaştırma indeks yöntemi (Lu ve diğerleri, 2011 tarafından geliştirilen) tercih edilmiştir. Serilerin doğrusallık yapıları birden çok doğrusalsızlık testi ile, durağanlık yapıları ise hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri ile incelenmiştir. Sektör bazındaki yakınsama ilişkisi doğrusal ve doğrusal olmayan modeller altında panel veri analizi ile, son olarak kaynak bazındaki yakınsama ilişkisi ise yine literatürdeki çalışmalara dayanarak yapısal kırılmalı birim kök testleri aracılığıyla sınanmıştır. Böylelikle tezde hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerden hem zaman serisi hem de panel veri analizlerinden faydalanılmıştır. Analiz için ihtiyaç duyulan veri setleri Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Enerji Denge Tablolarından temin edilmiştir.

e. Araştırmanın Planı

Araştırma üç ana bölümü kapsamaktadır. İlk olarak enerji kaynakları kavramsal çerçeve içerisinde sunulmuştur. Bu kaynaklar içerisinde neden yenilenebilir enerjinin farklı bir konumda olduğu pek çok boyutuyla vurgulanarak, yenilenebilir enerjide sürdürülebilirlik ve sürdürülebilirliğin koşullarına değinilmiştir. Ardından ikinci bölümde hem Dünya’da hem de Türkiye’de yenilenebilir enerji performansı, konvansiyonel enerji ve yenilenebilir enerji politikaları ve sürdürülebilirlik koşulları karşılaştırmalı bir bakış açısıyla analiz edilmiştir. Son olarak üçüncü bölümde çalışmanın hipotezine yönelik modellerin

ekonometrik yöntemine, kullanılan veri setine ve modellere, konu ile ilgili ampirik literatüre ve ampirik bulgulara yer verilmiştir. Sonuç bölümüne gelindiğinde ise elde edilen ampirik bulgular detaylı bir şekilde değerlendirilerek birtakım politika önerilerinde bulunulmuştur.

f. Araştırmanın Kısıtları

Yenilenebilir enerji arzının modellenmesi amacıyla yola çıkılan bu çalışmada, sektörlerde bazı yenilenebilir kaynakların sınırlı seviyelerde ve sınırlı dönemlerde kullanılması sebebiyle analiz için anlamlı bulgular taşımadığı tespit edilmiştir. Bu durum çalışmanın ilk kısıtını oluşturmaktadır. Böylece hem enerji piyasasının regüle bir piyasa olması nedeniyle arzın modellenmesinin mümkün olmaması hem de enerji arzı ile talep verileri arasında büyük farklılıklar olmaması sebebiyle sektörlerdeki enerji kullanım verileri ile modelleme yapılmıştır. Çalışmada bir diğer kısıt ise elektrik enerjisinin kaynaklara ayrıştırılmamasıdır. Kaynak bazında yapılan analizlerde aslında her bir sektör için birincil enerji kaynakları dikkate alınmıştır. Ancak bazı sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duydukları enerjinin bir kısmı ikincil kaynak olarak adlandırılan birincil enerji kaynaklarının dönüşüm geçirmesiyle elde edilen elektrik ile sağlanmaktadır. Sektör bazındaki enerji ihtiyacının tam olarak nereden sağlandığının görülebilmesi amacıyla elektrik de birincil enerji kaynakları arasında analize dâhil edilmiştir. Bir enerji kaynağı olarak elektrik yenilenebilir kaynakların (Türkiye’de özellikle hidrolik enerji aracılığıyla) dönüşüm geçirmesiyle elde edilebileceği gibi fosil yakıtlar aracılığıyla da elde edilebilmektedir. Eğer elektrik enerjisi yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla elde edilmişse elektriği de yenilenebilir kaynaklar kategorisi içerisinde değerlendirmek mümkündür. Her bir sektörde kullanılan elektriğin hangi kaynaklardan elde edildiğini ayırtmak hem sektör hem de kaynak analizi yapılan bu çalışmada karmaşıklık yaratabileceğinden elektrik enerjisi tekrar elde edildiği kaynaklara ayrıştırılmamıştır¹.

¹ Çalışmada elektrik enerjisi kaynaklarına ayrıştırılmamış olmakla birlikte Türkiye’de üretilen elektriğin yıllar itibarıyla hangi kaynaklar aracılığıyla elde edildiğine Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı resmi internet sitesinden ulaşılabilir (Detaylı bilgi için bkz. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>).

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Enerji; genel olarak ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmışlıkları, gelişmişlikleri ve refah seviyelerinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Enerji ekonomideki tüm sektörlerin ana girdisi olması nedeniyle ülkelerin sosyal, kültürel ve ekonomik gelişmesinde en önemli etkenlerden birisidir. Bu nedenle üretimin her aşamasında girdi olarak yer alan enerjinin hangi kaynaklardan ve ne şekilde temin edildiği büyük önem taşımaktadır. Buradan yola çıkarak bu bölümde; enerji arz kaynakları tanıtılmış, bu kaynaklar içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının neden farklı bir yerde olduğu hem ekonomik ve sosyal boyutu hem de çevresel ve ekolojik boyutu ile ele alınmış ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin sürdürülebilirliği için hangi koşulların sağlanması gerektiği incelenmiştir.

1.1.ENERJİ (ARZ) KAYNAKLARI

Ülkeler sanayileşme, şehirleşme, teknolojik ilerleme ve nüfustaki artışa paralel olarak artan enerji talebini karşılayabilmek amacıyla düşük maliyetli, kesintisiz ve temiz enerji arayışına girmektedirler. Ekonomik ve sosyal kalkınma için en önemli girdilerin başında gelen enerji en genel ifadesiyle; “Bir sistemin bir mesafe boyunca bir kuvvet gibi dış etkilere neden olma kabiliyetidir”. Daha dar anlamıyla iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilen enerji; mekanik, potansiyel, kinetik, ısı, manyetik, elektrik, nükleer ve kimyasal enerji gibi farklı biçimlerde bulunabilmektedir (Quaschnig, 2005: 1).

Enerji çeşitli kaynaklardan elde edilebildiğinden bunları farklı kategoriler altında sınıflandırmak mümkündür (Bhattacharyya, 2011: 10).

Bu kapsamda ilk olarak enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüm geçirmemiş hali birincil enerji olarak tanımlanmaktadır. Uluslararası enerji literatüründe birincil enerji kaynakları; katı yakıtlar (kömür, linyit), petrol, doğalgaz, hidrolik enerji, nükleer enerji, yeni enerjiler (güneş, jeotermal, rüzgâr, biyogaz), geleneksel ve ticari olmayan enerjiler (odun, bitki ve hayvan atıkları) olarak ele alınmaktadır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerjinin dönüşüm geçirmesiyle ulaşılan enerji türü olup en yaygın kullanılan biçimi elektrik enerjisidir.

İkinci olarak enerji kaynakları, kaynak rezervinin sonlu olup olmamasına göre yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji kaynakları şeklinde iki grupta ele alınmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, "tüketim oranlarına eşit ya da ondan daha hızlı bir oranda kendini yenileyebilen ve doğada bol miktarda bulunan kalıcı kaynaklar" olarak tanımlanmaktadır (Maradin ve diğerleri, 2017: 49). Bu tür enerji kaynaklarından sağlanan enerji hem mevcut kaynakları niceliksel ve niteliksel olarak tüketmemekte hem de çevreye minimum zarar vermektedir. Bu kaynaklar; güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga ve hidrojen enerjisi olarak gruplandırılmaktadır. Yenilenebilir olmayan (fosil yakıtlar, konvansiyonel) enerji kaynakları ise; doğada var olan ancak kendini yenileme özelliği bulunmadığından tüketildikçe azalma eğiliminde bulunan enerji kaynaklarıdır. Günümüz enerji talebinin çok büyük bir kısmını karşılayan bu kaynaklar ise kömür, petrol ve doğalgaz olarak sınıflandırılmaktadır (Kelly, 2007: 13).

Üçüncü olarak enerji kaynakları piyasa fiyatının oluşup oluşmamasına göre ticari ve ticari olmayan enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Ticari enerjilere örnek olarak kömür, petrol, gaz ve elektrik verilebilirken, ticari olmayan enerjilerin en yaygın örneği bireysel olarak tüketilen enerjilerdir.

Son olarak ise enerji kaynakları elde edildiği teknolojilere bağlı olarak konvansiyonel ve konvansiyonel olmayan enerjiler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu kapsamda konvansiyonel enerjiler yaygın teknolojiler kullanılarak elde edilen enerjiler iken, konvansiyonel olmayan enerjiler yeni teknolojiler ve kaynaklar kullanılarak elde edilen enerjileri kapsamaktadır (Bhattacharyya, 2011: 11).

1.1.1. Yenilenebilir Olmayan (Konvansiyonel, Fosil) Enerji Kaynakları

Fosil yakıtlar, bir dereceye kadar sıcaklık, basınç, kimyasal reaksiyon ve zamanla değişmiş olan karbon yüklü ölü organizma kalıntılarıdır (Ebenhack, 1995: 9). Güneş enerjisinin bir yan ürünü olan bu yakıtlar milyonlarca yıl içerisinde çürüyen bitki ve hayvan kalıntılarının yüksek basınç ve sıcaklıklara maruz kalarak yoğunlaşması ve dönüşmesi sonucu enerji sağlamaktadırlar (Jaccard, 2005: 8). Halen çoğu ülkede enerji için ağırlıklı olarak fosil yakıtlar olarak adlandırılan kömür, petrol ve doğalgaz kullanılmaktadır.

1.1.1.1. Kömür

Kömür, ağırlıklı olarak karbondan oluşan yanıcı siyah bir tortul kayadır. Milyonlarca yıl önce Karbonifer Dönemi'nde bataklıkların dibinde biriken bitki maddesinden oluşmuştur. Bu organik madde, düşük oksijenli olan ve dolayısıyla ayrışmayı engelleyen durgun bataklıklarda birikir. Denizlerin yükselmesi, toprağın çökmesi, bataklıkların batması ve kil, çöp gibi atıkların birikmesi sonucu organik madde yüzeyin altına gömülür. Binlerce yıl boyunca organik madde üstteki çökellerin ağırlığı altında sıkışır ve kömür oluşur. Kömür yatakları şimdi tüm dünyada kumtaşı, kireçtaşı ve kil katmanları altında gömülü olarak ve yatakların derinliğine ve yerine bağlı olarak linyit, alt bitümlü kömür, bitümlü kömür ve antrasit olmak üzere farklı biçimlerde bulunmaktadır (Pykh ve Pykh, 2002: 94-95).

Bitki materyallerini kömüre dönüştüren jeopolitik sürece kömürleşme adı verilmektedir. Bu süreçte ortaya çıkan karbon miktarı % 70 ise turba, % 75 ise linyit, % 80 ise alt bitümlü kömür, % 80 ile % 90 aralığında bitümlü kömür, % 90'dan fazla ise de antrasit oluşmakta ve bu süreç sıklıkla aşağıda yer aldığı gibi ifade edilmektedir (Miller, 2005: 2):

Tablo 1: Kömürleşme Süreci



Kaynak: Miller, 2005: 2.

Kömür yataklarının kalitesi ve jeolojik özellikleri kömür rezervleri için önemli parametrelerdir. Bu nedenle petrol ve doğalgazdan çok daha heterojen bir enerji kaynağı olan kömürün kalitesi bir bölgeden diğerine önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Pykh ve Pykh, 2002: 95). Kalitesindeki farklılıklara rağmen kömür; 50'den fazla ülkede üretilmesi, fiyat dalgalanmalarından en az etkilenmesi ve 200 yıldan uzun kullanım ömrü nedeniyle diğer enerji kaynakları içerisinde çok büyük öneme sahiptir. 19. yüzyıldan itibaren kömür rezervlerini bulan ve bunu enerji üretiminde etkin bir şekilde kullanan pek çok ülke bugün gelişmiş ülkeler olarak sınıflandırılmaktadır. Kömür; demir-çelik sanayiinde, elektrik santrallerinde ve çimento üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz ve Uslu, 2007: 1117).

Özellikle elektrik üretiminde başlıca enerji kaynağı olarak kullanılan kömür 21. yüzyılın başlarındaki ekonomik krizden çıkış yolu olarak görülmüştür. Ancak kömür üretimi pek çok olumsuz ekonomik, sosyal ve çevresel etkiyi beraberinde getirmektedir (Clement ve Schultz, 2011: 596). İlk olarak kömürün zeminden çıkarılması çok maliyetli olabilmektedir. Çünkü kömür yataklarının çoğu, yeryüzünün yüzeyinin çok altında bulunmaktadır. Kömür zeminin yüzeyine ulaştığında ise demiryolu veya okyanus gemileri ile taşınmalıdır. Bu yüksek miktarda maliyete katlanmayı gerektirmektedir. İkinci olarak; doğalgaz ya da iyi işlenmiş kömür tozunun birikmesiyle patlama meydana gelebilir. Bu durum kömür madenciliği endüstrisinin maliyetine (maden güvenliği ihtiyacı, madencileri için sigorta ve tıbbi masraflar gibi) katkıda bulunmaktadır (Pykh ve Pykh, 2002: 97). Son olarak ise; kömür ve odun gibi katı yakıtlar yakıldığında yapısında bulunan yüksek orandaki karbon ve hidrojen nedeniyle atmosferdeki karbon miktarı artmakta, bu ise çevre kirliliği, küresel iklim değişikliği ve asit yağmurları gibi çevresel maliyetlere neden olmaktadır (Ebenhack, 1995: 188).

1.1.1.2. Petrol

Petrol; Latince’de taş anlamında gelen ‘petra’ ve yağ anlamına gelen ‘oleum’ kökünden türemiştir. Kaya yağı anlamına gelen petrol tortul kayaçlarda oluşmaktadır (McCoy, 1919: 252). Nitrojen, oksijen ve sülfür bileşimlerini içeren ve oldukça karmaşık bir yapısı bulunan petrolün oluşumuyla ilgili farklı teoriler bulunsa da milyonlarca yıl önceki bitki ve hayvan kalıntılarının deniz dibinde bulunan kum ve çökellerle karışarak ve çürüyerek belli bir sıcaklık ve basınçla birlikte ayrışmasından oluştuğu genel kabul görmektedir (Bayraç, 1999: 85).

Petrolün yoğunluğu kimyasal bileşimine göre değişmektedir. Hafif petrolün rafinajından benzin, gazyağı ve motorin elde edilirken; ağır petrolün rafinajından fuel-oil ve asfalt gibi ağır ürünler elde edilmektedir.

Petrol doğada katı, sıvı ve gaz halinde bulunmaktadır. Rafine edilmemiş sıvı petrole ham petrol, gaz şeklindeki petrole doğalgaz, yarı katı ya da katı şekilde bulunan ve ağır hidrokarbon içeren petrole ise yapılarına ve kullanım yöntemlerine göre asfalt, zift ve katran gibi isimler verilmektedir (Petrol İşleri Genel Müdürlüğü [PIGM], 2017).

19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren petrol doğalgazla birlikte giderek artan bir şekilde önem kazanmaktadır. Petrol birçok alanda hâkim enerji kaynağı olmasının yanı sıra benzinli ve dizel yağlardan çeşitli petrokimyasal ve kimyasal ürünlere kadar çok çeşitli insan yapımı materyaller, sentetik malzemeler, plastik ürünler ve eczacılık ürünleri için temel girdi olarak kullanılmaktadır (Olah, 2005: 2636).

Petrol endüstrisinin işleyişini karakterize eden bazı temel özellikler bulunmaktadır (Baddour, 1997: 144):

- İşleyişi doğal bir kaynağın sömürülmesine dayanan bir aktivite olduğundan kullanım maliyeti kavramını dikkate almayı gerektirir.
- Küresel ve çok sektörlü bir endüstridir. Dünya enerji tüketimindeki payının yüksekliği nedeniyle küresel, bir varil ham petrolün rafine edilmesi yakıt gibi birçok ürünün oluşumuna yol açtığı için de çok sektörlüdür.
- Her biri farklı bir yerde ve farklı bir aktörün kontrolü altında bulunan çeşitli faaliyetlerden (arama, üretim, ulaşım, rafinaj ve dağıtım) oluşan bir endüstridir.
- Sermaye yoğun bir endüstridir. Bu nedenle yüksek giriş engellerine sahip sektör önemli sermaye harcamalarını üstlenebilen finansal gruplarla sınırlıdır.
- Arama çalışmalarının doğası gereği son derece yüksek riskli bir endüstridir.
- Ham petrolün homojen bir ürün olmamasının yanı sıra hem zaman hem de mekânda değişebilen bir üretim maliyetine sahip olması dolayısıyla belirgin farklılıkları olan bir endüstridir.
- Petrol ihraç eden ülkeler, petrol ithal eden ülkeler ve çokuluslu firmalar gibi üç önemli aktörü bir araya getiren bir sektördür.

Petrol endüstrisi sürekli bir devinim halinde olan dinamik bir piyasa olduğundan siyasi, teknolojik ve sosyokültürel dengeler altında sürekli değişmektedir. Bu özelliğinden dolayı petrol piyasasındaki gelişmelere sadece geçmiş deyimlere dayanarak önlem almak mümkün değildir (Ürün, 2003: 97). Arap-İsrail savaşının etkisiyle patlak veren ilk petrol krizi (1973) ve Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği (OPEC) ülkelerinin üretimi kısımları sonucu ortaya çıkan fiyat artışlarının neden olduğu ikinci petrol krizi (1979) bunun en belirgin örnekleri olarak gösterilebilir. Petrole bağımlı pek çok gelişmiş ülke için petrol fiyatlarındaki artışlar makroekonomik değişkenler üzerinde çok yönlü etkiler doğurmaktadır. Petrol

fiyatlarında ortaya çıkan artışlar ya fiyatlandırma ve üretim maliyetleri sebebiyle ya da toplam talep (enflasyon ve para politikası aracılığıyla) ve toplam arzda (çıkış aracılığıyla) yarattığı etki sebebiyle ekonomiler üzerinde büyük öneme sahiptir (Degiannakis ve diğerleri, 2013: 5).

1.1.1.3. Doğalgaz

Doğalgaz diğer fosil yakıtlar da olduğu gibi bitki ve hayvan birikintilerinin milyonlarca yıl boyunca çürümesi sonucu oluşmaktadır. Zamanla organik kalıntıları kaplayan çamur ve toprak kayaya dönüşmekte ve bu yeni oluşan kaya çökeltilerinin altındaki kalıntıları hapsetmektedir. Basınç ve belli bir derecedeki ısı ile birlikte bu organik kalıntıların bir kısmı kömüre, bir kısmı petrole, bir kısmı da doğalgaza dönüşmektedir. Organik kalıntıların hangi fosil yakıtı dönüşeceği oluşan kayanın niteliğine ve değişimin meydana geldiği yerin koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Speight, 2007: 3).

Doğalgaz farklı miktarlarda hidrokarbon ve hidrokarbon olmayan bileşimlerden oluşmaktadır. Bünyesinde yüksek oranda metan ve düşük oranda etan, propan, butan, hekzan gibi gazlar ve ağır hidrokarbonlar bulunmaktadır. Renksiz, tatsız, kokusuz, şekilsiz ve havadan daha hafif olan doğalgazın en yaygın kullanım alanı yakıt sektörüdür.

Doğalgaz kaynağına ulaşılırken keşif, sondaj, tamamlama ve üretim gibi dört farklı aşama gereklidir. Bu faaliyetler kapsamında yürütülen doğal gaz rezervlerinde son yıllarda artış gözlemlense de karada yer alan, üretilmesi kolay ve tüketiciye yakın rezervlerin yanı sıra deniz yataklarında bulunan çıkarılması zor rezervlerin payı artmaktadır. Bu rezervlerin çıkarılması ise gazın fiyatını aşabilen üretim ve nakliye maliyetine sahip olması nedeniyle engellenmektedir (Mokhatab ve Poe, 2012: 1-18).

Doğalgaz fosil yakıtlar içerisinde en esnek kullanım alanı olan enerji kaynağıdır. Doğrudan güç ve ısı üretmek için kullanılabileceği gibi ulaşımda yakıt olarak kullanılmak üzere dizele dönüştürülebilmekte ya da gübre, plastik gibi çok sayıda yararlı ürün elde etmek için kimyasal sürece tabi tutulabilmektedir. Ayrıca tüm bu süreçleri diğer fosil yakıtlara oranla daha az emisyon yayarak, daha rekabetçi bir maliyet ortamında ve bol miktarda tedarik sağlayarak gerçekleştirebilme imkânı

sağlamaktadır (Chandra, 2006: 1-6). Bu nedenle hem nihai mal olarak hanehalkı tüketiminde hem de ara malı olarak endüstriyel süreçte yoğun bir şekilde kullanılan doğalgaz ekonomik ve sosyal yönden diğer birçok enerji kaynağının alternatifi olarak kabul edilmektedir.

Diğer fosil kaynakların ülkeler arasında daha adil bir şekilde dağılmış olmasına karşın doğalgaz rezervlerinin sınırlı sayıda ülkede yoğun olarak bulunması nedeniyle doğalgaz piyasası daha çok oligopolistik özellik taşımaktadır (Appelbaum, 1978: 1). Bu nedenle bu piyasadaki rekabet üstünlüğü jeopolitik konumu dolayısıyla daha geniş doğalgaz rezervleri bulunan ülkeler lehine seyretmektedir. Doğalgaz piyasasındaki bu rekabetçi gücü etkileyen en önemli bileşenler ise doğalgaz piyasasını doğrudan etkileyen hava koşulları ve doğalgaz ile ikame edilebilirliği yüksek olan petrol fiyatlarındaki artışlardır (Brown ve Yücel, 2008: 45).

1.1.2. Nükleer Enerji

Üretimi doğada az miktarda bulunan uranyuma doğrudan bağlı olması nedeniyle nükleer enerji genellikle fosil yakıtlar gibi sonlu enerji kaynakları arasında değerlendirilmektedir. Ancak fosil yakıtlardaki kısa vadede tükenme senaryoları göz önüne alındığında ise fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji yanında nükleer enerjiye de dikkat çekilmektedir.

Atom enerjisi veya çekirdek enerjisi olarak da adlandırılan nükleer enerji; güneş ışığının etkisiyle dönüşüm geçiren bitki ve hayvan kalıntılarından elde edilen fosil yakıtların aksine atom çekirdeklerinin parçalanması veya birleşmesi sonucunda kimyasal bir süreçle ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde açığa çıkan enerji türü ya “fizyon” (parçalanma) olarak tanımlanan ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda bu çekirdeklerin parçalanması yoluyla ya da “füzyon” (birleşme) adı verilen iki veya daha fazla atom çekirdeğinin birleşerek yeni bir atom çekirdeği oluşturması yoluyla elde edilmektedir (Hubbert, 1956: 4; Üçgül ve Elibüyük, 2016: 288).

Nükleer enerji hem kamu sektöründe hem de politika yapıcılar arasında son elli yılda dramatik bir değişim yaşamıştır. 1945’te ilk atom silahının üretimiyle ve 1950’li yıllarda atomun bölünmesiyle ortaya çıkan enerjiden ilk elektrik üretiminin gerçekleşmesiyle nükleer enerjinin dünyanın enerji ihtiyacı için sınırsız çözüm

sağlayabilecek bir güç kaynağı olduğu düşünülmüştür. Nükleer enerji üretici reaktörlerin yapımında tecrübe kazanıldığında ekonomik, arzı bol ve özellikle kömürün aksine hiçbir kirletici yaymayan temiz bir enerji kaynağı olsa da bir nükleer reaktör çok büyük miktarlarda radyoaktivite üretmekte ve iyi bir nükleer güç nükleer silah anlamına geldiğinden genel güvenliğe ilişkin kaygılar yaratmaktadır (Bodansky, 2004: 18-20). Bu kaygıların altında yatan en temel neden; 1979 Three Mile Island ve 1986 Çernobil nükleer santrallerinde oluşan kazalar gibi olası nükleer kazalarının çevreyi geri dönülemez boyutta kirlenme ihtimalinden kaynaklanmaktadır. Bu kazalar 1980 ve 1990'larda nükleer santral inşasında yavaşlamaya ve nükleer reaktörlerin güvenliğini iyileştirmek için tüm ülkeleri harekete geçmeye zorlamış olsa da nükleer santraller enerji üretiminde yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir (Ferguson, 2007: 3).

Elektrik üretiminde, tıpta, sanayide ve özellikle silah endüstrisinde yaygın kullanım alanına sahip nükleer enerji; düşük üretim, yüksek yatırım maliyetleri, planlama döneminin uzunluğu, üretim aşamasındaki işletme ve bakım giderleri, üretimin durdurulmasından sonraki radyoaktif atıkların depolanması ve nükleer santralin sökülmesindeki maliyetlerin yüksekliği gibi pek çok dezavantaja sahiptir. Diğer yandan işletme ömrünün uzun olması, yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenmemesi, potansiyel rezervlerinin ve enerji kalitesinin yüksek olması ve birçok enerji kaynağına göre çok daha az kirlenici yayması yönleriyle de pek çok avantaja sahiptir (Temurçin ve Aliagaoglu, 2003: 27; Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Raporu, 2017).

1.1.3. Yenilenebilir (Alternatif) Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji; yerel ortamda meydana gelen doğal olarak tekrar eden ve kalıcı enerji akışlarından elde edilen enerjidir. Yeşil enerji ya da sürdürülebilir enerji olarak da tanımlanan bu kaynaklarda tükenme oranı kaynağın kendini yenileyebilme oranından daha düşüktür. Yenilenebilir enerji sistemleri arasında güneş radyasyonu (güneş ışığı), rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, okyanus dalgaları ve gelgit gibi kaynaklar bulunmaktadır (Twidell ve Weir, 2015: 3).

1.1.3.1. Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en temel enerji kaynağı yeryüzünün yakaladığı güneş ışımasıdır. Çünkü güneş radyasyonu; bir takım karmaşık süreçlerden geçip dünya atmosferi üzerine yansıyarak rüzgârın, dalga enerjisinin ve birçok enerji kaynağının oluşumuna doğrudan etki etmektedir (Sorensen, 2000: 19).

Güneş enerjisi, güneşin yapısında bulunan hidrojen gazının yüksek sıcaklık altında helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklı bir ışıınım enerjisidir. İç kısmı içerisindeki hidrojen atomları arasında meydana gelen sürekli nükleer füzyon reaksiyonları nedeniyle güneş 6000 santigrat derece (°C) yüzey sıcaklığına sahiptir. Bu nükleer reaksiyonlar yavaş yavaş tüm hidrojenleri daha ağır elementlere dönüştürecektir, ancak bu nispeten yavaş bir süreç olduğundan güneşin 5 milyar yıl daha yoğun bir güç kaynağı olacağı düşünülmektedir. Bu durum ise güneş enerjisinin tükenmez bir enerji kaynağı olarak nitelendirilmesini gerekli kılmaktadır (Boyle ve diğerleri, 2003: 24).

Güneş enerjisinin yoğunluğu dünya atmosferinin dışında 1367 watt/metrekare (W/m^2) iken, yeryüzüne gelen ışıınım değeri $1100 W/m^2$ düzeyine düşmektedir. Buradaki güneş ışıınının gücü; coğrafi konuma, hava koşullarına, çevre kirliliğine ve yerleşim yoğunluğuna göre değişmektedir. Güneş enerjisi geniş bir yelpazeyle farklı enerji biçimlerine dönüştürülebilmektedir. Güneş radyasyonu üç farklı şekilde yakalanabilir ve kullanılabilir. Bunlardan ilki, ısıyı emen materyallerden yapılmış kolektörlerin yardımıyla üretilen temel enerji, ikincisi fotovoltaiik elektrik ve son olarak da fotovoltaiik hücreler tarafından yakalanan ve doğrudan elektriğe dönüştürülen güneş radyasyonu'dur (Paceşila, 2015: 13). Fotovoltaiik paneller ve solar termal sistemler bu enerjilerden faydalanabilmek için iki büyük doğrudan güneş enerjisi dönüşüm teknolojileridir. Fotovoltaiik paneller, güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirken; solar termal sistemler, binalarda ve endüstriyel süreçlerde (güneş enerjisi aracılığıyla sıcak su veya binaların güneş enerjisi ile ısıtılması gibi) güneş destekli termokimyasal üretimi içermektedir.

Her yıl dünya, o yılda kullanılan enerji tüketiminden yaklaşık dört kat daha fazla güneş enerjisi almaktadır. Dönüşüm süreçleri (bir güneş kolektörü üzerindeki güneş enerjisinin sadece % 15-50'sinin başarıyla toplanabilip kullanılabilir bir forma dönüştürülebildiği) ve erişilemeyen bölgelerin olması (okyanuslar, dağlar, ormanlar)

gibi kayıplar göz önüne alındığında dâhi güneşten elde edilebilecek enerji dünya enerji tüketimini fazlasıyla karşılayacak düzeydedir (Blakers, 2017: 325).

Güneş; büyük, karmaşık bir kurulum gerektirmeden elde edilebilecek, geniş etki alanına sahip, görünür, düşük kirlilik yaratan, ulaşım maliyeti olmayan, tükenmez ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır (Tennant-Wood, 2012: 20). Ancak solar termal sistemlerde gerekli olan kapsamlı mimari değişiklikler, fotovoltaik panellerdeki hücrelerin yüksek maliyeti, panellerin işletme ömrü, enerji arz ve talebi arasındaki dengenin sağlanabilmesi için depolanma sorunu, yoğunluğunun az olması güneş enerjisinin dezavantajlarını göstermektedir (Fahrenbruch ve Bube, 1983: 4-5).

1.1.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin temel kaynağı güneştir. Küresel rüzgârlar, güneş radyasyonu ile yeryüzünün eşit ısınmamasından dolayı oluşan basınç farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Yerkürenin farklı ısınması (ekvatora gelen güneş ışınımının kutuplardakinden daha fazla olması) havanın yüksek basınçtan alçak basınca geçmesine neden olan atmosferik basınç alanında farklılıklar yaratır (Manwell ve diğerleri, 2009: 24). Dünyanın yapısındaki eğrilik artan enlem ile güneş ışınlarına karşı daha fazla eğilim anlamına gelir. Güneş ışınları enlem arttıkça atmosferin içinden geçmeye devam ederler ve bu yüzden güneş enerjisinin büyük kısmı yüzeye çıkmadan önce yolda emilir. Bu etkinin bir sonucu olarak alt bölgeler yüksek enlem bölgelerine oranla daha çok ısınır. Yeryüzünün bu farklı ısınması sonucunda rüzgârlar oluşmaktadır (Boyle, 2004: 245).

Rüzgârda mevcut olan enerji rüzgârın hızının küpüne bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle rüzgâr enerjisinin kullanımı için uygun alanların tanımlanması, rüzgâr türbinlerinin buna göre belirlenmesi ve rüzgâr kaynağının karakteristiklerinin iyi anlaşılması kritik öneme sahiptir. Enerji kaynağı olarak rüzgârın en çarpıcı özelliği değişkenliğidir. Bu değişkenlik hem coğrafi konumdan (kara ve deniz oranı, kara kütlelerinin büyüklüğü, dağ ve ovaların varlığı gibi) hem de aynı bölge içerisindeki zamana bağlı geçici değişimlerden kaynaklanmaktadır (Burton ve diğerleri, 2011: 10).

Rüzgârda yaklaşık 10 milyon megawatt (MW)'lık enerjinin sürekli olarak mevcut olduğu tahmin edilmektedir. Buradaki kinetik enerji rüzgâr türbinleri

sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Herbert ve diğerleri, 2007: 1118). Bu enerjiyi dönüştüren rüzgâr türbinlerinin dört temel evresi bulunmaktadır. Rüzgâr, türbinin sürtünme derecesine ulaşamaz ise türbin hareket etmez ve enerji elde edilemez. Rüzgârın hızı saniyede 3 metre (m)'ye ulaştığında (saatte yaklaşık 10 kilometre (km)) türbin elektrik üretmeye başlar. Rüzgâr hızı arttıkça türbinin üretebileceği maksimum güç miktarına kadar enerji üretilmeye devam edilir. Ancak fırtına gibi doğal afetler meydana geldiğinde (rüzgâr hızının saniyede 20-25 m'ye ulaştığı durumlarda) türbin hasar görmemek için kendiliğinden devre dışı kalır (Seifried ve Witzel, 2010: 102).

Rüzgâr enerjisi yel değirmenlerinde, su pompalamada ve elektrik enerjisi elde etmede uzun bir tarihsel geçmişe sahiptir. Temiz, uygun fiyatlı, nispeten düşük maliyetli ve geleneksel enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında rekabet edebilir oranda elektrik üretme kapasitesine sahip olan rüzgâr enerjisi yarattığı gürültü açısından, görsel ve iklimsel etkileri açısından olumsuz çevresel etkilere neden olabilmektedir. Karada çalışan rüzgâr türbinlerinin neden olduğu gürültü ve görselliği bozucu etkiler insanlara ve doğal hayata (özellikle kuş popülasyonuna) zarar verebilmektedir. Diğer taraftan rüzgâr türbinleri gece ısınarak gün içinde ise soğuyarak yüzey sıcaklıklarını değiştirebilmekte, kuraklığa yol açabilmekte ve rüzgâr türbinlerinin ardından gelen türbülans havanın yukarı ve aşağı karıştırılmasıyla yerel iklim değişikliklerine neden olabilmektedir (Leung ve Yang, 2012: 1032-1037; Abbasi ve diğerleri, 2014: 271).

1.1.3.3. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, hareketli suyun enerjisinden elde edilen bir enerji şeklidir. Akan su türbinler kullanılarak yakalanabilen ve elektriğe dönüştürülebilen enerji yaratmaktadır. Hidroelektrik enerji adı verilen bu enerjide hareket eden suyun güneş radyasyonu tarafından yönlendirilmesiyle birlikte hidroelektrik enerjisi üretilmektedir. Hidroelektrik enerjinin en yaygın biçimi barajlar olmakla birlikte dalga ve gelgit gücünden de yararlanılmaktadır (Ellabban ve diğerleri, 2014: 751).

Düşen su içindeki potansiyel enerji hidroelektrik santralleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Buradan elde edilen enerji suyun yoğunluğu, hacimsel akış oranı ve yerçekimi kuvvetine bağlı olarak değişmektedir (Jorde ve

Kaltschmitt, 2007: 349). Hacimsel su akışı ve suyun düşüş yüksekliği ne kadar büyük olursa bir hidroelektrik santralinden elde edilebilecek güç üretimi de o kadar yüksek olmaktadır (Pandey ve Karki, 2017: 15).

Hidroelektrik santraller; su kaynaklarına, yapılarına ve türbinlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bunlardan ilki olan nehir tipi hidroelektrik santraller, bir nehrin doğal akışı ve yükselip alçalmasından elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu santrallerden bazıları bir nehir tarafından doğrudan beslenirken diğerleri bir kanal aracılığıyla beslenmektedir. İkinci olarak depolamalı hidroelektrik santraller, her zaman doğal bir su akıntısına sahip olmamakla birlikte yüksek bölgelere kurularak eriyen kar suyundan enerji sağlamaktadır. Burada dağların arasındaki farklı noktalardaki su kütleleri borularla birbirine bağlanarak potansiyel enerjinin mümkün olduğu kadar verimli hale getirilmesi amaçlanır. Üçüncü olarak ise pompa depolamalı hidroelektrik santraller, enerji talebinin nispeten daha az olduğu dönemlerde şebekeden suyu alarak pompalayıp üst rezervuarda depolamak, enerji talebinin arttığı zamanlarda ise depolanmış suyu üst rezervuardan alt rezervuara aktararak kısa sürede yüksek enerji taleplerini karşılamak amacıyla kurulmaktadır (Wagner ve Mathur, 2011: 4-10).

Sanayi devriminin ilk dönemlerinden itibaren su başlıca güç kaynağı olarak kullanılmıştır. Buğday tanelerinden un üretmek için değirmende ve tarımda kullanılan su çarkları bunun en belirgin örnekleridir. 19. yüzyılda türbinlerin ve elektrik jeneratörünün geliştirilmesiyle birlikte hidroelektrik güç üretilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda geliştirilen hidroelektrik gücün kullanımında önemli avantajlar bulunmaktadır. Uygun alan seçimine göre, su hem kirletici olmayan hem de güvenilir bir enerji kaynağıdır. Uzak bölgeler için de etkili bir güç kaynağı olmaktadır. Depolanan suyun elektrik enerjisine aktarılmasında % 80'e kadar verim elde edilebilmektedir. Depolama tesisleri etkin bir şekilde kullanıldığında tarımsal üretim, nehir regülasyonu, sel ve yaban hayatını koruyabilmektedir. Ancak yaz aylarında su rezervuarları sınırlı olan doğal akışı azaltarak doğal çevreye zarar verebilmekte, hidroelektrik santrallerinin inşası ve kurulumu için belirli bölgelerdeki sosyal yaşam yok edilmekte ve sudaki hayvanların yaşamları, çözünmüş oksijen seviyelerindeki azalma nedeniyle olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Coyle ve diğerleri, 2014: 99-102).

1.1.3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, dünyanın iç ısısı kullanılarak elde edilmektedir. Yeraltı ısısı, birkaç yüz metreden birkaç kilometre derinliğe kadar uzanan sıcak kayalardan veya sıg magma cisimlerden geçerken ısınan su aracılığıyla oluşmaktadır. Buradaki su genellikle doğal olarak meydana gelen ve faylar/çatlaklar boyunca sızan yeraltı suları olmakla birlikte bazı durumlarda su yüzeyden pompalanarak yapay olarak açığa çıkarılmaktadır. Böylece yerin derinliklerinden yüzeye ulaştırılan ısı sayesinde jeotermal enerji elde edilmektedir (Gupta ve Roy, 2007: 9).

Jeotermal enerji, gezegenin iç kısmında bulunan potasyum, uranyum ve toryum radyoizotoplarının çürümesiyle doğal olarak üretilen termal enerjidir. Bu nedenle, güneş ışınlamından ve/veya güneş ve ayın çekimsel kuvvetinden bağımsız tek yenilenebilir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji; doğal kaplıcalar, alan ısıtma ve çeşitli endüstriyel süreçlerde doğrudan kullanılmaktadır. Jeotermal enerjinin dolaylı olarak kullanıldığı tek alan ise enerji üretimidir. Bir jeotermal enerji santralinden çıkan su, sayısız doğrudan kullanım için oldukça sıcak olduğundan jeotermal enerji özellikle kombine ısı ve güç uygulamaları için elverişlidir. Bu şekilde faydalanılırsa jeotermal enerji dönüşümünün verimliliği birçok enerji formundan çok daha yüksektir. Çünkü jeotermal enerji santralleri tipik olarak % 95'in üzerinde kapasite ile 7/24 çalışarak bol miktarda ısı üretmektedir (Younger, 2015: 11738).

Kapalı bir alanda ısıyı kaynağından alarak serbest yüzeye aktaran jeotermal sistemler üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; bir ısı kaynağı, bir rezervuar ve ısıyı aktaran taşıyıcı bir sıvıdır (Dickson ve Fanelli, 2003: 8). Büyük miktardaki ısıyı dünya yüzeyinin altındaki erişilebilir derinliklere doğru aktarmak için mutlaka bir taşıyıcı gerekir. Genel olarak ısı, iletimle ve daha sonra konveksiyonla derinlikten alt yüzey bölgelere taşıyıcı olarak hareket eden jeotermal sıvılar ile aktarılır. Bu sıvılar, temel olarak Dünya'nın kabuğuna nüfuz etmiş, sıcak kayalarla temas halinde ısıtılmış olan ve zaman zaman yüksek basınçlarda ve sıcaklıklarda (300°C'nin üzerinde) rezervuarlarda biriken yağmur sularıdır (Barbier, 2002: 6).

Jeotermal sıvılar; bir miktar hidrojen sülfür, daha az oranda amonyak, civa ve bor, büyük oranda azot ve karbondioksit içeren değişken miktarda bir gazdır. Miktarlar farklı alanların jeolojik koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Kimyasalların çoğu, sondaj deliklerine yeniden enjekte edilmekte ve böylece çevreye

bırakılmadan bertaraf edilmektedir. Bu nedenle jeotermal kaynakların sera gazı emisyonları oldukça düşüktür (Fridleifsson, 2001: 306). Ancak jeotermal enerji; sondaj, buhar iletim, tesis kurulumu ve potansiyel enerji kaynaklarının yerinin keşfi bakımından maliyeti yüksek bir enerji kaynağıdır (Ritter, 1973: 433). Sebep olduğu gürültü, düşük emisyonlu da olsa bileşimindeki kimyasallar, görsel etki ve sıvı düzeyinin azalması nedeniyle arazi yüzeyinin çökmesi herhangi bir jeotermal enerji kaynağının gelişiminde karşılaşılan diğer önemli problemlerdir. Jeotermal enerjinin, yerel veya dünyadaki elektrik enerjisi ihtiyacının belki de % 10'undan fazlasını sağlayamaması olasıdır. Ancak elverişli bölgelerde özellikle az sayıda başka enerji kaynağına sahip azgelişmiş ülkelerde jeotermal enerji büyük bir önem taşımaktadır (Muffler ve White, 1972: 43). Jeotermal kaynakların özellikle doğrudan kullanım alanlarının biyokütle gibi geleneksel yakıtlara olan bağımlılığı azaltılabileceği ve ortadan kaldırılabileceği kırsal alanlarda bulunması da bir diğer önemli avantajıdır. Buralarda kurulan küçük ikili modüler santraller düşük sıcaklıklı alanlarda dâhi küçük ölçekli jeotermal elektrik üretimi yapılabilmesine imkân tanımaktadır (Shortall ve diğerleri, 2015: 393).

1.1.3.5. Biyokütle Enerjisi

Artan sayıda ülkenin yenilenebilir enerji politikaları içerisinde ağırlıklı olarak yer alan biyokütle enerjisi artık geçmişte dile getirildiği gibi “bir geçiş enerjisi kaynağı” olarak değerlendirilmemektedir. Çünkü biyokütle kaynakları potansiyel olarak dünyanın en büyük ve en sürdürülebilir enerji kaynağıdır. Mevcut enerji kaynaklarından 450 egzajoule (EJ) dolaylarında enerji elde edilebilirken, biyokütle kaynakları dünyanın gıda arzını etkilemeden en az 800 EJ'ye kadar enerji üretimine katkıda bulunabilmektedir (Rasillo-Calle ve diğerleri, 2015: 5).

Biyokütle enerjisi; odun ve odun türevli yakıtların, akaryakıt ürünlerin, tarımsal, endüstriyel ve hayvansal yan ürünlerin dönüşüm geçirmesiyle elde edilen bir enerji türüdür. Biyokütleden elde edilen ve biyoenerji adı verilen bu enerjinin temel yapısında kalıntıların vücutlarında depolanmış olarak bulunan güneş enerjisi bulunmaktadır. Kimyasal enerji olarak depolanan güneş enerjisini taşıyan ve biyoenerji taşıyıcısı olarak da adlandırılan biyoyakıtlar sürdürülebilir biyokütle

üretimine dayandıkları sürece yenilenebilir olmaktadır (Loo ve Koppejan, 2008: 1).

Fotosentez, bitki dokularını içeren yapısal ve yapısal olmayan karbonhidratların üretilmesine neden olmaktadır. Fotosentez süreci ile birlikte, bitkiler bünyelerinde bulunan klorofil sayesinde güneş enerjisini yakalamakta ve karbondioksit, su, ışık ve klorofilin uygun şartlar altındaki tepkimesiyle karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan karbonhidratı açığa çıkarmaktadırlar. Bu karbonhidratlar yakıldığında tekrar karbondioksit ve su haline dönmekte ve güneşten elde edilen enerji bu sayede yeniden açığa çıkmaktadır (Klass, 1998: 30). Organizma kalıntılarından elde edilen bu biyokütle enerjisi, bitkilerin fotosentezi ve hayvanların bitkiler yoluyla beslenmesi nedeniyle bileşiminde pek çok kimyasal barındırmaktadır. Biyokütlenin bileşenleri arasında selüloz, hemiselülozlar, lignin, lipitler, proteinler, basit şekerler, nişastalar, su, hidrokarbon, kül ve diğer bileşikler bulunmaktadır. Her bileşiğin konsantrasyonları türlere, bitki dokusunun tipine, büyüme evresine ve büyüme koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Jenkins ve diğerleri, 1998: 21).

Biyoenerji büyük oranda ısıtma uygulamaları için kullanılırken, elektrik üretimi, ulaşımda yakıt ve kimyasal uygulamalar için de kullanılmaktadır. Biyoenerji dünyanın dört bir yanında sürdürülebilir bir temelde kullanılabilecek kaynaklara dayanmakta bu da aslında bölgesel kalkınma için eşsiz fırsatlar yaratmaktadır (Ladanai ve Vinterback, 2009: 11-14). Biyokütle enerji kaynakları; çeşitli yöntemlerle işlenerek katı, sıvı ve gaz hale dönüştürülebildiği için çok çeşitli biyokütle yakıtı bulunmaktadır. Bu yakıtlar sıvı fosil yakıt rezervi olmayan bölgelerde enerji güvenliğinin yükseltilmesini, sıvı ulaştırma yakıtlarının arzının artırılmasını ve enerji birim başına atmosfere salınan net karbon miktarlarının azaltılmasını sağlamaktadırlar. Bununla birlikte, biyokütle enerjisinin artan bir şekilde kullanılması tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehlikeye atarak gıda rekabetine, tarımsal kirleticiler yoluyla su kirliliğine, doğal alanların yok edilmesine, arazi rekabeti nedeniyle gıda fiyat artışlarına yol açabilmektedir (Field ve diğerleri, 2007: 65).

1.1.3.6. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi rüzgâr hareketleriyle elde edildiği için aslında dolaylı bir güneş enerjisi biçimidir (Falcao, 2010: 900). Yani dalga enerjisi, güneş enerjisinin konsantre bir şeklidir. Güneş, dünya çapında sıcaklık farklılıkları yaratmakta bu durum da okyanusları aşan rüzgârlara sebep olmaktadır. Deniz yüzeyinde oluşan rüzgârlar ise dalgalara transfer edilerek dalga enerjisini oluşturmaktadır. Su dalgaları, hemen hemen hiç enerji kaybı olmaksızın bin kilometrelik yolculuk yapabilmektedir. Dalgaların güç yoğunluğu rüzgâr veya güneş enerjisinden çok daha yüksektir. Bir dalga bünyesinde hem kinetik hem de potansiyel enerji barındırmaktadır. Bir dalganın toplam enerjisi dalganın yüksekliği ve süresi olmak üzere kabaca iki faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bir dalga suyun sığ kısmına (kıyıya) ulaştığında yavaşlar, dalga boyu azalır ve kırılmaya uğrar. En büyük enerji kayıpları bu kırılmalar esnasında meydana gelir, bu nedenle kaynağın yalnızca bir kısmı kıyıya ulaşır (Cruz, 2008: 1).

Rüzgâr, denizaltı depremleri, deniz araçları veya ay ve güneşin çekimi gibi dış etkiler nedeniyle oluşan deniz yüzeyi hareketleri dalgaların oluşumuna neden olmaktadır. Ancak rüzgâra bağlı oluşan deniz dalgaları, diğer etkilerin oluşturduğu deniz dalgalarıyla kıyaslandığında daha fazladır, bu nedenle enerji elde edilmesinde öncelikli olarak rüzgârın neden olduğu dalgalar kullanılmaktadır. Bu kapsamda elde edilen dünyanın deniz kaynaklı doğal enerji potansiyeli hidrolik, biyokütle ve rüzgâr enerjisinin doğal potansiyelinden daha yüksektir. (Özdamar ve diğerleri, 2004: 584) .

Dalga enerjisi gücü genliğinin karesi ve hareket periyoduna bağlı olarak değişmektedir. Uzun periyotlu ve büyük genlikli dalgalar metre olarak genişliği başına 40 ila 70 kilowatt saat (kwh) arasında değişen oranda enerji üretmektedir. Bir dalganın ortalama enerji yoğunluğu deniz tabanındaki etkileşime bağlı olarak kıyı şeridinde yaklaştıkça azalmaktadır. Bu durum kıyıya yakın dalgaların daha çok enerji içerdiğini ve kıyı bölgelerinde enerji verimliliğinin arttığını ifade etmektedir (Clement ve diğerleri, 2002: 408).

Dalga enerjisini yakalayıp elektrik enerjisine dönüştürmek amacıyla dalga enerjisi dönüştürücüleri kullanılmaktadır. Bu amaçla kıyı şeridi, kıyıya yakın ve kıyıdan uzak bölgelerden enerji elde etmek için üç farklı teknik uygulama söz konusudur. Kıyı şeridi uygulamalarında kıyıda sabit ya da gömülü olarak bulunan

enerji üretim yapıları mevcut olduğundan derin su bağlantılarına ve karmaşık bir yapıya gerek duyulmamaktadır. Kıyıya yakın uygulamalarda 10-25 m su derinliklerinden enerji elde edilirken, kıyıdan uzak bölgelerde 40 m'den daha derin sulardan enerji elde edildiği için bu uygulama daha uzun ve karmaşık bir teknik yapı gerektirmektedir (Ün, 2013: 1-3).

Dalgaları yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanmak, diğer enerji üretim yöntemlerine göre birtakım önemli avantajlar sunmaktadır: Deniz dalgaları yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde enerji yoğunluğu en yüksek kaynaktır. Yatay düzlemin güneş enerjisi yoğunluğu tipik olarak 0.1-0.3 kilowatt/metrekare (kW/m^2) iken su yüzeyinin hemen altında dalga yayılımının yönüne dik olarak dikey düzlemde bu oran 2-3 kW/m^2 güç akış yoğunluğuna dönüştürülebilmektedir. Dalga güç cihazları rüzgâr ve güneş enerjisi cihazlarının ürettiği % 20-30 arasındaki güce kıyasla zamanın % 90'ına kadar güç üretebilmektedir. Diğer taraftan dalga enerjisi çok az enerji kaybıyla çok büyük mesafeler kat edebilmekte ve bu süreç boyunca çevreye minimum düzeyde zarar vermektedir. (Drew ve diğerleri, 2009: 887). Ancak dalga enerjisi santrallerinin, geleneksel enerji santralleriyle kıyaslandığında olumsuz çevresel etkisi az olsa da özellikle büyük ölçekte uygulandığında birtakım tehditlere yol açabilmektedir. Bunlar arasında; deniz ortamına kurulan dalga enerji santrallerinin deniz suyunun sıcaklığında değişimler yaratarak organizmaların doğal yaşamını bozması, larvaların gelişiminde azalma, zehirli kimyasalların su yüzeyine salınması, organizmaların giriş borularına çarparak yaşamlarını yitirmelerine sebep olmaları bulunmaktadır. Bu nedenle yüksek potansiyele sahip okyanus enerjisi teknolojileri geliştirilirken, aşırı avlanma, kirlilik, habitat kaybı ve iklim değişikliği gibi birden fazla tehdide maruz kalan deniz ortamına zarar verilmemesini sağlamak kritik bir öneme sahiptir (Pelc ve Fujita, 2002: 471-474).

1.2. NEDEN YENİLENEBİLİR ENERJİ?

Nüfustaki hızlı artışlar ve sanayileşmenin yol açtığı artan enerji talebinin yenilenemeyen fosil yakıtlardan karşılanması hem bu kaynakların tükenme riski nedeniyle hem de çevreye yüklediği maliyet nedeniyle alternatif enerji kaynakları arayışını hızlandırmıştır. Gelecekte küresel enerji arz ve talebi arasındaki dengenin yalnızca fosil yakıtlar ile sağlanamayacağı düşüncesi baskın olmakla birlikte

alternatif enerji kaynaklarına yönelme aslında birçok soruna çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının neden fosil yakıtlara alternatif olabileceğini ekonomik ve sosyal nedenler ve çevresel nedenler olarak iki grupta incelemek mümkündür.

1.2.1. Ekonomik ve Sosyal Boyut

Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çevreye zarar vermeden üretilen ve tüketilen temiz enerji sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir büyümenin temel bileşenlerinden biridir. Her ülkede mevcut olan yenilenebilir kaynaklar; sınırlı ve ithal olan fosil kaynaklara bağımlılığı azaltarak enerjiden kaynaklı cari açığı düşürebilmekte, dış enerji kaynakları yerine ülkenin kendi yerel enerji kaynaklarına yapılan finansman aktarımı ile hem yeni istihdam alanları yaratarak büyümeyi ve kalkınmayı desteklemekte hem de enerji üretiminde maliyeti giderek düşürebilmektedir.

1.2.1.1. Kalkınmanın Sürdürülebilirliği

1970 ve 1980’li yıllardaki büyüme kuramları ekoloji sorunları ve doğal kaynak yetersizliklerinin, iktisadi büyüme üzerinde ciddi baskılar yaratabileceğini ve büyümenin yalnızca uzun dönemde değil yakın gelecekte de birtakım sınırlara dayanabileceğini düşünmeyen bir iyimserliği benimsemiş olması nedeniyle büyük ölçüde geçerliliklerini yitirmiştir (Tezel, 1997: 8). Tam da bu noktada yeni bir kavram olarak “sürdürülebilirlik” olgusu ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı; gelecek nesillerin uzun dönemde doğal kaynaklardan sağladıkları toplam fayda düzeyinin devam ettirilmesini, onlara en azından bugünkü refah düzeylerine eşit düzeyde bir refahın miras bırakılması gerektiğini ve dinamik verimliliği ifade etmektedir (Pezzey, 1997: 451; Stavins ve diğerleri, 2003: 340). Sürdürülebilirlik ekolojik kökenli bir kavram olmasına karşılık hem ekonomik büyümede hem de ekonomik kalkınmada istikrar için gerekli bir unsurdur. İstikrarlı ve sürdürülebilir büyüme ile kısa dönemli konjonktürel dalgalanmaların mümkün olduğunca az olması kastedilirken, istikrarlı ve sürdürülebilir kalkınma ile doğal çevreye ve kaynaklara zarar vermeden yaratılan dönüşüm ifade edilmektedir.

1972 yılında Meadows ve diğerleri tarafından hazırlanan ‘‘Büyümenin Sınırları’’ adlı raporda dünya nüfusunda, sanayileşmede, hava kirliliğinde ve yenilenemez kaynakların kullanımında var olan büyüme trenleri değişmezse gelecek yüzyıl içerisinde dünyadaki büyümenin sınırlara ulaşacağı ifade edilmiştir. Bu iddialar sürdürülebilir kalkınma anlayışının doğmasında önemli etkilerde bulunmuş ve niceliksel büyümeden daha çok niteliksel kalkınmanın gerekliliği gündeme gelmiştir (Carruthers, 2001: 95).

Bu kapsamda ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma olgusu farklı çevrelerce çok farklı şekillerde tanımlansa da Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun (1987) ‘‘Ortak Geleceğimiz’’ (Brutland Raporu) adlı raporu ile en yaygın ve en kapsamlı tanımına ulaşmıştır. Raporda; ‘‘Sürdürülebilir kalkınma, geleceğin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamayı hedefleyen kalkınma’’ şeklinde tanımlanmıştır.

Sürdürülebilir kalkınmanın tartışılmaya başlandığı dönemden itibaren kabul edilen üç boyutu bulunmaktadır (Harris, 2000: 6):

Ekonomik boyutu; ekonomik olarak sürdürülebilir bir sistem hükümet ve dış borçların yönetilebilirliğine odaklanarak, tarımsal ve endüstriyel üretime yol açan sektörel dengesizliklerden kaçınmalıdır.

Sosyal boyutu; sosyal açıdan sürdürülebilir bir sistem için sağlığı, eğitimi, cinsiyet eşitliğini, politik hesap verilebilirliği ve katılımı da içine alan yeterli bir sosyal hizmet anlayışının benimsenmesi gereklidir.

Çevresel boyutu; çevresel açıdan sürdürülebilir bir sistem ise; yenilenebilir kaynakların ya da çevresel yatırım fonksiyonlarının aşırı kullanımından kaçınmalı ve yenilenemeyen kaynaklardan sadece yatırımlarla ikame edilebilenleri tüketerek kaynak kullanımında istikrarı sağlamalıdır.

Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınma; Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından ekonomik, sosyokültürel ve çevresel sistem arasında ortaya çıkan bir etkileşim süreci olarak değerlendirilmektedir. Etkinlik, büyüme, istikrar ve yoksulluğun azaltılmasına odaklanan ekonomik ve sosyal boyutlar aslında çevresel sürdürülebilirliğin de öncüsü olmaktadır. Çünkü sosyoekonomik koşulları daha istikrarlı hale gelen toplumlar çevre üzerindeki baskılarını azaltmaya odaklanacaklardır. Bu nedenle toplumlar için en yararlı olabilecek yaklaşım; zaman

içinde doğal kaynakların mevcut stokunu korumak suretiyle ekonomik ve sosyal kalkınmanın net faydalarının en üst düzeye çıkarılmasını öngören bir kalkınma anlayışıdır (Munashinge, 1993: 4). Çünkü ancak nüfus, materyal, enerji tüketimi ve insan yapımı sermayenin belli bir seviyede tutulduğu durağan bir ekonomi sürdürülebilir olabilecektir (Daly, 1991: 5).

Tüm dünyanın temelinde yer alan sürdürülebilir kalkınma olgusu gelecekteki olası sorunlar olan ekolojik felaket ve refah kaybını önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu kapsamda bir ekonomide uzun vadede sürdürülebilirliğin sağlanması için mutlak gerekli koşul ise; yenilenebilir kaynakların ekosistemin kaynakları yeniden üretme yeteneğini aşmadan kullanılmasıdır (Daly, 2007: 14).

1.2.1.2. Artan Nüfusun Enerji İhtiyacının Karşılanması

Nüfus konusuyla ilgili en karamsar bakış açısı Thomas Malthus (1798) tarafından ele alınmıştır. Maltus'un analizine göre; nüfus artışı geometrik olarak ilerlerken, doğal kaynaklar aritmetik olarak ilerlemekte ve bu artış nüfus artışının gerisinde kalmaktadır.

Malthus analizinde teknik gelişmenin; toprağın, tarımsal üretimin ve ekonomik gelişmenin verimliliği artırdığını göz ardı etse de 1960'lı yıllarda ortaya çıkan Yeni Malthusçu akımın öncüleri ve Roma Kulübü'nün 'Büyüme'nin Sınırları' (1972) raporu yine de kaynakların hızla tüketildiğine, nüfusun ise durmadan artarak dünyayı bir yıkıma sürüklediğini ileri sürmüşlerdir (Keleş ve Hamamcı, 2005: 65). Günümüzdeki bütün Yeni Malthuscu yazarlar, küresel sorunların ana kaynağını insan nüfusundaki artış olarak görmekte ve nüfus kontrolünü de bütün sorunların çözümü olarak ifade etmektedirler. Bu kapsamda dünyanın ancak iki milyar insanın normal yaşam standardını karşılayabileceğine dikkat çekerek, eğer insanların nüfus patlamasını gelecek yüzyılda kendileri kontrol altına almazlarsa; açlık, hastalık ve kaynak kıtlığının bu kaotik büyümeye mutlak suretle bir son vereceğini iddia etmektedirler. Çünkü sınırlı doğal kaynakları olan dünyanın, bu kadar kalabalık insan ihtiyaçlarını karşılaması mümkün değildir (Öztürk, 2007: 9).

Nüfustaki artış ulusal refah düzeyi üzerinde negatif bir unsurdur. Nüfustaki hızlı artışlar sağlıksız bir kentleşmeye, besin kıtlığına, salgın hastalıklara, kaynakların baskılanmasına, yoksulluğun çevre sorunlarına, çevre sorunlarının da

yoksulluğu doğurduğu bir kısır döngüye neden olmaktadır. Geometrik bir artış sergileyen dünya nüfusu ciddi beslenme sorunlarına yol açarken, kaynaklar üzerindeki talep giderek artmakta; su, yaşanabilir alanlar ve doğal kaynakların kullanım sorunu belirginleşmektedir. Bunun tabi sonucu ise kaynakların aşırı tahribatı ve doğal dengelerin bozulması olmaktadır (Jamali, 2007: 36).

Nüfus ve çevresel bozulma arasındaki en önemli ilişki; çevresel bozulmanın nüfus büyüklüğü, nüfus içindeki her bir bireyle ilişkili faaliyetler, tüketim ve ilgili çevresel zararların çarpanı olarak hareket etmesidir. Nüfus ve çevre arasındaki ilişkiyi bir denklem olarak ifade etmek mümkündür:

Tablo 2: Çevresel Bozulma-Nüfus İlişkisi

$\text{Çevresel Bozulma} = \text{Nüfus} \times \text{Kişi Başına Tüketim} \times \text{Tüketim Birimi Başına Zarar}$
--

Kaynak: Holdren ve Ehrlich, 1974: 288.

Çevresel tahribatta meydana gelen bozulma; nüfus, kişi başına tüketim ve tüketilen birim başına doğan zarar olan bağımsız değişkenlerdeki her bir faktörün boyutuna ve artış oranına bağlı olarak değişmektedir. Kişi başına tüketimin artmakta olduğu bir ekonomideki çevresel bozulma durağan bir nüfus artışı ve buna bağlı olarak kişi başına tüketim oranlarının fazlaca artmadığı bir ekonomiye kıyasla çok daha yüksek olmaktadır. Çevresel sorunlara en büyük katkının çarpan etkisiyle nüfus artışı olduğunu söylemek mümkün olsa da sadece nüfusun büyümesi çevresel zararın tek başına bir parçası olmamaktadır. Bu gerçeği tasvir etmenin en iyi yolu muhtemelen çevre üzerindeki hem refahın hem de teknolojik etkinin en iyi ölçütü olan enerji tüketim istatistikleridir (Holdren ve Ehrlich, 1974: 288-289).

Günümüzde özellikle gelişmekte olan piyasa ekonomilerinde, nüfus ve ekonomik büyümeden kaynaklanan küresel enerji talebi hızla artmaktadır. 20. yüzyılda dünya nüfusu 4 kat, ekonomik çıktı 22 kat, fosil yakıt tüketimi 14 kat artmıştır. 2050 yılına gelindiğinde bugünden 4 kat daha büyük bir dünya ekonomisine, 9 milyar insanın gıda ve enerji ihtiyacının karşılanması gerekliliğine ve % 80 daha fazla enerji tüketimine ulaşılacağı öngörülmektedir (Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2011: 10). Bu projeksiyonlar dikkate alındığında; özelde Türkiye gibi enerji talebinin büyük kısmını ithal kaynaklardan karşılayan ülkeler ve genelde tüm dünya için artan nüfusun enerji ihtiyacını karşılamada sınırlı fosil yakıtların yeterli olamayacağı endişesiyle yerli ve

yenilenebilir enerjilere yönelmek sürdürülebilirlik açısından en ulaşılabilir çözüm olarak görülmektedir.

1.2.1.3. Enerji Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesi

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtların aksine dünyanın her bölgesinde ulaşılabilir olması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi sebebiyle ortaya çıkan alternatif kaynak arayışları enerji üretim maliyetlerinin de daha düşük seviyelere indirilmesi kaygısını beraberinde getirmiştir.

Enerji arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve bu kaynakların etkin bir şekilde kullanılması hem sürdürülebilirliğin hem de enerji arzında maliyetlerin düşürülmesinin anahtar unsurları olarak görülmektedir. Kaynak çeşitliliği yalnızca kaynak tipinde değil aynı zamanda ithal edilen kaynağın sağlandığı ülkelerin de çeşitlilik göstermesini ifade etmektedir. Bu kapsamda, dışa bağımlılığın yol açtığı risklerin azaltılması ve yerli enerji kaynakların ön plana çıkarılması ülke ekonomileri açısından stratejik önem taşımaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB] 2015-2019 Stratejik Planı: 35).

Enerji talebinin giderek arttığı ve gelecekte de artacağı senaryoları dikkate alındığında; üretici ve tüketici tarafında bulunan tüm ülkeler için enerji talebinin hangi yolla ve hangi şekilde temin edileceği önem taşımaktadır. Bu unsurlar enerji güvenliği kavramını ortaya çıkarmaktadır. Enerji güvenliği, en temel haliyle ülkelerin ihtiyaç duyduğu enerji kaynaklarının kesinti olmadan ve güven içerisinde, istenilen yere zamanında ulaştırılmasını ifade etmektedir (Selçuk, 2010: 32). Bu nedenle ülkeler enerjiye sürekli olarak ve düşük maliyetle ulaşabilmek için rekabet içerisine girmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma uzun vadede düşük maliyetle ve olumsuz toplumsal etkilere neden olmadan sürdürülebilir bir enerji kaynağı arzını gerektirmektedir (Dinçer, 2000: 171). Bu kapsamda mutlak çözüm yenilenebilir enerji kaynakları olarak görülse de yenilenebilir enerji kaynaklarının ilk kurulum maliyetleri oldukça yüksektir (Spellman, 2014: 4). Yenilenebilir enerji kaynaklarının geleneksel kaynaklarla karşılaştırıldığında finansman maliyetlerinin yüksek olmasının arkasında üç temel neden bulunmaktadır (Berry ve Jaccard, 2001: 264):

- Geleneksel enerji kaynaklarına verilen sübvansiyonlar (teşvikler)
- Geleneksel enerji kaynaklarının finansal maliyetine kirlilik maliyetlerinin dâhil edilmemesi (Dışsallıklar)
- Yenilenebilir kaynakların çoğunlukla yeni ve yüksek maliyet gerektiren teknolojilerle ilişkilendirilmesi, zaman içerisinde ölçek ekonomisi ve bilgi ekonomisinin yaygınlaşmasıyla maliyetlerin görece olarak düşeceğinin dikkate alınmaması.

Fosil yakıtların fiyat riski çeşitlendirilememekte ve bu kaynakların fiyatlarındaki dalgalanmalar üretim maliyetlerinin yanında ek bir maliyet unsuru oluşturmaktadır. Fosil yakıt fiyatlarındaki oynaklık, diğer riskli emtia fiyatlarına kıyasla milli gelir üzerinde daha büyük bir etkiye sahiptir. Tek bir % 10' luk petrol fiyat artışı, Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency-IEA) üye ülkelerinde yüzlerce milyar ABD Doları aralığında ekonomik kayıplar yaratabilir. Oysa yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri neredeyse tamamen başlangıç sermaye harcamaları olup yıllık işletme maliyetleri küçüktür (Awerbuch, 2003: 3).

Fosil yakıtlar yenilenebilir teknolojilerin büyük bir kısmına kıyasla mutlak bir maliyet avantajı sergilemekte olsa da fosil yakıtların yakılmasının neden olduğu maliyetlerin elde edilen çıktı fiyatları ile içselleştirilmesi durumunda yenilenebilir enerji teknolojilerinin fosil yakıtlarla mali açıdan rekabet edebilir konuma geleceği öngörülmektedir. Birim üretim maliyetlerini azaltacak unsurlar teknik ilerleme ile ölçek ekonomilerinin birleşmesi ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesini kısıtlayan piyasa başarısızlıklarının ortadan kaldırılması yoluyla gerçekleştirilebilir (Owen, 2006: 642) .

1.2.1.4. Enerjide Dışa Bağımlılığın Azaltılması

Küresel düzeyde artan enerji talebinin sınırlı ve tüm ülkelerde aynı oranda bulunmayan fosil yakıtlardan karşılanması ülkeleri enerji arz güvenliği problemi ile karşı karşıya bırakmakta ve bu durum ülkelerin dış bağımlılıklarını artırmaktadır. Enerjide dış kaynaklara bağımlılığın azaltılması ve fosil kaynakların miktarında meydana gelecek bir azalma ya da tükenmenin önüne geçilmesi ancak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda ortaya çıkan enerji erişiminin, azaltılmış hava kirliliğinin, yakıt yoksulluğunun, istihdam artışının

ve endüstriyel rekabet gücünün artırılması dâhil olmak üzere çeşitli enerji hedeflerine ulaşmak için enerji verimliliğinin öncelikli olduğu düşünülmektedir (Ren21, 2017: 149).

Enerji verimliliği, ürün ve hizmet oluşumu için gerekli enerji miktarını azaltma çabalarının tümü olarak ele alınmaktadır. Yani enerji verimliliği, enerji tüketimindeki artışı yönetmenin ve kısıtlamanın bir yoludur. Yenilenebilir enerji kaynakları büyük ölçüde yerli enerji kaynaklarıdır ve ithal yakıtların yerini aldığı anda, ulusal enerji güvenliğine daha fazla katkıda bulunur ve birçok ithalatçı ülkedeki gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) oranının oldukça yüksek bir yüzdesini temsil eden ve genellikle ticaret açığına katkıda bulunan ithalat faturalarını doğrudan azaltır. Dahası, enerji arzında yenilenebilir kaynakların kullanılması, dolaylı olarak petrol ve doğalgaz fiyatları üzerinde baskı oluşturabilir ve fiyat volatilitelerini azaltabilir. Elektrik sektöründe ise bu sektörde petrol kullanımı sınırlı olduğu için, yenilenebilir enerji kaynakları gaz ve kömür ithalatı ihtiyacını azaltabilmektedir (Öztürk, 2013: 310).

Yenilenebilir enerji, ithal fosil yakıt enerjisine bağımlılığı azaltma ve güvenli enerji arzını artırma eğilimindedir (Sebri ve Ben-Salha, 2014: 15). Yenilenebilir kaynak üretimi fosil yakıtların tamamen yerini alması dahi ithalat bağımlılığını azaltabilme olanağı için en etkili araçtır (Unbehauen, 2017: 3).

Küresel ölçekte mevcut enerji kaynaklarının bölüşümü konusunda ortaya çıkan dengesizlik enerji bağımlılığı sorununu derinleştirmektedir. Bu noktada bağımlılığın artmasındaki temel neden aslında ülkelerin gelişmişlik seviyesi değil sahip oldukları enerji kaynak rezervinin miktarı olmaktadır. Enerji üretiminde fosil yakıtlara olan bağımlılığın bu kadar yüksek olmasının arkasında haklı sebepler bulunmaktadır. İlk olarak, fosil yakıtlara dünyanın her bölgesinde bir formda veya başka bir şekilde erişilebilmektedirler. İkinci olarak, insanoğlu ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayabilmek için yıllar boyunca fosil yakıtları verimli ve nispeten temiz bir şekilde sömürmeyi öğrenmiştir. Son olarak ise, enerjinin bir yerden bir yere nakliye edilmesi gerektiğinde fosil yakıtlar bu amaç için oldukça elverişlidirler. Çünkü taşınabilirler, çok fazla kimyasal enerji depolarlar, yanma için ihtiyaç duydukları oksijen havada her yerde bulunur ve bir formdan bir forma kolaylıkla dönüştürülebilirler (Fulkerson ve diğerleri, 1990: 129). Ancak avantaj olarak görünen

bu unsurlar yalnızca coğrafi ve jeopolitik konumu gereği gezegende sınırlı rezervde bulunan fosil yakıtlara sahip ülkelerde gerçekleşmekte, diğer ülkeler hem fosil yakıtların neden olduğu iklim değişikliği, küresel ısınma gibi negatif çevresel dışsallıklara maruz kalmakta, hem de ekonomik yönden büyük oranda dışa bağımlılık ve döviz kaybına bağlı olarak ödeme dengesi açıklarının daha da derinleşmesi problemiyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu kapsamda temiz, yerel, sürdürülebilir, sınırsız ve verimli enerji olarak çıkış yolu yine yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzındaki payının artırılması olarak görülmektedir.

1.2.2. Çevresel ve Ekolojik Boyut

Artan enerji kullanımıyla birlikte enerjinin doğal yaşam ve çevre üzerinde yarattığı baskılar daha da belirginleşmektedir. Üretimden tüketime kadar gerekli olan bütün enerjinin yoğun olarak karbon temelli fosil yakıtlardan karşılanması çevresel tahribatın geri dönülemez noktaya yaklaştığı endişelerini gündeme getirmektedir. Çünkü küresel alanda, fosil yakıtların sera gazı emisyonlarının artmasına neden olarak küresel ısınma ve iklim değişikliklerine yol açtığı ve enerji kullanımının çevresel tahribattan ayrıklaştırılamıyor olduğu görüşü genel kabul görmeye başlamıştır. Bu bağlamda söz konusu bu ekolojik problemlerin ortadan kaldırılması için çevre ile çatışmayan, temelini yoğunluğu karbon temelli yakıt hücrelerinin oluşturmadığı ve doğal yaşam dengesini gözetken kaynaklar olarak dikkatler yine yenilenebilir enerji kaynaklarına çevrilmiştir.

1.2.2.1. Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması

Atmosfer dünyayı çevreleyen ince bir gaz kabuğudur. Tüm insan faaliyetlerinin ve her türlü yaşam formuna bağlı süreçleri destekleyen atmosfer ortamı oksijen (moleküler oksijen veya dioksijen) ve karbondioksit gibi bileşenler de dâhil olmak üzere eşsiz bir kimyadır ve bu atmosferi güneş sistemindeki diğer gezegenlerden ayırır. Atmosfer fiziksel ve kimyasal bileşimleri birbirinden farklı pek çok gazın bileşiminden oluşur. Atmosferi oluşturan başlıca gazlar; nitrojen (% 78,08), oksijen (% 20,95), argon (% 0,93) ve karbondioksit (% 0,0402)'dir. Bunların yanında nicelikleri çok küçük olmakla birlikte (% 0,001'in altında) neon, helyum,

metan, hidrojen ve nitrojen oksit gibi bazı gazlar da bulunmaktadır (VanLoon ve Duffy, 2017: 23).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (2002) ‘‘Sera gazları²; hem doğal sürecin hem de insanların neden olduğu atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz bileşimleri’’ şeklinde ifade edilmektedir. Dünyaya yansıyan güneş ışınlarının atmosferde bulunan bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denilmektedir. Sera gazı birikintilerinin bir sonucu olarak meydana gelen sera etkisi yoğun olarak karbondioksit, metan, azot oksitler ve kloroflorokarbonlar gibi gazlardan kaynaklanmaktadır. Ancak bunların içerisinde özellikle karbondioksit emisyonlarının ağırlığı oldukça fazladır (Nordhaus, 1991: 920).

Atmosferin doğal bir bileşeni olan karbondioksit, hava hacminin küçük ama önemli bir yüzdesini işgal etmektedir. Karbondioksit atmosfere esas olarak bitki örtüsünün bozulmasından girmektedir, ancak volkanik patlamalar, hayvan yaşamının ekzonları, ormansızlaşma ve özellikle fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğal gaz gibi) yanması da karbondioksit emisyonlarının atmosfere yayılmasında büyük önem taşımaktadır (Ahrens, 2013: 6).

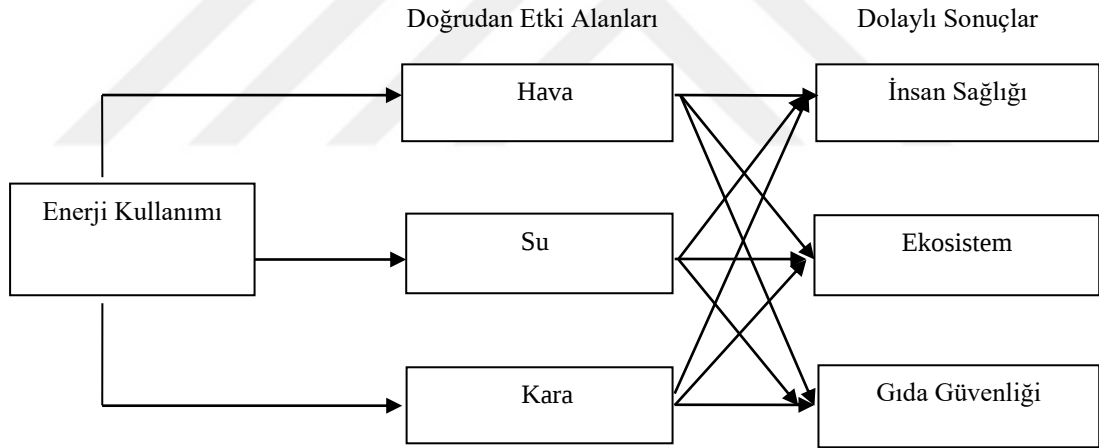
Mevcut senaryolar 2100 yılında dünya nüfusunun yaklaşık 10 milyara ulaşacağı ve emisyon oranlarına herhangi bir sınırlama getirilmezse kişi başına ortalama emisyon miktarlarının da dünya genelinde iki katına çıkacağını ve bunun da küresel ortalama yüzey sıcaklığını 1° ile 5° arasında artıracığını göstermektedir. Bu kapsamda karbondioksit salınımlarındaki artış 2100 yılı itibarıyla bugünkü seviyesinin iki katına çıkarken, sanayi öncesi dönemlere göre yaklaşık % 250 oranında bir artış göstermiş olacaktır (Maccracken, 2001: 154; Nordhaus, 1991: 921). Bu senaryolar göz önüne alındığında doğal yaşamdan kaynaklı sera etkisinin önüne geçebilmek mümkün olmadığından, insan faaliyetleri sonucunda oluşan ve kuvvetlenmiş sera etkisi olarak adlandırılan sera gazı emisyonlarının artışlarını kontrol altına almak gerekmektedir. Bu sera gazı etkisinin ana kaynağı ise atmosfer

² Sera gazlarındaki artışlar ekolojik ayak izi hesaplamalarında kullanılarak ülkelerin çevresel performanslarını ölçmektedirler. Ekolojik ayak izi bilançosunu hesaplayan ülkeler bir yandan kaynakları etkin kullanmak için gereken verilere ulaşırken diğer yandan çevresel sürdürülebilirliği kalkınma modellerine dâhil ederek öncelikli hedeflerine ulaşabilmektedir. (Detaylı bilgi için bkz. Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, 2012: 4).

bileşimini etkileyerek büyük çevresel tahribata ve iklim değişikliklerine yol açan fosil yakıt kullanımıdır (Szarka, 2004: 320).

Enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan ve yakıldığında yüksek düzeyde karbondioksit açığa çıkaran ve sera etkisine yol açan fosil yakıtların çevre ve insan sağlığı üzerinde doğrudan etkileri ve dolaylı bir takım sonuçları bulunmaktadır. Hane halklarında kötü kokulu biyokütle yakıtlardan gelen dumanın solunmasının etkisiyle, her yıl, çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde, yaklaşık 1,4 milyon insan ve su kaynaklı hastalıkların etkisiyle de çocukların % 10'u hayatını kaybetmektedir. Araç, havacılık ve deniz taşımacılığı için sıvı hidrokarbonlara bağımlılık, jeopolitik ilişkilerde gerilim ve önemli bir hava kirliliği kaynağıdır. Yakıldığında yerel hava kalitesini ciddi olarak bozan kömür tüm fosil yakıtlar içerisinde en kirli enerji kaynağı olup en büyük maliyeti insan sağlığı ve çevre üzerindedir (OECD, 2011: 10).

Şekil 1: Enerji Kullanımının Etkileri ve Sonuçları



Kaynak: OECD, 2011: 11.

Ekonomik, politik ve sosyal olarak hayatın her alanını etkileyen ve vazgeçilmez bir girdi olan enerjinin yalnızca temin edilmesi değil, hangi kaynaktan ve nasıl temin edildiği ve bunun olası sonuçlarının göz önünde bulundurulması tartışmasız büyük önem taşımaktadır. Ekonomik ve sosyal boyutunun yanı sıra insan sağlığını tehdit etmenin ötesine ulaşan karbon temelli fosil yakıtlar yaydıkları emisyonlarla atmosferin kendini yenileyebilme kapasitesini düşürmektedir. Bu bağlamda kullanılan enerji kaynağının çevresel düzeydeki doğrudan etkileri ve

dolaylı sonuçları değerlendirildiğinde insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki etkileri daha düşük seviyelere indirilebilecek yenilenebilir enerji teknolojilerinin ön plana çıkarılması gerekmektedir.

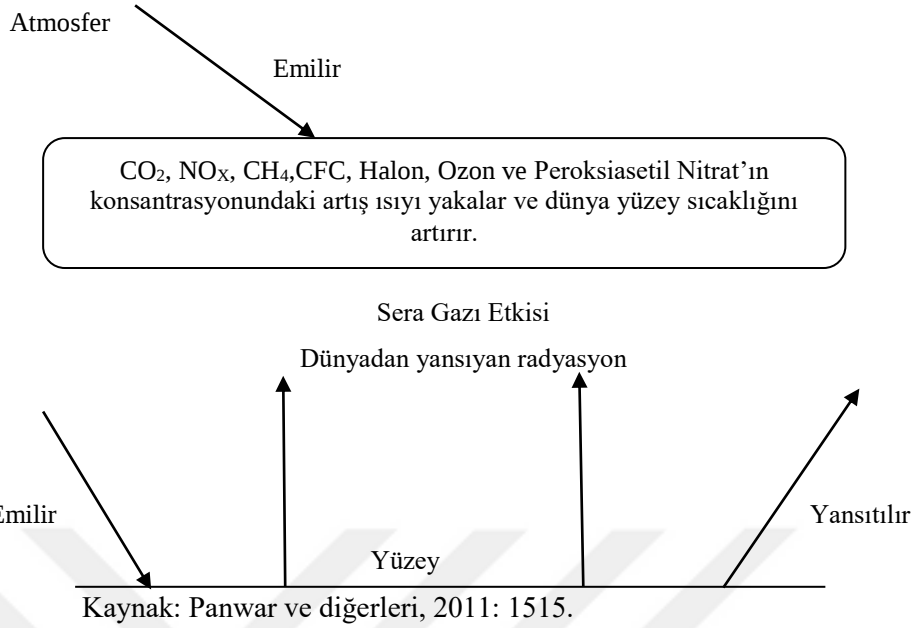
1.2.2.2. İklim Değişikliklerinin Önüne Geçilmesi

Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliği sorunu hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkelerde ekonomik, sosyal ve çevresel sorunların başında gelmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (2002)'nde "İklim değişikliği; mukayese edilebilir zaman periyotlarında doğrudan ya da dolaylı olmak üzere insan faaliyetlerinin atmosfer bileşimine zarar vererek iklimde meydana getirdiği değişiklik" olarak tanımlanmaktadır.

İklim değişikliklerine atmosfere salınan sera gazlarındaki yoğunluk artışları yol açmaktadır. Bu gazlar içerisinde en önemli etkiyi yaratmasıyla bilinen karbondioksit emisyonları ise, iktisadi büyümenin temel ihtiyacı olan enerjiyi karşılamak üzere fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliklerine insan faaliyetlerinin sebep olduğu, bunu önlemenin de yine insanların elinde olduğu düşüncesinden hareketle uluslararası önlemler ve politikalar planlanmıştır. Bunlardan ilki 1994 yılında yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve 2005 yılında yürürlüğe giren ve daha çok bağlayıcılığı olan Kyoto Protokolü'dür. Kyoto Protokolü'nde "atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklimi tehdit altına almayacak seviyelerde dengede tutulmasını sağlamak" hedeflenmiştir (Taban, 2016: 43).

Enerjiyle ilgili potansiyel olarak en önemli çevresel sorun, küresel ısınma ya da sera etkisi olarak da adlandırılan iklim değişikliğidir. Atmosferdeki CO₂, CH₄, CFCs, N₂O, halon gazları, ozon ve peroksiasetil nitrat gibi artan sera gazı konsantrasyonu, dünya yüzeyinden yayılan ısıyı yakalamakta ve dünya yüzey ısını yükseltmektedir. Bu küresel iklim değişikliğinin şematik gösterimine Şekil 2'de yer verilmektedir:

Şekil 2: Sera Etkisinin Şematik Gösterimi



Tüm dünya için ortak bir tehdit unsuru olarak görülen iklim değişiklikleri ile ilgili pek çok senaryo çizilmiştir. Bu bağlamda küresel sıcaklıkta 2100 yılına kadar ortalama 1,4 ile 5,8 °C arasında bir artış olması beklenmektedir (United Nations Environmental Programme [UNEP], 2001: 1). Buna göre, küresel ortalama sıcaklıklar, iklim sisteminin korunması açısından en iyi veya olumlu koşullar gerçekleşse dahi, iklimde her 10 yılda bir yaklaşık 0,1 °C kadar bir artışa yol açacaktır (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2000: 6).

Her ne kadar bununla ilgili pek çok projeksiyon yapılsa da küresel ısınmanın ve iklim değişikliklerinin dünya üzerinde meydana getireceği etkileri tam olarak tahmin etmek güçtür. Ancak, ortalama sıcaklığın artmaya devam etmesi muhtemel olmakla birlikte, bu durum özellikle kuzey enlemlerinde bitkilerin büyüme dönemlerini uzatabilecek, daha yüksek sıcaklıklar mahsulleri yok edebilecek, haşerelerin yayılmasını ve çoğalmasını destekleyebilecektir. Kuru mevsimler daha uzun sürebilecek ve sıcak iklim ve çöl topoğrafyası olarak bilinen bölgelerde kuraklık daha şiddetli boyutlara ulaşabilecektir. Özellikle soğuk iklimlerde bazı hayvan habitatları tehlike altında kalabilecektir. Buzulların ve buz küplerinin eritilmesi dolayısıyla ortaya çıkan su akışları ve daha ağır yağışlar toprağa zarar verecektir. Bu değişikliklerin bir kısmı, özellikle kuraklık ve çölleşme, fakir ülkeleri daha şiddetli bir şekilde etkileyecektir. Öte yandan, deniz seviyesinin yükselmesi,

okyanus asiditesinin değişmesi ve şiddetli hava olaylarının artması da dâhil olmak üzere, dünya üzerindeki yaşamda güçlü bir etki yaratabilecek bazı önemli eğilimler yaşanabileceği öngörülmektedir (Ghoniem, 2011: 27).

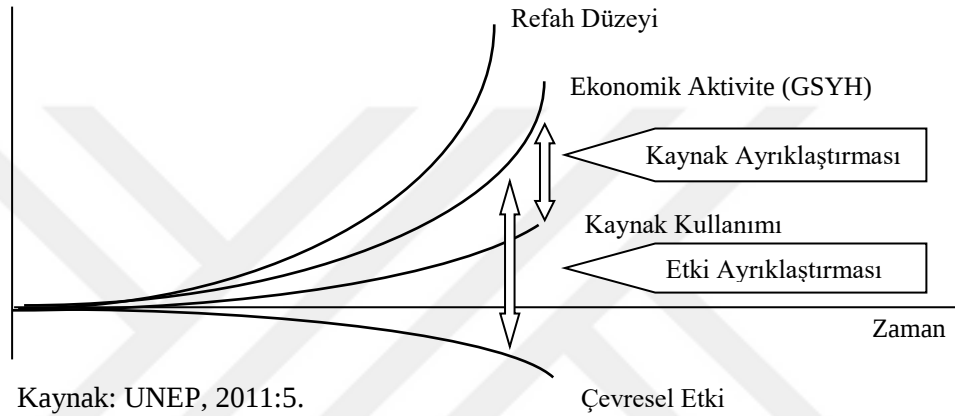
Yenilenebilir enerji, endüstri devriminden bu yana fosil yakıtlara olan yoğun güvenin artmasına rağmen iklim değişikliğiyle mücadelede birincil teknoloji çözümlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ancak hükümetlerin, yenilenebilir enerji teknolojilerini bir karbon fiyat mekanizması uyguladıkları yerde dahi tamamlayıcı bir önlem olarak destekleyip desteklememeleri konusundaki belirsizlik; enerji güvenliğiyle ilgili kaygılar, yenilenebilir enerjinin geleneksel elektrik şebekelerine girişte temel güç ve engelleri sağlamaya yönelik endişeleri ve fosil yakıt endüstrisine hem doğrudan hem de dolaylı olarak devam eden sübvansiyonlar yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesini engellemektedir. En düşük iklim ve iklim dışı dışsallığa sahip olan tek enerji türü, Ulusal Araştırma Konseyi'nin 2009 raporunda teyit edildiği gibi yenilenebilir enerji olsa da araştırmalar; küresel fosil yakıt kaynaklarının bol olduğu ve iklim ve iklim dışı dışsallıklar bağlamında bu yakıtların kullanımlarını azaltma ihtiyacının olmadığı ve dünyanın onları birincil enerji kaynağı olarak kullanmaya devam edeceği yönündedir (Lyster, 2014: 109).

1.2.2.3. Ayrıklaştırma (Decoupling)

İklim değişikliklerinin insan sağlığı, doğal yaşam döngüsü ve çevre üzerindeki etkilerinin belirgin olarak hissedilmesi ile birlikte ‘‘ayrıklaştırma (decoupling)’’ adı verilen yeni bir kavram gündeme gelmiştir. Zaman geçtikçe küresel alanda daha fazla önemsenen ve üzerinde durulan ayrıklaştırma kavramı; Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organization for Economic Cooperation and Development-OECD) tarafından ekonomik girdiler ile çevresel baskı arasındaki bağın ortadan kaldırılması biçiminde ifade edilmektedir. Bu tanıma göre ayrıklaştırma, belli bir zaman dilimi boyunca çevresel baskıda meydana gelen büyüme artışının ekonominin itici gücü olarak ele alınabilen değişkenin (örneğin GSYH) büyüme artışından daha fazla arttığı zamanlarda ortaya çıkmaktadır (OECD, 2002: 1).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme-UNEP) (2011)'nda ise ayrıklaştırma; ekonomik büyüme aşamasında ihtiyaç duyulan su ve fosil yakıtlar gibi kaynakların miktarının mümkün olduğunca sınırlandırılarak, kalkınma sürecinin çevresel tahribattan koparılması olarak tanımlanmıştır. Böylelikle ayrıklaştırma; çevresel riskleri ve ekolojik kısıtlığı büyük oranda baskılarken, toplumun refahı ve sosyal eşitliğin sağlanmasına yol açacak küresel yeşil bir düzeme ulaşmak için stratejik tedbirleri temsil etmektedir.

Şekil 3: Kaynak Ayrıklaştırması ve Ayrıklaştırma Etkisi



Şekil 3'te gösterilen ve ekonomik aktivitede meydana gelen artışın kaynak kullanımında meydana gelen artışın üzerine çıktığı durumda meydana gelen kaynak ayrıklaştırması, üretim sürecinde birim başına düşen birincil kaynak oranının azalmasını ifade etmektedir. Bu aslında aynı ekonomik çıktıyı yaratmak için materyal, enerji, su ve toprağın daha az kullanılması demektir. Kaynak ayrıklaştırması, kaynak kullanımı verimliliğinde bir artışa neden olur ve bu verimlilik ulusal bir ekonomide, ekonomik sektörde ya da ekonomik bir süreçte yaratılan çıktının kaynak kullanımına oranlanmasıyla ($GSYH/Yerli\ Materyal\ Tüketimi$) ölçülebilir. Etki ayrıklaştırması ise; ekonomik aktivitenin artmasına karşılık olumsuz çevresel etkinin azalmasını ifade etmektedir. Ancak bu etkideki değişimi izlemek ve ölçmek mümkün değildir, çünkü çevresel etki eğilimleri genel olarak dönem içerisinde oldukça farklı hareket etmektedir (UNEP, 2011: 4).

Enerji kullanımı veya enerji kullanımının neden olduğu çevresel tahribat ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi incelemek için yaygın olarak kullanılan iki ayrıklaştırma yöntemi mevcuttur. Bunlardan ilki Taipo ayrıklaştırma

yöntemidir. Burada birincil ayrıklaştırma, ikincil ayrıklaştırma ve çifte ayrıklaştırma söz konusudur. Birincil ayrıklaştırma, doğal kaynak tüketiminin ekonomik büyümeden ayrıştırılması iken; ikincil ayrıklaştırma, çevre kirliliğinin doğal kaynak tüketiminden ayrıştırılması olarak tanımlanmaktadır. Birincil ayrıklaştırma ve ikincil ayrıklaştırma aynı zamanda gerçekleştiğinde ise, çifte ayrıklaştırma meydana gelmektedir. Bir diğer ayrıklaştırma yöntemi ise indeks ayrıştırma metodu (Index Decomposition Method-IDA) esas alınarak tanımlanmaktadır (Song ve Zhang, 2017: 1014). Ülkelerin nüfusları, kaynak kullanım oranları, büyüme seviyeleri ve enerji yoğunlukları birbirinden çok farklı olduğundan ayrıklaştırma uygulamaları da birbirinden farklı ele alınmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleşme sürecinde ayrıklaştırma kavramı stratejik tedbirler içermektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ayrıklaştırma gerçekleşmeden büyümenin sürekli bir şekilde sürmesi durumunda ekosistemin taşıma kapasitesini aşacak çevresel baskılar ortaya çıkacaktır. Fosil yakıtların yanmasının yol açtığı sera gazı emisyonlarındaki artış büyüme ve gelişmeden ayrıştırılmadıkça ortaya çıkacak felaket senaryolarının önüne geçmek için gereken hafifletme amaçlarına ulaşmak pek mümkün görünmemektedir. Ayrıklaştırma süreci izlenirken ayrıklaşmanın nasıl gerçekleştiği de önem taşımaktadır. Bu kapsamda ayrıklaştırmayı mutlak ve göreceli olarak iki grupta incelemek mümkündür (Gupta, 2015: 510).

1.2.2.3.1. Göreceli Ayrıklaştırma

Ayrıklaştırma göstergeleri, öncelikle tek bir ülkede çevresel baskılar ile ekonominin itici güçleri (GSYH gibi) arasındaki ilişkide ortaya çıkan dönemsel değişimleri izlemeyi hedeflemektedir. Ülkelerin ayrıklaştırma performanslarını gözlemlemede ayrıklaştırma ilişkisinin nasıl ortaya çıktığı önemlidir. Göreceli ayrıklaştırma; ekonomik çıktıda meydana gelen her bir birimlik artışa karşılık çevre üzerindeki baskının azalmasını göstermektedir. Burada çevre üzerindeki baskı ortadan kalkmamakta yalnızca çevresel bozulma GSYH'daki artıştan daha yavaş bir artışla gerçekleşmektedir (Yu ve diğerleri, 2013: 178). Daha açık bir ifadeyle, her bir birimlik katma değer yaratma sürecinde kullanılan kaynak miktarı üzerindeki baskı tamamen ortadan kalkmamakla birlikte göreceli olarak azalmaktadır. Yani

göreceli ayırıklaştırma gerçekleştiğinde daha az kaynak kullanılarak ve dolayısıyla daha az emisyon yayarak daha fazla mal ve hizmet yaratılmaktadır.

Uygulama açısından bakıldığında, kaynak girdileri üreticiler için bir maliyet unsurudur. Kâr güdüsü ile hareket eden üreticiler bu maliyetleri düşürmek için endüstride verimlilik artışını teşvik etmelidir. Bazı kanıtlar bu hipotezin doğruluğunu desteklemektedir. Örneğin; dünya ekonomik çıktısının her bir birimini üretmek için gerekli olan birincil enerji miktarı, son yarım yüzyılın çoğunda sürekli olarak azalmaktadır. Küresel enerji yoğunluğu 1970'lere kıyasla % 33 daha düşük seviyededir. Ancak göreceli ayırıklaştırma burada yalnızca bir ön koşul olarak değerlendirilebilir. Çünkü göreceli ayırıklaştırma yalnızca ekonomik çıktı başına düşen kaynak miktarını ölçmekte ve çevresel baskı ile çıktı arasındaki bağı koparılmasından ziyade verimlilikte bir kazanç anlamını taşımaktadır. Oysa büyümenin doğal kaynakları ve çevreyi yok etme pahasında gerçekleşmesinden kurtulabilmek için kaynak kullanımındaki verimlilik en azından ekonomik çıktı ile aynı oranda artış göstermelidir. Diğer türlü büyüme ve kalkınma devam ettiği sürece kaynaklar üzerindeki baskı ortadan kalkmayacaktır. Bu nedenle verimliliğin tam olarak sağlanabilmesi için mutlak ayırıklaştırmanın gerçekleştirilmesi gereklidir (Jackson, 2009: 68-71; Ward ve diğerleri, 2016: 2).

1.2.2.3.2. Mutlak Ayırıklaştırma

Tüm ülkelerin birincil hedefi olan büyüme gerçekleşirken doğal kaynakların sürdürülebilir olduğu ve çevrenin bu büyümeden marjinal olarak zarar görmediği ekonomiler yaratmak için ayırıklaştırma gerekli olsa da sürdürülebilirliğin sağlanması için asıl şart ayırıklaştırmanın mutlak biçimde ortaya çıkmasıdır. Göreceli ayırıklaştırma, çevresel baskı değişkenindeki artışın pozitif ancak ekonomik aktivitedeki artıştan daha düşük oranda arttığı durumda ortaya çıkmaktayken; mutlak ayırıklaştırma, çevresel baskı değişkenindeki artışın ekonomik aktivitenin büyümesine ters yönde ve dönem içinde sabit ya da azalan bir eğilim gösterdiği durumda ortaya çıkmaktadır. Mutlak ayırıklaştırma üst-orta ve yüksek gelirli ülkelerde daha yoğun olarak meydana gelme eğiliminde iken, gelişmekte olan ülkeler, özellikle de gelişimin ilk aşamalarında, daha az ayırıklaştırma yaşama eğilimi göstermektedir (Freitas ve Kaneko, 2011: 1465).

Ülkelerde mutlak ayırıklaştırmaya oranla göreceli ayırıklaştırma ilişkisi daha yaygındır. Mutlak ayırıklaştırmada kaynak kullanımı ekonomik büyümeden bağımsız olarak azalmaktadır. Söz konusu bu ilişki, Çevresel Kuznets Eğrisinde refahın belirli bir düzeye ulaştıktan sonra hâlâ artması durumunda, üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevre üzerinde yarattığı baskının azaldığı şeklinde ifade edilmektedir. Kaynak kullanımında mutlak azalma yalnızca kaynak verimliliğinin büyüme oranındaki artışın ekonomik aktivitenin büyüme oranını aştığı dönemlerde nadiren ortaya çıkmaktadır (UNEP, 2011: 5).

Büyüyen bir ekonomide göreceli ayırıklaştırma, çevresel basınçların aynı hızda olmamakla birlikte yine de yükseldiğini ifade etmektedir. Benzer şekilde eğer ekonomik faaliyet düşüyorsa, göreceli ya da mutlak ayırıklaştırma, toplumun bütünü için olumlu bir gelişme anlamına gelmeyebilir. Ancak yenilenebilir doğal kaynaklar söz konusu olduğunda, çevresel baskıların ekonominin itici güçleriyle ilişkisinin anlamlılığı söz konusu kaynakların kullanım yoğunluğu (su kaynaklarının kullanılabilir kaynaklar içerisindeki payı, yıllık büyüme artışına karşılık orman tahribatı gibi) hakkında bilgi gerektirecektir. Bu nedenle ayırıklaştırma göstergeleri mutlak terimlerle ifade edilen hedeflerle birlikte kullanılmalıdır. Ancak çoğu durumda temel kaygı mutlak ya da göreceli ayırıklaştırma değil, çevresel basınçlardaki değişikliklerdir (Ruffing, 2007: 212). Ekonominin çevre üzerinde yarattığı baskıyı sınırlandırmanın daha basit ve uygulanabilir yolu aslında ekonomik aktiviteyi sınırlandırarak küçülmeye (degrowth) yönelmekten geçmektedir. Oysa mutlak ayırıklaştırma büyüme devam ederken büyümenin çevre üzerinde yarattığı baskıyı ortadan kaldırmayı gerektirmektedir. Bu ise küçülme ile kıyaslandığında teknik anlamda daha zorlu bir çaba anlamına gelmektedir (Ucal ve diğerleri, 2017: 379).

Bu kapsamda öncelikli olarak yapılması gereken ekonomik büyüme gerçekleşirken hem sera gazı emisyonlarının neden olduğu iklim değişikliklerinin hem de sınırlı doğal kaynakların çevre üzerindeki baskısının ortadan kaldırılmasıdır. Nüfus baskısıyla artan enerji ihtiyacı yoğun olarak doğada kendini yenileme özelliği bulunmayan fosil yakıtlardan karşılanmakta, bu yakıtlar da sera gazı emisyonlarını artırarak iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Söz konusu bu döngü göz önüne alındığında ayırıklaştırmanın sağlanması için atılması gereken ilk adım ekonomik

faaliyetin temel girdisi olan enerji yapısını değiştirmekten geçmektedir. Böylelikle azalan fosil yakıt kullanımıyla hem emisyonlar azalarak iklim değişikliklerine çözüm sağlanabilecek hem de enerji tkretiminde kaynak verimliliği artarak çevresel baskı azalabilecektir. Yani tek bir kaynaktan yola çıkarak çift yönlü ayrıklaştırma yakalanabilme ihtimali yükselecektir. Bu kapsamda konvansiyonel enerji tkretiminin ekonomik aktiviteden ayrıklaştırılması öncelikli olarak ekonomik faaliyet ile enerji tkretimi arasındaki ilişkiyi değiştiren dört farklı yaklaşım ile sağlanabilir (Handrich ve diğerleri, 2015: 8):

- Ekonomideki yapısal değişim (enerji yoğun sektörler ile daha az enerji yoğun sektörlerin ikame edilmesi)
- Arz kanalında enerji verimliliğinin artırılması (daha verimli enerji dönüşüm sistemleri, enerji santralleri ve alternatif fosil kaynaklara geçilmesi)
- Talep kanalında enerji verimliliğinin artırılması (alınan hizmette enerji tkretimi daha az olan cihazlara yönelinmesi)
- Fosil kökenli yakıtların düşük karbon içeren enerji kaynaklarıyla yer değiştirmesi (kömür yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi gibi).

1.3. YENİLENEBİLİR ENERJİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KOşULLARI

Doğal kaynakları korumak ve gelecek nesillerin gelişimini tehlikeye atabilecek çevresel etkilerden kaçınmak için enerji arzında sürdürülebilir enerji sistemlerine yönelmek büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir enerjinin temel bileşenlerini enerjinin verimli kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Ekonomik, sosyal ve çevresel gibi pek çok açıdan avantajlı konumda olduğu savunulan yenilenebilir enerji sistemlerinin de yalnızca fosil yakıtların yerini alması değil aynı zamanda kendi içinde de sürdürülebilir olması gerekmektedir.

Enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması için ekonomik, çevresel ve sosyal birtakım göstergeler bulunmaktadır. Bunlar; kişi başına düşen CO₂ emisyonları, enerji kaynaklı emisyonlar, elektriğe erişim, temiz enerji yatırımları, yararlanabilirlik, kamu sektörü yatırımları, enerji verimliliği, yenilenebilir enerjinin

gelişimi, bilginin niteliği ve katılımcı yönetişimden oluşmaktadır (Connor, 2008: 112). Bunları daha genelleştirerek dört sınıfta incelemek mümkündür:

1.3.1. Bilimsel ve Teknolojik Yenilik

Sürdürülebilir enerji, yeni iklim ve kalkınma gündemlerinin merkezinde yer almakta ve sürdürülebilir enerji konusundaki ilerlemeler sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşebilmesi için kritik önem taşımaktadır. United Nations Development Programme (UNDP) (2016)'nın sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında ‘‘uygun fiyatlı, güvenilir, modern ve sürdürülebilir enerjiye erişimin sağlanması’’ bulunmakta ve bu hedefler enerjinin sürdürülebilirliği ile uyumlaştırılmaktadır (UNDP, 2016: 5).

Dünya Bankasının Sürdürülebilir Kalkınma Raporu (2003)'nda bu hedeflere ulaşmada bilimsel ve teknolojik yeniliklerin önemi vurgulanmaktadır. İnternetin büyük ölçüde artırdığı bilgi ve fikir akışı, gelişmekte olan ülkelerin birbirlerinden ve endüstriyel ülkelere daha hızlı öğrenmelerini sağlayabilmektedir. Teknolojik gelişmeler; gelişmekte olan ülkelerin doğal kaynakların verimsiz kullanımlarına dayanan kalkınma sürecinde sıçrama aşamalarına geçmelerini sağlarken, sosyoekonomik problemlerin de ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilmektedir. Bu fırsatlardan yararlanmak için teknolojik yenilikleri canlandırabilen ve yaygınlaştıracak kurumlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bilimsel ve teknolojik yenilikler; kullanılan doğal kaynakların başka kaynaklarla ikame edilmesini, yeni kaynakların keşfedilmesini, maliyetlerde azalmayı ve verimlilik artışını teşvik etmektedirler. Ancak hangi teknolojilerin çevreye duyarlı olduğunu saptamak güçtür. Burada çevresel koruma, kaynak yönetimi ve eko-gelişim açısından yeşil teknolojilerin değerlendirilip, çevre üzerindeki baskıyı minimuma indirecek teknolojilere yönelinmesi gerekmektedir (Weinberg, 1994: 1).

Yenilenebilir enerji teknolojileri değerlendirilirken birkaç kritik sürdürülebilirlik göstergesi dikkate alınmaktadır. Bunlar arasında; üretilen enerjinin fiyatı, teknolojinin tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan sera gazı emisyonları, yenilenebilir kaynakların kullanılabilirliği, enerji dönüşümü verimliliği, arazi gereksinimleri, su tüketimi ve sosyal etkiler yer almaktadır (Evans ve diğerleri, 2009:

1086). Bu kapsamda güneş enerjisi, hidroelektrik ve rüzgâr enerjisi artık iyi kurulmuş teknolojiler olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, jeotermal enerji ya da biyoenerji gibi bazı teknolojiler henüz yaygın bir şekilde kullanılmaya hazır değildir, bu nedenle yeterli güvenilirlik ve maliyet etkinliğine ulaşmadan önce önemli bir geliştirme süreci gerektirmektedir. Diğer taraftan yenilenebilir teknolojiler önünde çevresel sürdürülebilirlik endişelerini içeren; birinci nesil biyoyakıtların yaşam döngüsü emisyonları ve arazi kullanımı üzerindeki etkileri, büyük hidroelektrik santrallerinin bölgesel ekosistemler üzerindeki etkileri, yenilenebilir enerji teknolojilerini kurmak, işletmek ve sürdürmek için uygun beceri ve yeteneklerin olmaması ve yenilenebilir enerji çözümlerinin farkında olunmaması gibi sorunlar bulunmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji teknolojilerinin dağıtımı ve bunu teşvik edecek politikaların tasarlanması için yeni beceriler ve yetenekler gerekmektedir (United Nations, 2018: 4). Dolayısıyla yenilenebilir enerji sistemlerinin sürdürülebilirliği için her bir enerji kaynağının gerektirdiği teknolojik değişim ve dönüşüm göz önünde bulundurulmalı, bunun uygulanabilirliği ise iyi bir katılımcı yönetim ve kamu yönetimi politikalarıyla mümkün görünmektedir.

1.3.2. Katılımcı Yönetim (Yönetişim)

Yeni bir kavram olan yönetim, gelişmiş ülkelerde ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım farklı bir yönetim anlayışının benimsenmesiyle birlikte yöneten-yönetilen ayrımı yerine yönetileni bir paydaş olarak görerek, onun kararları doğrultusunda çalışan bir kamu yönetimi anlayışını ilke edinen bir yaklaşımdır (Gönel, 2013: 344). Yönetişimin özünü, hükümetin otoritesine ve yaptırımlarına dayanmayan yönetim mekanizmalarına odaklanması oluşturmaktadır (Stoker, 1998: 17). Yönetişim, yönetimden farklı olarak ele alınmakta ve toplumun yönetildiği yeni bir yönetim sürecini işaret etmektedir (Rhodes, 1996: 652).

Yenilenebilir enerji politikaları kapsamında değerlendirildiğinde yönetim; yerel planlama yetkilileri, bölgesel paydaşlar ve yerel stratejik ortaklıklar tarafından yenilenebilir enerji projelerinde topluluk katılımının teşvik edilmesini ve uygun şekilde yerleştirilmiş olası yenilenebilir enerji gelişmeleri hakkında halkın bilgisini ve projelerin daha fazla kabul edilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca bu yönetim anlayışı; yenilenebilir enerji projelerinin ayrıcalıkları, planlama sürecinin

erken aşamalarında ve herhangi bir planlama başvurusu resmi olarak sunulmadan önce yerel topluluklarla aktif istişare ve tartışmalarda bulunulmasını da kapsamaktadır (Upham ve Shackley, 2006: 2161).

Güncel politik eğilimler ve bilimsel araştırmalar, daha sürdürülebilir ve etkili bir çevre politikası için işbirlikçi ve katılımcı yönetişimi giderek daha fazla desteklemektedir. Çünkü katılımcı yönetişimin yerel olarak tutulan bilgiyi genişleterek ve çevresel çıkarlar için politik alan açarak kalitenin iyileştirilmesine katkıda bulunması beklenmektedir. Ayrıca, paydaşların sürece dâhil edilmesinin kararların kabulünü artırdığı ve böylece uyumun ve uygulamaların artışı geliştirdiği öne sürülmektedir. Bu önkoşullara dayanarak, yönetişimin katılımcı ve işbirlikçi biçimlerinin çevresel kalite üzerinde daha etkili gelişmelere yol açması beklenmektedir (Newig ve Fritsch, 2009: 198). Bu kapsamda yenilenebilir enerji gelişiminin sürdürülebilir olması için de topluluk değerlerini yansıtan, toplum kontrolünü içeren ve yerli kaynakların sahipliğini teşvik eden bir proje tasarımı ve politika anlayışının benimsenmesi gerekmektedir (Krupa ve diğerleri, 2015: 81).

1.3.3. Alternatif (Yenilenebilir) Enerji Kaynaklarına Yapılan Yatırımlarda Artış

Yenilenebilir enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması için bu kaynaklara yapılan yatırımların da süreklilik taşıması gerekmektedir. Teknolojik gelişmelere ve ekonomik uygulanabilirliğine rağmen yenilenebilir enerji, potansiyelinin altında kullanılmaktadır. Bunun nedeni, yenilenebilir enerjinin gelişimine karşı çeşitli engellerin bulunmasından kaynaklanmaktadır (Painuly, 2001: 73). Bu engeller arasında; konvansiyonel enerji formları için verilen sübvansiyonlar, yenilenebilir enerji kaynakları için gerekli yüksek başlangıç sermaye maliyetleri ve fiyat risk değerlendirmesi eksikliği, eksik sermaye piyasaları, beceri ya da bilgi eksikliği, zayıf piyasa kabulü, teknoloji önyargısı, finansman riskleri, belirsizlikler ve yüksek işlem maliyetleri bulunmaktadır. Bu engellerin aşılması için gerekli politikalar üç başlık altında incelenebilmektedir (Beck ve Martinot, 2004: 366-375):

- Fiyat belirleme ve miktar kontrolleri
- Yatırım maliyetlerini azaltma politikaları

- Kamu yatırımları ve piyasanın kolaylaştırmasına yönelik faaliyetlerin desteklenmesi ve piyasa engellerinin azaltılmasına yönelik tedbirler.

Enerji politikası araçlarının etkinliği, potansiyel yatırımcılar için sistemin güvenilirliğine büyük ölçüde bağlıdır. Bu nedenle hangi stratejinin uygulandığına bakılmaksızın, belli bir planlama dönemi için söz konusu strateji uygulamasının devam ettiği garanti edilmelidir. Aksi takdirde potansiyel yatırımcılar için belirsizlik çok yüksek olacak ve gerçekleşmesi muhtemel yatırımlar gerçekleşmeyecektir. Diğer taraftan yatırımcıların bakış açısına göre, düşük riskte beklenen kârlılığın daha düşük olduğu ve tüketiciler tarafından ödenen ek maliyetler olduğunun belirtilmesi de yatırımların sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır (Haas ve diğerleri, 2011: 1033).

Uygulanan enerji politikaları temiz enerji teknolojilerinin gelişmesi, yayılması ve yatırımların artırılması üzerinde büyük etkiye sahiptir. Temiz enerji teknolojileri yabancı doğrudan yatırım, lisanslama, ortak araştırma-geliştirme (ar-ge) ve diğer kanallar aracılığıyla ulusal sınırları aşmaktadır ancak buradaki en büyük engel hükümetlerin duyarlı politika teşvikleri sağlamadaki başarısızlığı olmaktadır. Bu bağlamda yatırım yapan firmaların verimliliğinin geliştirilebilmesi için politika kuralları bütününden oluşan ve bütün ülkeleri içerisine alan küresel bir piyasa yaratılması büyük önem taşımaktadır (Gallagher, 2014: 175).

1.3.4. Enerji Arzının Güvenliği ve Sürekliliği

Kesintisiz bir enerji arzının, bir ekonominin işleyişi için kritik bir öneme sahip olması enerji güvenliği kavramına olan ilgiyi artırmıştır. Enerji güvenliğinin zamana ve mekâna bağlı olarak anlamında pek çok değişim yaşanmıştır. Enerji güvenliği; ilk olarak Uluslararası Enerji Ajansı (1985) tarafından “yeterli enerji arzına makul maliyetlerde ulaşabilmek” olarak tanımlanmış ve zaman içinde anlamı “enerji arzının; yeterli, uygun fiyatlı ve güvenilir olması” olarak yeniden düzenlenmiştir. Asya Pasifik Enerji Araştırma Merkezi (APERC) 2007 yılında IEA’nın orijinal tanımını geliştirerek enerji güvenliğini; “ekonomilerin, ekonomik performansını olumsuz etkilemeyecek bir seviyede olan enerji fiyatı ile enerji kaynaklarının arzının sürdürülebilir ve zamanında sağlanmasını garanti etme yeteneği” olarak tanımlamaktadır. Bu görüşe göre enerji güvenliği; dört temel

unsurdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki ve en baskın olanı; enerjinin ekonomi için hazır bulunabilirliğidir. İkinci unsur; kaynağın üretimi ve tüketimi arasındaki büyük mekânsal farklılıklar nedeniyle enerji kaynağına erişilebilirlik, üçüncü olarak ekonomiklik (düşük maliyetle temin edilebilirlik) ve son olarak da çevresel sürdürülebilirliktir (Kruyt ve diğerleri, 2009: 2167; Labandeira ve Manzano, 2012: 7-8).

Enerji güvenliğinin tanımlanmasında, bazı araştırmacılar öncelikli olarak enerji mevcudiyeti ve fiyatlar gibi arz yönünün güvenliğine odaklanırken, diğer araştırmacılar ekonomik ve sosyal refah üzerindeki etkileri içeren daha kapsamlı bir tanımla ele almaktadırlar. Enerji güvenliği dinamik bir yapıdadır ve koşullar zaman içinde gelişmektedir. Örneğin; enerji teknolojileri ilerledikçe, iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik bilinci arttıkça, enerji güvenliğinin bileşenleri yeniden şekillenmektedir (Ang ve diğerleri, 2015: 1078). Ancak genel olarak enerji güvenliğini artırabilmek için dört temel stratejiye dikkat çekilmektedir (OECD, 2007: 30):

- Arz çeşitliliğini artırmak,
- Yedek kapasite ve acil durum stokları yoluyla esnekliği artırmak,
- Karşılıklı bağımlılığı tanımak,
- Zamanında bilgi alışverişini sağlamak.

Enerji piyasalarının dinamiklerini istikrarsızlıktan güvenliğe dönüştürmek için, hem ithalatçılar hem de ihracatçılar, uluslararası petrol ve gaz piyasalarının mevcut yapısını sürdüren döngüsel fiyat teşviklerinin ötesine geçmelidir. Net ithalatçılar için bu durum; enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, yenilenebilir enerjiye yönelmek ve enerji korunmasına daha fazla güvenilmesi anlamına gelmekteyken, ihracatçılar için ise; ihracat gelirlerine bağımlılığı azaltmak amacıyla iç ekonomik çeşitlilik anlamına gelmektedir (Pascual ve Zambetakis, 2010: 11).

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara kıyasla dünya genelinde eşit olarak dağılmakta ve genel olarak piyasada daha az işlem görmektedir. Yenilenebilir enerji; enerji ithalatını azaltmakta, arz seçenekleri portföyünün çeşitlendirilmesine katkıda bulunmakta, ekonominin fiyat oynaklığına karşı savunmasızlığını azaltmakta ve bu sayede dünya genelinde enerji güvenliğini artırma fırsatları yaratmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerjinin iyi bir yönetim ve sistem tasarımı ile birlikte piyasaya

sürülmesi, enerji hizmetlerinin güvenilirliğinin artırılmasına, yetersiz şebeke erişiminden sıkıntı çeken alanlara özel olarak katkıda bulunulmasına ve çeşitli enerji kaynakları portföyünün güvenliğini artırmaya yardımcı olabilir (Owusu ve Sarkodie, 2016: 8).

Diğer taraftan; enerji politikaları, enerji güvenliği ve sürdürülebilirlik arasında çok yönlü bir etkileşim bulunmaktadır. Enerji politikalarının tasarlanması ve uygulanması esnasında sürdürülebilir olmaları yanında enerji güvenliğini içermeleri, aynı şekilde uygulanan politikaların enerji güvenliğini sağlarken de sürdürülebilir olmaları gerekmektedir (Uğurlu, 2006: 7). Bu kapsamda sürdürülebilir enerjinin temel bileşenleri olarak yenilenebilir enerjiye ve enerjinin verimli kullanılmasına yönelik çabaların değeri de artmaktadır. Çünkü enerji verimliliği; arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılığın yol açtığı risklerin düşürülmesi, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir olması, iklim değişikliği ile mücadelede etkinliğin sağlanması ve temiz çevre gibi ulusal stratejik tedbirleri benimseyen kilit bir rol üstlenmektedir (Hekimci, 2012: 14). Böylece yenilenebilir enerjide sürdürülebilirliğin teşvik edebilmesi için; uygulanacak olan enerji politikalarının enerji arz güvenliği, enerjinin sürdürülebilirliği ve verimliliği arasındaki çok yönlü etkileşimi dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ SEKTÖRÜ VE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DEĞİŞEN ROLÜ

Üretim sürecinin en temel girdisi olan enerjinin hangi kaynaklardan elde edilebileceğinin ve bu kaynaklar içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının rolünün neden farklılaştığının belirlenmesinin ardından bu bölümde Dünya'da ve Türkiye'de yenilenebilir kaynaklara doğru bir dönüşüm yaşanıp yaşanmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle dünyadaki yenilenebilir ve konvansiyonel enerji performansı; üretim-tüketim, kurulu kapasiteler, yatırımlar ve yenilenebilir kaynaklara yönelik uygulamaya konulan politikalar dikkate alınarak incelenmiştir. Ardından dünyada yaşanan bu dönüşüm sürecinde Türkiye'nin nasıl bir konumda yer aldığı ve yenilenebilir kaynaklar için uygulamaya koyduğu politikalar hem sektör hem de kaynak bazında ayrıştırılarak araştırılmıştır. Son olarak birinci bölümde yer verilen yenilenebilir enerjide sürdürülebilirlik için gerekli koşulların AB, OECD ve Türkiye enerji politikaları içerisindeki yeri karşılaştırmalı bir bakış açısı ile ele alınmıştır.

2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ PERFORMANSINA GENEL BİR BAKIŞ

Küresel iklim değişikliğinin büyük ölçüde ulaşım ve elektrik enerjisi kaynaklı olmasının belirlenmesinin ardından fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara geçiş süreci hız kazanmıştır. Bunda fosil kaynakların tükenme eğiliminde olması ve yenilenebilir enerji teknolojilerindeki maliyetlerin düşüşü etkili olmuştur. Enerjiyi daha etkin ve verimli kullanmaya yönelik eğilimler, yenilenebilir enerji maliyetlerinin belirgin bir şekilde düşmeye başlaması ve elektrifikasyon oranlarında meydana gelen artışlar küresel enerji sisteminin yönünü değiştirmiştir (Ulusaler, 2018: 139). Bu kapsamda dünya enerji yapısı büyük ve köklü bir değişim sürecine girmiştir. Bir yandan yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla elektrik üretiminin maliyeti düşerken bir yandan da yatırım maliyetleri fosil yakıtlara dayalı üretim tesisleri maliyetlerine yaklaşmaktadır. Bu değişim daha temiz bir üretim yapmak, sera gazı salınımını sınırlamak hatta azaltma olanağı sunmaktayken arz güvenliğini sağlamak için de yeni fırsatlar yaratmaktadır (Dilli, 2018:103).

2.1.1. Dünya’da Yenilenebilir Enerji Performansı ve Konvansiyonel Enerji

1970’li yıllarda meydana gelen petrol krizlerinin ardından ülkeler enerji kompozisyonlarını değiştirmeye yönelmişlerdir. Özellikle dünya çapında enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan ülkelerde enerji arz kaynaklarını çeşitlendirmek ve enerjinin sürdürülebilir olmasına dayalı politikalar büyük önem kazanmıştır.

Tablo 3’de gösterilen dünya genelinde toplam birincil enerji arzı içerisinde enerji kaynaklarının paylarına bakıldığında dönemler itibarıyla genel olarak hâkim olan enerji kaynaklarının sırasıyla petrol, kömür ve doğalgaz olduğu gözlemlenmektedir. Burada küresel enerji arzında enerji kaynaklarının paylarının % 80 gibi büyük bir oranının tükenbilir yapıdaki hidrokarbon kaynaklarından sağlandığı dikkat çekmektedir. 2001 yılında enerji üretiminde en büyük pay % 79,6 oranla fosil yakıtlardan sağlanmaktayken, geriye kalan % 20’lik pay nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. 2016 yılına gelindiğinde enerji üretiminde yine sırasıyla petrol, kömür ve doğalgaz % 81,1 ile en büyük paya sahip olurken, geri kalan % 18,6’lık pay nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır.

Bu kapsamda yıllar itibarıyla 2016 yılına kadar geçen sürede dünya enerji kompozisyonunda çok büyük bir değişim yaşanmamakla birlikte, fosil yakıtlar yine egemen enerji kaynağı rolünü korumakta, nükleer enerjinin payı düşmekte, yenilenebilir enerjini payı ise hedeflenen politikaların aksine çok yavaş bir artış göstererek neredeyse aynı eğilimde seyretmektedir.

Tablo 3: Dünya Toplam Birincil Enerji Arzında Temel Enerji Kaynaklarının Payları (%)

Dönem	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Nükleer	Yenilenebilir	Diğer
2001	23,4	35,0	21,2	6,9	13,5	0,0
2002	23,5	34,9	21,2	6,8	13,4	0,2
2003	24,4	34,4	21,2	6,5	13,3	0,2
2004	25,1	34,3	20,9	6,5	13,1	0,2
2005	25,3	35,0	20,6	6,3	12,7	0,2
2006	26,0	34,3	20,5	6,2	12,7	0,2
2007	26,4	34,0	20,9	5,9	12,4	0,4
2008	27,0	33,1	21,1	5,8	12,8	0,2
2009	27,1	32,9	20,9	5,8	13,1	0,2
2010	27,3	32,2	21,6	5,6	13,0	0,3
2011	28,8	31,5	21,3	5,1	13,0	0,3
2012	30,6	27,7	22,4	5,1	13,2	0,4
2013	30,5	27,3	22,6	5,0	13,5	0,4
2014	28,5	31,3	21,2	4,8	13,8	0,3
2015	28,1	31,8	21,6	4,9	13,4	0,3
2016	27,1	31,9	22,1	4,9	13,7	0,3

Kaynak: IEA Statistics “Renewables Information 2003-2018”.

Bu noktada dünya enerji üretiminde artan öneme sahip yenilenebilir enerjinin kaynak bazında nasıl dağılım gösterdiği de önem taşımaktadır. Çünkü mevcut kurulu gücün modern yenilenebilir enerji çeşitleri olarak tanımlanan güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, biyokütle ve dalga enerjisi olmak üzere yoğun olarak hangi kaynaktan elde edildiği enerji politikalarının oluşturulması ve yönetilmesi açısından belirleyici bir unsur olmaktadır.

Tablo 4: Dünya Toplam Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payları (%)

Dönem	Güneş- Dalgı	Rüzgâr	Hidrolik	Jeotermal	Biyokütle-Atıklar
2001	0,3	0,2	16,4	3,2	79,9
2002	0,3	0,3	16,3	3,0	80,1
2003	0,3	0,4	16,2	3,1	79,9
2004	0,3	0,5	16,7	3,2	79,4
2005	0,3	0,6	17,4	3,2	78,6
2006	0,5	0,7	17,5	3,1	78,1
2007	0,6	1,0	17,7	3,3	77,3
2008	0,8	1,2	17,6	3,7	76,7
2009	1,0	1,5	17,7	3,9	75,9
2010	1,2	1,8	18,0	3,9	75,2
2011	1,4	2,2	17,6	3,9	74,9
2012	1,7	2,5	17,9	3,8	74,1
2013	2,2	3,0	17,8	3,6	73,4
2014	2,5	3,3	17,7	3,8	72,8
2015	3,0	4,0	18,3	4,1	70,7
2016	3,3	4,4	18,6	4,3	69,5

Kaynak: IEA Statistics “Renewables Information 2003-2018”.

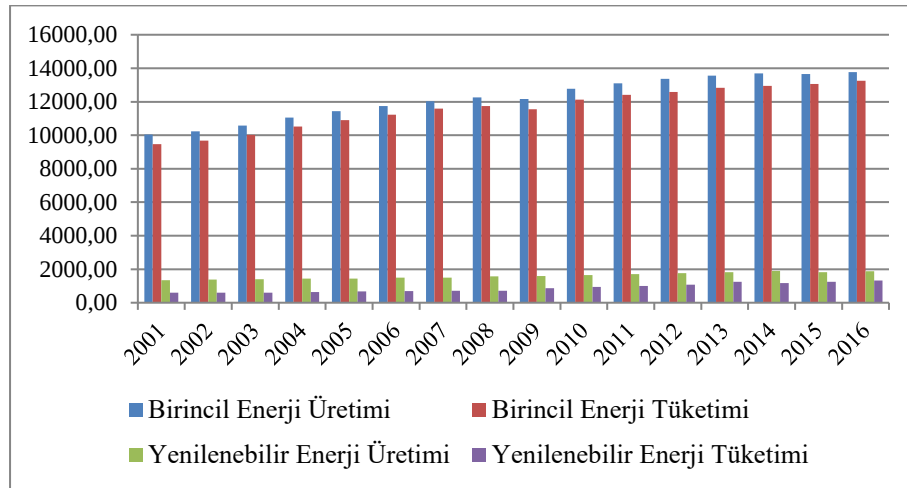
Dünya toplam enerji arzında ortalama % 12-13 dolaylarında katkısı bulunan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek paya Tablo 4’den görüldüğü gibi biyokütle ve atıklar sahip olmaktadır. Burada biyokütle; geleneksel atıkları, katı ve sıvı biyoyakıtları ve biyogazları kapsamaktadır. Modern yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji arzındaki paylarına bakıldığında ise hidrolik enerjinin her dönemde en üst sıralarda yer aldığı gözlemlenmektedir. Diğer taraftan yıllar itibarıyla güneş, rüzgâr, hidrolik ve jeotermal enerji kaynaklarının her birinden birincil enerji üretimi artmaktayken; odun, hayvan ve bitki artığından elde edilen biyokütle üretiminin azalmakta olduğu da dikkat çekmektedir.

2.1.1.1. Üretim, Tüketim ve Yatırım

Dünya enerji talebinin karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önemin hızla artmasıyla birlikte bu kaynakların üretim, tüketim ve

yatırımlarında belirgin değişimler gözlemlenmektedir. Şekil 4'ten görüldüğü gibi birincil enerji kaynakları tüketimi; 2001 yılında 9.461 milyon ton petrol eşdeğeri (mtoe) iken 2016 yılına gelindiğinde % 29 artış göstererek 13.258 mtoe olarak gerçekleşmiş, birincil enerji kaynakları üretimi ise 2001 yılında 10.038 mtoe iken 2016 yılına gelindiğinde % 27 oranında artarak 13.761 mtoe'ye ulaşmıştır. Yani dünya toplam birincil enerji tüketim artış hızı üretim artış hızından daha yüksek gerçekleşmesine rağmen her dönemde dünya birincil enerji üretimi birincil enerji tüketimini karşılamış ve hatta arz talebin üzerinde seyretmiştir. Birincil enerji üretiminin % 13'ünü karşılayan yenilenebilir enerji kaynakları üretimi ise 2001 yılında 1.351 mtoe iken 2016 yılında % 28 oranında artarak 1.881 mtoe'ye ulaşmış, yenilenebilir enerji tüketimi ise aynı dönemde 594 mtoe'den % 55 düzeyinde artarak 1.330 mtoe'ye ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları tüketimindeki bu yüksek artışa rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerjinin büyük bir kısmı tüketilememektedir. Uluslararası Enerji Ajansı Renewables Information (2018) raporunda bunun temel nedeninin; enerjinin üretimi ve sonrasındaki aşamalarda ortaya çıkan transferlerden, elektrik tesislerinden, istatistikî farklardan, kayıplardan ve enerji endüstrisinin kendi kullanımlarından kaynaklandığı belirtilmektedir.

Şekil 4: Dünya Enerji Dengesi (mtoe)

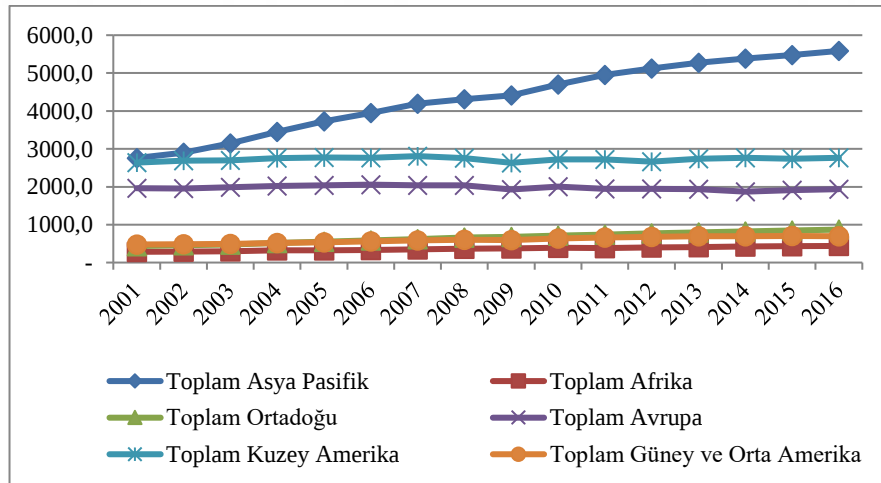


Kaynak: IEA Statistics “Renewables Information 2003-2018”; British Petroleum (BP) Statistical Review of World Energy, 2002-2018.

Dünya birincil enerji tüketiminin bölgesel dağılımına bakıldığında ise Şekil 5'te yer verildiği gibi 2001-2016 döneminde genel olarak birincil enerji tüketimi en

yüksek olan bölgeler sırasıyla Asya Pasifik, Kuzey Amerika ve Avrupa bölgeleri; en düşük bölgeler Ortadoğu, Güney ve Orta Amerika ile Afrika bölgeleri olmaktadır. Dünya birincil enerji tüketimine en büyük katkıyı yapan Asya Pasifik bölgesi 2001-2016 aralığında % 50 oran ile tüketimini en çok artıran bölge olmuştur. Dünya birincil enerji tüketiminde en düşük üç bölgeden biri olan Ortadoğu bölgesi de Asya Pasifik bölgesi gibi söz konusu dönemde % 50 artış göstermiş, bunu sırasıyla % 35 ve % 31 oranında artış ile Afrika ile Güney ve Orta Amerika bölgeleri izlemiştir. En düşük artış oranı % 4 ile Kuzey Amerika’da gerçekleşirken, Avrupa bölgesi diğer bölgelerin aksine birincil enerji tüketimini % 1,2 oranında azaltmıştır. Dünya birincil enerji tüketiminin en yüksek olduğu üç bölgeden ilki olan Asya bölgesinin birincil enerji tüketiminin bu denli yükselişte olmasında en büyük pay Çin’e aitken bunu Hindistan ve Japonya izlemekte, ikinci bölge olan Kuzey Amerika Bölgesinde en büyük pay Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’ne ait olmakta ve son olarak üçüncü bölge olan Avrupa bölgesine en büyük katkı ise Almanya’dan gelirken, bunu Fransa izlemektedir.

Şekil 5: Birincil Enerji Tüketiminin Bölgelere Göre Değişimi (mtoe)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2018.

Hidroelektrik dışarıda tutulduğunda sınırlı seviyelerde olan dünya yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimi ve üretimi miktar olarak artış gösterse de bu artış yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam birincil enerji arz ve talebi içerisindeki payının çok küçük kalmasını engelleyememiştir. Oysa yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli dünya enerji talebini fazlasıyla karşılayacak

düzeydedir. Bu potansiyel enerji arz piyasalarındaki çeşitliliğin artırılması, enerji arzının sürdürülebilirliği ve üretimin yerel ekipmanlarla sağlanması açısından büyük fırsatlar sunmaktadır. Dolayısıyla bu kaynaklara yatırım için kamu politikalarının desteğine ihtiyaç vardır (Reddy ve Painuly, 2004: 1446). Bu nedenle 2016 yılı itibarıyla hemen hemen bütün ülkeler uyguladıkları politikalarla yenilenebilir enerjinin gelişimini ve dağıtımını desteklemekte ve böylece bu alanlara yapılan yatırımların artmasını sağlamaktadırlar (REN21, 2017: 26).

Tablo 5: Dünyada Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yapılan Yatırımlar (Milyar Dolar)

Dönem	Güneş Enerjisi	Rüzgâr Enerjisi	Biyo-Enerji*	Hidro Elektrik	Biyo-Yakıtlar	Jeotermal Enerji	Okyanus Enerjisi	Toplam Yatırım
2004	12	17,9	7,4	2,6	3,9	1,2	0	45,1
2005	16,3	29,1	9,6	7,2	9,6	1	0,1	72,9
2006	21,9	39,7	12,8	7,5	28,6	1,4	0,8	112,7
2007	38,9	61,1	23	6,4	27,4	1,7	8	159,3
2008	61,3	74,8	17,5	7,6	18,4	1,7	0,2	181,4
2009	64	79,7	15	6,2	10,2	2,8	0,3	178,3
2010	103,6	101,6	16,6	8,1	10,5	2,9	0,2	243,6
2011	154,9	84,2	19,9	7,5	10,6	3,9	0,2	281,2
2012	140,6	84,4	14,9	6,4	7,2	1,6	0,3	255,5
2013	119,1	89	12,4	5,6	5,2	2,9	0,2	234,4
2014	143,9	108,5	10,8	6,4	5,3	2,9	0,3	278,2
2015	171,7	124,2	6,7	3,5	3,5	2,3	0,2	312,2
2016	113,7	112,5	6,8	3,5	2,2	2,7	0,2	241,6

Kaynak: REN21(2017:186); Bloomberg New Energy Finance UNEP (2015: 15).

*Biyoenerji içerisine katı biyokütle ve atıklar dâhilken, atık gazları dâhil edilmemiştir.

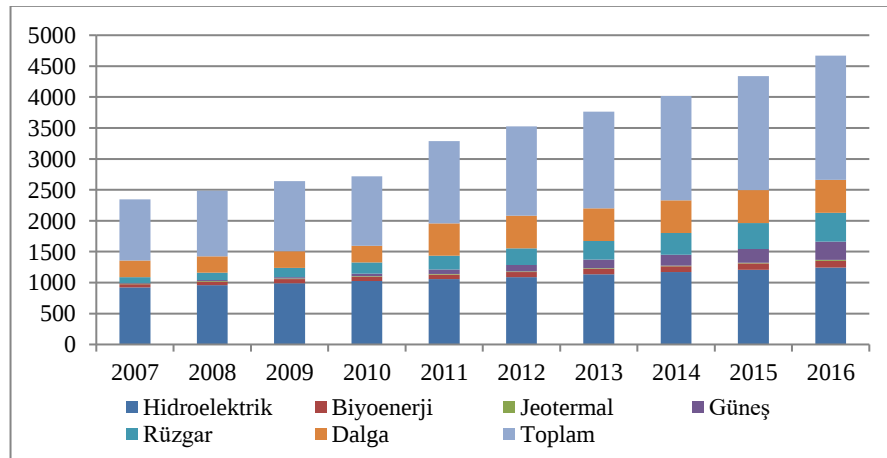
Tablo 5'te yenilenebilir enerji ve yakıtlara yönelik küresel yeni yatırımlar (yalnızca 50 MW'tan küçük hidroelektrik projeler dâhil olmak üzere) 2004 yılında 45 milyar dolar iken 2016 yılında % 80 dolaylarında artış göstererek 241 milyar dolar düzeyine ulaşmıştır. Burada ele alınan her dönemde güneş ve rüzgâr teknolojilerine yapılan yatırımların arttığı ve yenilenebilir enerji kapasitesine en büyük katkıyı yapan bu iki enerji kaynağına yapılan yatırımların toplamının toplam yatırımların % 93'üne denk geldiği gözlemlenmektedir. Ancak tabloda birincil enerji arzında yoğun olarak kullanılan biyokütle ve atıklara yapılan yatırımların ise belirgin bir şekilde düşmekte olduğu dikkat çekmektedir.

Yenilenebilir enerji yatırımlarının bölgesel dağılımı incelendiğinde; gelişmekte olan ülkelerin ilk kez 2015 yılında gelişmiş ülkeleri geride bırakarak daha fazla temiz enerji yatırımı gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir ancak 2016 yılında gelişmiş ülkeler yeniden öncü olmaya devam etmiştir. 2016 yılında gelişmekte olan ülkelerdeki yatırımlar % 30 oranında azalarak 116,6 milyar dolara, gelişmiş ülkelerde ise % 14'lük düşüşle 125 milyar ABD dolarına gerilemiştir. 2016 yılında; Çin tüm yenilenebilir enerji finansmanının % 32'sini oluştururken, bunu % 25 ile Avrupa, % 19 ile ABD ve % 11 ile Asya-Okyanusya (Çin ve Hindistan hariç) ve her biri % 3 oranında olmak üzere Amerika (Brezilya ve ABD hariç), Brezilya, Orta Doğu ve Afrika izlemektedir (REN21, 2017: 24).

2.1.1.2. Kurulu Kapasite

Dünyada yaşanan enerji dönüşümüne paralel olarak küresel yenilenebilir enerji kaynakları kurulu kapasiteleri de belirgin bir değişim yaşamaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) (2017a) raporuna göre; dünya yenilenebilir enerji üretim kapasitesi 2007 yılında 989 gigawatt (GW) iken, 2016 yılında bu oran % 50 artışla 2.006 GW'a ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları küresel güç kapasitesi büyük ölçüde fotovoltaik güneş ve rüzgâr gücünde meydana gelen artışlardan dolayı artmıştır. Bu dönemde en yüksek kapasite artışı % 95 oranında güneşteyken, bu artışı sırasıyla % 79 ile rüzgâr, % 52 ile biyoenerji, % 50 ile dalga enerjisi, % 27 ile jeotermal ve % 25 ile hidroelektrik enerjisi izlemektedir.

Şekil 6: Dünya Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kapasiteleri (GW)

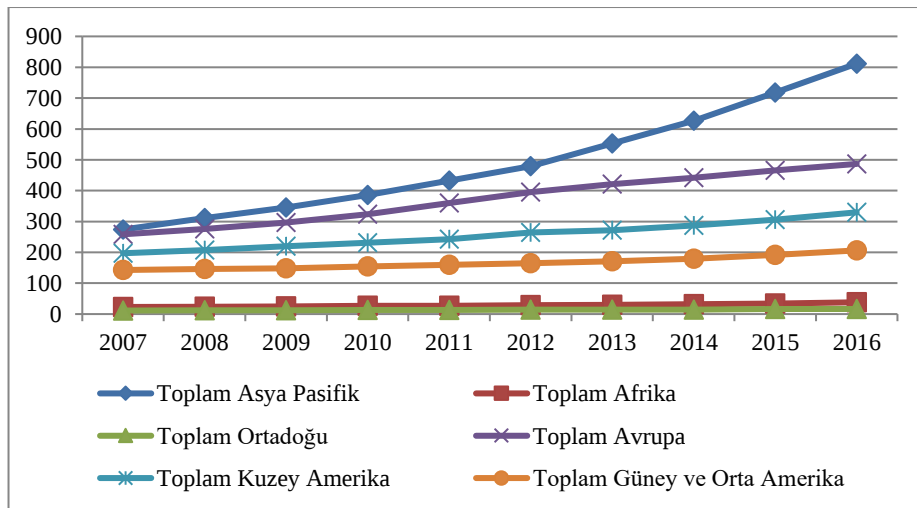


Kaynak: IRENA, 2017a.

Yukarıdaki Şekil 6’da birincil enerji arzında en büyük payı karşılayan ve her dönem toplam kapasitenin çok büyük bir kısmını oluşturan hidroelektrik enerjinin kapasite artış oranı en düşük olan enerji kaynağı olması dikkat çekmektedir.

Dünya yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu kapasitelerinin bölgesel dağılımına bakıldığında; Şekil 7’de görüldüğü gibi 2007-2016 döneminde genel olarak kapasiteleri en yüksek bölgeler Asya Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika bölgeleri iken, en düşük bölgeler sırasıyla Ortadoğu, Afrika ile Güney ve Orta Amerika bölgelerinden oluşmaktadır. Bu bulgular dünya yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu kapasitelerinin bölgesel dağılımıyla dünya birincil enerji tüketiminin bölgesel dağılımının tutarlılık taşıdığını göstermektedir. Ancak dünya birincil enerji tüketiminde Asya’dan sonra sırasıyla Kuzey Amerika ve Avrupa bölgeleri gelmekteyken, dünya yenilenebilir enerji kurulu kapasitelerinde Asya bölgesi liderliğini korumakla birlikte, bu kez onu sırasıyla Avrupa ve Kuzey Amerika bölgeleri izlemektedir. Bu durum Avrupa içerisinde özellikle Avrupa Birliği bölgesinin enerji politikalarında yenilenebilir enerjiye yönelik daha keskin hedeflere ulaşma çabasından kaynaklanmaktadır. Bu bağlayıcı hedef European Commision (2017a) raporunda; “2020 yılına gelindiğinde toplam enerji talebinin % 20 oranında yenilenebilir kaynaklardan temin edilmesi” şeklinde belirtilmiştir.

Şekil 7: Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasitelerinin Bölgelere Göre Değişimi (GW)



Kaynak: IRENA, 2017a.

Birincil enerji tüketimi sürekli artış eğiliminde olan Asya bölgesi küresel kapasitenin üçte birinden fazlasını oluşturmaktadır. Asya bölgesi aynı zamanda söz konusu dönemde yenilenebilir kapasitede % 66'lık artışla dünyanın en hızlı büyüyen bölgesi olmuştur. Ortadoğu, Afrika ile Güney ve Orta Amerika küresel kapasitenin küçük bir kısmını oluşturma yanısıra aynı zamanda ele alınan dönemde kurulu güçlerini de sırasıyla % 30, % 39 ve % 30'luk oranlarla en az artıran bölgeler olmuştur. Birincil enerji tüketiminin bölgesel dağılımında olduğu gibi kurulu kapasitelerde de incelenen dönemde genel olarak Asya Bölgesine en büyük katkı Çin'den gelirken, onu Japonya izlemektedir. Küresel yenilenebilir enerji kurulu kapasitesinde ikinci en büyük paya sahip Avrupa bölgesinde en büyük katkı Almanya'dan gelirken onu İtalya izlemekte, üçüncü olarak ise Kuzey Amerika Bölgesindeki kurulu kapasitenin sahibi büyük ölçüde ABD olmaktadır.

2.1.1.3. Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Hedefler

Çevresel baskılar, dışa bağımlılık ve maliyet açısından pek çok yönüyle avantajlı konumda bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarının hayata geçirilebilmesi büyük ölçüde enerji politikalarının oluşturulmasına, bu politikaların niteliğine, bağlayıcılığına ve uygulanabilirliğine bağlı olmaktadır. Bu görüşü benimseyen ülkeler öncelikle aldıkları destekler ve kendilerine belirledikleri ulusal hedeflerle yenilenebilir enerjiyi teşvik eden politikalar oluşturmaktadırlar. Bu kapsamda politika tipi olarak ekonomik araçlar, bilgi ve eğitim, politika destek mekanizmaları, düzenleyici araçlar, araştırma-geliştirme ve dağıtım ya da gönüllü yaklaşımları benimseyen, politika hedefi olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını ayrı ayrı ya da bir bütün olarak ele alan, ulusal düzeyde oluşturulan ve yürürlükte yenilenebilir enerjiye yönelik resmi hükümet politikası bulunan ülkelere ve bu politikaların resmi olarak hangi yıl belirlendiğine Tablo 6'da yer verilmektedir.

Tablo 6: Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Resmi Ulusal Politika Belirleyen Ülkeler

Yıl	Ülke
1977	ABD
1980	İsrail
1993	Kore
1994	Guyana (Güney Amerika)
1996	Botswana (Afrika)
2000	Tanzanya, Ukrayna
2001	Avrupa Birliği (AB), İtalya, Macaristan
2002	Birleşik Krallık, Uganda
2003	Peru
2005	Kanada, Tunus
2006	Çin, Malezya, Kenya, İsveç, Lüksemburg, Jamaika, Endonezya, Portekiz
2007	Senegal, İzlanda, Türkiye
2008	Brezilya, İspanya, Kolombiya, Madagaskar, Hindistan, Meksika, Mısır
2009	Kuveyt, Polonya, Danimarka, Güney Afrika, Tayland, Slovakya, Ukrayna
2010	Uruguay, Yemen, Japonya, Morocco (Kuzey Afrika), Norveç, Bulgaristan, Gana
2011	Litvanya, Ermenistan, İran, Fransa, Hollanda, Belarus, Nijerya
2012	Avusturya, Peru, Etiyopya, Danimarka, Malta, Endonezya
2013	Tanzanya, Venezuela, Libya, Paraguay
2014	Meksika, İrlanda
2017	Mauritius (Doğu Afrika)
2018	İsviçre

Kaynak: IEA, 2018. Global Renewable Energy Policies and Measures Database, <https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/>. (21.12.2018).

Tablodan gözlemlendiği gibi bu alanda politika belirleyen ilk ülke ABD (1977) olmuştur. OPEC üyesi ülkeler tarafından petrol fiyatlarının yükselmesi ve uygulanan ambargolar üzerine 1977 yılında ABD Enerji Bakanlığı ve Federal Enerji Düzenleme Komisyonu kurularak ilk enerji politikaları oluşturulmuştur. “Ulusal Enerji Yasası” olarak kabul edilen bu politikalarda; enerji tasarrufu sağlanmasına yönelik uygulamalara kredi ve hibe verilmesi, yeni santraller için birincil yakıt olarak doğalgaz ve petrolün hariç tutulması, özellikle yenilenebilir enerji üreticilerinin ürettiği elektriğe ve konutlarda güneş enerjisinin kullanımına yönelinmesinin önemi gibi unsurlara yer verilmiştir. Ancak bu politika girişimleri fikir birliği oluşturulamaması ve politik maliyetler gibi nedenlerden dolayı başarılı olamamıştır (Heiman ve Solomon, 2004: 95).

ABD’den sonra OEC, OECD üyesi olmayan, IEA’ya üye ülkeler ve AB ülkelerinin de birçoğu yenilenebilir enerji teknolojilerini teşvik eden ulusal

politikalar benimsemişlerdir. Bunlar içerisinde AB yenilenebilir enerji alanındaki düzenlemeleriyle ön plana çıkmaktadır. Bu çerçevede AB’de ilk adım 2001 yılında oluşturulan ‘‘Elektrik İç Pazarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretiminin Geliştirilmesi’’ne ilişkin Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifidir. Bu direktife üye olan ülkelere elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması için hedef ve bu hedefleri gerçekleştirmeye yönelik araçlar belirlemeleri gerektiği ifade edilmiştir (European Commission, 2001: 34). Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından 2003 yılında çıkarılan bir diğer uygulama ‘‘Biyoyakıtların ve Diğer Yenilenebilir Yakıtların Ulaştırma Sektöründeki Kullanımının Teşviki’’ ile ilgilidir. Bu direktife göre; üye ülkelerin 2005 yılında pazarlarındaki tüm yakıtların % 2’sini biyoyakıtlar oluşturmalı, 2010 yılında ise bu oran % 5,75’e çıkarılmalıdır (European Commission, 2003: 44). 2009 tarihli Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından ‘‘Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Kullanımının Teşvik Edilmesi ve 2001 ila 2003 Sayılı Direktiflerin Değiştirilmesi ve Yürürlükten Kaldırılması’’ Direktifi’nde ise 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımında ulaşılması hedeflenen miktarlar belirtilmiştir. Bu kapsamda birlik içerisindeki ülkelerin kendi ulusal hedefini belirlemesi koşuluyla toplam enerji arzının % 20 oranında yenilenebilir kaynaklardan gerçekleştirilmesi, enerji verimliliğinde % 20 oranında artış sağlanması ve ulaştırma sektöründe kullanılan enerjinin % 10 oranında yenilenebilir kaynaklardan sağlanması hedeflenmiştir (European Commission, 2009: 17). 2020 hedeflerinden sonra 2014 yılında ‘‘2030 yılı için Enerji ve İklim Hedefleri’’ uzlaşısında birlik içerisinde tüketilen enerjide yenilenebilir enerjinin payının en az % 27 olacak şekilde belirlenmesi gerektiği kabul edilmiştir. Bu çerçevede geliştirilen ‘‘Yenilenebilir Enerji İlerleme Raporu’’ başlıklı 2016 yılı kararlarında AB’nin yenilenebilir enerji alanında daha iddialı ve öncü olması gerektiği belirtilmiş ve 2018 yılındaki Avrupa Parlamentosu ve Konseyi bu oranı % 32’ye çıkaran bağlayıcı bir hedef oluşturmuştur. Bu direktifle birlikte ayrıca komisyona, bu hedefin yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir maliyet düşüşü, birliğin uluslararası dekarbonizasyon taahhütleri veya Birlik’te enerji tüketiminde önemli bir düşüş olması durumunda, yukarı doğru revize edilmesi gerekip gerekmediğini de değerlendirmesi yükümlülüğü verilmiştir (European Commission, 2018a: 83).

Tablo 7: Seçilmiş Ülkelerde Yenilenebilir Enerjinin Birincil Enerji ve Toplam Enerji Tüketimi İçerisindeki Payları, Hedefleri ve Hedef Dönemleri (%)

Ülke	Birincil Enerji Tüketimi			Toplam Enerji Tüketimi		
	Oran (%)	Hedef (%)	Yıl	Oran (%)	Hedef (%)	Yıl
Avrupa Birliği	13,3	-	-	17	20	2020
Avusturya		-	-	34	45	2020
Bangladeş	24,8	-	-	35	10	2020
Ermenistan	12,4	21	2020	-	-	-
		26	2025			
Belçika	6,7*	9,7	2020	9	13	2020
Brezilya	40,3	-	-	43,8	45	2030
Bulgaristan	10,7	-	-	17,7	16	2020
Çin	8,4	15	2020	12,4	-	-
		20	2030			
Çek Cumhuriyeti	10,5*	-	-	15	13,5	2020
Danimarka	30*	-	-	33	35	2020
					100	2050
Estonya	17,6*	-	-	27,5	25	2020
Finlandiya	31,2*	-	-	43,2	38	2020
					40	2025
Fransa	9,6*	-	-	14	23	2020
					32	2030
Almanya	12,7*	-	-	14	18	2020
					30	2030
					45	2040
					60	2050
Yunanistan	12,1*	-	-	17	20	2020
Macaristan	11,5*	-	-	16	15	2020
Endonezya	6*	23	2025	36,9	-	-
		31	2050			
İsrail	2,4	-	-	3,7	13	2025
					17	2030
İtalya	17,4*	-	-	17	17	2020
Japonya	4,8*	14	2030	6,3	-	
Kore	17*	6,1	2020	2,7	-	-
		11	2030			
Polonya	8,5	12	2020	-	15,5	2020
Portekiz	24,3*	-	-	27	40	2030
					31	2020
İspanya	14,6	-	-	16	20,8	2020
İsveç	37*	100	2040	53	50	2020
İsviçre	22,3*	24	2020	25,3	-	-
Ukrayna	3	18	2030	4,1	11	2020
					25	2035
Birleşik Krallık	8,2	-	-	8,7	15	2020

Kaynak: REN21, 2018: 180-182.

Not: * 2016 dönemlerini içermekteyken, oran sütunu altındaki diğer değerler 2015 yılı sonu itibarıyla hesaplanmış değerleri temsil etmektedir.

Bazı ülkeler toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını belli bir düzeye çıkarmayı, bazıları ise birincil enerji kullanımı

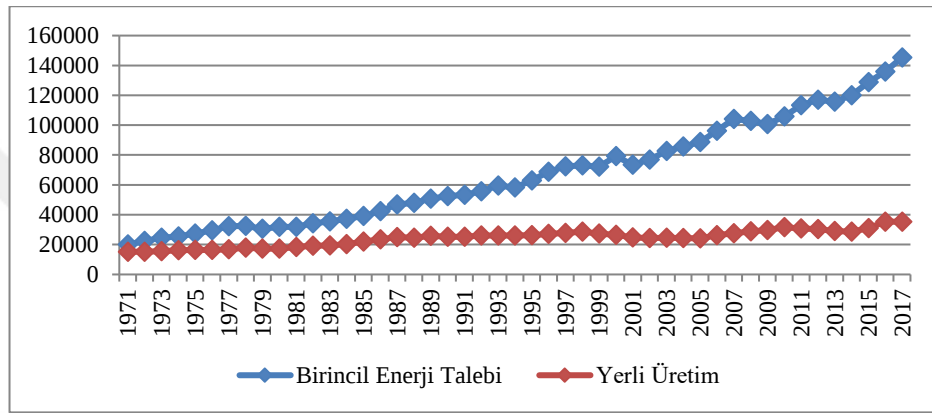
içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmayı hedeflemişlerdir. Bu çerçevede politika oluşturan ve hedef belirleyen bazı AB ve diğer seçilmiş ülke örneklerine Tablo 7’de yer verilmektedir. Buna göre yenilenebilir enerji politikası belirleyen ülkelerden Brezilya’nın, Danimarka’nın, Yunanistan’ın, İsviçre’nin ve toplu olarak ele alındığında Avrupa Birliği’nin hedeflerine çok yaklaştığı gözlemlenmektedir. İtalya 2015 yılı itibarıyla 2020 hedefini tutturmuşken; Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Macaristan, Kore ve İsveç gibi ülkeler ise 2015 yılı itibarıyla 2020 hedeflerini aşmış bulunmaktadır. 2020 hedefine çok yaklaşan Danimarka ve bu hedefini aşan İsveç’in sırasıyla 2050 ve 2040 yılı hedeflerini toplam ve birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payını % 100’e çıkaracak şekilde belirlemeleri, bu ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarını birincil enerji konumuna taşımak istediklerini göstermektedir. Diğer taraftan dünya toplam birincil enerji tüketiminde büyük payı olan Çin de 2020 ve 2030 yılı için belirlediği kesin hedeflerine ulaşmak amacıyla özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi üzerindeki kapasitelerini artırmaya odaklanmaktadır. Böylelikle genel olarak değerlendirildiğinde; yenilebilir enerjinin gelişimini teşvik eden ulusal politikaları, planları ve hedefleri benimseyen ülkelerin ya bu hedeflere ulaşma yolunda hızla ilerledikleri ya da söz konusu hedeflerine ulaşmış oldukları gözlemlenmektedir. Bu durum doğru ve zamanında belirlenmiş enerji politikalarının enerjinin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşıdığına işaret etmektedir.

2.1.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Performansı ve Konvansiyonel Enerji

Hızla artan nüfus ve kentleşmenin yanı sıra Türkiye’de hızlı gelişim gösteren diğer bir alan da sanayileşmedir. Tarıma dayalı ekonomi anlayışının yerine sanayi sektörüne dayalı bir ekonomi anlayışının benimsenmesiyle ortaya çıkan sosyoekonomik yapıdaki değişim nüfus ve kentleşmeyle birlikte enerji talebinin giderek artan boyutlara ulaşmasına yol açmaktadır. Şekil 8’de yer verildiği gibi özellikle tarım-sanayi dönüşümünün hız kazandığı 1970’li yıllardan itibaren Türkiye’de her dönemde birincil enerji talebi yerli üretimin üzerinde seyretmektedir. Burada temel problem; artan enerji talebinin ülkenin yerli enerji kaynaklarından üretilen enerji miktarı ile karşılanamamasından kaynaklanmaktadır. 1970 yılında

18.872 bin ton eşdeğer petrol (btep) olan birincil enerji talebi 2017 yılına gelindiğinde 145.305 btep'ye ulaşırken, 1970 yılında 14.516 btep olan yerli kaynaklardan üretilen enerji miktarı, 2017 yılına gelindiğinde yalnızca 35.357 btep olmuştur. Söz konusu bu dönemde tüketim 7,6 kat artarken, yerli üretim sadece 2,4 kat artmıştır. Dolayısıyla Türkiye yerli ve yenilenebilir kaynaklarla karşılayamadığı bu enerji talebini karşılayabilmek amacıyla dış kaynaklara başvurmakta, bu ise ülkeyi enerji konusunda dışa bağımlı hale getirmektedir.

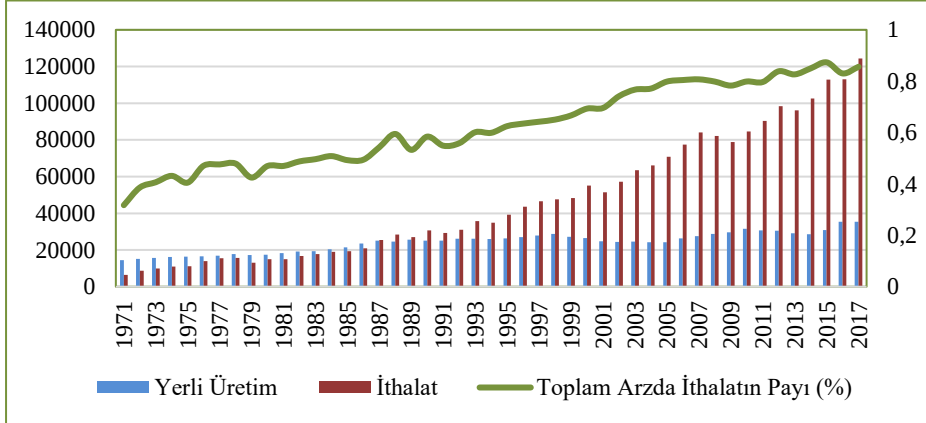
Şekil 8: Türkiye’de Birincil Enerji Arz ve Talebinin Gelişimi (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

Enerjide yurtiçi kaynakların yetersizliği nedeniyle Türkiye’de dışa bağımlılık oranı Şekil 9’da görüldüğü gibi dönemler itibarıyla sürekli artma eğilimindedir. Bu durum ülkenin ortalama olarak kendi yerel kaynaklarıyla enerji ihtiyacının yalnızca yaklaşık % 20’sini karşılayabildiğini, geri kalan kısmını ise ancak ithalat yoluyla karşılayabildiğini göstermektedir. Bu kapsamda Türkiye gibi ülkeler enerjiye ulaşmada, dağıtımda, arz güvenliğinde ve fiyatlar da oldukça kırılgan bir yapıya sahip olmaktadır.

Şekil 9: Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

Sınırlı fosil yakıt rezervi bulunan Türkiye’de enerjiye olan ithal bağımlılığın azaltılmasında enerji arz kaynaklarının çeşitliliği ve yenilenebilirliği büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla bu noktada ülkenin enerji kompozisyonuna bakarak enerji arzını kaynak bazında incelemek dışa bağımlılık konusunda daha ayrıntılı bir fikir sunabilecektir. Tablo 8’de yer verilen Türkiye’de enerji arzının kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde; 1970’li yıllardan itibaren hâkim enerji kaynağı olan petrolün yerini aşamalı olarak doğalgazın almaya başladığı, kömürün toplam enerji arzı içerisindeki payının istikrarlı bir seyir izlediği gözlemlenmektedir. Nükleer enerjinin ise enerji arzına hiçbir katkısı olmadığı da dikkat çekmektedir. Bu durum ile ilgili olarak ETKB’nin Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı Raporu’nda Türkiye’de nükleer güç santrallerinden enerji elde etme projesinin henüz hayata geçmemiş olmamakla birlikte iki nükleer santral kurulmasına yönelik adımlar atıldığı belirtilmiştir. Bunlardan ilki 2023 yılında işletmeye alınması hedeflenen Mersin Akkuyu Nükleer Santrali iken, ikincisi Sinop Nükleer Santrali’dir.

Tablo 8: Türkiye Toplam Birincil Enerji Arzında Temel Enerji Kaynaklarının Payları (%)

Dönem	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Nükleer	Yenilenebilir
1975	21,6	51,7	0,0	0,0	26,8
1980	22,0	50,3	0,0	0,0	27,3
1985	30,5	46,0	0,0	0,0	22,9
1990	30,2	46,1	5,0	0,0	18,4
1995	25,8	48,1	9,0	0,0	17,1
2000	29,0	42,5	16,0	0,0	12,8
2005	25,2	38,2	25,3	0,0	11,4
2010	29,2	30,2	29,7	0,0	10,9
2015	26,9	30,4	30,8	0,0	11,9
2016	28,3	31,1	28,2	0,0	12,5
2017	27,2	30,5	30,5	0,0	11,9
1975-2017 Değişim	5,6	-21,2	30,5	0,0	-14,9

Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1975-2017.

1975 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede Türkiye toplam enerji arzında kömürün ve doğalgazın payı sırasıyla % 5,6 ve % 30,5 artarken; petrolün ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payları ise sırasıyla % 21,2 ve % 14,9 azalmıştır. Burada en dikkat çekici unsur kuşkusuz yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarının azalıyor olmasıdır. Bu durum; 1970’li yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek paya sahip olan odun, bitki ve hayvan atıklarının yanması sonucu ortaya çıkan geleneksel biyokütle enerjisinin 2000’li yıllara gelindiğinde yerini çevreye daha duyarlı modern yenilenebilir enerji teknolojilerine bırakması ve bu kaynaklardan sağlanan enerji miktarındaki artışın enerji talebindeki artışın gerisinde kalmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla Türkiye toplam enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kadar bu kaynakların kendi içerisindeki dağılımı da yerli üretim miktarı üzerinde belirleyicilik taşımaktadır.

Tablo 9: Türkiye Toplam Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payları (%)

Dönem	Güneş	Rüzgâr	Hidrolik	Jeotermal	Biyokütle-Atıklar
1975	0,0	0,0	6,9	0,0	92,3
1980	0,0	0,0	11,2	0,0	88,1
1985	0,0	0,0	11,5	2,6	85,9
1990	0,0	0,0	20,6	4,5	74,6
1995	1,3	0,0	28,4	4,7	65,6
2000	2,6	0,0	26,3	7,1	64,0
2005	3,8	0,0	33,6	9,9	52,6
2010	3,7	2,2	38,4	17,0	38,7
2015	5,4	6,5	37,6	31,3	19,1
2016	5,4	7,9	34,2	35,7	16,8
2017	6,3	8,9	28,9	41,2	14,6
1975-2017 Değişim	6,3	8,9	22	41,2	-77,7

Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1975-2017.

Türkiye toplam birincil enerji arzında dünya ortalamasına yakın seviyelerde katkısı olan yenilenebilir enerji içerisinde en yüksek paya 1970’li yıllarda geleneksel yöntemlerle elde edilen biyokütle ve atık enerjisi sahipken, 2000’li yıllara gelindiğinde bu oran azalarak güneş, rüzgâr, hidrolik ve jeotermal gibi modern yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artmıştır. Tablo 9’da görüldüğü gibi özellikle jeotermal ve hidrolik enerji arzlarında sırasıyla % 41 ve % 22 oranlarında olmak üzere hızlı bir gelişim yaşanmıştır. Yine 1970’li yıllarda enerji arzına katkısı bulunmayan güneş ve rüzgâr enerjisinin 2017 yılına gelindiğinde dünya ortalamasının üzerinde bir artışla birincil enerji arzı içerisinde yer almaya başladığı gözlemlenmektedir. Kısacası Türkiye’nin yenilenebilir enerji bileşimi ekonominin tarıma dayandığı dönemde bitki ve hayvan atıklarına ulaşmanın daha kolay olması sebebiyle biyokütle ağırlıklıken; sanayi sektörünün gelişip ulusal gelirde tarımın yerini almasıyla ve uygun teknolojilerin geliştirilmesiyle birlikte jeotermal ve hidrolik enerjinin yoğun olduğu bir yapıya dönüşmektedir.

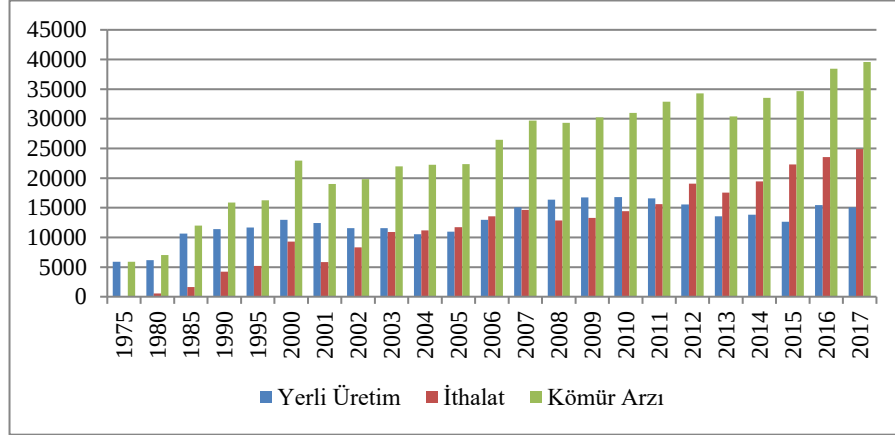
2.1.2.1. Kaynak Bazında Enerji Arz ve Talep Yapısı

Ortadoğu, Rusya ve Hazar devletlerinin sınırında bulunan Türkiye'nin, hem dünyanın ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin % 70'inden fazlasını barındıran bölgelere komşu olması hem de büyük su kanallarıyla çevrili olması Türkiye'yi dünya enerji kaynakları açısından stratejik bir geçiş ülkesi yapmaktadır. Ancak dünya devletlerinin yarısına yakını gibi, Türkiye de kullandığı enerjinin yaklaşık % 90'ını ithal etmekte ve sınırlı düzeyde yerli enerji kaynağına sahip bulunmaktadır. Türkiye mevcut durumda enerji tüketiminde büyük paya sahip olan fosil yakıtlardan yalnızca az miktarda petrol ve düşük kaliteli kömür ile sınırlı miktarda doğalgaz üretmektedir (Shaffer, 2006: 97-98). Yenilenebilir kaynaklar açısından ise özellikle hidrolik, jeotermal ve güneş enerjisi bakımından coğrafi konumu sebebiyle büyük potansiyeli bulunmakta, ancak bu kaynaklardan sınırlı oranda yararlanabilmektedir. Bu kapsamda ülkenin enerji profilini daha net görebilmek amacıyla enerji kaynaklarını ayrı ayrı ele alarak arz ve talep yapılarını incelemekte fayda bulunmaktadır.

2.1.2.1.1. Kömür

Dünya enerji arzında temel kaynaklar olan fosil yakıtlardan kömür rezervlerinin 107 yıl daha yetebileceği ve bu rezervlerin 2112 yılına gelindiğinde tamamen tükenmiş olacağı belirtilmektedir (Shafiee ve Topal, 2009: 181). Türkiye rezervlerine bakıldığında ETKB (2018a)'ye göre; Türkiye dünya ortalamasında linyitte orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde bulunmakta ve dünya toplam 287 milyar tonluk alt bitümlü kömür ile 201 milyar tonluk linyit rezervinin yaklaşık olarak % 3,2'sini barındırmaktadır. 2017 yılı itibarıyla 11.353 milyon ton ispatlanmış kömür rezervine sahip Türkiye'nin kömür açısından 115 yıllık üretim kapasitesi bulunmaktadır (BP, 2018: 36). Bu yerli rezervlerin enerji talebinin karşılanmasındaki seyri enerji bağımlılığı açısından önem taşımaktadır.

Şekil 10: Türkiye’de Kömür Arzında Yerli Üretim ve İthalatın Gelişimi (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1975-2017.

Türkiye’nin kömür arzında yerli üretim ve ithalatın payına ilişkin bir değerlendirme Şekil 10’da sunulmuştur. Burada kömür rezervleri; taşkömürü, linyit, asfaltit ve kok’un toplamı olarak ele alınmıştır. Ancak ülkede bulunan kömürün neredeyse tamamına yakın bölümü linyit şeklinde bulunmaktadır. Linyit üretimleri özellikle 1970’li yıllardan itibaren, petrol krizi nedeniyle elektrik üretimi amacıyla linyit işletmeleri yatırımlarının hız kazanmasıyla artmış ancak 1998 yılından itibaren doğalgaz alım anlaşmaları nedeniyle düşüş eğilimine girmiştir (Tamzok, 2018: 252).

Türkiye’nin birincil enerji arzında artan payı ile yoğun olarak kullanılan kömürün üretim yapısı incelendiğinde; 1975 yılından 2000’li yılların başına kadar yerli kaynaklarla yapılan üretimin enerji talebini fazlasıyla karşıladığı görülmektedir. Bu dönemde kömür kaynaklı arzadaki artışın temel nedeni; kömüre dayalı termik santrallerin özellikle 1980 yılından sonra işletmeye alınmış olmasından kaynaklanmaktadır (Sabah ve diğerleri, 2002: 35). Ancak artan bu oran 2004 yılından sonra giderek düşmekte dolayısıyla arz ve talep arasında oluşan açık ithalatla kapatılmaya çalışılmaktadır. Kömür kaynaklı ithalatın payı 1975’lerde % 2 seviyesindeyken, 2017 yılına gelindiğinde bu oran % 63’lere ulaşmaktadır. Bu rakamın geçen süre zarfında hem imalat sanayiinde taşkömürü kullanım oranının belirgin bir şekilde artmasına hem de taşkömürü kullanarak elektrik üretimi yapan santrallerin sayı ve kapasitelerinin artmasına bağlı olarak bu noktaya ulaştığı düşünülmektedir (Türkiye Sınâî Kalkınma Bankası [TSKB], 2018: 46).

2.1.2.1.2. Petrol

Dünya enerji arzında büyük payı olan kömür gibi petrol rezervlerinin de enerji talebini karşılamada yaklaşık olarak 35 yıl ömrünün kaldığı ifade edilmektedir. Bu oran petrolün doğalgaz ve kömürle kıyaslandığında daha önce tükeneceğini göstermektedir (Shafiee ve Topal, 2009: 181). ETKB (2018b)'ye göre 2017 yılı itibarıyla dünya ispatlanmış petrol rezervi 1.696,6 milyar varil olarak kayıtlara geçmekteyken, Türkiye'de üretilebilir petrol rezervi 365 milyon varil (52,65 milyon ton) ve kalan üretim kapasitesi 18 yıl olarak belirtilmektedir (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü [MAPEG], 2018a). Ağırlıklı olarak ülkenin güneydoğusunda bulunan bu rezervler ile Türkiye petrol arzı dünya petrol arzının % 0,1'ini oluşturmaktadır (TSKB, 2018: 39).

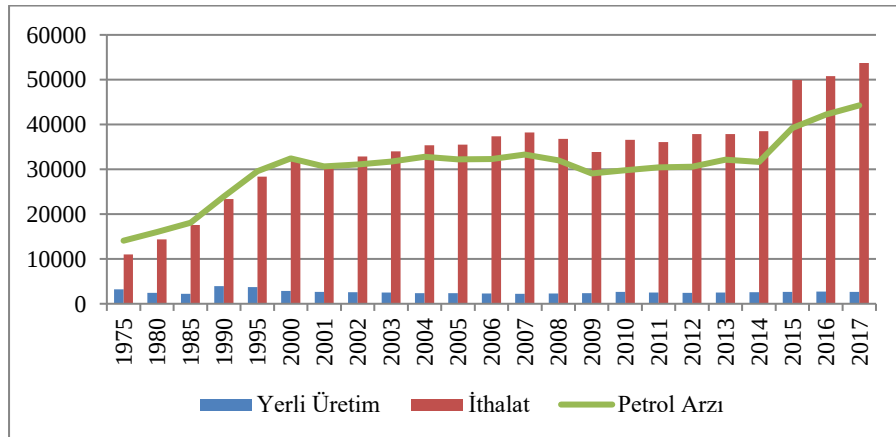
Tablo 10: 2017 Yıl Sonu İtibarıyla Türkiye Ham Petrol Rezervleri

	Rezervuadaki Petrol		Üretilebilir Petrol		Kalan Üretilebilir Petrol	
	Milyon Varil	Milyon Ton	Milyon Varil	Milyon Ton	Milyon Varil	Milyon Ton
Toplam	7.260,40	1.058,06	1.440,59	205,42	365,22	52,65

Kaynak: MAPEG, 2018a.

2000-2017 yılları arasında Türkiye'de yıllık ortalama ham petrol üretimi 2,5 milyon ton seviyesinde ve 18 yıllık bu dönemde ham petrol ithalatı ortalama 38 milyon tonun üzerinde seyretmektedir. Yerli rezervlerin sınırlı olması petrol kaynaklı tüketim açısından ithalat bağımlılığının yüksek olmasına yol açmaktadır.

Şekil 11: Türkiye'de Petrol Arzında Yerli Üretim ve İthalatın Gelişimi (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1975-2017.

Şekil 11’de Türkiye’de üretilen yerli ham petrol miktarlarına, toplam petrol arzına ve bu arzda ithalatın seyrine yer verilmiştir. Burada yerli üretim içerisinde ham petrol, ithalat içerisinde hem ham petrol hem de petrol ürünleri bulunmaktadır. Şekilde 2000’li yılların başından sonra ithalatın payının toplam petrol ürünleri arzının üzerine çıktığı gözlemlenmektedir. Bu durum; Türkiye’nin ithal ettiği ham petrolün bir kısmını işleyerek benzin, motorin, fuel oil gibi petrol ürünlerine dönüştürmesi ve bu ürünleri ihraç etmesinden kaynaklanmaktadır. Böylelikle incelenen dönemde yerli ham petrol üretiminin toplam tüketimi karşılama oranı giderek düşmektedir. 1975’de % 23 olan bu oran 2017 yılına gelindiğinde % 6’ya kadar düşmüştür.

Petrol tüketimi açısından bakıldığında; Türkiye günlük petrol tüketimi 1980 yılından 2017 yılına kadar geçen süreçte ortalama % 3,3 oranında artış göstermiştir. Tüketimdeki bu artışın temel nedeni; ulaşım olmakla birlikte petrokimya ve sanayi sektörlerindeki talep artışları da tüketimdeki artış oranlarını tetiklemektedir (TSKB, 2018: 40). Diğer taraftan arz ve talep kaynaklı pek çok unsurdan etkilenen petrol fiyatları petrolde dışa bağımlılığı % 90 oranda olan Türkiye’nin enerji piyasasının kırılganlaşmasında diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha stratejik bir rol oynamaktadır.

2.1.2.1.3. Doğalgaz

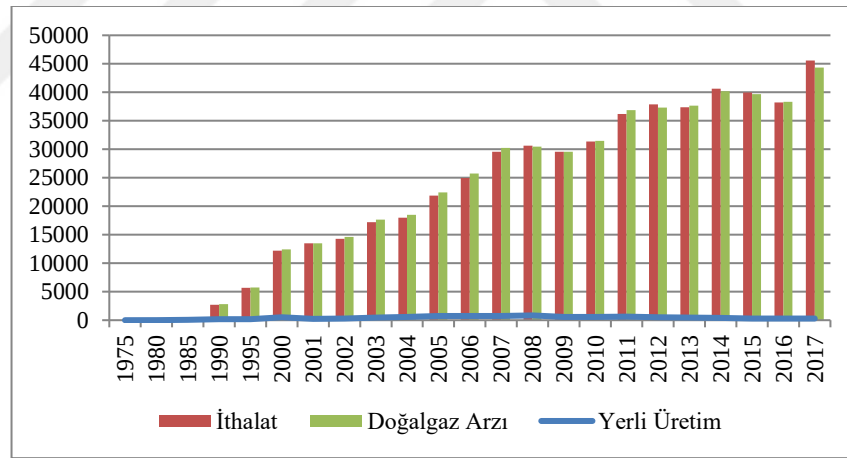
Dünya birincil enerji arzında kömür ve petrolden sonra önemli payı bulunan bir diğer fosil yakıt olan doğalgaz rezervlerinin de petrol gibi yaklaşık 37 yıllık bir süre içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir. Bu tahminler 2042 yılından sonra kalan tek fosil yakıtın kömür olacağını, petrol ve doğalgaz rezervlerinin tamamen tükenmiş olacağını göstermektedir (Shafiee ve Topal, 2009: 181). BP (2018)’ye göre 2017 yılı sonu itibarıyla dünya doğalgaz rezervleri 193,5 trilyon m³ olarak kayıtlara geçmekteyken, Türkiye’de üretilebilir doğalgaz rezervinin 4,25 milyar m³ olduğu belirtilmektedir (MAPEG, 2018b). Bu kapsamda mevcut rezerv miktarı ve mevcut üretim dikkate alındığında ve yeni keşifler olmadığı varsayıldığında ülkenin kalan üretilebilir rezerv ömrü 13,5 yıl olarak hesaplanmaktadır (Türkiye Petrolleri, 2018: 39).

Tablo 11: 2017 Yıl Sonu İtibarıyla Türkiye Doğalgaz Rezervleri

	Rezervardaki Gaz	Üretilebilir Gaz	Kalan Üretilebilir Gaz
	m ³	m ³	m ³
Toplam	25.987,38	19.950,56	4.254,64

Kaynak: MAPEG, 2018b.

Türkiye doğalgazdaki mevcut rezervleri ve düşük üretim miktarıyla 2000 yılından itibaren yıllık tüketiminin % 1'ini ancak karşılayabilmiştir. Toplam arz içerisindeki payı küçük olsa dahi 2008 yılına kadar sürekli artış eğiliminde olan yerli kaynaklarla yapılan üretim bu yılda 969 milyon m³ (839 btep)'e ulaşmış ve bu dönemden sonra sürekli olarak azalma eğilimine girmiştir. Bu durum ise Türkiye'yi potansiyel talebin karşılanmasında doğalgaz ithalatı için zorunlu hale getirmiştir. Şekil 12'de gözlemlendiği gibi kullanımına başlanıldığı dönemden itibaren doğalgaz arzının neredeyse tamamına yakın kısmı ithalat ile karşılanmaktadır.

Şekil 12: Türkiye'de Doğalgaz Arzında Yerli Üretim ve İthalatın Gelişimi (btep)

Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1975-2017.

Enerji piyasasında nispeten yeni olmasına rağmen ülkede doğalgaz tüketim miktarı 2009 yılı hariç olmak üzere artarak artma eğilimini devam ettirmiş ve 53,9 milyar m³ (44.319 btep)'lük 2017 yılı tüketimi Türkiye tarihindeki en yüksek tüketim olmuştur. Bu durumun temel nedenlerinden biri; 2017 yılında hidroelektrik santrallerinin kapasitenin altında üretim yapması nedeniyle, bu açığın doğalgaz santralleri ile kapatılmaya çalışılmasından kaynaklanmaktadır (TSKB, 2018: 32). 2008 yılında % 37 olan ithalat miktarı 2017 yılına kadar geçen süreçte yaklaşık

olarak % 48 oranında artmış ve bu oran 2017 yılında % 99,3 civarına ulaşmıştır. Diğer taraftan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (2018) raporunda son dönem doğalgaz ithalat miktarlarının tüketim miktarlarının üzerinde seyrettiği dikkat çekmektedir. Bu durum yeterli depolama alanı bulunmayan Türkiye'nin boru hatlarından çekilen doğalgazda arz sıkıntısı yaşaması nedeniyle depolama kapasite ve stoklarının artırmasıyla açıklanabilmektedir. Arz sıkıntısının önüne geçebilmek amacıyla yürütülen faaliyetlerden bir diğeri de yeterince aranmamış alanlarda özellikle Karadeniz, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Trakya bölgelerinde petrol ve doğalgaz arama çalışmalarına hız kazandırılmasıdır. 2016 yılındaki düşük petrol fiyatları bu arama yatırımlarını sekteye uğratsa da 2017 yılı itibarıyla bu çalışmalara devam edildiği belirtilmektedir (Türkiye Petrolleri, 2018: 39). Yeni ve yerli rezervler bulunmadığı takdirde doğalgaz piyasasında arz ve talep arasındaki açılan makasın önüne geçmek pek mümkün görünmemektedir.

2.1.2.1.4. Güneş Enerjisi

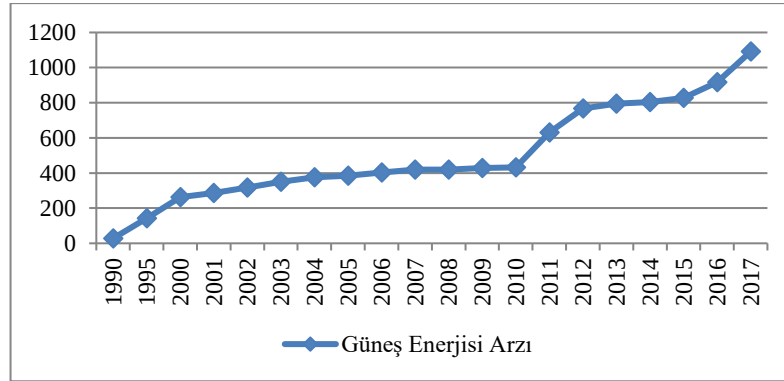
Türkiye yer aldığı coğrafi konumu sebebiyle güneş enerjisi bakımından verimli bir bölgede bulunmaktadır. ETKB (2018c) tarafından hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)'nda Türkiye'de toplam yıllık güneşlenme süresinin 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisinin ise 1.527 kWh/m² yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m² gün) olduğu belirtilmiştir. Türkiye ortalaması göz önünde bulundurulduğunda; en fazla global radyasyon değeri günlük ortalama 6,57 kWh/m² ile haziran ayında, en uzun güneşlenme süresi ise günlük ortalama 11,31 saat ile temmuz ayında gerçekleşmektedir. Bu ışıyım şiddetleri ile Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgeleri olan Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri içinde yer alan ve yüzölçümünün % 17'sine denk gelen bölümde güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca, ülkenin genelinde ise bu ısıtıcıların yılın % 70'ine denk gelecek bir süre boyunca tam kapasite ile çalışabileceği belirtilmektedir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2009: 122).

ETKB (2018c)'de 2017 yılı sonu itibarıyla kurulu olan güneş kolektörü miktarının 20 milyon m²'ye ulaştığı ve güneş enerjisinden 823.000 tep ısı enerjisi ile 2,9 milyar kwh elektrik üretildiği ifade edilmiştir. Bu oranlara bakıldığında; Türkiye'nin sahip olduğu potansiyel güneş enerjisini elektrik enerjisi elde etmekten

daha çok sıcak su ve ısı enerjisi elde etmek amacıyla kullanmakta olduğu görülmektedir. Güneşli gün açısından birçok ülkeye kıyasla avantajlı konumda bulunan Türkiye’de Aralık 2018 itibarıyla 5868 santral ile birlikte kurulu güç kapasitesi 5.095 MW’a ulaşmıştır. Bu oranla Türkiye dünya genelinde en fazla güneş enerjisi santrali bulunduran 49 ülke içerisinde 12. sırada yer almaktadır (Enerji Atlası, 2018). Ancak burada dikkat çeken bir unsur; Türkiye’nin Almanya gibi ülkelere % 60 oranında daha fazla güneş ışınımı almasına rağmen ülkenin kurulu gücü bu gibi ülkelerin çok gerisinde kalmasıdır. Bu durum Türkiye’nin güneşten elektrik enerjisi üretiminde 500 bin megavatı aşan potansiyelini henüz değerlendiremiyor olmasından kaynaklanmaktadır (Bayraktar, 2016: 51).

Dünya’da 1970’li yıllardan sonra gelişen güneş enerjisi teknolojisine paralel olarak 1990’lı yıllardan itibaren Türkiye’de de güneş enerjisi alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlamıştır. 1990 yılında 28 btep olan güneş enerjisi kolektörlerinin gücü 2017 yılına gelindiğinde 1.091 btep’e ulaşmıştır. Bu oran potansiyelinin çok altında olmakla birlikte Şekil 13’te görüldüğü gibi güneşten enerji elde etme potansiyeli özellikle 2010 yılından itibaren hızlı bir artış göstermektedir.

Şekil 13: Türkiye’de Güneş Enerjisi Arzının Gelişimi (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1990-2017.

2014 yılına kadar yalnızca konutlarda ve sanayide ısı elde etmek amacıyla kullanılan güneş enerjisi, 2014 yılından sonra elektrik üretmek için de kullanılmaya başlanmıştır. 2017 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün yalnızca % 6’sını oluşturan güneş enerjisinin lisanslı santral kurmanın önündeki bürokratik engeller ile mevzuattaki eksiklikler giderildiğinde ve fotovoltaik sistemlerin maliyeti düşürülüp verimlilik artırıldığında güneş kaynaklı enerji

üretiminin birincil enerji arzındaki payının giderek artacağı beklenmektedir (Kılıç, 2015: 30-39).

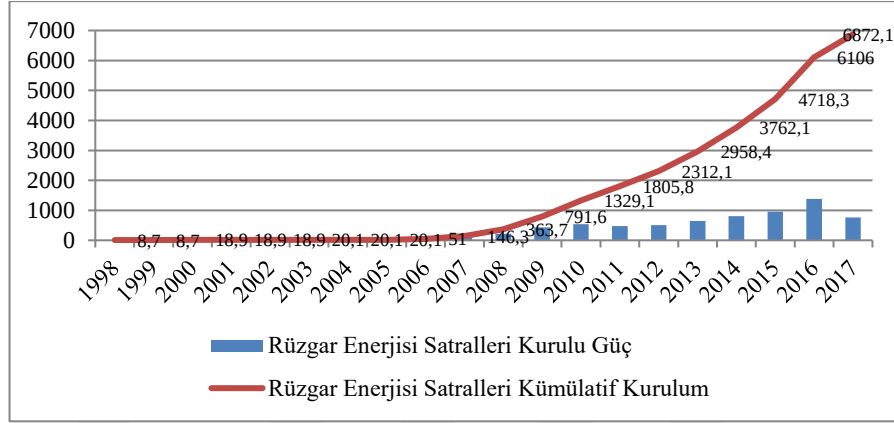
2.1.2.1.5. Rüzgâr Enerjisi

Yüksek düzeyde rüzgâr potansiyeli bulunan Türkiye 11 GW mevcut proje stoku ve 2023 yılına kadar 20 GW ulusal hedefi ile Avrupa'nın önemli rüzgâr pazarlarından birisidir. En şiddetli rüzgâr hızları batı kıyıları ile Marmara denizi etrafında meydana gelmekte ve 7 m/s'den daha yüksek rüzgâr hızları dikkate alındığında Türkiye'de rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak hesaplanmaktadır (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği [TUREB], 2019). Bu potansiyel ülkenin mevcut termal ve hidrolik enerji üretiminden daha yüksek olmakla birlikte ülkenin mevcut elektrik tüketiminin yaklaşık iki katını karşılayacak düzeydedir. Ülkede yıllık ortalama rüzgâr hızı 2,58 m/s iken rüzgâr enerjisi yoğunluğu 25,82 W/m²'dir. Marmara, Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgelerinde rüzgâr hızı 3 m/s'yi aştığından, bu bölgeler rüzgâr enerjisi üretimi için son derece uygundur (İlkılıç, 2012: 1167).

Türkiye'de rüzgâr gücünden enerji elde edilmesi çok eskiye dayanmamakla birlikte 55 kW kapasiteli ilk rüzgâr türbini 1985 yılında Çeşme'de kurulmuştur. Ancak şebekeye bağlı olarak rüzgâr enerjisinden enerji üretimine ilk kez 1998 yılında yine Çeşme'de kurulan 1,5 MW kapasiteli rüzgâr enerjisi santrali ile başlanmıştır (Kenisarin ve diğerleri, 2006: 357). Dolayısıyla rüzgâr enerjisi bu tarihten itibaren toplam enerji arzına katkı yapmaya başlamıştır. Şekil 14'te görüldüğü gibi; 1998 yılında 8,7 MW'lık kurulu güç kapasitesi özellikle 2006 yılından itibaren hızlı bir gelişim göstermiş ve 2017 yılına gelindiğinde bu oran 766 MW'ye ulaşmıştır. Bu gelişmede 2005 yılında 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un çıkarılması etkili olmuştur. Buna paralel olarak 1998 yılında 8,7 MW olan santrallerin kümülatif kurulu gücü de 2017 yılı itibarıyla 6872,1 MW düzeyine ulaşmıştır. Bu durum yaklaşık 20 yıllık bir süre içerisinde rüzgâr enerjisi santrallerine yapılan yatırımların arttığının da net bir göstergesidir. Diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslanması açısından btep cinsinden ifade edildiğinde; 1999 yılında

2 btep olan rüzgâr enerjisi arzı 2017 yılına gelindiğinde 1.540 btep’e ulaşarak yıllık artış oranlarında güneş enerjisinden daha hızlı bir gelişim göstermiştir.

Şekil 14: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinin Gelişimi (MW)



Kaynak: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2012-2019.

Diğer taraftan 2017 yılı itibarıyla devreye alınan 766 MW’lık güç ve toplam 2913 rüzgâr türbini ile ülkede üretilen elektrik enerjisi miktarı 17,755 GWh’dir. Bu oran, üretilen toplam elektrik enerjisi içinde rüzgârın payının % 6,12 civarında olduğunu göstermektedir. Ülkede halen yapım aşamasında olan 800 MW’lık toplam 30’dan fazla proje bulunmaktadır. Bu projelerin de işletmeye alınması Türkiye’nin 2023 yılına kadar 20.000 MW olarak belirlediği ulusal rüzgâr enerjisi hedefine ulaşılması açısından stratejik önem taşımaktadır (Global Wind Energy Council, 2017: 66).

2.1.2.1.6. Hidrolik Enerji

Türkiye’de son dönemlerde yenilenebilir kaynaklar içerisinde en büyük paylardan biri hidrolik enerjiye aittir. Devlet Su İşleri (DSİ) Faaliyet Raporu (2016)’na göre; ülkenin teorik hidroelektrik potansiyeli (ülkedeki bütün tabii akışların % 100 verimle kullanılması durumunda) 433 milyar kWh iken, teknik açıdan değerlendirilebilir potansiyel (mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek potansiyel) 216 milyar kWh ve ekonomik potansiyel (teknik potansiyelin mevcut ekonomik şartlar altında gerçekleştirilebilme potansiyeli) ise 158 milyar kWh/yıl

civarındadır. Bu potansiyellerle Türkiye; dünya teorik potansiyelinin % 1,5'ine, ekonomik potansiyeli ile de Avrupa potansiyelinin % 17,6'sına denk gelmektedir.

Türkiye'de su enerjisinden elektrik üretme faaliyetine 1956 yılında başlanmış ve 2017 yılı sonu itibarıyla işletmede olan 620 adet hidroelektrik santrale ulaşılmıştır. Tablo 12'de görüldüğü gibi bu santraller 27.311 MW toplam kurulu güç ile ortalama 95.251 milyar kWh yıllık üretim yapmaktadır. Ancak inşasına henüz başlanmamış ve inşa halinde olan 621 proje dolayısıyla toplam potansiyelin % 40'lık kısmı halen kullanılamamaktadır.

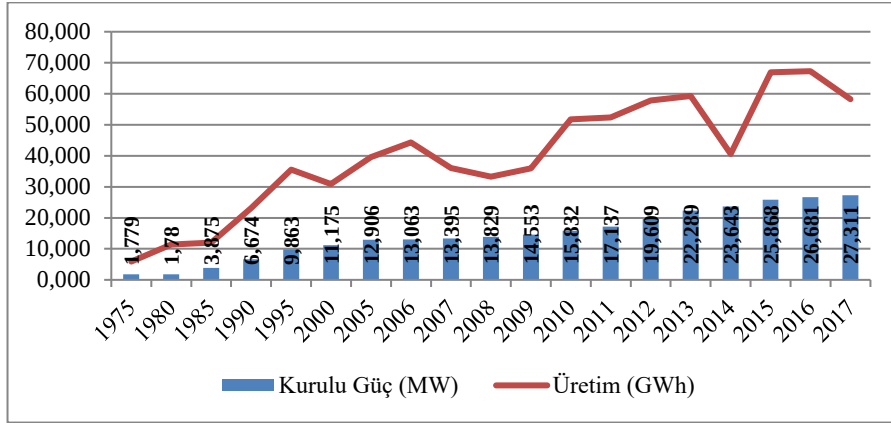
Tablo 12: 2017 Yıl Sonu İtibarıyla Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli Projeleri

HES Aşaması	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Toplamdaki Payı (%)
İşletmede	620	27.311	95.251	60
İnşa Halinde	62	5.290	15.582	10
İnşasına Henüz Başlanmayan	559	15.155	47.012	30
Toplam	1.241	47.756	157.845	100

Kaynak: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ 2017 Yılı Faaliyet Raporu.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde birincil enerji arzına katkısı giderek artan hidrolik enerji kurulu gücünün yıllar itibarıyla gelişimine bakıldığında; 1975 yılında 1.779 MW olan kurulu gücün 2017 yılı sonu itibarıyla 27.311 MW'a ulaştığı görülmektedir. Bu kurulu güçlerle 1975 yılında 5.904 GWh üretim yapılırken, 2017 yılında üretim 58.218 GWh'a yükselmiştir.

Şekil 15: Türkiye’de Hidrolik Enerjisi Kurulu Gücü (MW) ve Üretimin (GWh) Gelişimi



Kaynak: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi <https://www.teias.gov.tr/> (TEİAŞ), tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri (23.02.2019); ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1975-2017.

Diğer yandan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek kurulu güce sahip olan hidroelektrik santrallerin kurulu güç gelişimi devam etmekle birlikte termik santrallerden üretilen enerji miktarındaki artış ve yanlış politikalar sonucunda gerekli planlama yapılmaksızın teşvik edilen santrallerin devreye girmesi hidrolik santrallerden elde edilen enerjinin payının düşmesine yol açmaktadır. Böylelikle 1980’lerde toplam elektrik üretimi içerisindeki payı % 60’larda olan hidrolik enerjinin bu oranı 2017 yılına gelindiğinde % 20 seviyelerine kadar düşmüştür (Yılmaz, 2018: 320).

2.1.2.1.7. Jeotermal Enerji

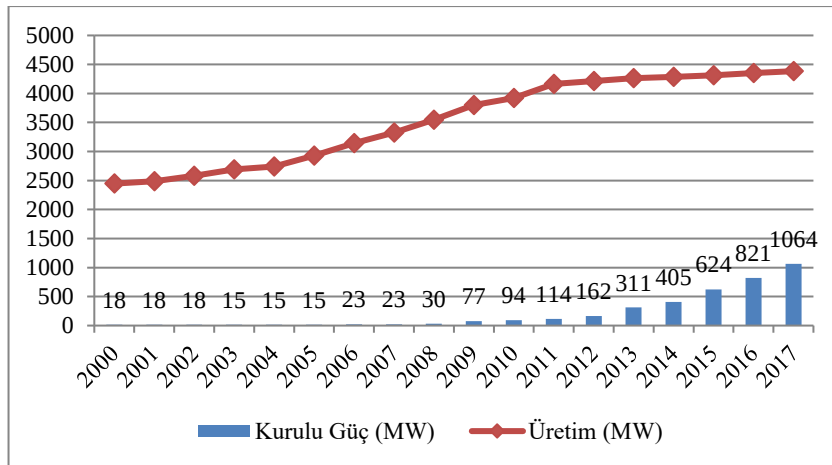
Enerji arzında yenilenebilir kaynaklar içerisinde birinci sırada yer alan jeotermal enerji bakımından Türkiye’nin önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu (2017)’nda ülkenin teorik ısı potansiyeli 31.500 MW, teorik elektrik potansiyeli ise yaklaşık 2000 MW olarak belirtilmektedir. Türkiye bu potansiyeli ile Dünya’da 7., Avrupa’da ise 1. sırada yer almaktadır. 1962 yılında MTA tarafından başlatılan aramalar sonucunda ülkede 237 jeotermal saha keşfedilmiştir. Bu sahalarla birlikte; 1962-2004 yılları arasında jeotermal ısı kapasitesi toplamda 3100 MW iken, 2017 yılı sonu itibarıyla yaklaşık 5000 MW’e yükseltilmiştir. Jeotermal kaynaklı elektrik üretimi ise

lisansı alınmış kurulu kapasite bazında 2002 yılında 15 MW iken, 2017 yılı sonu itibarıyla % 7200 oranında artarak 1085 MW'ı aşmıştır.

ETKB (2018d)'ye göre; Türkiye'de mevcut olan jeotermal kaynakların % 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup ısıtma, termal turizm ve mineral elde etmek gibi doğrudan uygulamalar için elverişliken, % 10'luk bölümü elektrik enerjisi elde etmek gibi dolaylı uygulamalar için elverişli konumdadır.

Türkiye'de jeotermal kaynaklardan enerji elde edilmesi ilk olarak 1985'li yıllarda başlamakla birlikte kayda değer gelişmeler 2000'li yıllarda meydana gelmiştir. Özellikle 2007 yılında yürürlüğe giren 5686 sayılı "Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu" ile özel sektörün jeotermal sahaların aranması sürecine dâhil olması ile kurulu güçte büyük bir sıçrama yaşanmıştır. Şekil 16'da görüldüğü gibi 2000 yılında 18 MW kurulu güç ile 2.447 MW üretim yapılırken, 2017 yılına gelindiğinde kurulu güç 1.064 MW'a, jeotermal kaynaklı üretim ise 4.384 MW'a yükselmiştir. Bu verilerle Elektrik Piyasası Gelişim Raporu (2017)'na göre; 2017 yılı itibarıyla jeotermal kaynaklar elektrik enerjisi üretimine % 2,04 katkıda bulunurken, lisanslı kurulu güç içerisindeki payı % 1,30 seviyesine yükselmiştir.

Şekil 16: Türkiye'de Jeotermal Enerji Üretimi ve Kurulu Gücün Yıllar İtibarıyla Değişimi (MW)



Kaynak: IRENA, Geothermal Energy Capacities 2017b; MTA Faaliyet Raporu 2017:111.

Diğer yandan kurulumu ve inşası devam eden santrallerin toplam gücü 230 MWe (megawatt elektrik) olup, yaklaşık 650 MWe kapasitede arama çalışmaları

sonuç verdiğinde ve mevcut teknolojik gelişmeler de göz önüne alındığında ülkenin jeotermal enerji teorik potansiyelinin 31.500 ile 60.000 MWt arasında olabileceği tahmin edilmektedir (Kaya, 2018: 384). Ancak ülkenin mevcut koşullardaki 31.500 MW'lık teorik ısı kapasitesi göz önüne alındığında Türkiye'nin potansiyelinin yalnızca % 7,2'sini kullanabildiği görülmektedir.

2.1.2.1.8. Biyokütle Enerjisi

Yenilenebilir kaynaklar içerisindeki payı kademeli olarak azalmakta olsa da biyokütle enerjisi, mevcut potansiyeli ile yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir konumdadır. Türkiye; coğrafi yapısı, biyokütle üretimine uygun arazileri ve tarımsal faaliyetlerin yaygın olması nedeniyle, özellikle kırsal alandaki başlıca enerji kaynağı olarak biyokütle enerjisini belirgin bir konuma taşımaktadır. Türkiye'nin toplam enerji üretimindeki payı % 21'den yüksek olması nedeniyle biyokütle enerji kaynakları arasında en dikkat çekici olanı yakacak odundur (Turkey Energy Report, 2013: 27).

Türkiye'de biyokütle enerjisinin teorik brüt potansiyeli 135 ile 150 mtep/yıl olarak hesaplanmaktayken, kayıplar düşürüldükten sonra elde edilen net potansiyelin 90 mtep/yıl olacağı belirtilmektedir. Ancak ülkenin tarım alanlarının tümünden biyokütle enerjisi elde etmek amacıyla faydalanılamayacağından teknik potansiyelin en fazla 40 mtep/yıl olabileceği, ekonomik kısıtlar göz önüne alınarak ekonomik potansiyel hesaplandığındaysa ise bu oranın 25 mtep/yıl'a düştüğü belirtilmektedir (İllez, 2018: 398-399).

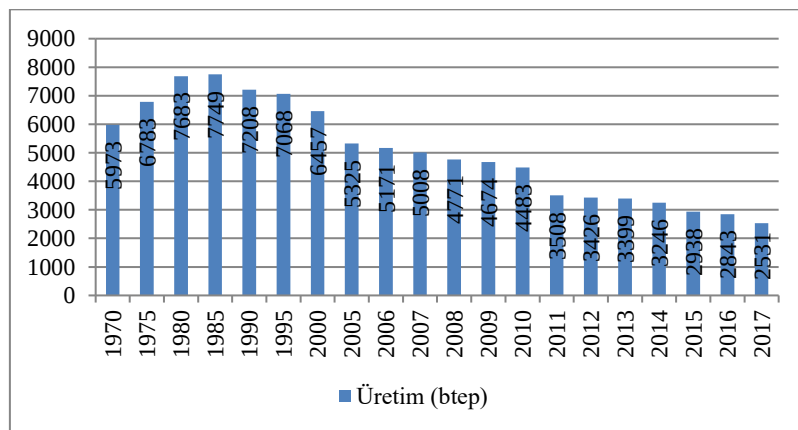
ETKB tarafından geliştirilen Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) (2017)'da ülkede biyokütle enerjisi elde edilebilecek atık miktarları ve bu atıkların enerji miktarları belirtilmektedir. 2017 yılı itibarıyla Türkiye'nin temel biyokütle kaynakları arasında yer alan hayvan, bitki, tarım, orman ve kentsel atık miktarları ve bunlardan elde edilebilecek enerji miktarları Tablo 13'te gösterilmektedir. Buna göre; biyokütle enerji potansiyeline en fazla katkının bitkisel atıklardan geldiği ve onu sırasıyla kentsel, hayvansal ve orman atıklarının izlediği görülmektedir.

Tablo 13: Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Biyokütle Kaynağı	Miktar (ton/yıl)	Enerji Değeri (tep/yıl)
Hayvansal Atık	163.297,308	1.176,198
Bitkisel Atık	96.451,594	39.877,285
Kentsel Katı Atık	31.331,836	2.315,414
Orman Atıkları	-	859.899
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri	44.228,795 tep/yıl	

Kaynak: Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA), 2017, <http://bepa.yegm.gov.tr/>, (02.03.2019).

Şekil 17’de yer verilen Türkiye’de biyokütle kaynaklı enerji üretiminin gelişimine bakıldığında 1970 yılından 1985 yılına kadar enerji üretiminin arttığını, ancak 1985 yılından sonra bu oranın sürekli olarak düşüş eğilimi sergilediği gözlemlenmektedir. Bunda etkili olan faktörlerden birinin; orman atıklarından kaynaklı biyokütle üretiminin sıvılaştırılmış petrol gazı tüketimi (LPG)’nin sürekli artması nedeniyle son on yıllık süre içerisinde % 22’den % 14’e gerilemesi, diğer faktörün ise ülkenin büyük bir tarımsal atık potansiyeline sahip olmasına rağmen bu atıkların dağınık bir şekilde bulunmasının, taşıma ve işçilik giderleri açısından büyük bir maliyet unsuru oluşturması bu durumun da mevcut kaynakların yeterince değerlendirilememesine yol açması olduğu düşünülmektedir (Kara ve diğerleri, 2017: 524; Çukurçayır ve Sağır, 2008: 266).

Şekil 17: Türkiye’de Biyokütle Enerji Üretiminin Yıllar İtibarıyla Değişimi (btep)

Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1970-2017.

Diğer yandan Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) (2018) tarafından açıklanan veriler kapsamında biyokütle kaynaklarından enerji üretimi sağlayan

tesislerin kurulu güçlerinin gelişimine bakıldığında; 2007 yılında 42,7 MW olan kurulu gücün 2015 yılında 362,4 MW'a, 2017 yılına gelindiğinde ise 634,2 MW'a ulaşmış olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle; biyokütle kaynaklı enerji üretimindeki düşüşün tam tersine kurulu güç gelişimi 2007 yılından başlayarak aslında her dönem artarak artan bir seyir izlemiştir. Ancak bu kurulu güç gelişimi mevcut biyokütle enerji potansiyeline ulaşılmasını sağlayamamıştır. Bu nedenle biyokütlenin özellikle kırsal alanlarda ısıtma amaçlı kullanımı azalmaktadır.

2.1.2.1.9. Dalga Enerjisi

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili olması nedeniyle yüksek bir dalga enerjisi potansiyeline sahiptir ancak mevcut bu potansiyel kullanılmamaktadır. Kıyıların kullanımına göre ülke 15,5 terawatt saat/yıl (TWh/yıl) seviyesinde enerji barındırmaktadır. Marmara denizi dışında kıyı uzunluğu 8210 km'yi bulmakla birlikte ülkede herhangi bir dalga ölçüm istasyonu ve dalga verisi bulunmamaktadır (Gür ve diğerleri 2018: 5). Ancak rüzgâr ölçümleri deniz seviyesine uyarlanarak rüzgârların neden olacağı dalga seviyelerini belirlemek ve bu yolla ne kadar dalga enerjisine ulaşılabileceğini tahmin etmek mümkündür (Üstün ve Kurban, 2010: 65).

Karadeniz, ülkenin diğer bölgelerine kıyasla daha yoğun dalgalarıyla bilinmekle birlikte güneybatı Anadolu yönünde hâkim olan Ege Denizi ve Akdeniz'deki rüzgâr potansiyeli yıllık ortalama 4 ile 17 kW/m arasında bir dalga gücünde yoğunlaşmaya yol açmaktadır. Bu sebeple dalga enerjisinden faydalanmaya başlamak için koşulları en elverişli bölge Tablo 14'te de yer verildiği gibi dalga yoğunluğu en fazla olan İzmir-Antalya arası ya da tam olarak konumlandırmak gerekirse Dalaman-Finike arasına tekabül eden denizlerdir (Sağlam ve Uyar, 2005: 3).

Tablo 14: Türkiye Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları (kWh/m)

Bölge	Güç (kWh/m)
Karadeniz	1,96-4,22
Marmara Denizi	0,31-0,69
Ege Denizi	2,86-8,75
Akdeniz	2,59-8,26
İzmir-Antalya	3,91-12,05

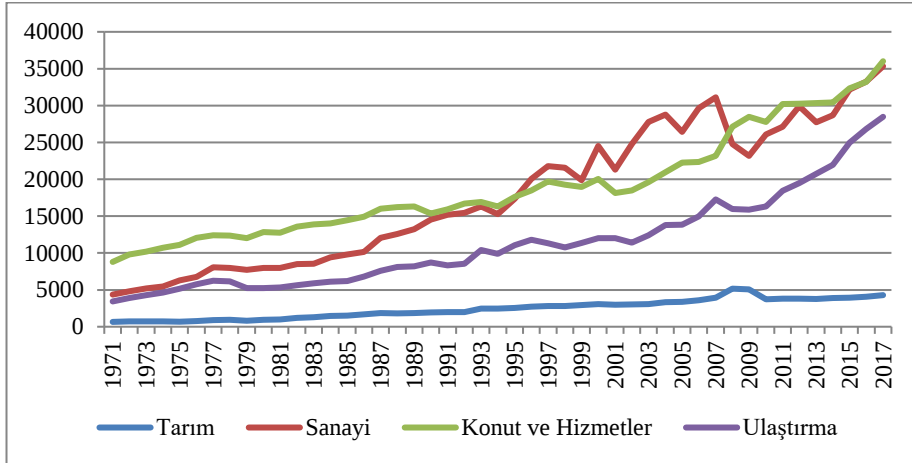
Kaynak: Sağlam ve Uyar, 2005:3.

Marmara bölgesinin kıyı bölgelerindeki yerleşim alanları ve Anadolu'nun kuzeydoğusu ile güneyindeki dalga şiddetleri düşük olan bölgeler hariç tutulduğunda Türkiye'nin 8210 km'lik mevcut kıyı uzunluğunun beşte birinin dalga enerjisi elde etmek amacıyla kullanılabileceği öngörülmektedir. Yıllık 4-17 kW/m gücü bulunan sularda, küçük ölçekli bir dalga dönüştürücüsünden yaklaşık olarak en az 10 TWh/yıl enerji elde edilebilmektedir. Bu ise, Türkiye'deki hidroelektrik enerjinin ekonomik potansiyelinin % 12,5'ine tekabül etmektedir (Sağlam ve Uyar, 2005: 4).

2.1.2.2. Sektör Bazında Enerji Arz ve Talep Yapısı

Türkiye, büyüme sürecini temel olarak tarım, sanayi ve hizmetler olmak üzere üç temel sektör ile yönlendirmektedir. Bu üç temel sektör içerisinde Türkiye'nin büyümesi Cumhuriyet'in kuruluşunun ilk yıllardan itibaren tarım sektörü kaynaklı olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2019b) verilerine göre; tarımın GSYH'daki en yüksek payı 1943 yılında % 56,5 ile görülmüş ve bu dönemden sonra tarım sektörünün GSYH'daki payı hafifletilerek diğer bir ifadeyle tarımdan sanayiye kaynak aktarılarak sanayileşme ön plana çıkarılmıştır. 1980'li yılların başlamasıyla ise hizmetler sektörü diğer sektörleri geride bırakarak GSYH içerisinde öncü sektör olmuştur. Özellikle 2000'li yılların başından itibaren tarım ve sanayinin payının görece olarak azaldığı, hizmetler sektörünün payının arttığı bu yapısal dönüşüm sektör bazında bir birim üretim yapmak için gerekli olan enerji miktarlarının da farklılaşmasına yol açmıştır. Burada; sektör bazındaki enerji yapısını daha ayrıntılı olarak inceleyebilmek amacıyla; tarım, sanayi, hizmetler sektörü yanında konut sektörü ve ulaştırma sektörü de ele alınmıştır. Ancak ETKB Genel Enerji Dengesi verilerinde konut sektöründeki enerji verileri hizmet sektörü ile birlikte verildiğinden bu kalem konut ve hizmetler olarak incelenmiştir.

Şekil 18: Türkiye’de Sektörlerin Enerji Tüketimi Eğilimleri (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

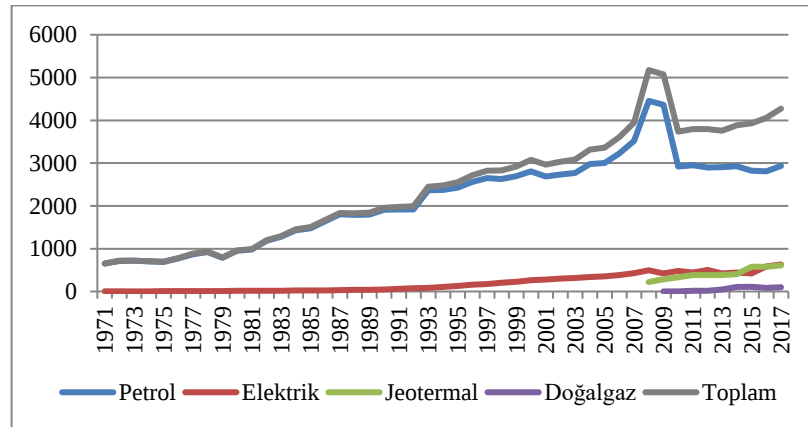
Şekil 18’de Türkiye’de sektörlerin üretim süreçlerinde kullanmış oldukları enerjilerin genel eğilimlerine yer verilmiştir. Söz konusu her dönemde sektörel enerji tüketiminde en yüksek paya sanayi ile konut ve hizmetler sektörü sahip olmuştur. 1996 yılına kadar konut ve hizmetler sektörü en fazla enerji kullanan sektör iken, 1996 yılından 2007 yılına kadar sanayi sektörü enerji tüketiminde öncü sektör olmuştur. Bu dönemden sonra 2017 yılına kadar hizmetler sektörünün büyümenin dinamiği olmasına paralel olarak enerji kullanımı da diğer bütün sektörleri geride bırakarak artma eğilimine girmiştir. Tarım sektörüne bakıldığında ise tarımsal üretimdeki azalma nedeniyle kullanılan enerji miktarının da sınırlı seviyelerde kaldığı görülmektedir. Ancak 2007 yılından itibaren tarım sektörünün milli gelir içerisindeki hareketlenmelerine bağlı olarak tüketilen enerji miktarı da artmaya başlamıştır. Ulaştırma sektörü ise artan nüfusun da etkisiyle her dönemde tarım sektöründen daha fazla enerjiye ihtiyaç duymuş ve özellikle 2010 yılından itibaren enerji talebinde artarak artan bir sürece girmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde; tarım sektörü ve kriz yılları hariç tutulduğunda diğer bütün sektörlerde enerji tüketiminin artma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. Sektörel bazda yapılan bu genel bakışın ardından hangi sektörde hangi enerji kaynağının ön planda olduğu diğer bir ifadeyle sektörel bazda hangi kaynakların aktif olarak kullanıldığının detaylandırılması gelecek bölümde yapılacak sektör ve kaynak bazlı yakınsama ilişkisinin analizi açısından yol gösterici nitelikte olacaktır.

2.1.2.2.1. Tarım Sektörü

Tarım sektörü, sanayi için ihtiyaç duyulan tarımsal hammaddeleri üretmekte ve ekonomiye çok yönlü olarak katkıda bulunmaktadır. Tarımsal üretim sürecinde kullanılan enerji miktarı; tarımla uğraşan nüfusun büyüklüğüne, ekilebilir alanların miktarına ve makinalaşma seviyesine bağlıdır. Tarımda etkin enerji kullanımı; finansal tasarruf, fosil kaynakların korunması ve hava kirliliğinin azaltılmasını sağladığı için sürdürülebilir tarımsal üretim koşullarından biridir (Kusek ve diğerleri, 2016: 117).

Kırsal alanlarda; kırsal kesim endüstrisinin mekanik aletlerinde, yemek pişirmede, aydınlatmada, ısınmada, sulamada, hasat yapma ve toprağı işlemede enerjiye ihtiyaç vardır. Ancak aynı zamanda enerji tarım sektörünün bir çıktısıdır. Dolayısıyla tarım ve enerji ilişkisi tamamlayıcı bir yapıya sahiptir ve birbirini dolaylı olarak etkilemektedir. Enerji tüketimi, tarımsal faaliyetlerin birçok aşamasında zorunlu bir bileşenken; biyogaz, biyodizel ve petrol gibi bazı enerji kaynaklarının oluşumu için gerekli olan bitkisel ve hayvan artıkları tarımsal üretim tarafından sağlanmaktadır (Sayın ve diğerleri, 2005: 2365).

Şekil 19: Tarım Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

Şekil 19’da tarım sektöründe girdi olarak kullanılan enerjinin kaynak bazında dağılımına yer verilmiştir. Tarım sektöründe yoğun olarak kullanılan mekanik enerjinin 1970 yılından 2004 yılına kadar % 90’ından fazlası petrolden sağlanmıştır. 1970-2008 arası dönemde petrolden sonra tarımsal üretime, doğrudan birincil enerji

kaynağı olarak değil ancak temel enerji kaynaklarının dönüşüm geçirmesiyle elde edilen elektrik enerjisi destek vermiştir. 2008 yılından itibaren ise şekilde görüldüğü gibi doğalgaz ve jeotermal enerji düşük miktarlarda da olsa üretim sürecine dâhil olmuştur. 2008 yılında % 4 oranıyla üretim sürecine katkıda bulunmaya başlayan jeotermal enerjinin payı 2017 yılına gelindiğinde % 14'e ulaşmış, aynı şekilde 2011 yılında % 1 olan doğalgazın payı da 2017 yılı itibarıyla yalnızca % 2'ye yükselmiştir. Diğer yandan 1970 yılında tarımsal üretimdeki payı % 99 olan petrolün yerini aşamalı olarak elektrik almaya başlamış ve 2017 yılında petrolün payı % 69'a gerilerken, 1970 yılında % 1 olan elektriğin payı 2017 yılında % 15'e yükselmiştir.

Tarımsal üretim sürecindeki genel eğilime bakıldığında; ihtiyaç duyulan enerjinin yoğun olarak petrolden sağlandığı, onu düşük miktarlarda da olsa elektriğin izlediği, 2008 yılından itibaren ise jeotermal ve doğalgazın üretim sürecine dâhil olduğu gözlemlenmektedir. Burada dikkat çeken en önemli unsur; tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarından yalnızca jeotermal enerjiden faydalanılıyor olmasıdır. Ancak Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (National Energy Efficiency Action Plan-NEEAP) (2017-2023)'nda; ülkede rekabetçi bir tarım sektörü oluşturmak için öncelikli olarak fiziksel potansiyeli, enerjiyi ve kaynakları etkin bir şekilde kullanmak, tarımsal arazileri düzenlemek ve birleştirmek, tarımda makinalaşma seviyesini arttırmak için enerji verimliliği faaliyetlerini arttırmak ve tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmanın mutlaka gerekli olduğu belirtilmiştir. Ancak Türkiye'de tarımsal üretimde tek yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerji özellikle sera ürünlerinde ve su ürünlerinde ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Elektrik ise tarımsal üretimin depolanması, korunması ve ayrıca aydınlatma için daha fazla tercih edilmektedir (Sayın ve diğerleri, 2005: 2365-2366).

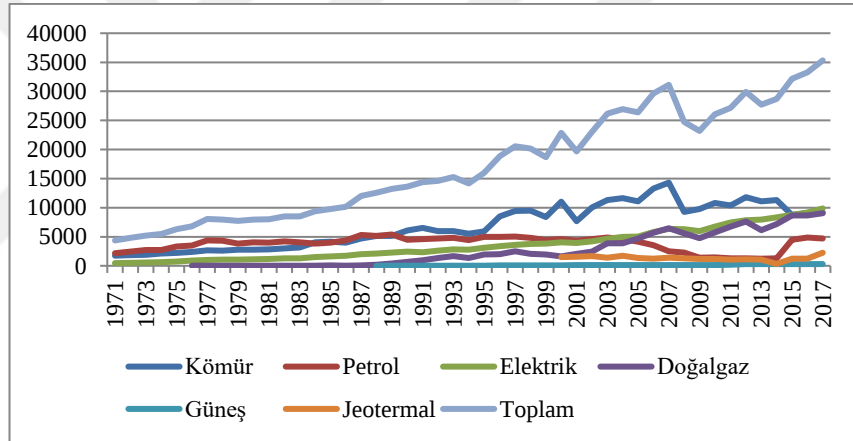
2.1.2.2.2. Sanayi Sektörü

Türkiye'de 1960-1980 arası dönemde uygulanan kapalı ve planlı ekonominin yerini 1980-2000 arası dönemde ihracata dayalı büyüme stratejisinin alması sanayileşme sürecini hızlandırmıştır. Bu dönemden sonra sanayi sektörü ekonomik payda tarım sektörünün önüne geçmiş ve bu yoğun sanayileşme çabası enerji kullanımına dayalı bir üretim yapısını ortaya çıkarmıştır (Jobert ve Karanfil, 2007: 5448; Yapraklı ve Bayramoğlu, 2017: 440; Doğan, 2013: 219). Bu noktadan sonra

sanayi sektöründeki artan enerji ihtiyacı, büyük oranda endüstriyel alanda enerji yoğun teknoloji uygulamalarının artmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Dilaver ve Hunt, 2010: 2).

Türkiye sanayi sektörü katma değeri yüksek hafif sanayi ürünleri (elektronik, metal eşya gibi) yerine ağır sanayiye (metal gibi) dayandığından “enerji yoğun sanayi” olarak da adlandırılmaktadır. Üretim sürecinde enerjiyi yoğun olarak talep eden sanayi alt sektörleri ise demir-çelik, çimento, seramik, cam, tekstil, kağıt, kimya, petro-kimya, gübre ve endüstriyel süreçlerde ana ekipman olarak kullanılan fırın ve kazanlardır (Tübitak Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu, 1998: 7-38). Endüstriyel bu üretim süreçlerinde hangi enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanıldığına Şekil 20’de yer verilmiştir.

Şekil 20: Sanayi Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

Sanayi sektörü kapsamındaki üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjinin kompozisyonu dengesiz bir dağılım sergilemektedir. 1970’li yılların başlarında petrolün toplam enerji ihtiyacının % 50’sini tek başına karşıladığı, onu % 40 oranında kömürün izlediği görülmektedir. Ancak bu oranlar genel olarak düşme eğilimi sergilemiş ve 2017 yılına gelindiğinde kömürün payı % 27’lere, petrolün payı ise % 13’lere kadar gerilemiştir. Tüm dönem boyunca ikincil enerji kaynağı olarak elektrik ise ortalama % 18 oranında sanayi enerji ihtiyacına katkıda bulunmuştur. Diğer yandan üretim sürecine 1988 yılında % 1 oranında katkıda bulunmaya başlayan doğalgazın payı 2017 yılında % 26’ya ulaşmıştır. Yenilenebilir kaynaklar arasından ise güneş enerjisi ve jeotermal enerji sırasıyla 1976 ve 1988 yılından

itibaren ortalama olarak % 1'e yaklaşan ve % 5 oranında sanayi üretim sürecine enerji sağlamışlardır. Tarım sektöründen farklı olarak sanayi sektöründe, yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjinin yanında güneş enerjisi de enerji arzına katkı sağlamaktadır. Ancak bu oranlar çok küçük olmanın yanı sıra enerji arzında yenilenebilir kaynaklar çeşitlilik göstermemekte ve ihtiyaç duyulan enerji genel olarak fosil yakıtlardan karşılanmaktadır.

2.1.2.2.3. Konut ve Hizmetler Sektörü

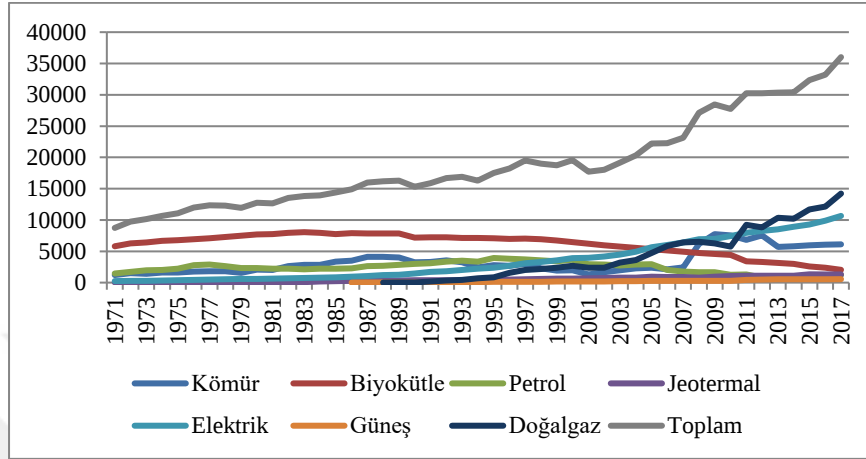
Konutlarda talep edilen enerji; elektrik kullanımından su kullanımına, yemek pişirmeden yerleşim yerlerinde aydınlatmaya kadar çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Yerleşim bölgelerinde hane halkının enerji kullanımını etkileyen bazı temel değişkenler bulunmaktadır. Bunlar; demografik özellikler, ekonomik faktörler, bireysel faktörler, kültür, yapı, yaşam tarzı, teknoloji, iklim ve politikadır (Haas, 1997: 792).

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)'nda 2017 yılı itibariyle, Türkiye'de yaklaşık % 87'si konut olan 9,1 milyon bina olduğu, konut sayısının ise 22 milyonun üzerinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca her yıl mevcut bina stoğuna 100.000'den fazla yeni bina dâhil olmaktadır. Bu istatistikler, Türkiye'nin hızla artan ve dönüşüm geçiren bir bina stoğuna sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, mevcut binaları iyileştirmenin yanı sıra, yeni binaları daha enerji verimli hale getirerek önemli ölçüde enerji tasarrufu yapmak mümkündür. Ayrıca, konut ve hizmetler sektörü, yenilenebilir enerji kaynaklarını ve yerinde üretimi kullanma konusunda önemli bir potansiyele sahiptir.

Konutlardan ayrı olarak hizmetler sektöründe de üretim sürecinin her aşamasında enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Tarım sektörünün tarım ve hayvancılık alt sektörü, sanayi sektörünün ise imalat alt sektörü kalkınma için gerekli iki ana itici güç olarak görülmektedir. Ancak hizmetler sektörü çok geniş bir yapıyı barındırmaktadır. Bu yapı içerisinde; toptan ve perakende ticaret, otel ve restoran hizmetleri, ulaşım ve iletişim, finans kurumları, konut mülkiyeti, işletme ve kişisel hizmetler, emtia bankası, hizmet bedeli, devlet hizmetleri (eğitim, sağlık, kültür-sanat gibi), kâr amacı gütmeyen özel kuruluşlar gibi farklı faaliyetleri içeren diğer bir çok kalem yer almaktadır (Ediger ve Huvaz, 2006: 734). Bu faaliyetler

gerçekleşirken üretim sürecinde hangi enerji kaynaklarının ön plana çıktığına Şekil 21’de yer verilmiştir.

Şekil 21: Konut ve Hizmetler Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

1970’li yılların başında konut ve hizmetler sektöründe üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjinin % 69’u biyokütle enerjisinden sağlanırken, onu sırasıyla % 13 ve % 14’lük oranlarla kömür ve petrol izlemektedir. Bu dönemde elektrikten % 3 oranında enerji sağlanırken, jeotermal enerji toplam enerji arzına yalnızca binde 3 oranında katkı sağlamıştır. Diğer yandan güneş enerjisi 1986 yılında, doğalgaz enerji ise 1988 yılında üretim sürecine dâhil olmuşlardır. 2000’li yılların başına gelindiğinde payı % 30’lara gerileyen biyokütle enerjisinin yerini payı % 14’lere ulaşan doğalgaz almıştır. 1970-2017 dönemine genel olarak bakıldığında ise; konut ve hizmetler sektöründe enerji ihtiyacının % 69’unu karşılayan biyokütle enerjisinin payı % 6’ya gerilerken, petrolün payı % 14’den % 3’e gerilemiştir. 1970’lerde üretim sürecine dâhil olmayan doğalgazın payı 2017 yılı itibarıyla % 39’a, jeotermal ve güneş enerjisinin payları da sırasıyla % 4 ve % 2’ye ulaşmıştır. Ayrıca biyokütle enerjisindeki düşüşün bir kısmı da payı % 30’a ulaşan elektrik enerjisiyle telafi edilmiştir.

Tarım ve sanayi sektöründen farklı olarak konut ve hizmetler sektöründe odun ve hayvansal-bitkisel atıkları içeren ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde gruplandırılan biyokütle enerjisinin yoğun olarak kullanıldığı dikkat çekmektedir. Diğer yandan konut ve hizmetler sektöründe güneş enerjisi ve jeotermal enerjinin

enerji arzına düşük miktarlardaki katkıları tarım ve sanayi sektörü ile benzerlik taşımaktadır.

2.1.2.2.4. Ulaştırma Sektörü

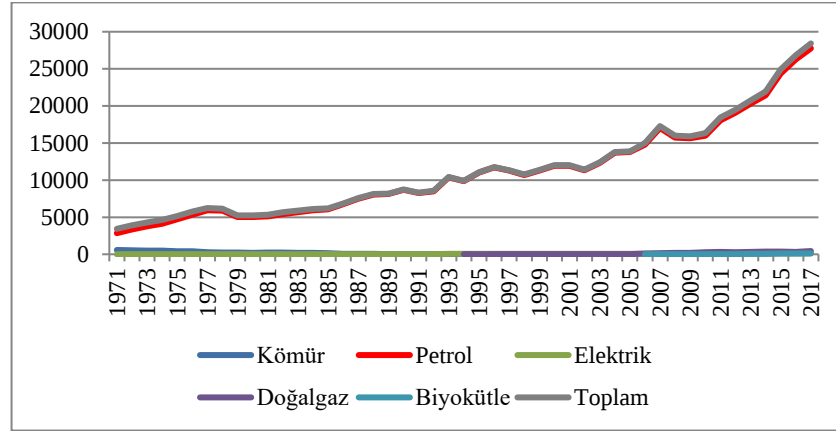
Türkiye’de konut ve hizmetler ile sanayi sektöründen sonra enerji kullanımında üçüncü sırada yer alan ulaştırma sektöründe 1950’li yıllara kadar demiryolu ağırlıklı bir politika anlayışı benimsenmiştir. Ancak 1950 yılından itibaren ulaştırma politikalarında uygulanan değişim ile birlikte hem yolcu hem de yük taşımacılığında karayolu ağırlıklı bir taşımacılık yapısı ön plana çıkarılmıştır. 1950 yılında yolcu taşımacılığında % 42,2, yük taşımacılığında % 68,2 payı olan demiryollarının payı 2016 yılı itibarıyla sırasıyla % 4,3 ve % 1’e gerilemiştir. Bunun yerini ise 1950 yılında yolcu taşımacılığında % 50,3, yük taşımacılığında ise % 25 payı bulunan ve 2016 yılına gelindiğinde yolcu taşımacılığındaki payı % 89,3’e, yük taşımacılığındaki payı ise % 92,6’ya yükselen karayolları almıştır. Bir diğer ulaşım sistemi olan deniz ve havayolu taşımacılığının payları ise; birlikte değerlendirildiğinde dahi 1950’lerden 2016’ya kadar geçen süre zarfında yolcu ve yük taşımacılığında her dönemde % 10’un altında seyretmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolu Sektör Raporu [TCDD], 2017: 48).

Ulaştırma sektöründe kullanılan enerji türü, enerji kaynağı ve ihtiyacı;

- Yük ve yolcu taşımacılığında kullanılan ulaştırma sistemlerinin bağımlı oldukları çekim, enerji türleri ve kullandıkları enerji kaynaklarına,
- Ulaştırma sistemlerinin birim taşıma miktarı başına ihtiyaç duydukları enerji ve yakıt miktarlarına,
- Ulaştırma talebine ve bu sektörde hangi sistemin tercih edildiğine bağlı olarak değişmektedir (Akım, 2002: 101).

Bu unsurlar dikkate alınarak Türkiye’nin karayolu ağırlıklı mevcut ulaştırma sisteminin ihtiyaç duyduğu enerjinin kaynak bazında nasıl dağılım gösterdiğine Şekil 22’de yer verilmiştir.

Şekil 22: Ulaştırma Sektörü Enerji Kullanımının Kaynaklara Göre Dağılımı (btep)



Kaynak: ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017.

Ulaştırma sektöründe enerji talebi yıllar itibarıyla sürekli artış eğiliminde iken enerji tüketiminin ortalama % 97’lik kısmı petrolden karşılanmaktadır. 1970 yılında enerji tüketiminin % 16’lık kısmını karşılayan kömürün payı 1986 yılında % 1’e düşerek, bu dönemden sonra enerji arzına katkısı neredeyse sıfırlanmış ve kömürün payındaki azalma petrolle telafi edilmiştir. Böylece petrol neredeyse ulaştırma sektöründe ihtiyaç duyulan enerjinin tamamını tek başına karşılamıştır. Diğer taraftan elektriğin tüm dönem boyunca enerji arzının ortalama binde üçünü karşıladığı, doğalgazın ve biyoyakıtın ise 2007 yılından itibaren sırasıyla % 1 ve binde 2 oranında üretim sürecine dâhil olduğu gözlemlenmiştir. Diğer sektörlerden farklı olarak ulaştırma sektöründe; yenilenebilir enerji kaynaklarından yalnızca biyoyakıtın enerji arzına katkısının olduğu, bu katkının ise ihmal edilebilir seviyelerde olduğunu söylemek mümkündür.

Petrol arzında % 93 oranında dışa bağımlılığı olan Türkiye’de birincil petrol tüketiminin yaklaşık % 50,8’i ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Bu durum dikkate alındığında ulaştırma sektöründe enerjinin tasarruflu ve verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır (Solak, 2013: 126). Ayrıca petrolün ulaşım sektörünün tek enerji kaynağı olmasının önüne geçilerek alternatif (yenilenebilir) kaynakların ulaştırmada kullanılabilir hale getirilmesi petrolde dışa bağımlılığın azaltılması açısından belirleyici bir unsur olabilir.

2.1.2.2.5. Sektörlerarası Karşılaştırma

Türkiye genelinde birincil enerji tüketiminin sektörel olarak dağılımında 1971-2017 döneminde ortalama olarak en yüksek pay % 36 ile konut ve hizmetlerin iken, onu sırasıyla yaklaşık % 34'lük payla sanayi sektörü, % 21'lik payla ulaştırma sektörü ve payı giderek düşmekte olan ve ortalama % 5 oranında enerji tüketen tarım sektörü izlemektedir. Geriye kalan enerji ise çevrim ve enerji sektörü gibi "diğer" başlığı altında tüketilmektedir. Sektör bazında tek tek yapılan analizin ardından sektörlerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında hangi enerji kaynaklarının ön planda olduğunun ve bu kaynaklar arasında yenilenebilir enerjinin paylarının toplu olarak görülebilmesi amacıyla Tablo 15 hazırlanmıştır.

Tablo 15: Sektörlerde Kullanılan Enerjinin Kaynak Bazında Ortalama Dağılımları (1971-2017)

	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Elektrik	Jeotermal	Güneş	Biyokütle
Tarım	-	%92	%0,4	%6	%2	-	-
Sanayi	%39	%30	%10	%19	%2	%0,3	-
Konut ve Hizmetler	%17	%15	%11	%15	%0,2	%1	%40
Ulaştırma	%2	%97	%0,3	%0,4	-	-	%0,03

Kaynak: ETKB Genel Enerji Denge Tabloları 1971-2017 verilerinden derlenerek yazar tarafından hesaplanmıştır.

Not: Dönem ortalaması hesaplanırken rakamlardaki yuvarlamalardan dolayı ortalamaların toplam değerleri %100'ü vermemektedir.

Tarımsal üretim sürecinde enerjiye ihtiyaç duyulan işlemler esnasında 1971-2017 döneminde yoğun olarak (% 90'dan fazla oranda) petrol kullanılırken, üretim sürecine destek olan tek yenilenebilir enerji kaynağı jeotermal kaynaklar olmaktadır. Doğalgaz ve elektrik enerjisi de tarım sektörüne sırasıyla % 0,4 ve % 6 oranında enerji sağlamaktadır. Sanayi sektörü incelenen dönem itibarıyla kömür ve elektriğin en büyük tüketicisi konumundadır. Endüstriyel üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerji ortalama % 80 oranında kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Geriye kalan enerji ihtiyacı ise elektrik, güneş ve jeotermal kaynaklardan giderilmektedir. Konut ve hizmetler sektöründe enerji ihtiyacını % 43 oranında fosil yakıtlar gidermektedir. % 40 oranında biyokütle enerjisi kullanımıyla konut ve hizmetler sektörü yenilenebilir enerjiden en fazla faydalanan sektörken,

enerji ihtiyacının geri kalan kısmı % 20'yi geçmemekle birlikte elektrik, güneş ve jeotermal enerjiden karşılanmaktadır. Ulaştırma sektöründe ise petrol enerji ihtiyacının neredeyse hepsini tek başına sağlayarak temel enerji konumundayken, düşük miktarlarda olmakla birlikte kömür de üretim sürecinde enerji girdisi olarak kullanılmaktadır. Böylelikle sektörler kıyaslandığında 1971 yılından günümüze kadar geçen süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarının en fazla konut ve hizmetler sektöründe biyokütle enerjisi kanalıyla kullanıldığı gözlemlenmektedir. Diğer sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzına katkısı ise ortalama olarak % 5'i geçmemekle birlikte üretim süreci için gerekli enerji bütün sektörlerde yoğun olarak fosil yakıtlardan karşılanmaya devam etmektedir.

2.1.2.3. Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Yatırım Süreçleri

Türkiye'de hem fosil yakıtlara hem de dış kaynaklara olan bağımlılığın azaltılabilmesi için yenilenebilir enerji yatırımlarının desteklenmesi amacıyla birçok politika uygulamaya konmuştur. İlk kez 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu (5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun) ile birlikte bu alanda yasal düzenlemeler yapılmaya başlanmıştır. Fakat ikincil mevzuatın mevcut olmayışı ve sabit fiyat garantisinin nispeten düşük olması nedeniyle 2005 ve 2010 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar sınırlı düzeylerde kalmıştır. Bunun üzerine 2010 yılında bazı kaynaklar için daha yüksek bir sabit fiyat garantisinin getirilmesi ve birtakım teşviklerin uygulamaya konması ile birlikte Yenilenebilir Enerji Kanunu'nda değişikliğe gidilmiştir. Böylelikle yenilenebilir enerji yatırımlarında canlanma yaşanmaya başlamıştır (ETKB Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014: 11).

Hükümet tarafından yatırımcılara yenilenebilir enerji konusunda sağlanan teşvikler özellikle özel sektör kanalıyla yapılan uzun vadeli yatırımların artmasına olanak sağlamaktadır. Yatırım projelerinin hükümet teşvik politikalarından en yaygın ve etkin olarak birçok ülkede kullanılan destekleme mekanizmalarından tarife

garantisi³ (feed-in tariff) politikası ile destekleniyor oluşu gelecekteki yatırımları artıracak beklentisini de güçlendirmektedir (Erdal, 2012: 175; Topçu ve Yünsel, 2012: 8; Çelikkaya, 2017: 60).

Tablo 16: Yenilenebilir Enerji Yatırımları Program-Harcama Gerçekleşme Durumları (TL)

(TL)	Başlangıç Ödeneği	Revize Ödeneği	Gerçekleşme	Gerçekleşme (%)
2006	3.000.000	4.225.000	3.581.712	85
2007	3.300.000	5.420.000	4.659.980	86
2008	4.400.000	6.020.000	5.047.349	85
2009	8.585.000	10.875.000	5.777.081	53
2010	10.000.000	12.360.000	7.678.231	62
2011	16.527.000	18.197.000	8.437.783	46
2012	25.000.000	23.250.000	2.788.539	12
2013	16.761.000	16.261.000	3.030.462	19
2014	18.538.000	17.038.000	2.532.182	15
2015	20.644.000	20.644.000	7.311.238	35
2016	24.270.000	24.270.000	3.963.040	16,3
2017	30.371.000	25.370.000	3.366.944	13,3

Kaynak: ETKB Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporları 2006-2017.

Türkiye’de 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu’ndan sonra yenilenebilir enerji alanına verilen ödeneklere ve gerçekleşme durumlarına Tablo 16’da yer verilmiştir. Kanun’un 6. Maddesinde yer verilen ‘‘18.05.2005 tarihinden 31.12.2015 tarihine kadar işletmeye girmiş ya da girecek üretim lisansı sahiplerinin işletmeye alınış tarihinden itibaren başlamak kaydıyla on yıl süre ile destekleme mekanizmasından faydalanabileceği’’ ibaresinden hareketle 2006 yılından itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşvikler ve bu teşvikler yoluyla yapılan yatırımlarda belirgin bir artış yaşanmıştır. Özellikle 2015

³ Tarife garantisi; günümüzde eyalet ve ülke bazında 108 bölgede kullanılmakta olan en etkili ve en yaygın yenilenebilir enerji destekleme mekanizmasıdır. Bu uygulamada; yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrige uzun bir dönem (15-25 yıl gibi) boyunca alım garantisi uygulanmaktadır. Alım fiyatı, üretilen elektriğin kilovat saatine göre belirlenip, kullanılan teknolojinin şekline göre değişmektedir. Böylelikle rüzgâr ve hidroelektirik santraller daha düşük teşvikler alırken, güneş ve dalga enerjisi gibi yatırım ve bakım maliyeti fazla olan kaynaklar daha yüksek garantiden faydalanabilmektedirler. Tarife garantisi hakkında detaylı bilgi için bkz. (Çelikkaya, 2017: 60; Jacobs, 2009: 9; Abolhosseini ve Heshmati, 2014: 5). Tarife garantisi uygulayan ülkeler için ise bkz. (REN21, 2015: 99-101).

yılında bir önceki yıla kıyasla yatırımlarda yaklaşık 3 kat artış olmuştur. Diğer yandan Yenilenebilir Enerji Kanunu’nun uygulamaya konduğu başlangıç yıllarında verilen ödeneklerin büyük kısmının yatırımlara dönüştüğü gözlemlenirken, 2012 yılından itibaren verilen ödeneklerin küçük bir kısmının değerlendirilebildiği dikkat çekmektedir. Bu durumun arkasında yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşviklerin yurtdışındaki uygulamalarla kıyaslandığında hem daha kısa süreyi kapsaması hem de daha düşük oranlarda veriliyor olması yatmaktadır (Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı [TEPAV], 2016: 21). Yenilenebilir enerji yatırımları için verilen bu tarife garantisi destekleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17: Yenilenebilir Enerji Kaynak Türüne Göre Verilen Tarife Garantileri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
Hidroelektrik Üretim Tesis	7,3
Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	7,3
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	10,5
Biyokütle Dayalı Üretim Tesis*	13,3
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	13,3

Kaynak: 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun-I Sayılı Cetvel.

*Biyokütle dayalı üretim tesisine uygulanan tarifelerde çöp gazı dâhildir.

Yenilenebilir enerji yatırımları kaynak bazında farklılık göstermek koşuluyla ABD Doları cinsinden ve üretilen elektrik kWh değeri üzerinden farklı bir tarife destek mekanizmasına tabi tutulmuştur. Tablo 17’de gösterildiği gibi hidroelektrik ve rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesislerine 7,3 ABD Doları cent/kWh; jeotermal enerjiye dayalı üretim tesislerine 10,5 ABD Doları cent/kWh; biyokütle ve güneş enerjisine dayalı üretim tesislerine ise 13,3 ABD Doları cent/kWh tarife desteği uygulanmaktadır. Bunun yanında yurtiçinde gerçekleştirilen imalata yerli katkı ilavesi de sunulmaktadır. Ancak ‘‘Genel Yatırım Teşvik Rejimi’’ kapsamında verilen desteklerden yatırım girdileri satın alımında KDV muafiyeti, yatırım girdisi ithalatında gümrük vergisi muafiyeti ve diğer ek ücretlerden muafiyet gibi teşviklerde yatırım yapılacak bölgenin yalnızca 6. bölgede yer alan iller olması gerektiğinin altı çizilmektedir (TEPAV, 2016: 22). Bu durum ise bu bölgenin dışında kalan diğer bölgelerde yapılacak yatırım faaliyetlerinin önünde bir engel oluşturmaktadır.

2002 yılından itibaren uygulanan özelleştirme programıyla birlikte enerji dağıtımının tamamen özel sektör eline bırakılması yapılan yatırımların da devlet katkısıyla özel sektöre aktarılmasına, bu durum da daha rekabetçi bir enerji piyasası oluşmasına yol açmıştır. Bu rekabetçi piyasa yapısında Türkiye’de 2023 yılına kadar yılda yaklaşık ortalama % 6 artacağı öngörülen enerji talebinin karşılanması için gereken toplam yatırım tutarının, son on yılda gerçekleştirilen toplam yatırım miktarından daha fazla artarak 110 milyar dolara ulaşması gerektiği öngörülmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, 2019). Bu amaca ulaşabilmek için yenilenebilir enerji piyasasında henüz kendi yurtiçi imalatını gerçekleştirecek düzeyde gerekli altyapıya sahip olmayan ve ülke içinde yapılacak yatırımlarda dahi ithal girdiye bağımlı olan Türkiye’nin başlangıç yatırımlarını teşvik edecek daha basit ve yalnız belli bölgeleri değil potansiyeli bulunan bütün bölgeleri kapsayan destekleyici politikalara ihtiyacı olduğu düşünülmektedir.

2.1.2.4. Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Hedefler

2006-2008 dönemini kapsayan Orta Vadeli Program’da Türkiye enerji politikasının nihai amacı; artan nüfusun ve büyüyen ekonominin enerji ihtiyaçlarını, özel sektörün ön planda olduğu rekabetçi ve şeffaf bir serbest piyasa ortamında sürekli, nitelikli, güvenli ve minimum maliyetli olacak biçimde karşılamak olarak belirtilmiştir. Bu temel enerji politikası çerçevesinde geçmişi çok eskiye dayanmamakla birlikte Türkiye’de yenilenebilir enerjiyi özendirici birtakım yasal düzenlemeler uygulamaya konulmuştur.

Tablo 18: Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Düzenlemelerinin ve Politikalarının Gelişimi

Dönem	Politika Kapsamı
2005	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun No:5346
2007	2007 Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu No:5686
2009	Elektrik Enerji Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi
2010	Yenilenebilir Enerji Kanununda Değişiklik Yapılması Resmi Gazete No: 6094
2011	Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması- Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği
2012	Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği- Elektrik Piyasası Rüzgâr ve Güneş Ölçümlerine İlişkin Tebliğ
2013	Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik- Elektrik Piyasası Kanunu No: 6446*
2015	Rüzgâr Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik
2016	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği
2017	Rüzgâr veya Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği

Kaynak: ETKB Türkiye UlusalYenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014: 11; ETKB Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Yenilenebilir Enerji Mevzuat (http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/y_mevzuat.aspx).

*Bu kanun, “Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliği” ve “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliği” kapsamaktadır. Bu yönetmelik 2017 yılında yürürlükten kaldırılarak, yeniden düzenlenmiş ve aynı yıl yeniden yürürlüğe konulmuştur.

Tablo 18’de yer verildiği gibi Türkiye’de yenilenebilir enerjiyi ve dolayısıyla yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik edici ilk düzenleyici politika 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kapsamı belirtilerek, bu alana yönelik verilecek teşvikler belirtilmiştir. 2007 yılında çıkarılan kanunla; jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının verimli bir şekilde aranması, geliştirilmesi ve çevreyle uyumu gözetilir bir şekilde ekonomik olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. 2009 yılında çıkarılan belgeyle; elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payının 2023’e kadar % 30’a çıkarılması amaçlanmıştır. 2010 yılında çıkarılan 6094 sayılı kanunla 2005 yılındaki 5346 sayılı kanunda bulunan eksiklikler üzerinde yeni düzenlemelere gidilmiştir. Böylelikle bu kanunla; verilen tarife garantisinin kaynak bazında farklılık göstermesi için yeni bir sabit fiyat garantisi getirilmesi planlanmıştır. 2011 yılında çıkarılan Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması ile üretim lisansı olan tüzel kişilere yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik üretim tesisleri kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ile Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) Destekleme

Mekanizmasının kuruluşu ve işleyişini düzenlemek amaçlanmıştır. 2012 yılında çıkarılan yönetmelik; güneş enerjisi özelinde YEK destekleme mekanizması kapsamında yapılacak üretim lisans başvurularının usul ve esaslarını belirtirken; 2013 yılında çıkarılan ve 2017 yılında yürürlükten kaldırılarak kapsamı genişletildikten sonra aynı yıl yeniden yürürlüğe konulan yönetmelikte; güneş enerjisi kaynaklı enerji üretimi amacıyla yapılan başvurularda teknik görüşün oluşturulmasına yönelik usul ve esasların kapsamı belirtilmiştir. 2015 yılında çıkarılan yönetmelikte elektrik enerjisi üretiminde rüzgâr enerjisinden etkin bir şekilde faydalanmak ve rüzgâr kaynaklı üretim başvurularının değerlendirmesini yapmak amaçlanırken, 2016 yılındaki yönetmelikte kamu, hazine ve özel mülkiyete ait taşınmazlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi, bu alanların yatırımcılara tahsis edilmesi ve gerekli ekipmanların yurtiçinde üretilmesi hedeflenmiştir. 2017 yılında çıkarılan yönetmelikte; rüzgâr ve güneş enerjisi kapsamında üretim tesisi kurmak için 5346 sayılı kanunun Ek-I ve Ek-II cetvelinde belirtilen haklar saklı kalmak koşuluyla yarışmaya katılacak tüzel kişilerin hak ve yükümlülükleri belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerjiyi destekleyen mevcut bu politikalara ek olarak ETKB Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2014)'nda 2023 yılı için belirlenen hedeflerin tutturulması ve yenilenebilir enerjinin sağlıklı bir gelişim aşaması geçirebilmesi için söz konusu döneme kadar nasıl bir yol haritası izlenmesi gerektiği detaylı olarak belirtilmiştir. Bu planda ayrıca Türkiye'nin 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisi talebinin en az % 30'unun yenilenebilir kaynaklardan karşılandığı bir üretim yapısının oluşmasını ve ulaştırma sektörünün ihtiyaç duyduğu enerjinin % 10'unun yenilenebilir kaynaklardan karşılanmasını hedeflediği de belirtilmiştir. Buna ek olarak 2023 yılı hedefleri kapsamında enerji yoğunluğunun (yani birim GSYH başına tüketilen enerji miktarının) 2011 baz yılına oranla en az % 20 azaltması amaçlanmıştır. Bu hedeflere ulaşmak için her bir kaynaktan beklenen somut hedefler şu şekilde belirlenmiştir.

Tablo 19: Teknoloji Bazında Yenilenebilir Kaynaklar için Belirlenen Somut Hedefler (MW)

	Hidroelektrik	Jeotermal	Güneş	Rüzgâr	Biyokütle	Toplam
2019 Hedefi	32.000	706	3.000	13.308	683	49.697
2020 Hedefi	32.500	779	3.600	15.090	759	52729
2021 Hedefi	33.000	853	4.000	16.800	836	55.488
2022 Hedefi	33.500	926	4.400	18.436	912	58.174
2023 Hedefi	34.000	1.000	5.000	20.000	1.000	61.000
2017 Yılı Mevcut Durumu	27.311	1.064	2.735	6.872	634	38.616

Kaynak: ETKB Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014: 51.

Temel 2023 yılı hedeflerine ulaşılabilmesi için yıllar itibarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından beklenen katkılara ve 2017 yılı itibarıyla yenilenebilir kaynakların mevcut bulunan kurulu güçlerine Tablo 19’da yer verilmiştir. Buna göre; 2023 yılı için kaynak bazında en yüksek hedefler sırasıyla hidroelektrik ve rüzgâr enerjisinde belirlenirken, onu sırasıyla güneş ve aynı hedefle jeotermal ve biyokütle enerjisi izlemektedir. Bununla birlikte yenilenebilir kaynaklardan henüz enerji arzına katkısı sıfır olan dalga enerjisi için gelecek dönemde de herhangi bir potansiyel öngörülmemektedir.

2023 yılı hedefleri ile 2017 yılı mevcut durumu kıyaslandığında; jeotermal enerji kurulu gücü hedefinin 2017 yılı itibarıyla aşılmış olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2019) verilerine göre; 2017 yılına oranla 2018 yılında kurulu gücünü % 85 oranında artırarak 5.063 MW güce ulaşan güneş enerjisi de 2018 yılı itibarıyla 5.000 MW olan 2023 hedeflerini aşmış bulunmaktadır. Bu tablo göz önüne alındığında, ulaşılması en güç hedefler rüzgâr enerjisi ve hidrolik enerji için belirlenmiştir. Rüzgâr enerjisinde 2023 hedeflerinin tutturulabilmesi için 2017 yılı potansiyelinin üç buçuk katı kadar bir artış olması gerekirken, hidrolik enerji de bu artış 1,2 kata karşılık gelmektedir. ETKB Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2014)’nda bu hedeflere ulaşmanın ancak bazı önlemlerin alınmasıyla mümkün olabileceği belirtilmiştir. Bu önlemler arasında ise en temel olarak yatırımcıların ihtiyaç duyduğu finansal desteğin sağlanmasının gerekliliğine dikkat çekilmektedir. Çünkü finansman sağlama sürecinde sabit fiyat garantisi kapsamında verilen fiyatlar elektrik fiyatları için referans olarak kabul edilmekte, oysa gerçek piyasa fiyatı bu tarifeli fiyatların çok

üzerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle yatırımcılar için finansman ihtiyacı sorunu ortaya çıkmaktadır. Rüzgâr enerjisi kurulu gücünün belirlenen hedeflerin çok gerisinde kalmasının altında yatan en önemli nedenlerden birisi bu durumdur.

2017 yılı mevcut toplam kurulu güç açısından değerlendirildiğinde, 2023 yılı hedeflerine ulaşılması için kurulu güç kapasitesinin yaklaşık % 58 oranında artış göstermesi gerekmektedir. 2005 yılından itibaren uygulamaya konulan yenilenebilir enerjiyi destekleyen somut politikalar kuşkusuz kapasite artışında rol oynamaktadır. Ancak uygulamada görülen bazı aksaklıklar politikaların yeniden değerlendirilip güncellenmesini gerektirmekte bu durum ise yenilenebilir enerji gelişimini yavaşlatmaktadır. Diğer taraftan enerji piyasasını yöneten mevcut politikalar aracılığıyla söz konusu bu hedeflere ulaşamaması durumunda Türkiye açısından birtakım önemli sonuçlar doğabileceği tespit edilmiştir. Bunlar arasında; ithalattaki artışlar nedeniyle cari hesaplar üzerindeki olumsuz etki, enerji bağımlılığındaki artış, yerli sanayi faaliyetinin azalmasına bağlı olarak ekonomik kalkınmaya olan katkının azalması, mevcut yenilenebilir enerji kaynak potansiyelinin israf edilmesi ve çevresel kirlilikteki muhtemel artışlar bulunmaktadır (ETKB Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014: 60).

2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KOŞULLARI KAPSAMINDA AB, OECD VE TÜRKİYE ENERJİ POLİTİKALARINA KARŞILAŞTIRMALI BİR BAKIŞ

Ekonomik ve çevresel boyutlarıyla pek çok nedenden ötürü fosil yakıtlardan daha üstün olan yenilenebilir kaynakların enerji arzına katkısının artırılması ve bu durumun süreklilik taşıması gerektiği ve sürdürülebilirlik için birtakım ön koşullar olduğu birinci bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de yenilenebilir enerji gelişimini teşvik eden enerji politikalarının sürdürülebilirlik koşulları dikkate alınarak dünya (AB, OECD gibi) enerji politikalarıyla karşılaştırılması uygulanan politikaların etkinliği hakkında karşılaştırmalı bir bakış açısı sunabilecektir.

Yenilenebilir enerji gelişiminin sürdürülebilirliği kapsamında gerekli koşullardan ilki olan *bilimsel ve teknolojik yenilik* için Türkiye’de enerji alanında araştırma geliştirme (ar-ge) faaliyetlerine yönelik girişimler başlatılmıştır. Bu

girişimler; Vizyon 2023, Dokuzuncu Kalkınma Planı, ETKB'nin Stratejik Planı ve enerjiye yönelik ihtiyaçlar belirleyen tüm Bakanlıkların (ETKB, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı ve Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı) yönetiminde gerçekleştirilmektedir (TÜBİTAK, 2010: 10). Bu kapsamda 2010 yılında çıkarılan Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına (Enar) Dair yönetmelikte; enerji politikalarına ve yerli enerji teknolojilerine destek verecek biçimde oluşturulacak bilimsel ve teknolojik bilginin uygulamaya ve ürüne dönüştürülmesi için teknoloji geliştirme ve yenilik odaklı projelerin desteklenmesi amaçlanmıştır. Ardından 2011 yılında TÜBİTAK tarafından Ulusal Enerji Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi ile bir eylem planı oluşturulmuştur. Bu planın dört stratejik amacı bulunmaktadır. Bunlar; hedef odaklı öncelikli ar-ge projelerinin desteklenmesi, kapasite geliştirme, işbirliği ve ticarileştirme ve yönetim mekanizmasının etkinleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu amaçlar ile enerji alanındaki ar-ge uygulamalarının ivme kazanmasının; Türkiye'nin mevcut yenilenebilir enerji potansiyelinin yeni bilgi ve teknolojilerle geliştirilmesine, sanayi, konut ve ulaşım sektörlerinde kullanılan enerjinin daha verimli kullanılmasına ve enerji ithalatını azaltarak dış ticaret dengesinin iyileştirilmesine olanak sağlayabileceği vurgulanmıştır (TÜBİTAK, 2011: 24-25). Enerji teknolojilerinin bir eylem planı kapsamına alınması Türkiye için geç kalınmış ancak önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nün IEA'ya üye ülkeleri arasında yer alan Türkiye, ar-ge'ye dayalı enerji politikalarını IEA enerji amaçları⁴ ile uyumlu olarak şekillendirmektedir. Üye ülkelerin ar-ge girişimlerine yönelik faaliyetleri temelde aynı amaçları taşısa da uygulamada her ülke kendi dinamiklerini göz önüne alarak politika belirlemektedir. Bu ülkelerle kıyaslandığında Türkiye'de sürdürülebilir enerji sistemleri için gerekli ar-ge çalışmaları bu ülkelerin çok gerisinde kalmaktadır. OECD üyesi ülkelerde enerji teknolojileri kapsamında gerçekleştirilen ar-ge girişimleri, enerji sektörü için oluşturulan kuruluşlar ve planlar için özelleşmiş bir yapı mevcutken, Türkiye'de sadece enerji teknolojilerini gözetin

⁴ IEA'nın enerji vizyonu çerçevesinde odaklandığı dört temel alan bulunmaktadır: Bunlar; tüm enerji kaynakları için çeşitlilik, verimlilik, esneklik ve güvenilirliği teşvik etmek, enerji yoksulluğunu ortadan kaldırmak için serbest piyasaları desteklemek, çevre üzerindeki baskının azaltılması ve ortak enerji ve çevresel kaygılara çözümler bulmak için özellikle gelişmekte olan ekonomilerle işbirliği yapmaktır. Detaylı bilgi için bkz <https://www.iea.org/about/ourmission/>.

ar-ge alanında uzmanlaşmış bir kurum bulunmamaktadır. Diğer bir ifadeyle; Türkiye’de gelişmiş pek çok ülkenin aksine ar-ge faaliyetleri devlet kanalıyla yürütülen bir alt birime dayalı olarak gerçekleştirilmemektedir (Demirtaş, 2013:130). Diğer taraftan TÜİK (2019a) verilerine göre; Türkiye’de ar-ge harcamalarının GSYH içerisindeki payı 2016 yılı itibarıyla % 0,94 iken, bu oran Dünya Bankası (2019) verilerine göre; OECD ülkelerinde % 2,49; AB ülkelerinde ise % 2,03’dür. Yine burada Türkiye’nin ar-ge harcamalarının üyesi olduğu OECD ve aday ülke konumunda bulunduğu AB ülkelerinin ortalama performansının altında kaldığı görülmektedir. Ancak IEA (2017) raporunda; özellikle ar-ge teşviklerinin uygulamaya konduğu 2010 yılından itibaren hem Türkiye’de hem de OECD ülke ortalamasında 2010-2016 döneminde yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzı içerisindeki payı % 1,9 ile aynı oranda artış göstermiştir.

Enerji ihtiyacının % 80’ini fosil yakıtlardan karşılayan AB ülkelerinde ise; yüksek performanslı, yenilikçi, düşük karbonlu ve düşük maliyetli enerji teknolojileri yeniliğine ihtiyaç olduğunun saptanması üzerine 2007 yılında Avrupa Stratejik Enerji Teknolojisi Planı (SET-Plan) uygulamaya alınmıştır. SET Planı daha hedefli ve daha verimli bir harcama planı teşvik ederek hem ulusal hem de özel kaynakların temiz enerji ar-ge gereksinimlerini için ek finansman sağlamıştır. Uygulamaya konulduktan sonra gözden geçirilerek revize edilen ve zaman içinde geliştirilen bu planla birlikte enerji sektörünün doğru yönde ilerlediğini gösteren pek çok işaret bulunmaktadır. Şöyle ki teknolojik ilerleme; yenilenebilir enerji (rüzgâr, fotovoltaik) maliyetlerini büyük ölçüde düşürerek performanslarını artırmıştır. AB genelinde yenilenebilir enerji kullanım payı 2007 yılında % 9,7’den 2015’de % 16,4’e yükselmiş ve 2016’da yeni kurulan yenilenebilir enerji kaynaklarının (büyük ölçekli hidroelektrik hariç) kapasiteleri, dünya geneline eklenen tüm üretim kapasitesinin % 55’ini oluşturmaktadır. Plan çerçevesinde ar-ge yatırımları 2010-2015 döneminde çoğunlukla özel sektörün ve daha az oranda AB’nin harcamalarının artması nedeniyle % 8 oranında artış göstermiştir. Bu dönemde plan; kamu ve özel, Avrupa ve ulusal ar-ge faaliyetleri arasındaki uyumu yakalamak suretiyle temiz enerji yenilikçiliğini artırmıştır (European Commission SET Plan, 2017b).

Sürdürülebilirliğin ikinci koşullardan olan *katılımcı yönetim* konusunda Türkiye’de 1997 yılından itibaren Gündem 21 programları çerçevesinde saydamlık,

hesap verebilirlik ve çok aktörlü katılım anlayışını benimseyen yönetim birimleri olarak Kent Konseyleri ele alınmaktadır. 2006 yılında 26313 sayılı resmi gazetede yayımlanan Kent Konseyi Yönetmeliği'nde; bu konseylerin aktif görevleri arasında, kent kaynaklarının etkin ve verimli kullanımını sağlamak ve halkın yerel karar alma mekânlarında aktif olarak rol almalarını sağlamak bulunmaktadır. Uluslararası enerji politikalarında da katılımcı yönetim uygulamaları yerini almaya başlamıştır. Tüm OECD ülkelerinde vatandaşlar, hükümetlerinden daha fazla şeffaflık ve hesap verebilirlik talep etmekte, vatandaşların yaşamlarını etkileyen politikaları şekillendirmeye aktif olarak katılmak için fırsatlar araması nedeniyle de yeni halk katılım biçimleri ortaya çıkmaktadır. 1998 yılında OECD Çevre Bakanları ve OECD Konseyi tarafından kabul edilen OECD Çevre Önerileri Tavsiyesi'nin ötesinde; OECD, çevresel bilgilerin mevcudiyeti ve hem paydaşların hem de halkın çevre kararına katılımı ile ilgili olarak düzenlemeleri sistematik olarak gözden geçirmiştir. Böylelikle çevresel bilgiye erişim OECD ülkelerinde vatandaşların hakkı haline gelmiş, uluslararası ve ulusal düzeylerde daha duyarlı ve düşük maliyetli çevre politikaları gerçekleştirmek için temel bir araç olarak kabul edilmiştir. Enerji politikalarının planlanması ve değerlendirilmesinde halkın sürece en baştan dâhil olması gerekliliği üzerine OECD çevresel veriler ve göstergeler üzerinde çalışmakta ve bu konuda OECD ülkelerine yardımcı olmaktadır (OECD, 2019). AB'de ise Enerji Politikaları Genel Müdürlüğü ve Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi arasında, enerji politikalarının uygulanmasına halkın katılımının teşvik edilmesi ve geliştirilmesi için kararlaştırılan Enerji-Şeffaflık Bilgi Merkezi adıyla ortak bir girişim oluşturulmuştur. Bu merkezin amacı; AB'de enerji politikalarının uygulanmasına yönelik iyi halk katılımı uygulamaları hakkındaki bilgilerin izlenmesi, yayılması ve paylaşılması için merkezi bir referans noktası oluşturmaktır. Böylelikle 2015 yılından itibaren enerji politikaları sürdürülebilirlik koşulları kapsamında teknolojik yol haritaları yanında kapsayıcı yönetim yapıları ile şekillendirilmektedir (European Commission, 2017c; European Commission SET Plan, 2017b: 85).

Sürdürülebilirliğin üçüncü koşulu olarak, *yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlarda artış* kapsamında Türkiye'de 2005 yılından itibaren uygulamaya konulan kanun, mevzuat ve teşvik mekanizmalarıyla birlikte özellikle

2009 yılından itibaren yenilenebilir enerjinin gelişiminde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Türkiye’de yenilenebilir kaynaklarının kurulu gücü 2002’de 12 bin 277 megavat iken, 2016 Eylül sonu itibarıyla yüzde 172 artarak 33 bin 352 megavata ulaşmış ve 2015 yılı sonu itibarıyla yenilenebilir kaynaklara yapılan yatırımlar bir önceki yıla oranla % 46 artarak 1,9 milyar dolara yükselmiştir (Enerji Enstitüsü, 2016; SETA, 2017). OECD ülkelerine gelindiğinde; yerel ve yabancı yatırımcılara cazip, sağlam ve rekabetçi bir ortam yaratmak için politika önlemleri tasarlama ve uygulamalarına yardımcı olmak amacıyla 2006 yılında Yatırım Politika Çerçevesi hazırlanmıştır. Bu kılavuzda politika yapıcılara temiz enerji altyapısında özel yatırımın arttırılması için özellikle yatırım politikası; yatırım teşviki ve kolaylaştırılması; rekabet; finansal piyasalar ve kamu yönetimi alanlarında dikkate alınması gereken noktalara vurgu yapılmaktadır (OECD, 2013: 3-7). Bu politikalar çerçevesinde Meksika, Şili ve Türkiye⁵ dışarıda bırakıldığında OECD ülkeleri yenilenebilir enerji yatırımları 2004 yılında 38 milyar dolar iken, 2016 yılında 126 milyar dolara ulaşmış, 2017 yılında ise 103 milyar dolara gerilemiştir. OECD ülkeleri yenilenebilir enerji yatırımları özellikle 2014 yılından itibaren düşüş eğilimi sergilemekte olsa da 2017 yılında 279.8 milyar dolara ulaşan küresel yenilenebilir enerji yatırımlarının yaklaşık % 37’lik kısmı halen OECD ülkeleri tarafından yapılmaktadır (UNEP, 2018: 14). AB ülkeleri incelendiğinde; yenilenebilir enerji yatırımlarına mali desteğin çoğu AB üye devletinde hâlâ yüksek olduğu, ancak gerekli yatırımların; uygunsuz düzenlemeler, yeni altyapının kamu tarafından kabul görmemesi, karmaşık izin prosedürleri ve elverişsiz piyasa ve ekonomik faktörler gibi çeşitli faktörlerle engellendiği görülmektedir. AB’de yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi yatırımları 2004’ten 2011’e hızlı bir şekilde artmış; 2012-2013’te düşme eğilimine girmiş ve 2014-2015’te 2013 seviyesinde seyretmiştir. Dünya çapında yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar 2004 ve 2015 yılları arasında 6 kat artarak 46.6’dan 285.8 milyar dolara ulaşırken; Avrupa, 2004 yılında dünya çapındaki RES yatırımlarının % 58’ini oluşturmuş, 2015 yılında bu pay % 17’ye gerilemiştir. Geçmiş on yılda, Avrupa elektrik üretimine yapılan yeni yatırımın beşte dördü yenilenebilir enerjiye gitmiş ve bunun % 60’ını yalnızca rüzgâr ve güneş enerjisi oluşturmuştur. Böylelikle 2008 ve 2012 arasında, AB yenilenebilir enerji

⁵ Bu ülkelerin dışarıda bırakılmasının temel nedeni; OECD kapsamında yalnızca gelişmiş ülkelerin değerlendirilmeye alınmasıdır.

yatırımları, politika desteği ve finansal teşvikler sayesinde % 50 artmıştır. Bu analize ve belirlenen yatırım ihtiyaçlarına dayanarak, mevcut yatırım seviyelerinin ve eğilimlerinin genel olarak AB'nin 2020 iklim ve enerji hedeflerine ulaşmasına izin vereceği ancak 2030 hedeflerine ulaşmak için ek politika önlemleri ve daha yüksek yatırım seviyelerine ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir (European Parliament, 2017: 16- 95).

Sürdürülebilirliğin son koşulu olarak ele alınan *enerji arzının güvenliği ve sürekliliği* aslında yenilenebilir enerjiyi teşvik eden bütün ülke politikalarının temel ekseninde yer almaktadır. Türkiye açısından değerlendirildiğinde stratejik bir enerji bölgesinde yer alan Türkiye'nin enerji güvenliği Avrupa Birliği ile güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Bu bağlamda 2009 yılında Elektrik Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi oluşturulmuş ve doğal gazın elektrik üretimindeki payını 2023 yılına kadar % 30'un altına sabitlemek için hedefler konulmuştur. Enerji güvenliğini ve ekonomik üretkenliği arttırmada ise enerji verimliliği önemli bir araç olarak belirlenmiştir. ETKB 2015-2019 Stratejik Plan'da da önemle ele alınan arz güvenliği ve sürdürülebilirlik için üç temel alan belirlenmiştir: Bunlar; arz/talep yeterlilik planlaması ile güvenilir bir enerji altyapısı oluşturmak, yerli petrolü teşvik ederek elektrik üretiminde ithal doğal gaz kullanımını % 38' lik bir payla sınırlandırarak yerli kömür kullanımını (2019 yılına kadar 60 TWh) ve yenilenebilir enerji kaynaklarını artırarak yakıt karışımının çeşitliliğini sağlamak ve son olarak elektrik piyasasında piyasaya dayalı talep tarafı katılım mekanizmaları dâhil olmak üzere talebi etkin bir şekilde yönetmektir (IEA, 2016: 13-105). OECD çerçevesinde kurulan IEA ile birlikte üye ülkelerde enerji güvenilirliği ve uygun fiyatta sürdürülebilirliğin sağlanması için politika geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda OECD ülkelerinde enerjinin güvenilirliğini, satın alınabilirliğini ve sürdürülebilirliğini artıracak politikalar için dört ana alana odaklanılmaktadır. Bunlar içerisinde en temel unsur olan enerji güvenliğinin sınırları ise tüm yakıtlar ve enerji kaynakları için çeşitlilik, verimlilik, esneklik ve güvenilirliği teşvik etmek olarak çizilmiştir (IRENA, IEA ve REN21, 2018: 3).

Enerji arz güvenliği 1970'lerden itibaren Avrupa Birliği enerji politikasının da temel bileşenlerinden biri olmuştur (Bosseboeuf ve diğerleri, 1997: 673). 1990'ların ortalarına gelindiğinde Avrupa Birliği enerji politikasının temel hedefleri;

çevrenin korunması, rekabetin geliştirilmesi ve arz güvenliğinin artırılması şeklinde belirlenmiştir (Mancisidor ve diğerleri, 2009: 102). 2000'li yıllara gelindiğinde Avrupa Birliği enerji politikası enerji arz güvenliği (enerji bağımlılığı) ve iklim değişikliği dikkate alınarak şekillenmiştir (Carvalho, 2012: 20). Bu nedenle AB enerji güvenliğini sağlayabilmek amacıyla enerji kompozisyonunda yenilenebilir enerjinin payının artırılmasına yönelik 2020 yılı için bağlayıcı hedefler koymuştur. Eğer enerji arzı kesintiye uğrarsa ülkelerin mali işleyişinde ve sosyal refahında kayıplar olacağından her üye devlet Yenilenebilir Enerji için Ulusal Eylem Planı sunmakla yükümlü tutulmuştur (Stigka ve diğerleri, 2014: 102). Bunlara ek olarak AB 2015 yılında kaynak verimliliğine odaklanan, yeşil büyüme anlayışını benimseyen, atıklar ile ilgili yasal düzenlemelere yer veren döngüsel ekonomi paketini uygulamaya koymuştur. Bu paketle birlikte; geri dönüşümden daha fazla fayda sağlayarak yeniden kullanımın artırılması, çevreyi tüm boyutlarıyla gözetten bir döngü yaratılması, ekonomik büyümenin sürdürülmesi ve yeni istihdam alanları yaratılması hedeflenmektedir (European Comission, 2018b).

Genel olarak değerlendirildiğinde; Türkiye enerji politikalarının temel ekseninde yenilenebilir enerji kaynaklarının yer aldığı ve bunun sürdürülebilirliği için gerekli koşulların politikaların tamamlayıcısı olarak ele alındığı görülmektedir. OECD ve AB enerji politikalarıyla kıyaslandığında politikaların aynı unsurlar üzerinde yoğunlaştığı da dikkat çekmektedir. Ancak Türkiye mevcut politikaların hayata geçirilmesinde bu birliklerin gerisinde kalmaktadır. Burada temel neden; birlikteki gelişmiş diğer ülkelerden farklı olarak Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklara yatırımda yabancı teknolojiye yüksek oranda bağımlı olması bunun ise büyük bir maliyet unsuru oluşturmasıdır. Diğer taraftan farklı stratejiler ve eylem planları arasındaki örtüşmeler ve tutarsızlıklar, Türkiye'de yenilenebilir enerjinin gelişimindeki hedeflere ulaşmayı ve önceliklere yönelik boşlukların tespitini engellemektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ENERJİ KULLANIMINDA AYRIKLAŞTIRMA VE SEKTÖR-KAYNAK ANALİZİ

Küresel alanda genel eğilim sektörlerin üretim süreçlerinde kullandıkları enerji miktarlarının çevre üzerinde baskıya yol açmamasıdır. Yenilenebilir kaynaklara yönelim bu çabaların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Buradan yola çıkarak bu bölümde öncelikle kaynak kullanımının çevre üzerinde yarattığı baskıyı ölçmenin bir yolu olarak geliştirilen ve literatürde yeni bir kavram olan ayırıklaştırma yöntemi aracılığıyla Türkiye’de sektör büyümelerinin çevresel baskıdan ayırıklaşp ayırıklaşmadığı incelenmiştir. Ardından sektörlerde kullanılan enerji miktarlarının nasıl bir yapı sergilediği tespit edildikten sonra uygun yöntemler ile sektörlerdeki enerji kullanımları arasında bir yakınsama ilişkisi olup olmadığı, var ise bu yakınsamaya fosil yakıtların mı yoksa yenilenebilir kaynakların mı yol açtığı araştırılmıştır.

3.1. TÜRKİYE’DE SEKTÖREL BAZDA ENERJİ KULLANIMINDA AYRIKLAŞTIRMA ANALİZİ

Ekonomik faaliyetlerin çevresel tahribat üzerindeki etkisinin sınırlandırılması anlamına gelen ayırıklaştırma kavramı aslında ekonomik büyüme ve gelişme aşamalarında gerek duyulan kaynakların kullanım miktarlarındaki azalmayı temsil etmektedir. Böylelikle aynı miktarda çıktı için kullanılan enerji miktarının düşmesi ya da aynı miktardaki enerji girdisiyle daha fazla çıktı elde edilmesi ayırıklaştırmanın varlığına dair güçlü bir kanıttır. Bu bölümde söz konusu bu ilişkinin Türkiye’de geçerli olup olmadığı diğer bir ifadeyle ekonomik büyüme gerçekleşirken enerji kullanımında bir ayırıklaştırma etkisi ortaya çıkıp çıkmadığı Lu ve diğerleri (2011) tarafından geliştirilen ayırıklaştırma indeksi aracılığıyla sınanmıştır.

3.1.1. Ayırıklaştırma: Ekonometrik Yöntem

Ayırıklaştırma analizi, aslında çevresel baskılara yol açan itici güçler ile çevresel etkiler arasındaki ilişkiye odaklanmaktadır. Ekolojik iktisatta temel denklem

olarak değerlendirilen kolay, sistematik ve belirleyici bir model olan IPAT modeli ayrıklaştırma ilişkisinin analizi için güçlü bir teorik temel sunmaktadır (Wang ve diğerleri, 2013: 619).

$I=P*A*T$ denkleminde I; çevresel etkiyi (impact), P; nüfusu (population), A; refahı (affluence) T ise teknolojiyi (technology) göstermektedir. Bu eşitlikte; teknolojiye ortaya çıkan olumsuz bir gelişmenin neden olduğu çevresel tahribatın büyüklüğü, hem başlangıçtaki nüfus düzeyine hem de refah düzeyindeki değişime güçlü bir şekilde bağlıdır. Bu formülasyona göre; üretim teknolojisinin kötüye gitmesi, daha küçük ve fakir ülkelere kıyasla, nüfus yoğunluğu ve refah düzeyi daha yüksek toplumlarda ortaya çıkarsa çevresel tahribat kaçınılmaz olarak daha yüksek gerçekleşecektir (Ehrlich ve Holdren, 1972: 20). Bu kapsamda büyüme ve gelişme aşamasında emisyonlarda ve kaynak kullanımında aynı oranda artış olmaması çerçevesinde tasarlanan ayrıklaştırmanın emisyonları sınırlandırırken, ekonomik çıktıdaki artışı devam ettirebilmesi için gereken temel unsurlar; teknolojik gelişme, yenilikler, verimlilik ve verimlilik kazancıdır (Andreoni ve Galmarini, 2012: 682).

Denkleme yer alan nüfus ve refah çarpımı aslında GSYH'yı tanımlamaktadır. Bu nedenle denklem Lu vd. (2011) tarafından düzenlenerek $I=G*T$ olarak yeniden yorumlanmıştır. Bu çerçevede I; kaynak kullanımını, G; GSYH'yı ve T; GSYH birimi başına düşen kaynak kullanımını göstermektedir. GSYH artışı esnasında kaynak kullanımının nasıl değiştiğini incelemek amacıyla, IGT denkleminde iki yeni değişken ilave edilmiştir. Bunlardan ilki; GSYH büyüme oranını temsil eden g, diğeri ise GSYH birimi başına düşen kaynak kullanım oranındaki azalmayı ifade eden t'dir. (GSYH başına kaynak kullanım miktarı azaldığında t pozitif; kaynak kullanım miktarı arttığında ise t negatif değer almaktadır). Burada eğer GSYH artışı karşısında kaynak kullanım miktarı değişmeyerek sabit kalıyorsa bu durum kritik durum olarak ele alınmaktadır. Bu kritik durum altında t ve g arasındaki ilişkiyi $t_k=g / (1+g)$ şeklinde formüle edilmektedir. Burada t_k , t kaynak kullanımı için kritik değeri; g ise GSYH büyüme oranını göstermektedir. Denklemden elde edilen t/t_k oranı, kaynak kullanımı ile büyüme (GSYH artışı) arasındaki ilişkiyi belirlemede kilit bir rol üstlenmekte ve kaynak kullanımına yönelik ayrıklaştırma göstergesi $D_i= t/t_k$ formülü ile hesaplanmaktadır.

Tablo 20: Kaynak Kullanımı için Ayırıklaştırma Göstergeleri ve Dereceleri

Ayırıklaştırma Derecesi	Ayırıklaştırma Göstergesi	Kaynak Kullanımı
Mutlak Ayırıklaştırma	$D_i=1$ ya da $D_i>1$	$t=t_k$ ya da $t>t_k$
Göreceli Ayırıklaştırma	$0<D_i<1$	$0<t<t_k$
Ayırıklaştırma Yok	$D_i=0$ ya da $D_i<0$	$t=0$ ya da $t<0$

Kaynak: Wang ve diğerleri, 2013: 620.

Tablo 20’de ifade edildiği gibi D_i ile gösterilen ayırıklaştırma indeksi eğer 1’e eşit ya da 1’den büyük değer alırsa mutlak ayırıklaştırma, eğer 0 ile 1 arasında değer alırsa göreceli ayırıklaştırma ve son olarak 0’a eşit ya da 0’dan küçük bir değer alırsa da ayırıklaştırma ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmaktadır.

3.1.2. Ampirik Literatür Taraması

Literatüre 1980’li yıllardan sonra giren ayırıklaştırma kavramı kısmen yeni bir kavram olarak değerlendirilse de pek çok çalışmada ele alınmış ve alınmaya devam etmektedir. Yeşil büyüme için stratejik bir öneme sahip olması ve enerji-çevre ve büyümenin sürdürülebilirliği açısından kaynakların etkin kullanılıp kullanılmadığını somut olarak gösterebilmesi nedeniyle ayırıklaştırma ilişkisi, üzerinde yoğun olarak tartışılan güncel bir konudur. Söz konusu ayırıklaştırma ilişkisi bazı çalışmalarda doğrudan enerji-büyüme kapsamında ele alınırken, bazı çalışmalarda enerji kaynaklı karbondioksit emisyonları ve büyüme aracılığıyla sınanmaktadır. Bu kapsamda ayırıklaştırma ilişkisinin test edildiği çalışmalardan bazılarına aşağıda yer verilmektedir:

Greening ve diğerleri (1997) çalışmalarında, 1970-1992 yılları arasında 10 farklı OECD ülkesinde imalat sektörü için enerji yoğunluğunu altı farklı ayırıklaştırma yöntemi ile karşılaştırmışlardır. En iyi bulguları sunan Divisa indeksi, genel enerji yoğunluğunun her bir alt sektörde meydana gelen enerji yoğunluklarındaki azalmalara dayanarak azaldığını göstermiştir.

Lise (2006) çalışmasında, 1980-2003 dönemi için Türkiye’de CO₂ emisyonları ile ekonomik gelişme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sun (1998) tarafından geliştirilen analiz bulguları; emisyonlar ile ekonomik gelişme arasında herhangi bir ayırıklaştırma ilişkisi ortaya çıkmadığını göstermiştir.

Wang (2011) çalışmasında, ayırıklaştırma teorisine dayanarak 1980-2009 döneminde Çin’in ekonomik kalkınma ve enerji tüketimi arasındaki farklı

zamanlarda ve farklı açılardaki değişen ilişkisini analiz etmiştir. Analiz bulguları, Çin'in toplam ayrıklaştırma indeksinin istikrarlı bir şekilde arttığını ve üçüncül endüstrinin ayrıklaştırma seviyesinin çok yüksek olduğunu göstermiştir.

Andreoni ve Galmarini (2012) çalışmalarında, 1998-2006 döneminde İtalya'da enerji kullanımının neden olduğu karbondioksit emisyonlarının ekonomik büyümeden ayrıklaşıp ayrıklaşmadığını incelemiştir. Tarım, sanayi, ulaştırma ve hizmetler sektörü için yapılan Sun (1998) ayrıklaştırma analiz bulguları, incelenen dönemde değişkenler arasında mutlak bir ayrıklaşma olmadığını göstermiştir.

Bithas ve Kalimeris (2013) çalışmalarında, 1900-2008 dönemini ele alarak küresel enerji tüketiminin ekonomik büyümeden ayrıklaşıp ayrıklaşmadığını araştırmışlardır. Fischer-Kowalski ve diğerleri (2011)'nin geliştirmiş oldukları ayrıklaştırma indeksinin kullanıldığı çalışmada, değişkenler arasında incelenen hiçbir dönemde mutlak ayrıklaştırma ilişkisi ortaya çıkmadığı ancak belli dönemlerde göreceli ayrıklaştırma ilişkisinin mevcut olduğu gözlemlenmiştir.

Wang ve diğerleri (2013) çalışmalarında, BRIC ülkelerinde ve iki OECD (Çin ve Rusya) ülkesinde 2000-2007 döneminde büyümenin, enerji kullanımı ve sülfür dioksit emisyonları ile arasındaki ayrıklaşma ilişkisini analiz etmişlerdir. Kaynak kullanımı ve atık kaynaklı emisyonlar için yazarlar tarafından geliştirilen iki farklı ayrıklaştırma analiz bulguları iki OECD ülkesinde emisyonlar ile GSYH arasında daha yüksek bir ayrışmanın olduğunu göstermiştir.

Conrad ve Cassar (2014) çalışmalarında, 2003-2012 döneminde Malta'da ekonomik büyümenin çevresel bozulma üzerindeki ayrışma etkisini DSPİR yöntemi ile incelemiştir. Ampirik bulgular; ekonomik büyüme ve iklim değişikliği, hava kirliliği ve atık yönetimi gibi çevresel göstergeler arasında göreceli bir ayrıklaştırma ilişkisi olduğunu göstermiştir.

Gupta (2015) çalışmasında, 1999-2012 dönemi boyunca OECD ülkelerinde büyüme ve çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi DSPİR yöntemi ile incelemiştir. Bulgular; çevresel bozulmanın ekonomik aktiviteden daha düşük seviyelerde gerçekleştiğini diğer bir ifadeyle incelenen dönemde göreceli ayrıklaştırmanın mevcut olduğunu göstermiştir.

Yılmaz ve diğerleri (2016) çalışmalarında, 1970-2013 dönemi için Türkiye'nin sektörlerdeki enerji kullanımını toplamsal tipte ayrıştırma analizi

aracılığıyla araştırmışlardır. Ampirik bulgular; sektörlerdeki enerji kullanımının çıktı ve yapısal etki kanalıyla artış gösterdiğini buna karşılık yoğunluk etkisi kanalıyla düşüş sergilediğini göstermiştir.

Song ve Zhang (2017) çalışmalarında, LMDI (Long-Mean Divisia Index) temelinde geliştirdikleri yeni bir ayrıklaştırma indeksi aracılığıyla (ZM indeksi) 1991-2012 yılları arasında Çin'in ekonomik büyümesi ile enerji kullanımı arasındaki ayrıklaştırma ilişkisini araştırmışlardır. Ampirik bulgular; ekonomik büyümenin enerji tüketiminin artmasında tetikleyici bir unsur olduğunu göstermiştir.

Ucal ve diğerleri (2017) çalışmalarında, sürdürülebilir bir kaynak kullanımının ekonomik büyüme ve kaynak kullanımı arasındaki ayrıklaştırma ilişkisine bağlı olduğu düşüncesinden hareketle ayrıklaştırma kavramını teorik olarak tüm boyutlarıyla ele almışlardır. Çalışmada ayrıklaştırmanın nasıl ölçüldüğü ve konu ile ilgili kavramsal çerçeve gelişmiş ve gelişmekte olan ülke örnekleri dikkate alınarak incelenmiş ve ayrıklaştırmanın neden gerekli olduğu teorik temelleriye tartışılmıştır.

Jiang ve diğerleri (2018) çalışmalarında, 2000-2014 döneminde Çin'in emisyonlarının ekonomiden ayrıklaşıp ayrıklaşmadığını ve altı ana sektörde emisyonların itici güçlerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla yapılan Tapio ayrıklaştırma indeksi bulguları, Çin'deki tüm karbon emisyonlarının önde gelen kaynağının sanayi sektörü olduğunu ve karbon emisyonları üzerindeki en büyük etkinin ekonomik çıktı etkisi olduğunu göstermiştir.

Wu ve diğerleri (2018) çalışmalarında, Çevresel Etki-GSYH-Teknoloji (IGT) ayrıklaştırma modelini kullanarak, 1965-2015 döneminde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin ayrışma eğilimleri açısından karşılaştırmalı bir bakış açısı sunmuşlardır. Ampirik bulgular; gelişmiş ülkelerin ayrıklaşma indekslerinin istikrarlı olduğunu ve mutlak ayrıklaşmaya yaklaşma eğilimi gösterdiğini, gelişmekte olan ülkelerin ayrıklaşma indekslerinin ise göreceli ayrıklaştırma aralığında dalgalandığını göstermiştir.

3.1.3. Uygulamanın Kapsamı, Model ve Veri Setinin Tanıtılması

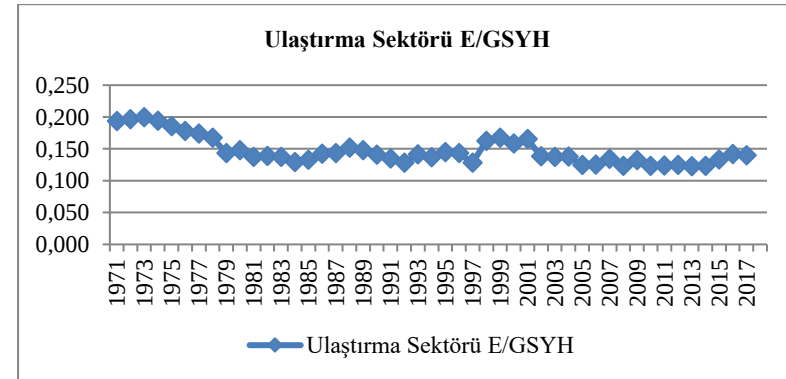
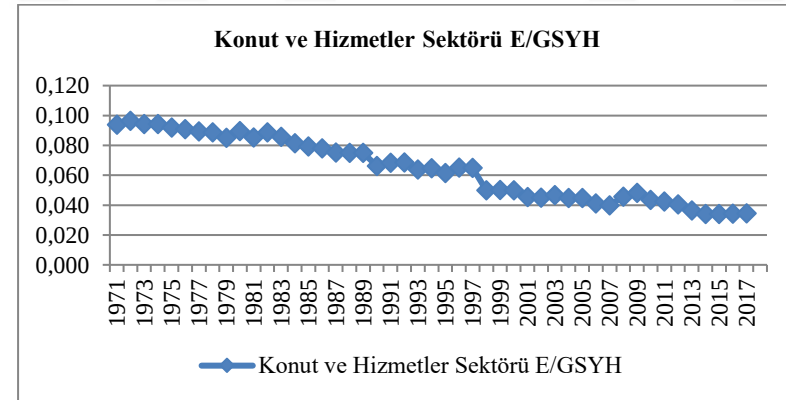
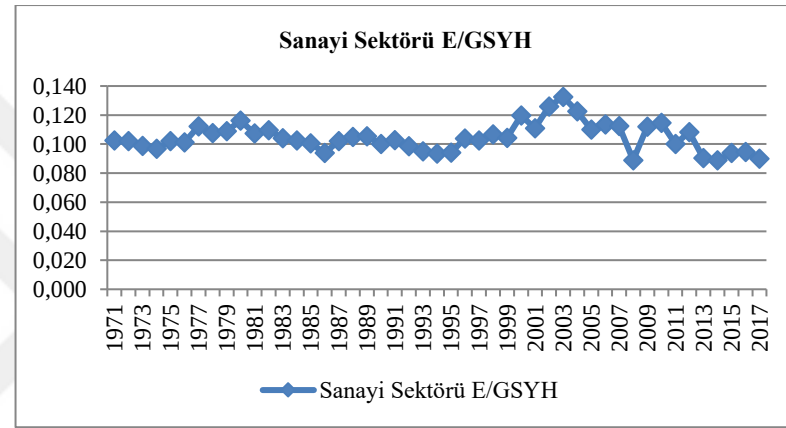
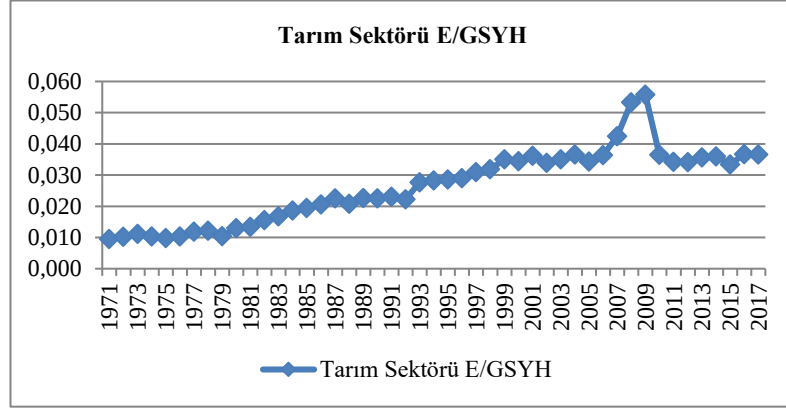
Çalışmada 1970-2017 döneminde Türkiye’de ekonomik büyümenin kaynak kullanımı üzerinde baskı yaratıp yaratmadığı, ya da daha açık bir ifadeyle büyüme ve gelişme aşamasında kaynak kullanımı üzerinde bir ayrıklaşma ilişkisinin ortaya çıkıp çıkmadığını incelemek amacıyla sektörel bir analiz yapılmıştır. Bu bağlamda tarım, sanayi, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektörleri ayrı ayrı ele alınmış ve her sektörde bir birim üretim yapmak için ihtiyaç duyulan birincil enerji kaynak miktarlarının çevre üzerinde bir baskıya neden olup olmadığı Lu ve diğerleri (2011)’nin geliştirmiş oldukları ayrıklaştırma indeksi aracılığıyla sınanmıştır. Sektör bazındaki enerji tüketim verileri T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı-Enerji Denge Tablolarından bin ton eşdeğer petrol cinsinden, iktisadi faaliyet kollarına göre GSYH verileri⁶ ise Türkiye İstatistik Kurumu (2019b)’ndan zincirlenmiş hacim endeksi olarak Bin TL cinsinden alınmıştır.

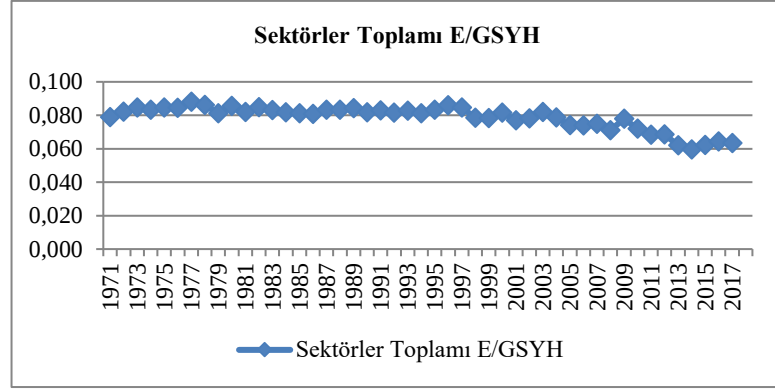
3.1.4. Uygulama, Bulgular ve Bulguların Değerlendirilmesi

Ayrıklaştırma sürecinin ve hedeflerin izlenmesi için doğrudan bir uygulama aynı grafik üzerinde iki zaman serisinde meydana gelen değişimlerin ya da serilerin oranlarında meydana gelen değişimlerin çizilmesidir. Böylelikle katma değer yaratma sürecinde ihtiyaç duyulan ve kullanılan kaynak miktarının artmakta mı yoksa azalmakta mı olduğu görülebilir. Bu yöntem belli bir zaman periyodunda ayrıklaştırma ilişkisini göstermek amacıyla yaygın olarak tercih edilse de ayrıklaştırmanın niceliksel değerini yansıtmaktan uzaktır (Wang ve diğerleri, 2013: 619). Ancak analiz öncesinde niteliksel olarak bu ilişkiyi gözlemleyebilmek ayrıklaştırma ilişkisinin tespiti açısından genel bir fikir sunabilecektir. Bu amaçla Şekil 23’te sektörlerde kullanılan toplam enerji miktarının (E), sektörlerin GSYH içerisindeki (GSYH) paylarına yer verilmiştir.

⁶ Sektörel GSYH değerleri alınırken TÜİK tarafından yıllar itibarıyla açıklanan sektörlerin GSYH içerisindeki payları alınmış ve zincirlenmiş hacim endeksi olarak Bin TL cinsine dönüştürülerek yıllık olarak hesaplanmıştır.

Şekil 23: Sektörlere göre Enerji Tüketimi/ GSYH Oranları (E/GSYH)





Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 23'te incelenen dönemde 2009 yılından itibaren tarım sektöründe, sanayi 2004 yılından itibaren sanayi sektöründe, 1989 yılından itibaren ise konut ve hizmetler sektöründe enerji kullanımının GSYH içerisindeki paylarında diğer bir ifadeyle enerji yoğunluklarında bir düşüş ortaya çıktığı görülmektedir. Ulaştırma sektöründe 1975-1984 yılları arasında enerji yoğunluğunda bir düşüş ortaya çıksa da, bundan sonraki dönemlerde enerji yoğunluğunda herhangi bir düşüş olmadan istikrarlı bir yapı sergilemiştir. Sektörlere toplu olarak bakıldığında ise 1997 yılından itibaren çok keskin olmamakla birlikte yine de kullanılan toplam enerji miktarının toplam GSYH içerisindeki payının düştüğü gözlemlenmektedir. Enerji yoğunluğundaki değişimi gösteren söz konusu bu etkiler bir ayırıklaştırma ilişkisinin var olabilirliğine dair işaretler sunmaktadır. Ama söz konusu bu ilişkinin mutlak bir ayırıklaştırma etkisi mi yoksa göreceli bir ayırıklaştırma etkisi mi olduğunun tespit edilebilmesi için Lu vd. (2011)'nin geliştirmiş oldukları ayırıklaştırma indeksi bulguları Tablo 21'de sunulmuştur.

Tablo 21: Sektörel Bazda Ayrıklaştırma İndeksi Bulguları

Dönem	Tarım Sektörü	Sanayi Sektörü	Konut ve Hizmetler Sektörü	Ulaştırma Sektörü	Sektörler Toplamı
1970-1971	0.001	0.006	0.008	0.011	0.006
1971-1972	0.004	0.005	0.006	0.008	0.006
1972-1973	-0.001*	0.004	0.007	0.011	0.012
1973-1974	0.001	0.007	0.009	0.009	0.007
1974-1975	0.002	0.006	0.007	0.006	0.006
1975-1976	0.001	0.006	0.005	0.005	0.004
1976-1977	-0.003*	0.008	0.009	0.008	0.010
1977-1978	0.002	0.016	0.110	0.033	0.023
1978-1979	-0.124*	-0.012*	0.035	-0.109*	-0.074*
1979-1980	-0.002*	-0.017*	0.031	-0.025*	-0.039*
1980-1981	0.487	0.006	0.010	0.007	0.009
1981-1982	0.002	0.012	0.017	0.014	0.012
1982-1983	0.024	0.010	0.008	0.012	0.009
1983-1984	0.019	0.004	0.007	0.006	0.006
1984-1985	-0.021*	0.008	0.007	-0.048*	0.011
1985-1986	0.002	0.004	0.008	0.027	0.007
1986-1987	0.025	0.006	0.003	0.007	0.005
1987-1988	0.001	0.030	0.024	0.065	0.016
1988-1989	-0.002*	0.011	0.058	0.023	0.097
1989-1990	0.002	0.006	0.005	0.006	0.005
1990-1991	-0.013*	0.019	0.064	-0.178*	0.054
1991-1992	0.003	0.008	0.007	0.008	0.008
1992-1993	-0.011*	0.006	0.004	0.007	0.006
1993-1994	-0.019*	-0.008*	-0.008*	-0.034*	-0.011*
1994-1995	0.007	0.004	0.006	0.013	0.006
1995-1996	0.003	0.007	0.006	0.009	0.007
1996-1997	-0.007*	0.005	0.004	0.008	0.006
1997-1998	-0.005*	-0.009*	0.001	-0.003*	0.006
1998-1999	-0.003*	-0.010*	-0.015*	0.038	-0.014*
1999-2000	0.002	0.009	0.005	0.007	0.007
2000-2001	-0.002*	-0.007*	-0.041*	-0.019*	-0.011*
2001-2002	0.002	0.020	0.008	0.005	0.008
2002-2003	-0.010*	0.008	0.009	0.007	0.010
2003-2004	0.006	0.005	0.002	0.006	0.004
2004-2005	0.002	0.006	0.002	0.006	0.004
2005-2006	0.012	0.007	0.002	0.008	0.004
2006-2007	-0.003*	0.009	0.003	0.009	0.007
2007-2008	0.006	0.083	0.010	0.051*	0.019
2008-2009	-0.004*	-0.002*	-0.046*	-0.009*	-0.005*
2009-2010	0.001	0.006	0.003	0.006	0.004
2010-2011	0.002	0.003	0.002	0.005	0.003
2011-2012	0.108	0.027	0.004	0.013	0.009
2012-2013	-0.004*	0.004	0.002	0.008	0.003
2013-2014	0.007	0.009	0.002	0.012	0.005
2014-2015	0.002	0.008	0.003	0.013	0.005
2015-2016	-0.003*	0.017	0.007	0.064	0.018
2016-2017	0.003	0.004	0.002	0.009	0.004

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 21’de sunulan ayırıklaştırma indeksi bulgularına göre; incelenen dönemde ayrı ayrı bütün sektörlerde ve sektörlerin genel toplamına bakıldığında * ile belirtilen dönemlerde herhangi bir ayırıklaştırma ilişkisine rastlanmamıştır. Burada ayırıklaştırmanın bulunmadığı dönemler sektörlerle göre oldukça farklılık taşısa da bu dönemler içerisinde 1978-1980 dönemleri aralığında konut ve hizmetler sektörü hariç diğer sektörlerde ayırıklaştırma ilişkisi mevcut değilken, 1993-1994, 2000-2001 ve 2008-2009 döneminde hiçbir sektörde ayırıklaştırma ilişkisi bulunmamaktadır. Burada özellikle bütün sektörlerde aynı anda ayırıklaştırma ilişkisinin mevcut olmadığı dönemlerin özellikle kriz yıllarında ortaya çıktığına dikkat edilmelidir. Diğer taraftan * ile belirtilen dönemler haricinde diğer her dönemde bütün sektörlerde göreceli ayırıklaştırma ilişkisi ortaya çıkmıştır. İncelenen hiçbir dönemde hiçbir sektörde ise mutlak ayırıklaştırma ilişkisi tespit edilmemiştir. Göreceli ayırıklaştırma bulguları, tüm sektörlerde enerji kaynakları kullanım miktarının artmakta olduğunu ancak bu artışın sektörlerin büyüme hızından daha yavaş bir artış olduğunu ifade etmektedir. Tespit edilen bu göreceli ayırıklaştırma ilişkisi olumlu bir gelişme olarak değerlendirilse de istikrarsız bir yapıdadır. Özellikle kriz dönemlerinde bu ayırıklaştırma ilişkisi kısmen ortadan kalkmaktadır. Bunun en önemli nedeni, kriz dönemlerinde bir yandan Türkiye gibi enerjide yüksek oranda dışa bağımlı ülkelerde kredi yetersizliği enerjiye yapılan yatırımları düşürmekte, bir yandan da üretim sürecindeki duraksamanın önüne geçebilmek amacıyla çevresel tahribat pahasına da olsa kaynak kullanımına devam edilmektedir.

3.2. TÜRKİYE’DE ENERJİ KULLANIMINDA SEKTÖR-KAYNAK ANALİZİ

Bu bölümde önceki bölümlerde teorik olarak incelenen Türkiye’de sektör ve kaynak bazındaki enerji yapısının nasıl bir seyir izlediği ve sektör-kaynak bazında enerji yapısında herhangi bir yakınsama ilişkisi olup olmadığı ampirik olarak incelenmektedir. Bu kapsamda; ilk olarak uygulanan ekonometrik analizin metodolojik boyutları ve çalışmanın hipotezini test etmeye yönelik yöntemlerden doğrusal olmayan zaman serisi genel hatlarıyla ele alınmıştır. Ekonometrik yöntemlerin tanıtılmasının ardından, çalışmanın kapsamı, örneklem ve veri seti tanıtarak, konuyla ilgili yapılmış önceki çalışmaların bulgularına değinilmiştir. Son

olarak ise modeller çerçevesinde elde edilen bulgulara yer verilerek, bulgulara ilişkin çıkarımlar ve politika önerileri sunulmuştur.

3.2.1. Uygulamanın Hipotezine Yönelik Ekonometrik Yöntemler

Uygulamada incelenen zaman serilerinin doğrusal olup olmadığını belirlemeye yönelik olarak doğrusalsızlık testlerine, serilerin durağanlıklarını sınamak amacıyla doğrusal, doğrusal olmayan ve yapısal kırılmalı birim kök testlerine ve sektör bazındaki yakınsama ilişkisini tespit etmek için doğrusal olmayan modellerden panel TAR modellerine ait ekonometrik yöntemlere aşağıda yer verilmiştir.

3.2.1.1. Doğrusalsızlık Testleri

Ekonomi literatürü ve/veya enerji ekonomisi literatürü, en iyi doğrusal yansız tahmin edicilere ulaşmak için yoğun şekilde klasik lineer regresyon modelleri kullanmaktadır. Ancak, gerçek veri üretme sürecinde ilgili zaman serileri doğrusal olmayan bir süreci takip edebilir. Bu nedenle, doğrusal olmayanlık olasılığını göz önünde bulundurarak, ekonomi literatüründe doğrusallık ve/veya doğrusal olmayanlığı test etme, özellikle son yıllarda araştırmacılar arasında, herhangi bir başka deneysel analizden önce veri sürecinin doğasını belirlemek için bir ön tanı aracı olarak popülerlik kazanmıştır. Doğrusal olmamanın tespitinde diğerlerine egemen olan tek bir test yoktur, çünkü doğrusal olmama birçok yönden (serinin ortalamasından ya da serinin varyansından) kaynaklanabilir. Bu sebeple verilerde doğrusallık bulunup bulunmadığının tespiti için farklı testler kullanılmaktadır (Bilgili, 2011: 6776; Guhathakurta ve diğerleri, 2011: 4). Ekonomik zaman serisi verilerinde doğrusal olmayan davranışı modellemede etkin olan popüler doğrusalsızlık testlerinden bazıları şu şekildedir.

3.2.1.1.1. Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) Testi

BDS testi; 1987 yılında William Brock, Davis Dechert ve Jose Scheinkman tarafından geliştirilmiş ve 1996 yılında Brock, Dechert, Scheinkman ve LeBaron

tarafından yayınlanan gözden geçirilmiş makalede daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Parametrik olmayan BDS test istatistiğinin kökeni, deterministik lineer olmayan dinamikler ve kaos teorisine dayanmaktadır. Test, boş hipotezinde model hatalarının bağımsız özdeş dağıldığını (iid) varsayarken, herhangi bir alternatif hipotez belirtmemektedir (Broock ve diğerleri, 1996: 198). Bu durum test istatistiğinin dezavantajı olarak görünse de sabitlenmiş bir lineer zaman serisi modelinden kalıntılara uygulandığında BDS testi; bağımlılığı ve ihmal edilen doğrusal olmayan yapının varlığını tespit etmek için en popüler testtir.

BDS testinin arkasındaki ana kavram; verilerde zamansal kalıpların tekrarlanma sıklığının bir ölçüsü olan korelasyon integralidir. $t=1,2,\dots, T$ 'ye giden bir x_t zaman serisinde geçmiş m değerleri $x_t^m = (x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-m+1})$ olarak tanımlandığında m boyut korelasyon integrali şu şekilde hesaplanmaktadır (Zivot ve Wang, 2006: 653-654):

$$C_{m,\epsilon} = \frac{2}{T_m(T_m-1)} \sum \sum_{m \leq s < t \leq T} I(x_t^m, x_s^m; \epsilon) \quad (1)$$

Eğer $i=0,1,\dots,m-1$ için $|x_{t-i} - x_{s-i}| < \epsilon$ ise $T_m = T - m + 1$ ve $I(x_t^m, x_s^m; \epsilon)$ 1'e eşit gösterge fonksiyonlarıdır, tam tersi durumda ise 0'a eşittir. Böylelikle korelasyon integrali, m boyutlu herhangi iki noktanın ϵ terimine olan uzaklığının olasılığını hesaplamaktadır. Ortak olasılık fonksiyonu şu şekilde ifade edilmektedir:

$$Pr(|x_t - x_s| < \epsilon, |x_{t-1} - x_{s-1}| < \epsilon, \dots, |x_{t-m+1} - x_{s-m+1}| < \epsilon) \quad (1.1)$$

Eğer x_t normal ve özdeş dağılıyorsa (iid) (1.1) numaralı fonksiyonun limit fonksiyonu aşağıdaki gibi olmalıdır:

$$C_{1,\epsilon}^m = Pr(|x_t - x_s| < \epsilon)^m \quad (1.2)$$

Böylelikle BDS istatistiği şu şekilde ifade edilebilir:

$$V_{m,\epsilon} = \sqrt{T} \frac{C_{m,\epsilon} - C_{1,\epsilon}^m}{S_{m,\epsilon}} \quad (1.3)$$

$(C_{m,\epsilon} - C_{1,\epsilon}^m)$ 'in standart hatası $S_{m,\epsilon}$ Brock ve diğerleri (1997) tarafından ispatlanan normal dağılım altında $N(0,1)$ değerine yaklaşır:

$$V_{m,\epsilon} \xrightarrow{d} N(0,1) \quad (1.4)$$

Buna göre normal ve özdeş dağılımın olduğu boş hipotezi $|V_{m,\epsilon}| > 1,96$ koşulları altında % 5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir.

3.2.1.1.2. Terasvirta Neural Network Testi

Doğrusallık testi, zaman serilerinin doğrusal olmayan modellemesinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu test de vurgu kısaca parametrik testler olarak da adlandırılan parametrik doğrusal olmayan alternatiflere karşı yapılan testlere dayanmaktadır. Bu alan doğrusallık testinde Lagrange çarpanı yaklaşımının önemini ilk kez vurgulayan Pagan'ın katkısından bu yana oldukça hızlı gelişmiştir.

Denlem (2)'de doğrusal olmayan bir model tanımlanmıştır (Terasvirta, 1994: 320):

$$y_t = f(w_t, v_t, \theta_1) + g(w_t, v_t, \theta_2)u_t \quad (2)$$

Burada $g(w_t, v_t, \theta_2) \geq 0$, $w_t = (1, y_{t-1}, \dots, y_{t-p})'$, $v_t = (u_{t-1}, \dots, u_{t-q})'$ ve $u_t \sim \text{nid}(0, \sigma^2)$ 'dır ve f değişkenlerin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir.

$$f(w_t, v_t, \theta_1) = \theta'_{11}w_t + \theta'_{12}v_t \quad (2.1)$$

Böylelikle (2.1) ortalamada doğrusal olarak adlandırılır. Buna ek olarak, g sabit ise (2.1) tam bir doğrusal gösterime sahiptir. Aksi takdirde (2.1) doğrusal değildir. Bu nedenle doğrusallık testi, y_t 'nin koşullu ortalamasının doğrusal olduğu hipotezini ve g 'nin sürekliliğini test etmeyi içerir. Bununla birlikte tartışma model (2.2)'deki daha sınırlı bir durum için geçerli olmaktadır:

$$y_t = \beta'w_t + f_1(w_t, v_t, \theta) + u_t \quad (2.2)$$

$\theta = 0$ ve $f_1(w_t, v_t, \theta) = 0$ koşulları altında f_1 sürekli olarak en az iki kez farklılaştırılabilir. Ortalamada doğrusallığı test ederken hataları sabit varyanslı varsaymak oldukça yaygın bir uygulama olduğundan burada hataların sabit varyanslı olduğu, yani g 'nin sabit olduğu varsayılmaktadır. (2.2) no'lu denklemin yapısı, ortalamada doğrusal olmayan modelde test problemini basitleştiren iç içe bir alternatif sunar ve doğrusallık hipotezi $H_0: \theta = 0$ 'dır.

(2.2) no'lu denklem boş hipotez altında doğrusal olduğu için boş hipotezi test etmek için Lagrange Çarpanı uygulanır ⁷. Bu standart durumda test istatistiği;

⁷ Doğrusallık testi ayrıca f testi yardımıyla da sıranabilir. Bu yöntemde en küçük kareleri kullanarak sıfır hipotezi altında kalıntıları tahmin ederek, kalıntıların toplamı hesaplanır. $\hat{u}_t$, w_t ve z_t üzerine regrese edilerek LM istatistiğinin f versiyonu hesaplanır. Küçük ya da orta büyüklükteki örneklem için LM istatistiğinin f versiyonunu tercih etmek daha uygundur. Çünkü f versiyonu χ^2 versiyonuna göre daha güçlü küçük örneklem özellikleri taşımaktadır. Eğer bu testlerin en az bir tanesinde doğrusallık boş hipotezi kabul edilmezse geçiş fonksiyonunun yapısını belirlemek için yardımcı regresyon denklemi temel alınarak, zincirleme f testleri yapılmalıdır. Detaylı bilgi için bkz. (Terasvirta, 1994: 321-323).

$$LM = (1/\hat{\sigma}^2) \sum_{t=1}^T \hat{u}_t \hat{z}'_t \left(\sum_{t=1}^T \hat{z}_t \hat{z}'_t - \sum_{t=1}^T \hat{z}'_t w'_t \left(\sum_{t=1}^T w_t w'_t \right)^{-1} \sum_{t=1}^T w_t \hat{z}'_t \right)^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{z}_t \hat{u}_t \quad (2.3)$$

$\hat{u}_t = y_t - \hat{\beta}' w_t$ ($\hat{\beta}$ Ho hipotezi altında β 'nin OLS tahmincisidir), $\sigma^2 = (1/T) \sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2$ ve $\hat{z}_t = \frac{\partial}{\partial \theta} f_1(w_t, v_t, 0)$ 'dir. (2.3) no'lu denklem Ho boş hipotezi altında k serbestlik derecesinde asimptotik χ^2 dağılımına sahiptir.

3.2.1.1.3. White Neural Network Testi

White (1989) testi sinir ağı modelleri üzerine inşa edilmiştir. En yaygın olanlardan biri; birim girişlerinin, orijinal sinyalleri γ_{ij} ağırlık faktörü ile hafifleten veya yükselten bağlantılar boyunca X_i , $i=1, \dots, k$ sinyallerinin bir X vektörünü gönderdiği tek gizli katman ileri besleme ağıdır. Ara veya gizli işlem birimi j , $X_i \gamma_{ij}$, $i=1, \dots, k$ sinyallerini alır ve onları işler. Genel olarak, gelen sinyaller gizli birimler tarafından toplanır, böylece çıkış $\Phi(\tilde{X}', \gamma_j)$ aktivasyon fonksiyonu vasıtasıyla üretilir, burada Φ tipik lojistik fonksiyondur ve $\tilde{X} = (1, X_1, \dots, X_k)$ çıktı katmanına geçer (Bisaglia ve Gerolimetto, 2014: 9-10):

$$f(X, \delta) = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j \Phi(\tilde{X}', \gamma_j), \quad q \in N \quad (3)$$

Burada $\beta_0, \dots, \beta_q$ çıktı ağırlıkları, $\delta = (\beta_0, \dots, \beta_q, \gamma'_1, \dots, \gamma'_q)'$ dır. Sinir ağı testi, girdiden çıktıya bağlantılarla arttırılan tek bir gizli katman ağı kullanır. Ağın çıkışı o ;

$$o = \tilde{X}' + \sum_{j=1}^q \beta_j \Phi(\tilde{X}', \gamma_j) \quad (3.1)$$

Ve sıfır doğrusallık hipotezi, ağın sıfıra eşit olan en uygun ağırlıklarına eşittir. Diğer bir ifadeyle White testinin boş hipotezi; verilen q ve γ_j değerleri için $j=1, 2, \dots, q$ iken $\beta_j^* = 0$ 'dır. Test Lagrange çarpan testi olarak uygulanabilir.

$$\begin{cases} H_0: E(\Phi_t e_t^*) = 0 \\ H_1: E(\Phi_t e_t^*) \neq 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

Verilen q değeri için X_t 'den bağımsız olarak öncü $\Phi_t \equiv (\Phi(\tilde{X}'_t, \Gamma_1), \dots, \Phi(\tilde{X}'_t, \Gamma_q))$ ve $\Gamma \equiv (\Gamma_1, \dots, \Gamma_q)$ değerleri seçilir. Testi çözümlmek

için, e_t OLS kalıntıları $e_t = y_t - \tilde{X}'\hat{\theta}$ ile değiştirilir. Test istatistiklerini elde etmek için;

$$M_n = \left(n^{-1/2} \sum_{t=1}^n \Phi_t \hat{e}_t \right)' \hat{W}_n^{-1} \left(n^{-1/2} \sum_{t=1}^n \Phi_t \hat{e}_t \right) \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'de $\hat{W}$, $W^* = \text{var} \left(n^{-1/2} \sum_{t=1}^n \Phi_t \hat{e}_t \right)$ ve $H_0: M_n \xrightarrow{d} \chi^2(q)$ altında tutarlı bir tahmin edicidir. $\hat{W}_n$ 'nin elde edilmesinde kendisinin ve X_t 'nin çoklu doğrusallığını aşmak için iki pratik çözüm benimsenmiştir. İlk olarak; $\Phi_t, \Phi_t e_t^*$ 'nin ana bileşenleri için $q^* < q$ testi yapılır. İkinci olarak; $\hat{W}_n$ 'nin hesaplamasını önlemek için $nR^2 \rightarrow \chi^2(q)$ eşdeğer test istatistiği kullanılır. Buradaki R^2 , $\hat{e}_t$ 'nin $\Phi_t^*, \tilde{X}_t$ üzerindeki standart bir doğrusal regresyonundan çoklu korelasyonudur.

3.2.1.1.4. Diğer Genel Doğrusalsızlık Testleri

Bu testlerden farklı olarak Tsay Testi, Keenan Testi, McLeod-Li Testi ve TLRT Testi gibi farklı yaklaşımlar da doğrusallıktan sapmayı test etmektedirler.

Tsay'in f testi (1986); bir AR modelinde esas olarak ikinci dereceden doğrusal olmama durumunun tespiti için bir Lagrange çarpan testidir. Bir Y_t serisi ($Y_1, Y_2, \dots, Y_n$) için test üç aşamadan oluşur (Cao ve Tsay, 1992: 169):

- (i) İlk olarak AR(p) modeli belirlenerek $Y(t)$, kendi gecikmeli değerleri $W_t = (1, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p})$ ile regrese edilerek $\hat{a}_t$ hata terimleri oluşturulur.
- (ii) Z_{t-i} 'nin kareler ve çapraz çarpımlar vektörü $Z_t = (Y_{t-1}^2, Y_{t-1}Y_{t-2}, \dots, Y_{t-1}Y_{t-p}, Y_{t-2}^2, Y_{t-2}Y_{t-3}, \dots, Y_{t-p}^2)$ yine W_t ile regrese edilerek V_t kalıntılar vektörü elde edilir.
- (iii) Son olarak V_t ile $\hat{a}_t$ regrese edilerek kalıntılar ε_t hesaplanır. Buradan F istatistiği şu şekilde hesaplanır:

$$\hat{F} = \frac{(\sum V_t \hat{a}_t)(\sum V_t' V_t)^{-1}(\sum V_t \hat{a}_t)/m}{\sum \varepsilon_t^2 / (T - p - m - 1)} \quad (4)$$

Burada $m = \frac{1}{2} p(p + 1)$ ve toplam t'den (p+1)'e gitmektedir. Sıfır hipotezi altında Y_t durağan bir AR(p) süreci izler ve $\hat{F}$; $\frac{1}{2} p(p + 1)$, $T - \frac{1}{2} p(p + 3) - 1$ serbestlik derecesine sahip bir f dağılımı sergiler.

Keenan Testi de doğrusallığı Tsay'in f testi gibi üç aşamada test etmektedir (Keenan, 1985: 41):

- (i) Y_s , gecikmeli değerleri $\{1, Y_{s-1}, \dots, Y_{s-m}\}$ ile regrese edilerek, $s = M + 1, \dots, n$ ve kalıntıların kareleri toplamı $\langle \hat{e}, \hat{e} \rangle = \hat{e}_s^2$ için tahmini değerler $\{\hat{Y}_s\}$ ve kalıntılar $\{\hat{e}_s\}$ hesaplanır.
- (ii) $\hat{Y}_s^2$ gecikmeli değerleri $\{1, Y_{s-1}, \dots, Y_{s-m}\}$ ile regrese edilerek, $s = M + 1, \dots, n$ için kalıntılar $\{\xi_s\}$ hesaplanır.
- (iii) $\hat{e} = (\hat{e}_{M+1}, \dots, \hat{e}_n)$ kalıntılar $\xi = (\xi_{M+1}, \dots, \xi_n)$ ile regrese edilerek, $\hat{\eta} = \hat{\eta}_0 (\sum_{t=M+1}^n \xi_t^2)^{\frac{1}{2}}$ aracılığıyla $\hat{\eta}$ ve $\hat{F}$ elde edilir. Burada $\hat{\eta}_0$ regresyon katsayısıdır ve $\hat{F}_{1, n-2, M-2} = \frac{\hat{\eta}^2 (n-2, M-2)}{\langle \hat{e}, \hat{e} \rangle - \hat{\eta}^2}$ dir ve e ile ilişkili serbestlik derecesi (n-M)-M-1'dir.

McLeod-Li Testi; otokorelasyonlardan hesaplanan Q istatistiğini ARMA modelinin kalıntılarına uygulayarak doğrusallığı test etmektedir. Ljung ve Box (1978) düzeltilmiş Q istatistiğinde otokorelasyonlar kalıntı karelerinden hesaplanır ve McLeod-Li Q istatistiği elde edilir (McLeod ve Li, 1983: 270):

$$\hat{r}_{aa}(k) = \sum_{t=k+1}^n (\hat{a}_t^2 - \hat{\sigma}^2) (\hat{a}_{t-k}^2 - \hat{\sigma}^2) / \sum_{t=1}^n (\hat{a}_t^2 - \hat{\sigma}^2)^2 \quad (5)$$

$\hat{\sigma}^2 = \sum \hat{a}_t^2 / n$ iken sabit M için $\sqrt{n} \hat{r}_{aa} = (\hat{r}_{aa}(1), \dots, \hat{r}_{aa}(M))$ 'dır. $n \rightarrow \infty$ iken sıfır ortalama ve birim kovaryans matrisi ile $\sqrt{n} \hat{r}_{aa}$ asimptotik olarak normal dağılır. Böylelikle Q istatistiği;

$$Q_{aa}^* = n(n+2) \sum_{i=1}^m \hat{r}_{aa}(i) / (n-i) \quad (5.1)$$

şeklinde ifade edilir ve m serbestlik derecesi ile χ^2 dağılır.

Son olarak Chan ve Tong (1990) tarafından geliştirilen TLRT Testi de doğrusal olmayan eşiksel olasılık testi olarak doğrusallığı sınamaktadır. Testin boş hipotezi, serinin normal bir AR süreci izlediği yönünde iken, alternatif hipotezi serinin homojen ve normal dağılımlı hata terimine sahip bir TAR süreci izlediği yönündedir.

3.2.1.2. Zaman Serilerinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri

Bir serinin beklenen değeri, varyansı ve kovaryansı zamana bağlı olarak değişmiyorsa, diğer bir ifadeyle seri beklenen değeri etrafında dalgalanıyor ve beklenen değer doğrusunu aralıklı olarak kesiyorsa, bu tür serilere durağan seri denilmektedir. Durağan yapılar birim kök testleri aracılığıyla sınanmaktadır. Eğer seriler birim kök içeriyorsa yani durağan değilse bunun iktisadi olarak anlamı; geçmiş dönemdeki şokların bir sonraki döneme aynen aktarıldığı ve böylece şokların kalıcı hale geldiğidir (Göçer, 2015: 246).

Çalışmada durağanlık özelliklerinin belirlenmesi sürecinde doğrusal olmayan birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Çünkü değişkenlerin doğrusal olmayan ortak bileşeni aynı zamanda modelin de doğrusal olmadığını göstermektedir. Geleneksel birim kök testleri, yapısal kırılmalar ve doğrusal olmama durumlarında durağan olma eğilimi gösterir (Güriş, 2017: 1). Bu sorunu ortadan kaldırmak için doğrusal olmayan zaman serilerinde durağanlığın (birim kökün) analiz edilmesi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında; Enders ve Granger (1998), Caner ve Hansen (2001), Lo ve Zivot (2001) ve Kapetanios, Shin ve Snell (2003)'ün çalışmaları yer almaktadır. Çalışmada durağanlık özelliklerinin sınanmasında bu testlerden en yaygın olarak kullanılan yapısal değişimin yumuşak geçişli olduğu STAR (Yumuşak Geçişli Eşik Değerli Otoregresif Model) tipi birim kök testi olan KSS testi ile yapısal kırılmaları dikkate alan Clemente-Montañes-Reyes (1998) Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi kullanılmıştır.

3.2.1.2.1. Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) Testi

KSS doğrusal olmayan birim kök testinde tek değişkenli STAR modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Kapetanios ve diğerleri, 2003: 361-365; Hasanov, 2009: 164-165):

$$y_t = \beta y_{t-1} + \gamma y_{t-1} \theta(\theta; y_{t-d}) + \varepsilon_t, \quad t=1, \dots, T, \quad (6)$$

Burada $\varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2)$, β ve γ bilinmeyen eşik değerlerdir. Başlangıçta y_t 'nin sıfır ortalamalı stokastik bir süreç olduğunu varsayıyoruz. Burada benimsenen geçiş fonksiyonu (6.1)'de ifade edildiği gibi üstel şekildedir:

$$\theta(\theta; y_{t-d}) = 1 - \exp(-\theta y_{t-d}^2) \quad (6.1)$$

Ve $\theta \geq 0$ ve $d \geq 1$ 'in gecikme parametresi olduğu varsayılmaktadır. Üstel geçiş fonksiyonu 0 ve 1 arasında sınırlıdır, yani $\theta: \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$; $\theta(0) = 0$; $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \theta(x) = 1$ özelliklerine sahiptir ve sıfır etrafında simetrik olarak U şeklindedir. θ parametresi eğim katsayısıdır ve geçiş fonksiyonunun uç değerlerine karşılık gelen rejimler arasındaki geçiş hızını belirler.

(6) no'lu denklemde (6.1)'i yerine yazarak üstel bir STAR (ESTAR) modeli elde edilir.

$$y_t = \beta y_{t-1} + \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (6.2)$$

Yeniden parametrelendirilerek düzenlendiğinde (6.2)'deki denklem (6.3) şeklinde yeniden yazılabilir:

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (6.3)$$

$\phi = \beta - 1$ 'dir. ESTAR modeli, temel dengeden sapmaların boyutuna bağlı olarak farklı seri dinamiklerinin modellenmesine izin veren bir özelliğe sahiptir. Bu model bağlamında $\phi \geq 0$ mümkün olmakla birlikte, sürecin durağan olması için $\gamma < 0$ ve $\phi + \gamma < 0$ olması gerekmektedir. Bu koşullar altında süreç y_{t-d}^2 'nin küçük değerleri için birim kök içerebilir, ancak y_{t-d}^2 'nin daha büyük değerleri için kararlı dinamiklere sahiptir.

$\phi = 0$ ve $d = 1$ ESTAR modelinin özel bir şekildedir:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} \{1 - \exp(-\theta y_{t-1}^2)\} + \varepsilon_t \quad (6.4)$$

Sürecin durağanlığı boş hipotez $H_0: \theta = 0$ ve alternatif hipotez $H_1: \theta > 0$ ile sınanır. Bununla birlikte, boş hipotezin doğrudan test edilmesi mümkün değildir, çünkü γ parametresi boş olarak tanımlanmamıştır. Bunun üstesinden gelmek için boş ESTAR modeline birinci dereceden Talyor serisi yaklaşımı hesaplanarak yardımcı regresyon elde edilir.

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1}^3 + e_t \quad (6.5)$$

Burada e_t orijinal şokların yanı sıra Taylor yaklaşımından kaynaklanan hata terimini içerir. t istatistiği $\delta < 0$ 'a karşı $\delta = 0$ 'ın sınanmasıyla (6.6)'daki gibi elde edilir:

$$t_{NL} = \hat{\delta} / s.e.(\hat{\delta}) \quad (6.6)$$

$\hat{\delta}$, δ 'nın EKK tahmincisi, $s.e.(\hat{\delta})$ ise $\hat{\delta}$ 'nin standart hatasıdır. Sıfır olmayan ortalamalarla ve/veya doğrusal deterministik eğilimlerle stokastik süreçleri karşılamak için, aşağıdaki değişikliklerin yapılması gerekir. Verilerin sıfır olmayan ortalaması, yani $x_t = \mu + y_t$ olması durumunda, ham verileri $y_t = x_t - \bar{x}$ ile değiştirmek gerekir, burada $\bar{x}$, örneklem ortalamasıdır. Verilerin sıfır olmayan bir ortalamaya ve sıfır olmayan bir doğrusal eğilime sahip olması durumunda (yani $x_t = \mu + \alpha t + y_t$), bunun yerine ortalamadan ve trendden arındırılmış veriler $y_t = x_t - \hat{\mu} - \hat{\alpha}t$ kullanmak gerekmektedir.

Hataların otokorelasyonlu olduğu (6.4) no'lu denklem (6.7)'deki gibi genişletilebilir:

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p p_j \Delta y_{t-j} + \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (6.7)$$

Bu durumda $\theta = 0$ 'ı test etmek için t_{NL} istatistiği (6.6)'daki gibi ifade edilir. Burada $\hat{\delta}$ EKK tahmincisi, $s.e.(\hat{\delta})$ ise p toplamı ile aşağıdaki yardımcı regresyondan elde edilen standart hatadır.

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p p_j \Delta y_{t-j} + \delta y_{t-1}^3 + e_t \quad (6.8)$$

Böylelikle KSS testinde;

$H_0: \theta = 0$ (Seri Doğrusal Birim Kök Süreci İzlemektedir)

$H_1: \theta > 0$ (Seri Doğrusal Olmayan Durağan ESTAR Süreci İzlemektedir)

hipotez testlerinin tahmininde (6.8)'deki fonksiyonel kalıp kullanılmaktadır.

3.2.1.2.2. Clemente-Montañes-Reyes (CMR) Testi

Clemente-Montañes-Reyes (CMR) (1998) tarafından geliştirilen bu testte, Perron ve Vogelsang'un 1992 yılındaki çalışmalarının bugularını değişkenlerin ortalamasında iki farklı değişikliğin olması durumuna uygulayıp geliştirmek amaçlanmıştır (Clemente ve diğerleri, 1998: 176).

CMR testinde yapısal kırılmalar içsel olarak belirlenmekte ve yalnızca ortalamada meydana gelen iki kırılma dikkate alınmaktadır. Bu test serinin

ortalamasındaki anlık ve kademeli değişimleri dikkate alması nedeniyle diğer birim kök testlerinden farklılaşmaktadır (Tiwari ve Kyophilavong, 2014: 40). Yapısal kırılmaların yol açtığı anlık değişim “additive outlier” (AO) modeli ile tahminlenirken, kademeli değişimin parametreler üzerindeki etkisi “innovation outlier” (IO) modeli ile tahmin edilmektedir.

CMR testinde boş hipotez serilerin yapısal kırılma altında birim kök barındırdığını gösterirken, alternatif hipotez serilerin yapısal kırılma altında durağan olduğunu göstermektedir ve 7 nolu denklemde verilen boş hipotez 8 nolu alternatif hipoteze karşı test edilmektedir (Clemente ve diğerleri, 1998: 176-177).

$$H_0: y_t = y_{t-1} + \delta_1 DTB_{1t} + \delta_2 DTB_{2t} + u_t \quad (7)$$

$$H_A: y_t = \mu + d_1 DU_{1t} + d_2 DTB_{2t} + e_t \quad (8)$$

Önceki eşitlikteki DTB_{it} kukla değişkeni eğer $t = TB_i + 1$ ($i = 1,2$) iken 1, aksi takdirde 0 değerini almaktadır. DU_{it} kukla değişkeni ise $t > TB_i$ ($i = 1,2$) iken 1, aksi durumda 0 değerini almaktadır. TB_1 ve TB_2 ortalamanın değiştiği dönemlerdir. Basitleştirmek adına $0 < \lambda_1 < 1$, $\lambda_2 > \lambda_1$ ve $TB_i = \lambda_i T$ ($i = 1,2$) kabul edilebilir.

“Innovation outlier” altında iki yapısal kırılma dikkate alınır (8.1)’deki model tahmin edilerek birim kökün varlığı test edilmektedir.

$$y_t = \mu + \rho y_{t-1} + \delta_1 DTB_{1t} + \delta_2 DTB_{2t} + d_1 DU_{1t} + d_2 DU_{2t} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (8.1)$$

Ardından otoregresif parametrenin tüm kırılma kombinasyonlarında 1 olup olmadığını test etmek için t istatistiğinin minimum değeri elde edilir. Bu istatistiğin asimptotik dağılımını türetmek için $0 < \lambda_0 < \lambda_1$, $\lambda_2 < 1 - \lambda_0 < 1$ olduğu varsayılır. Burada test örneklem aralığında olmadığından λ_0 değeri belirlenir. Birinci (λ_1) ve ikinci (λ_2) kırılma değerleri $((k+2)/T, (T-1)/T)$ aralığındadır. Birim kök hipotezi t istatistiğinin minimum olduğu $p = 1$ noktasında test edilir.

3.2.1.2.3. Lumsdaine-Papell (LP) Testi

Lumsdaine-Papell (LP) (1997), Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen içsel olarak belirlenmiş ve serilerde yalnızca bir yapısal kırılmanın

varlığını test eden birim kök hipotezini geliştirerek serilerde iki içsel kırılma olasılığını test etmeye olanak tanıyan bir birim kök hipotezi önermişlerdir. İki kırılmaya izin veren bu test için geliştirilen ve Model AA, Model CA ve Model CC şeklinde adlandırılan bu modellere ait denklemler şu şekilde oluşturulmuştur (Lumsdaine ve Papell, 1997: 212):

Model AA spesifikasyonu;

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \theta DU1_t + \omega DU2_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (9)$$

Model CA;

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \theta DU1_t + \gamma DT1_t + \omega DU2_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (10)$$

Model CC ise,

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \theta DU1_t + \gamma DT1_t + \omega DU2_t + \psi DT2_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (11)$$

şeklindedir. Yani Model CC'den ve DT1 ve DT2 çıkarılırsa Model AA, yalnızca DT2 çıkarılırsa Model CA elde edilir. Burada Model AA yalnızca düzeyde iki kırılmayı, Model CA düzeyde iki kırılmayı ve trend fonksiyonunun eğiminde bir kırılmayı test ederken, Model CC hem düzeyde hem de eğimde iki kırılmanın varlığını araştırmaktadır. Modeller arasında tercih yapmak için açıkça belirlenmiş bir neden bulunmamakla birlikte birim kök hipotezinin güçlü bir şekilde reddedildiği model en uygun model olarak seçilebilir.

Seçilen modelle y_t serisinin dışsal bir yapısal kırılma olmaksızın durağan bir süreç izlediği boş hipotezi, trend fonksiyonunda bilinmeyen iki farklı tarihte ortaya çıkan iki kırılma altında trend durağan olduğu hipotezine karşı test edilir. Trend fonksiyonunun parametresinde değişikliğin meydana geldiği dönem kırılma dönemi (TBi $i=1,2$) olarak tanımlanmaktadır. Bu dönemdeki kukla değişkenleri eğer $t > Tbi$ ise $DUi_t = 1$ ve $DTi_t = t - Tbi$ değerlerini aksi takdirde 0 değerini alır. Model (11) tüm olası kırılma tarihleri ($TB1, TB2$) için tahmin edilir. Burada $Tbi = 2, \dots, T-1$, $i=1,2$ ve T gözlem sayısıdır. Kırılma tarihleri belirlenirken α 'nın t istatistiğinin minimum olduğu değer dikkate alınır. T istatistik değeri kritik değeri aşarsa serinin durağan olduğu boş hipotezi reddedilir. Gecikme uzunluğu k seçilirken ise öncelikle bir üst sınır belirlenir, eğer regresyona son dâhil edilen gecikme anlamlıysa bu üst değer uygun gecikme uzunluğu olarak seçilir, değilse son gecikme anlamlı hale gelene

kadar k bir azaltılır, eğer hâlâ anlamlı bir gecikme bulunamazsa k=0 olarak belirlenir (Ben-David ve diğerleri, 1998: 6-7).

3.2.1.3. Panel TAR Modelleri

TAR modelleri (Threshold Autoregressive Models-Eşik Otoregresif Modeller) Tong (1978) tarafından önerilen, Tong ve Lim (1980) ve Tong (1983)'un çalışmalarıyla geliştirilen doğrusal olmayan zaman serisi modellerinden en yaygınıdır. Model; konjonktür dalgalanmaları, dönemsel hareketler, frekans sıklığı ve sıçrama durumu gibi doğrusal bir zaman serisi modeli tarafından yakalanamayan belirli özelliklere sahiptir (Tsay, 1989: 231).

TAR modelini ifade etmenin birkaç farklı ama eşdeğer yolu vardır. Modelin genelleştirilmiş basit bir formu için $Z_t = \{1, 2, \dots, K\}$ pozitif tamsayı değerleri alan bir gösterge zaman serisi olarak ifade edilir. η_t sıfır ortalamalı, sabit varyanslı bir beyaz gürültü süreci; $\alpha_0^{(j)}, \alpha_i^{(j)}, \beta^{(j)}$ $j = 1, 2, \dots, K$ iken sabit değerlerdir. Böylelikle zaman serisi $\{X_t: t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ 'nin $Z_t = j, j = 1, 2, \dots, K$ iken bir eşik otoregresif modeli takip ettiğini söylemek mümkündür (Tong, 2015: 4).

$$X_t = \alpha_0^{(j)} + \sum_{i=1}^p \alpha_i^{(j)} X_{t-i} + \beta^{(j)} \eta_t \quad (12)$$

Burada j; rejim sayısı, p; otoregresif sürecin gecikme uzunluğu, X_{t-i} ; eşik değişkeni, d ise eşik değişkeninin gecikme sayısıdır. X_t zaman serisi her bir farklı j rejiminde farklı bir seyir izlemektedir. $Z_t = j$ durumunda sadece R'nin belli değerleri ve bazı pozitif tamsayı d değerleri için $X_{t-d} \in R_j$ 'dir. Bu $R = \bigcup_{i=1}^K R_i$ TAR modeline kendi kendini uyaran eşik otoregresif model veya kısaca SETAR modeli adı verilmektedir. Çünkü regresyondaki geçiş değişkeni bağımlı değişkenin kendisinin gecikmeli değerlerinden biridir. Bu durumda, $X_{t-s}, s > 0$ verildiğinde, X_t 'nin koşullu ortalaması parçalı doğrusaldır ve X_t 'nin koşullu varyansı ise parçalı sabittir. Diğer bir ifadeyle TAR modelleri parçalı doğrusal modellerden oluşmaktadır.

SE(TAR) modeli TAR modelinin daha basit ve özel bir hali olmakla birlikte zaman içerisinde literatürde TAR modeli denildiğinde genel olarak SETAR modeli anlaşılır olmuştur. Çünkü genellikle modellerde eşik değişkeni olarak bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri alınmaktadır. Modeller arasındaki temel farklılık, rejim değişikliklerine yol açan süresizlik dışsal bir etkiden kaynaklanırsa TAR

olarak, içsel değişikliklere bağlı olarak ortaya çıkarsa SETAR olarak modellenmesinden kaynaklanmaktadır (Watier ve Richardson, 1995: 353).

İki rejimli bir SE(TAR) modeli şu şekilde ifade edilmektedir (Franses ve Dijk, 2000: 71):

$$y_t = \begin{cases} \emptyset_{0,1} + \emptyset_{1,1}y_{t-1} + \varepsilon_{t1}, & y_{t-1} \leq c \\ \emptyset_{0,2} + \emptyset_{1,2}y_{t-1} + \varepsilon_{t2}, & y_{t-1} > c \end{cases} \quad (12.1)$$

Burada $\emptyset$ 'lar otoregresif parametreler, c eşik değer parametresi, ε_t sıfır ortalamalı ve sabit varyanslı hata terimleridir. $\varepsilon_{t1} = \varepsilon_{t2}$ olduğu varsayıldığında, model (12.2)'deki gibi yeniden yazılabilir:

$$y_t = (\emptyset_{0,1} + \emptyset_{1,1}y_{t-1})(1 - I[y_{t-1} > c]) + (\emptyset_{0,2} + \emptyset_{1,2}y_{t-1})I[y_{t-1} > c] + \varepsilon_t \quad (12.2)$$

I_t gösterge fonksiyonudur ve rejimler arasındaki geçişi y_{t-1} eşik değişkeni belirlemektedir. y_t 'nin 1. gecikme değeri eşik değerini aşarsa yani $y_{t-1} > c$ ise I_t 1 değerini, aksi takdirde 0 değerini alır.

(12.2)'deki gösterge fonksiyonu $I[y_{t-1} > c]$, y_{t-1} artarken 0'dan 1'e kadar değişen sürekli bir $G(y_{t-1}; \gamma, c)$ fonksiyonu ile değiştirilerek farklı rejimler arasında daha kademeli bir geçiş elde edilebilir. Ortaya çıkan bu modele STAR tipi model adı verilir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$y_t = (\emptyset_{0,1} + \emptyset_{1,1}y_{t-1})(1 - G(y_{t-1}; \gamma, c)) + (\emptyset_{0,2} + \emptyset_{1,2}y_{t-1})G(y_{t-1}; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (12.3)$$

Bu modelde de y_t içsel değişken, γ yumuşaklık (smoothness) parametresi, c eşik değeri, $G(y_{t-1}; \gamma, c)$ ise geçiş fonksiyonunu ifade etmektedir. Yumuşaklık derecesi, γ , rejimler arası geçişin hızını belirlemektedir. Literatürde geçiş parametresini oluşturan geçiş fonksiyonu lojistik ve üssel olarak bulunabilmektedir. Böyle bir durumda STAR modeli LSTAR veya ESTAR olarak ifade edilmektedir. Burada geçiş fonksiyonu $G(y_{t-1}; \gamma, c)$ yaygın olarak kullanılan lojistik işlevli bir fonksiyondur.

$$G(y_{t-1}; \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma[y_{t-1} - c])} \quad (12.4)$$

Elde edilen bu modele Lojistik STAR (LSTAR) modeli denir. (12.4)'deki c parametresi, $G(y_{t-1}; \gamma, c) = 0$ ve $G(y_{t-1}; \gamma, c) = 1$ 'e karşılık gelen iki rejim arasındaki eşik olarak yorumlanabilir. Lojistik fonksiyonunun y_{t-1} arttıkça monoton olarak 0'dan 1'e yaklaşması, $G(c; \gamma, c) = 0.5$ olması anlamına gelmektedir.

γ parametresi lojistik fonksiyonun değerindeki değişikliğin yumuşaklığını belirlediğinden aldığı değer büyüdükçe rejimler arasındaki geçiş ani ve keskin olmaktadır. Böylelikle aslında diğer STAR, SETAR modelleri gibi LSTAR modeli de TAR modeline yakınsamaktadır.

Geçiş fonksiyonu üssel olduğunda STAR yaklaşımı temelinde ele alınan model ESTAR ( ssel STAR) modeli olarak tanımlanmakta ve şu şekilde ifade edilmektedir:

$$GF(s_t; \gamma, c) = 1 - \{\exp(-\gamma(s_t - c)^2)\}, \quad \gamma > 0 \quad (12.5)$$

ESTAR yaklaşımında $\gamma \rightarrow 0$ 'a giderken $GF(s_t; \gamma, c) = 0$ değerini, $\gamma \rightarrow \infty$ 'a giderken ise $GF(s_t; \gamma, c) = 1$ değerini almaktadır. Her iki durumda da ESTAR(p) modeli AR(p) modeline dönüşmektedir. γ 'nin aldığı değerler için ($0 < \gamma < \infty$), $(s_t - c)$ 'nin aldığı değerlere göre geçiş fonksiyonu $0 < GF(s_t; \gamma, c) < 1$ arasında değer almaktadır. Geçiş fonksiyonunun aldığı bu değerler farklı otoregresif süreçler yaratmaktadır. Diğer taraftan geçiş fonksiyonu $(s_t - c)$ etrafında simetrik bir yapı göstermektedir. $(s_t - c) \rightarrow \pm\infty$ 'a giderken $GF(s_t; \gamma, c) \rightarrow 1$ 'e yaklaşmakta, $(s_t - c) \rightarrow 0$ 'a giderken ise $GF(s_t; \gamma, c) \rightarrow 0$ 'a yaklaşmaktadır.

Ekonometrik yöntemine yer verilen bu TAR modellerinin tahmini için uygulanması gereken ampirik bir tanımlama prosedürü şu adımlardan oluşmaktadır ((Franses ve Dijk, 2000: 83):

- (i) Araştırılan zaman serisine yönelik uygun bir doğrusal AR(p) modeli kurulması
- (ii) SETAR, STAR ve TAR tipi doğrusal olmama alternatifine karşı doğrusallık boş hipotezinin test edilmesi (Bu adımda ayrıca rejimleri belirleyen uygun değişken seçilir)
- (iii) Seçilen modelde parametrelerin tahmin edilmesi
- (iv) Tanısal testler ile seçilen modelinin değerlendirilmesi
- (v) Eğer gerekliyse kurulan modelin değiştirilmesi
- (vi) Modelin tanımlama veya öngörü amacıyla kullanılması.

Yakınsama analizi için istatistiksel ve ekonometrik tekniklerle ilgili geniş bir teorik ve ampirik literatür mevcuttur. Ancak doğrusal olmayan bir çerçevede gerçek yakınsamayı test etmek için rejim değişmelerini dikkate alan TAR modellerini kullanan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada Beayert ve

Camacho (2008) tarafından geliştirilen ve temelinde Evans-Karras (1996) yaklaşımının olduğu doğrusal olmayan bir uzantı kullanılmaktadır. Çünkü yakınsama süreci tek tip değildir. Birincisi, ülkelerin/sektörlerin ancak belirli kurumsal, politik veya ekonomik koşullar yerine getirilip başka şekillerde farklılık göstermesi durumunda birleşmeleri olabilir. İkincisi, yakınsama belirli koşullar altında bir oranda, diğer koşullar altında başka bir oranda gerçekleşebilir. Böyle bir durumda doğrusal bir panel veri modeli yanıltıcı bulgular verebilir, bu nedenle iki rejimli bir model kullanılmasını gerektirir. Bu amaçla, burada panel serisinin birim köklerini gösterebileceği otoregresif (TAR) bir panel veri eşiği kullanılmaktadır (Beyaert ve Camacho, 2008: 668):

Evans ve Karras (1996) panel verisi ile gerçek yakınsamayı test etmek için aşağıdaki spesifikasyonu kullanmıştır:

$$\Delta g_{nt} = \delta_n + p_n g_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i} \Delta g_{n,t-i} + \varepsilon_{n,t}, \quad (13)$$

$n=1, \dots, N$ ve $t=1, \dots, T$ 'dir. Alt simge n , tipik olarak sektör belirtirken; alt simge t , zaman dilimini belirtir. $g_{n,t}$ değişkeni; $g_{n,t} = y_{n,t} - \bar{y}_t$ olarak tanımlanmıştır. Burada $y_{n,t} = \log(Y_{n,t})$ ile tanımlanan $y_{n,t}$ sektörün kaynak bazında enerji kullanım miktarıdır. $\bar{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_{n,t}$ ise t döneminde kaynak bazında ortalama kullanılan enerji miktarıdır.

$p_n = 0$ N sektörün uzaklaştığını gösterirken, $0 < -p_n < 1$ ise yakınsamanın olduğunu gösterir. Yakınsama, $\delta_n = 0$ ise tüm n 'ler için mutlak, $\delta_n \neq 0$ ise koşulludur.

Ancak yakınsama sürecinin tek tip olmadığını varsayalım. Ülkeler/sektörler ancak belirli kurumsal, politik veya ekonomik şartların yerine getirilmesi durumunda yakınsayabilir, aksi halde farklılaşırlar. Bu durumda belli koşullar altındaki tüm sektörler için $0 < -p_n < 1$ olabilir, ancak bu şartlar yerine getirilmezse $p_n = 0$ olur. Başka bir olasılık, yakınsamanın belirli koşullar altında bir oranda, diğer koşullar altında başka bir oranda gerçekleşmesi olabilir. Yani, her n için $0 < -p_n < 1$ olabilir, ancak spesifik değeri t zamanında geçerli koşullara göre farklılık gösterebilir. Böyle bir durumu temsil edebilecek bir model ise şöyle tanımlanmaktadır:

$$\Delta g_{nt} = \left[\delta_n^I + p_n^I g_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^I \Delta g_{n,t-i} \right] I_{\{Z_{t-1} < \lambda\}} + \left[\delta_n^{II} + p_n^{II} g_{n,t-1} + \sum_{i=1}^p \varphi_{n,i}^{II} \Delta g_{n,t-i} \right] I_{\{Z_{t-1} \geq \lambda\}} + \varepsilon_{n,t} \quad (14)$$

Burada $I\{x\}$, x doğru olduğunda 1 değerini, aksi takdirde 0 değerini alan bir göstergedir. Bu nedenle, $Z_{t-1} < \lambda$ koşulu yerine getirildiğinde, birim değer alan kukla bir değişken olarak hareket eder. Dolayısıyla, her koşulda enerji kullanım değerlerinin dinamiği, iki olası rejimden birini takip eder. $Z_{t-1} < \lambda$ koşulu “Rejim-1”, $Z_{t-1} \geq \lambda$ koşulu ise “Rejim-2” olarak adlandırılır. Bu nedenle, λ parametresi bir “eşik” parametresidir. Denklem (13), Tong (1978) tarafından sunulan eşik otoregresif (TAR) modellerin sınıfına aittir ve bu denklem (14) doğrusal model olan Denklem (13)’ü içermektedir.

Denklem (14)’de tüm n değerleri için $p_n^I = p_n^{II} = 0$ olması halinde ıraksama meydana gelecektir. Alternatif durumda $0 < -p_n^i < 1$ iken $i = I, II$ ve tüm n ’ler için yakınsama durumu oluşacaktır. Son olarak eğer $0 < -p_n^i < 1$ ise fakat tüm n ve $i \neq j$ değerleri için $p_n^j = 0$ durumu var ise kısmi yakınsama olacaktır. (14)’de yer alan z_t geçiş değişkeni $g_{n,t}$ ’den farklı bir ekonomik değişkeni ifade ettiğinde dışsal, doğrudan $g_{n,t}$ değerlerinden elde edildiğinde ise içsel olmaktadır. Bu çalışmada ikinci durum mevcuttur. Model (14) en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir. Ancak katsayıların geçiş değişkeninin (her ikisi de bilinmeyen) eşik değerine bağımlılığı ve varyansların bilinmemesi nedeniyle modelin tahmininde genelleştirilmiş en küçük kareler (FGLS) yaklaşımının kullanılması daha uygun olmaktadır. Denklem (14) tahmin edildikten sonra, üstünlüğü doğrusal Evans-Karras modeline (Denklem-13) göre kontrol edilir. Doğrulanırsa, bir sonraki adım, Denklem 14’ün p katsayılarına birim kök testi uygulayarak yakınsama olup olmadığını test etmekten oluşur. Son olarak, yakınsama kanıtı varsa, son adım Denklem-14’ün δ katsayıları üzerinde yapılan testler aracılığıyla koşullu yakınsamaya karşılık mutlak yakınsamanın test edilmesidir.

Doğrusallık söz konusu olduğunda, test edilecek sıfır hipotezi, model (14) alternatifinden ziyade model (13)’dür. Çünkü bazı parametreler (λ , m ve d) boş hipotez altında değil sadece alternatif altında tanımlanmıştır. Her iki rejimde tüm

katsayıların eşit olmaması alternatifine karşılık $\forall n = 1, \dots, N$ ve $\forall i = 1, \dots, p$ aşağıdaki (14.1) no'lu hipotez test edilir.

$$H_{0,1}: \delta_n^I = \delta_n^{II}, \quad p_n^I = p_n^{II}, \quad \varphi_{i,n}^I = \varphi_{i,n}^{II} \quad (14.1)$$

Doğrusal model reddedilirse, analizin geri kalanı TAR modeline (14), reddedilmezse Beyaert (2006) tarafından önerildiği gibi Evans-Karras prosedürünün bir bootstrap versiyonuna dayanmaktadır. Ampirik bulgular model (14)'ü destekliyorsa, bir sonraki adım ayrışmaya (ıraksama) karşı yakınsamanın test edilmesinden oluşur. Bu aşamada model (14) için boş hipotez;

$$H_{0,2}: p_n^I = p_n^{II} = 0 \quad \forall n \quad (14.2)$$

Eğer (14.2)'deki bu hipotez doğrulanırsa sektörler hem rejim-1 hem de rejim-2 altında ayrışırlar. Burada üç tür alternatif ekonomik açıdan önemlidir ve test edilebilir:

$$H_{A,2a}: p_n^I < 0, \quad p_n^{II} < 0 \quad \forall n, \quad (14.3)$$

$$H_{A,2b}: p_n^I < 0, \quad p_n^{II} = 0 \quad \forall n, \quad (14.4)$$

$$H_{A,2c}: p_n^I = 0, \quad p_n^{II} < 0 \quad \forall n. \quad (14.5)$$

Alternatif (14.3) hipotezi hem rejim-1 hem de rejim-2 altında sektörlerin tam yakınsama içerisinde olduğu durumu göstermektedir. (14.4) ve (14.5) alternatif hipotezleri ise sırasıyla yakınsamanın yalnızca rejim-I ve rejim-II altında gerçekleştiğini ifade etmektedir. Böyle bir duruma kısmi yakınsama adı verilmektedir.

3.2.2. Ampirik Literatür Taraması

Sektörlerde ihtiyaç duyulan enerjinin karşılandığı kaynakların zaman içerisinde nasıl bir yapıya sahip olduğu, zaman içerisinde sektörlerdeki enerji kullanımlarının ve enerji kaynaklarının bir yakınsama eğilimi gösterip göstermediği ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut çalışmaların birçoğu da enerji ekonomisinde doğrusal olmamayı göz ardı ederek analizlere doğrusallığı veri kabul ederek başlamaktadır. Diğer taraftan çalışmalardan bir kısmı yalnızca enerji tüketimlerindeki durağanlık özelliklerini (birim kökün varlığını) inceleyerek şokların geçici mi yoksa kalıcı mı olduğuna odaklanmış, diğer çalışmalar ise direkt yakınsama analizleri ile ülkeler/bölgeler ya da sektörler arasındaki yakınsama ilişkisini araştırmışlardır. Literatürde enerji kullanımlarında doğrusallık, durağanlık

ve yakınsama ilişkisinin aynı anda incelendiği çalışmaların mevcut olmaması nedeniyle söz konusu bu ilişkileri ayrı ayrı ele alan yerli ve yabancı literatüre aşağıda yer verilmiştir.

Markandya ve diğerleri (2006) çalışmalarında, Doğu Avrupa'daki 12 geçiş ülkesindeki enerji yoğunluğu ile AB-15 ülkelerindeki enerji yoğunluğu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. β yakınsama analiz bulguları, 27 ülkenin yakınsama hızının 1992-2002 döneminde yıllık % 1,7 civarında olduğunu göstermiştir. Bulgular ayrıca, gelişmiş ve geçiş ekonomileri arasındaki ortalama kişi başına gelir farkında % 1'lik bir azalmanın, geçiş ülkesinin enerji yoğunluğu artış oranında % 1,02 oranında azalmaya yol açtığını göstermektedir.

Lee ve Chang (2007) çalışmalarında, Tayvan'da 1955-2003 dönemi verilerini kullanarak enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde hem doğrusal hem de doğrusal olmayan etkilerini dikkate almışlardır. Ampirik bulgular eşik regresyonunun standart doğrusal modelden daha iyi bir ampirik model sağladığını göstermiştir. Ayrıca iki rejimli TAR analiz bulguları, Tayvan'da enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin ters U şekli ile karakterize edildiğine, ancak böyle bir ilişkinin yalnızca düşük enerji tüketimi bulunan yerlerde olduğuna dair kanıtlar sunmuştur.

Chen ve Lee (2007) çalışmalarında, 7 bölgedeki 104 ülkede 1971-2002 dönemi için kişi başına enerji tüketiminin durağanlığı araştırılmıştır. Çalışmada hem düzeyi hem de seviyeyi etkileyen yapısal kırılmaların varlığına izin veren KPSS tek değişkenli panel veri durağanlık testi kullanılmıştır. Ampirik bulgular, 7 bölgesel panel için kişi başına enerji tüketiminin, kesitsel bağımlılığa izin verilse bile sabit olmadığını doğrulamıştır. Bununla birlikte, birden fazla yapısal kırılma dâhil edildiğinde, tüm ülke gruplarında kişi başına enerji tüketiminin panel durağanlığı desteklediği gözlemlenmiştir.

Narayan ve Smyth (2007) çalışmalarında, kişi başına enerji tüketiminin durağanlık özelliklerini incelemek amacıyla 1979-2000 dönemi için 182 ülkenin yıllık panel verilerine tek değişkenli ve panel birimi kök testleri uygulamışlardır. Tek değişkenli birim kök testi bulguları, birim kök olduğu boş hipotezini 56 ülke için reddetmiştir yani enerji tüketiminin durağan olduğuna dair güçlü kanıtlar sunmuştur.

Hsu ve diğerleri (2008) çalışmalarında, enerji tüketimi durağanlığının 1971-2003 döneminde 84 ülkeden oluşan beş bölge için araştırmışlardır. Panel SURADF analiz bulguları, enerji tüketiminin durağanlığının bölgelerden etkileneceğini göstermiştir.

Maslyuk ve Smyth (2009) çalışmalarında, 1973:1 ile 2007:12 döneminde 17 OPEC ve OPEC üyesi olmayan ülkede ham petrol üretiminde doğrusallığı ve durağanlığı test etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla aylık ham petrol üretim serilerine otoregresif birim köklü bir eşik otoregresif model uygulamışlardır. TAR analizi ile iki rejimde ham petrol üretiminde doğrusallık (eşik etkileri) ve durağanlık test bulguları, ham petrol üretiminin eşik etkileri ile karakterize edildiğini, on bir ülke için her iki rejimde de bir birim kök bulunduğunu diğerlerinde ise ilk rejimde ya da ikinci rejimde kısmi bir birim kök bulunduğunu göstermiştir.

Apergis ve Payne (2010) çalışmalarında, 50 ABD eyaletinde enerji tüketimindeki durağanlığı 1960-2007 yılları için araştırarak şokların geçici mi yoksa kalıcı mı olduğunu belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada analiz aracı olarak trend fonksiyonunun hem kesişme noktasında hem de eğiminde içsel olarak belirlenmiş yapısal kırılmalara sahip olan iki farklı Lee ve Strazicich (2003) ve Narayan ve Popp birim kök testleri tercih edilmiştir. Her iki birim kök testinden ulaşılan bulgular, her bir devletin 1970'lerin OPEC petrol şoklarına ve 1980'lerin başında ABD'deki resesyona karşılık gelen iki kırılma ile karşılaştığını ortaya koymuştur. Sonuçta 34 eyalette birim kökün varlığını savunan boş hipotez reddedilirken (bu durumda şoklar geçici olacaktır), birim kökün sıfır hipotezini reddetmeyen kalan durumlar için, şokların petrol tüketimi üzerinde kalıcı bir etkiye sahip olacağı saptanmıştır.

Aslan ve Kum (2011) çalışmalarında; 1970 ve 2006 yılları arasında doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri kullanarak, Türkiye'de sektör bazında ayrıştırılmış veriler için enerji tüketiminin durağanlığını araştırmışlardır. Ele alınan dönemde KSS birim kök test bulguları tarım, sanayi ve konut sektöründe durağan bir yapı olduğunu; ulaştırma, enerji dışı kullanım, nihai enerji tüketimi ve çevrim sektörlerinde durağan olmayan bir yapı bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca, enerji tüketiminin durağan bir davranışı izlediği tarım, sanayi ve konut için en fazla iki yapısal kırılma veren LM (Lagrange çarpanı) test bulguları da birim kökün varlığını ifade eden boş hipotezi reddederek KSS test bulgularını desteklemiştir. Bu bulgular,

enerji tüketimini azaltmak amacıyla hazırlanan enerji talebi yönetimi politikalarının enerji tüketimi üzerinde geçici bir etkiye sahip olacağı anlamına gelmektedir.

Aslan (2011) çalışmasında, 1960-2008 döneminde doğrusal olmayan birim kök testi uygulayarak 50 ABD eyaleti için doğal gaz tüketiminin durağanlığını araştırmıştır. KSS ve LM birim kök test bulguları, devletlerin yaklaşık % 60' ından fazlasında doğal gaz tüketiminin doğrusal olmayan bir davranış izlediğini göstermiştir. 27 ABD eyaleti için, doğal gaz tüketimi durağan olmayan bir süreç olduğundan herhangi bir şokun kalıcı olmasının, geri kalan 23 eyalet içinse doğal gaz tüketimini durağan bir süreç olduğunu dolayısıyla doğal gaz tüketimindeki herhangi bir şokun geçici etkilere sahip olacağı bulgularına ulaşılmıştır.

Mohammadi ve Ram (2012) çalışmalarında; kişi başına enerji ve elektrik tüketiminde ülkeler arasındaki yakınsama ilişkisi 1971-2007 dönemi için incelemişlerdir. Koşulsuz β yakınsaması ile birlikte, σ yakınsama ölçütü ve basit bir koşullu β yakınsama modelinin kullanıldığı çalışmada enerji tüketiminde küresel yakınsamanın genellikle zayıf, elektrik kullanımında yakınsamanın ise çoğu durumda güçlü olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Bilgili (2012) çalışmasında, bazı AB ülkelerinde 1971-2009 ve 1982-2009 dönemlerinde birincil biyokütle enerji arzının yapısını gözlemlemeyi amaçlamıştır. AB'deki biyokütle arzı için ilgili iki panel veri seti oluşturularak çalışmada doğrusalsızlığı ve durağanlığı test etmek için doğrusal modeller ve doğrusal olmayan eşik otoregresyon (TAR) modelleri kullanılmıştır. Bulgular; Avusturya, Danimarka, Finlandiya, Fransa ve Portekiz'in biyokütle üretiminde doğrusal olmayan bir süreci izlediğini ve kısmi yakınlaşmaya ulaştığını gösterirken; Belçika, Yunanistan, Norveç, Polonya ve İsveç'in biyokütle üretiminde doğrusal bir yapı sergilediğini ve ülkeler arasında ıraksama olduğunu göstermiştir.

Mulder ve De Groot (2012) çalışmalarında; 1970-2005 döneminde 18 OECD ülkesinde ve 50 sektörde enerji yoğunluğu gelişmelerindeki yapısal değişimi ve enerji yoğunluklarının ülkeler arasında yakınsayıp yakınsamadığını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. β yakınsama analiz bulguları, ülkeler genelinde enerji yoğunluğu seviyelerinin genellikle imalat sektöründe düşme eğiliminde olduğunu ve toplam yakınsamanın neredeyse tamamının ekonomilerin sektörel kompozisyonunun

yakınsamasından değil sektör içi enerji yoğunluğu seviyelerinin yakınsamasından kaynaklandığını göstermiştir.

Meng ve diğerleri (2013) çalışmalarında, 1960-2010 yılları arasında 25 OECD ülkesinde kişi başına enerji kullanımının yakınsamasını incelemişlerdir. Özellikle, yeni geliştirilen ve yapısal kırılmalara izin veren LM ve RALS-LM birim kök test bulguları, OECD ülkelerinin çoğunda kişi başına enerji kullanımı açısından bir yakınsama ilişkisinin mevcut olduğunu göstermektedir.

Lean ve Smyth (2015) çalışmalarında, ABD’de 1973:1 ile 2014:6 aylık verilerini kullanarak konut, ticari, endüstriyel, ulaşım ve elektrik enerjisi sektörü arasında ayrıştırılmış petrol tüketiminin koşullu yakınsamasını araştırmak için GARCH tabanlı bir birim kök testi kullanmışlardır. Ampirik bulgular, beş sektörden her birinde toplam petrol tüketimi için koşullu yakınsamanın varlığını göstermiştir.

Akarsu ve Berke (2016) çalışmalarında, 1986 ile 2013 yılları arasında Türkiye’nin illeri arasında kişi başına elektrik tüketiminin mutlak ve koşullu yakınsamasının varlığını test etmeyi amaçlamışlardır. β yakınsama analiz bulguları, Türkiye’nin illeri arasında kişi başına düşen elektrik tüketiminin mutlak β yakınsaması olduğunu kanıtlamıştır.

Canel ve diğerleri (2017) çalışmalarında, 1980-2011 dönemine ait yıllık verileri kullanarak OECD ülkelerinde enerji yoğunluğu yakınsaması olup olmadığını araştırmaktadır. KSS, Kruse ve Sollis doğrusal olmayan birim kök testleri ve Narayan ve Pop tarafından geliştirilen iki yapısal kırılmalı doğrusal birim kök testlerinin birlikte uygulandığı çalışmada test bulguları; Şili, Finlandiya, Yunanistan, İrlanda, Güney Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre ve İngiltere’de söz konusu dönemde yakınsama olmadığını göstermiştir.

Payne ve diğerleri (2017) çalışmalarında, içsel olarak belirlenen yapısal kırılmalara izin veren LM ve RALS-LM birim kök testlerini kullanarak ABD eyaletlerinde (Kolombiya Bölgesi dâhil) kişi başına fosil yakıt tüketiminin stokastik yakınsamasını incelemişlerdir. İki yapısal kırılma ve bir yapısal kırılma LM ve RALS-LM birim kök testlerinden elde edilen kanıtlar, ABD’deki kişi başına fosil yakıt tüketiminde nispi birim kökün varlığını savunan sıfır hipotezini reddettiğini

göstermiştir. Bu ise ABD eyaletlerinde kişi başına nispi fosil yakıt tüketiminde stokastik yakınsamanın varlığına işaret etmektedir.

Solarin (2019) çalışmasında, 1970-2013 döneminde 79 ülkeden oluşan bir örnekte elektrik yoğunluğundaki yakınsama modelini incelemiştir. Enerji yoğunluğunun yakınsamasına, arttırılmış en küçük kareler regresyonunu uygulanırken, elektrik yoğunluğunun yakınsaması için koşullu beta, sigma ve gama yakınsamaları incelenmiştir. Bulgular, toplam örneklemden % 54'ünde yakınsamanın var olduğunu göstermektedir. Afrika ülkelerinin % 65'inde, Amerikan ülkelerinin % 61'inde, Asya ve Okyanus ülkelerinin % 43'ünde ve Avrupa ülkelerinin % 33'ünde yakınsama olduğunu göstermiştir. Bölgesel sınıflandırma açısından ise, OECD üyesi olmayan ülkelerin %58'inde ve OECD ülkelerinin % 31'inde yakınsamanın olduğu gözlemlenmiştir.

3.2.3. Uygulamanın Kapsamı, Model ve Veri Setinin Tanıtılması

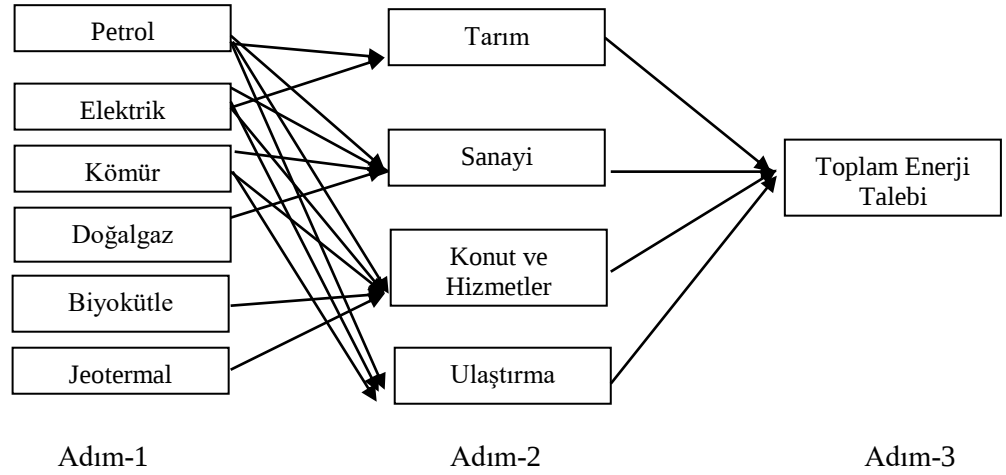
Çalışmada, 1970-2017 döneminde Türkiye’de sektörlerdeki konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kullanımlarının doğrusal bir yapı sergileyip sergilemediği, durağan bir yapı sergileyip sergilemediği ve zaman içerisinde sektörlerde kullanılan enerji miktarları ve enerji kaynakları arasında bir yakınsama ilişkisi olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışmaya ilişkin model ve değişkenlerin belirlenmesi sürecinde Bilgili (2012), Evans ve Karras (1996), Beyaert ve Camacho (2008) ve Lee ve Huh (2017) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Veri seti Enerji İşleri Genel Müdürlüğü-Enerji Denge Tabloları (1970-2017) veri tabanı aracılığıyla oluşturulmuştur. Tarım, sanayi, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektörleri ayrı ayrı ele alınmış ve söz konusu sektörlerde kullanılan enerji miktarı her bir enerji kaynağı için ayrı ayrı incelenerek veri setleri oluşturulmuştur. Sektörler bazında yoğun olarak kullanılan enerji kaynaklarından fosil yakıt olarak taşkömürü, linyit, asfaltit, ikincil kömür ve petrokok toplamından oluşan kömür, petrol ve doğalgaz; yenilenebilir kaynaklar olarak odun, hayvansal ve bitkisel atıklar toplamından oluşan biyokütle, jeotermal ve özellikle hidrolik enerjiden elde edilen elektrik enerjisi alınmıştır. Oluşturulan veri setlerinin doğrusal olmayan ve durağan olmayanlıklarını test etmek için doğrusalsızlık testleri ve hem doğrusal olmayan hem de yapısal kırılmalı birim

kök testleri uygulanmıştır. Kaynak bazında oluşturulan bütün serilerin doğrusalsızlık ve durağanlık yapıları tespit edildikten sonra sektörlerde kullanılan enerji miktarlarının ortalama değerleri alınarak panel eşdüzey otoregresyon (TAR) modeli ile yakınsama analizi yapılmıştır. Sektörlerdeki yakınsama ilişkisinin tespit edilmesinin ardından ise kaynak bazındaki yakınsama ilişkisinin araştırılması için yapısal kırılmalı birim kök testlerinden faydalanılmıştır. Doğrusalsızlık testleri R 3.1.1. programı ile, durağanlık sınaması için birim kök testleri Stata ve WinRATS programı ile, yakınsama analizi için uygulanan panel TAR analizi ise Gauss programı aracılığıyla sınanmıştır.

Veri setleri oluşturulurken sektör bazında bir birim üretim yapmak için gerekli enerji miktarının yoğun olarak hangi kaynaktan sağlandığı göz önünde bulundurulmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus; örneğin tarım sektöründe üretim için gereken enerji miktarı petrol, elektrik, jeotermal ve doğalgaz kaynaklarından sağlanmaktayken, analiz için yalnızca petrol ve elektrik değerleri kullanılmıştır. Çünkü petrol ve elektrik, sektörün katma değer yaratması için gereken enerji miktarının incelenen dönemde ortalama % 97'sini karşılamaktadır. Bu sektördeki jeotermal ve doğalgaz verileri hem kesikli olduğundan (sırasıyla 2008 ve 2009 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından) hem de sektör hasılasına katkısı çok küçük olduğundan (iki kaynağın sektöre katkısı ortalama % 3'tür) anlamlı bulgular vermemiş bu nedenle de analize dâhil edilmemiştir. Aynı durum sanayi sektöründe güneş ve jeotermal (sırasıyla 1988 ve 2000 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından ve iki kaynağın sektöre katkısı ortalama % 2 olduğundan), konut ve hizmetler sektöründe güneş ve doğalgaz (sırasıyla 1986 ve 1988 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından, burada aslında iki kaynağın sektöre katkısı ortalama %10'dur ve ihmal edilemeyecek düzeydedir, ancak söz konusu seriler kısıtlı bir dönemi kapsadığından analiz için anlamlı bulgular taşımamaktadırlar), ulaştırma sektöründe ise doğalgaz ve biyokütlede (sırasıyla 1994 ve 2006 yılından itibaren kullanılmaya başlandığından ve iki kaynağın sektöre katkısı ortalama %1 olduğundan) geçerli olduğundan sektörlerde söz konusu kaynaklar analiz kapsamına alınmamıştır. Şekil 24'te görüldüğü gibi sektörlerin katma değer yaratma sürecindeki enerji ihtiyacını karşılayan temel kaynaklar aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Şekil 24: Yakınsama Analizi için Sektör-Kaynak Ayrıştırması



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Bu aşamadan sonra hazırlanan veri setleri ile doğrusalsızlık-durağanlık ve yakınsama analizlerine geçilebilmektedir. Diğer taraftan çalışmada analizi kolaylaştırmak amacıyla bütün serilerin logaritmik değerleri alınmış ve analizlere yüzde değişim cinsinden devam edilmiştir. Analiz bulgularını raporlamadan önce değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiklere Tablo 22’de yer verilmiştir.

Tablo 22: Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişkenler		Ortalama Değer	Ortanca Değer	En Yüksek Değer	En Küçük Değer	Standart Sapma
Tarım	Petrol	7,505	7,771	8,401	6,228	0,582
	Elektrik	4,277	4,538	6,447	1,098	1,691
Sanayi	Kömür	8,635	8,703	9,568	7,462	0,649
	Petrol	8,151	8,358	8,591	7,106	0,443
	Elektrik	7,842	7,936	9,197	5,983	0,894
	Doğalgaz	6,586	7,568	9,109	1,945	2,332
Konut ve Hizmetler	Kömür	7,946	7,879	8,954	7,048	0,535
	Biyokütle	8,671	8,817	8,994	7,621	0,350
	Petrol	7,685	7,730	8,277	6,689	0,426
	Jeotermal	5,708	6,009	7,186	3,135	1,221
	Elektrik	7,540	7,654	9,273	5,370	1,194
Ulaştırma	Kömür	4,252	4,998	6,359	1,386	1,738
	Petrol	9,125	9,221	10,231	7,880	0,593
	Elektrik	3,484	3,725	4,672	1,945	0,782

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

3.2.4. Uygulama, Bulgular ve Bulguların Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde sektörlerde ihtiyaç duyulan enerji miktarları kaynak bazında ayrıştırılarak her bir sektör için farklı zaman serileri oluşturulmuştur. Bu zaman serilerine yapılan doğrusalsızlık analizleri BDS, Terasvirta ve White testleri aracılığıyla sınanmıştır. Doğrusalsızlık test bulguları birbirinden farklılık gösterdiği için durağanlık sınaması hem doğrusal olmayan birim kök testlerinden KSS ile hem de yapısal kırılmaları dikkate alan doğrusal CMR birim kök testleri ile yapılmıştır. Serilerin doğrusallık ve durağanlık özelliklerinin belirlenmesinin ardından sektörlerde kullanılan ortalama enerji miktarları dikkate alınarak panel TAR modeli aracılığıyla sektörlerin zaman içerisindeki yakınsama eğilimleri ve sektörlerdeki yakınsamaya hangi kaynakların neden olduğunun bulguları raporlanmıştır. Böylelikle aslında çalışmada hem sektörlerdeki kaynaklardan elde edilen enerji miktarları tek tek incelenerek tek bir değişkenin zaman içerisindeki hareketi (univariate) incelenmiş hem de sektörlerdeki ortalama enerji tüketim eğilimleri dikkate alınarak birden fazla değişkenin zaman içerisindeki birlikte değişimi (multivariate) gözlemlenmiştir. Böylelikle hem doğrusallık-doğrusalsızlık hem de zaman serisi-panel veri özelliklerinden faydalanılarak sektörlerdeki enerji yapısı derinlemesine analiz edilmeye çalışılmıştır.

3.2.4.1. Doğrusalsızlık Test Bulguları

Bu bölümde sektörlerde kullanılan enerji miktarlarının kaynak bazında doğrusal yapı taşıyıp taşımadığı parametrik yaklaşımlarla araştırılmıştır. Model parametrelerin tahminine geçmeden önce değişkenlerin doğrusallık ve durağanlık özellikleri belirlenmiştir. Bu bağlamda öncelikle değişkenlerin doğrusal bir yapıya uyup uymadıklarını belirlemeye yönelik BDS Testi, White Testi ve Terasvirta Testi uygulanmıştır.

BDS testinin diğer doğrusallık testlerinden farklı olarak boş ve alternatif hipotezleri aşağıda yer verildiği gibi ifade edilmektedir. Boş hipotezin reddedilmesi model hata terimlerin doğrusal bağımlı olmadığını ifade etmektedir.

H_0 : Model Doğrusal Bağımlıdır (Seri bağımsız ve özdeş dağılır).

H_1 : Model Doğrusal Bağımlı Değildir (Seri bağımsız ve özdeş dağılmaz).

Tablo 23: Tarım Sektörü BDS Testi Bulguları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri	
	Petrol	Elektrik
2	27.096/0.000	1474.221/0.000
3	29.008/0.000	2664.857/0.000
4	31.408/0.000	5238.733/0.000
5	34.933/0.000	11142.473/0.000
6	39.669/0.000	25190.705/0.000

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 24: Sanayi Sektörü BDS Testi Bulguları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri			
	Kömür	Petrol	Elektrik	Doğalgaz
2	37.904/0.000	7.436/0.000	50.254/0.000	45.992/0.000
3	41.969/0.000	6.963/0.000	60.974/0.000	78.684/0.000
4	47.633/0.000	6.268/0.000	75.412/0.000	147.484/0.000
5	55.357/0.000	5.795/0.000	96.64/0.000	304.559/0.000
6	66.083/0.000	5.424/0.000	128.422/0.000	683.953/0.000

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 25: Konut ve Hizmetler Sektörü BDS Testi Bulguları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri				
	Kömür	Biyokütle*	Petrol	Jeotermal	Elektrik
2	12.478/ 0.000	-	4.046/0.000	3270.315/0.000	3270.315/0.000
3	12.094/0.000	-	3.897/0.000	4743.592/0.000	4743.592/0.000
4	11.585/0.000	-/0.000	3.382/0.000	7215.643/0.000	7215.643/0.000
5	11.199/0.000	-/0.000	2.806/0.005	11615.054/0.000	11615.054/0.000
6	11.054/0.000	-/0.000	2.356/0.018	19661.142/0.000	19661.142/0.000

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

*Biyokütle serisinde yakınsama sorunu olduğundan BDS test istatistiği hesaplanamamış, yalnızca olasılık değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 26: Ulaştırma Sektörü BDS Testi Bulguları

Boyut	BDS İstatistiği / Olasılık Değeri		
	Kömür	Petrol	Elektrik
2	20.968/0.000	23.115/0.000	59.492/0.000
3	29.618/0.000	23.273/0.000	69.433/0.000
4	43.306/0.000	23.269/0.000	83.174/0.000
5	67.604/0.000	23.639/0.000	102.784/0.000
6	110.913/0.000	24.615/0.000	131.564/0.000

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 23, 24, 25 ve 26’da yer alan ve her bir sektördeki farklı kaynaklarda 6 farklı boyut ele alınarak hesaplanan test istatistiği olasılık değerleri % 5 önem düzeyinde anlamlı olduğundan boş hipotez reddedilerek alternatif hipotez kabul edilmektedir. Dolayısıyla her bir sektördeki değişkenlerin ortak bileşenini gösteren hata teriminin ve modelin doğrusal olmayan dinamikler taşıdığı tespit edilmiştir. Bunun anlamı; BDS test sonucuna göre serilerin doğrusal olmayan modeller yardımı ile analiz edilmesinin sektörlerde kullanılan enerji kaynakları hakkında daha ayrıntılı bilgi sunacağıdır.

Diğer taraftan BDS testi sonucunda elde edilen bulgular Terasvirta ve White Neural Network gibi farklı doğrusalsızlık testleri ile de sınanmış, serilerin doğrusalsızlıklarına bütün test bulguları dikkate alınarak karar verilmiştir. Bu testler kapsamında oluşturulan hipotezler;

H_0 : Seri Doğrusaldır.

H_1 : Seri Doğrusal Değildir şeklindedir.

Tablo 27: Tarım Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları

	Terasvirta Neural Network Test		White Neural Network Test	
	Petrol	Elektrik	Petrol	Elektrik
χ^2 İstatistik Değeri	8.098	7.362	7.523	1.928
F İstatistik Değeri	4.135	3.730	3.818	0.922
χ^2 Olasılık Değeri	0.017	0.025	0.023	0.381
F Olasılık Değeri	0.022	0.031	0.029	0.405*

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 28: Sanayi Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları

	Terasvirta Neural Network Test				White Neural Network Test			
	Kömür	Petrol	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Petrol	Elektrik	Doğalgaz
χ^2 İstatistik Değeri	10.467	1.899	2.232	6.621	7.931	1.524	2.256	13.033
F İstatistik Değeri	5.487	0.908	1.071	3.329	4.042	0.726	1.083	7.095
χ^2 Olasılık Değeri	0.005	0.386	0.327	0.036	0.018	0.466	0.323	0.001
F Olasılık Değeri	0.007	0.410*	0.351*	0.046	0.024	0.489*	0.347*	0.002

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 29: Konut ve Hizmetler Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları

	Terasvirta Neural Network Test					White Neural Network Test				
	Kömür	Biyokütle	Petrol	Jeotermal	Elektrik	Kömür	Biyokütle	Petrol	Jeotermal	Elektrik
χ^2 İstatistik Değeri	0.259	0.438	3.562	2.735	2.735	0.182	0.022	4.133	1.292	1.9
F İstatistik Değeri	0.122	0.206	1.733	1.319	1.319	0.085	0.010	2.023	0.614	0.908
χ^2 Olasılık Değeri	0.878	0.803	0.168	0.254	0.254	0.912	0.989	0.126	0.524	0.386
F Olasılık Değeri	0.885*	0.814*	0.188*	0.277*	0.277*	0.918*	0.989*	0.144*	0.545*	0.410*

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 30: Ulaştırma Sektörü Terasvirta ve White Neural Network Testi Bulguları

	Terasvirta Neural Network Test			White Neural Network Test		
	Kömür	Petrol	Elektrik	Kömür	Petrol	Elektrik
χ^2 İstatistik Değeri	12.462	4.184	1.526	13.406	4.392	1.444
F İstatistik Değeri	6.952	2.049	0.727	7.606	2.156	0.687
χ^2 Olasılık Değeri	0.001	0.123	0.466	0.001	0.111	0.485
F Olasılık Değeri	0.003	0.140*	0.488*	0.002	0.127*	0.508*

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 27, 28, 29 ve 30'daki bulgulara göre; serilerin doğrusal olduğunu savunan boş hipotez % 5 önem düzeyinde * ile belirtilen seriler hariç diğer seriler için reddedilmiştir. Böylelikle her üç doğrusalsızlık testi bulguları dikkate alındığında; BDS test istatistiği serilerin doğrusal olmadığını, Terasvirta ve White test istatistiği bulguları ise özellikle konut ve hizmetler ve ulaştırma sektöründe kullanılan enerjinin kaynaklar bazında doğrusal bir yapıya daha yakın olduğunu göstermektedir. Aslında doğrusallık analizi serilerde tekrar eden düzensiz hareketlerin sıklıklarını ölçmek için kullanıldığından doğrusal olmayan modeller farklı zaman serilerindeki ortalamayı daha iyi modellemektedirler. Böylece çalışmada durağanlık analizi için hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yaklaşımların kullanılmasına karar verilmiştir.

3.2.4.2. Birim Kök Test Bulguları

Serilerin genel olarak doğrusal olmayan yapılarına karar verildikten sonra değişkenlerin durağanlık özellikleri hem doğrusal olmayan birim kök testleri ile hem de yapısal kırılmalı birim kök testleri ile araştırılmıştır. Çünkü değişkenlerin ortak doğrusal olmayan bileşeni aynı zamanda modelin de doğrusal olmadığı yönünde bilgi vermektedir. Bu kapsamda en yaygın olarak kullanılan test yapısal değişimin

yumuşak geçişli olduğu STAR tipi KSS birim kök testidir. (6.8) no'lu denklemde yer verilen $\Delta y_t = \sum_{j=1}^p p_j \Delta y_{t-j} + \delta y_{t-1}^3 + e_t$ fonksiyonel kalıbın kullanılmasıyla analiz edilen bu teste ait hipotez testleri:

$$H_0: \theta = 0 \text{ (Birim kök vardır, seri durağan değildir)}$$

$$H_1: \theta > 0 \text{ (Birim kök yoktur, seri durağandır) şeklindedir.}$$

Tablo 31: Sektör-Kaynak Bazında KSS Birim Kök Testi Bulguları

Değişkenler	Gecikme	KSS İstatistiği	%5 Anlamlılık Düzeyi	Karar
Tarım				
Petrol	0	-2.902	-2.782	I(0)*
Elektrik	2	0.129	-2.782	I(1)
Sanayi				
Kömür	0	-1.960	-2.782	I(1)
Petrol	0	-2.136	-2.782	I(1)
Elektrik	3	0.248	-2.782	I(1)
Doğalgaz	1	-1.431	-2.782	I(1)
Konut ve Hizmetler				
Kömür	0	-0.854	-2.782	I(1)
Biyokütle	0	4.295	-2.782	I(1)
Petrol	0	-1.424	-2.782	I(1)
Jeotermal	3	-1.946	-2.782	I(1)
Elektrik	3	0.293	-2.782	I(1)
Ulaştırma				
Kömür	0	1.524	-2.782	I(1)
Petrol	0	1.977	-2.782	I(1)
Elektrik	0	-0.386	-2.782	I(1)

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Not: * ile belirtilen seri %5 önem düzeyinde birim kök içermemektedir yani düzeyde durağandır.

Her bir sektörde kullanılan mevcut kaynak bazındaki birim kök test bulgularına Tablo 31’de yer verilmiştir. Tahmin edilen modele ait KSS testinden elde edilen test istatistikleri kritik değerle karşılaştırılmaktadır. KSS test istatistikleri, % 5 anlamlılık düzeyinden büyük olduğunda serinin birim köklü olduğuna yönelik boş hipotez reddedilememektedir. Boş hipotezin reddedilmesi serinin durağan bir yapıda olduğuna işaret etmektedir. Tablo 31’de uygun gecikme uzunlukları Bayesian/Schwarz (BIC/SIC) Bilgi Kriterine göre seçilmiştir. Yıllık verilerle çalışılan bu analizde gözlem sayısı (n=48) nispeten az olduğu için serbestlik derecesini artırmak amacıyla daha düşük gecikme değeri seçen SIC Bilgi Kriteri dikkate alınmıştır. Tarım sektöründe kullanılan petrol serisi hariç bütün değişkenlere

ait KSS test istatistiklerinin % 5 önem düzeyinde kritik değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tarım sektöründeki petrol serisi hariç bütün değişkenler birim kök içermektedir diğer bir ifadeyle seriler doğrusal olmadığı gibi durağan da değildir.

Zaman serileri, incelenen dönem içerisinde ortaya çıkan yapısal değişimler, rejim değişimleri ve krizlerin etkisiyle birden fazla yapısal kırılma yaşayabilmektedir. Bu sebeple değişkenlerin birim kök özellikleri araştırılırken yapısal kırılmaların göz önünde bulundurulması ulaşılan bulguların güvenilirliği ve testin gücü açısından büyük önem taşımaktadır. Yapısal kırılmanın mevcut olduğu durumlarda, serilerden tahmin edilen regresyon doğrusu gerçek regresyon doğrusundan farklı olmakta ve tahmin bulgularının zayıflamasına yol açmaktadır (Perron, 1989: 1361). Bu nedenle çalışmada KSS testinin yanı sıra iki yapısal kırılmanın varlığını dikkate alan Clemente-Montanes-Reyes (1998) birim kök testi uygulanmıştır. CMR (1998) testi diğer birim kök testlerinden farklı olarak, serinin ortalamasındaki anlık değişimi Additive Outliner (AO) modeli ile ve kademeli değişimi Innovation Outliner (IO) modeli ile dikkate alarak tahminde bulunmaktadır. (8.1)'deki modelin test edilmesiyle yapısal kırılmaların varlığında birim kök analizi yapan bu testin hipotezleri;

H_0 : Birim kök vardır, seri durağan değildir.

H_1 : Birim kök yoktur, seri durağandır.

Tablo 32: Sektör-Kaynak Bazında Clemente-Montañes-Reyes (1998) Birim Kök Testi Bulguları

Değişkenler	Additive Outliers (AO)		Innovative Outliers (IO)	
	min t	Kırılma Tarihi	min t	Kırılma Tarihi
Tarım				
Petrol	-4.206	1983,1994	-4.190	1980,1991
Elektrik	-3.257	1984,1996	-4.291	1974,1989
Sanayi				
Kömür	-4.033	1985,1997	-4.914	1982,1994
Petrol	-3.547	1978,2006	-3.413	2005,2014
Elektrik	-3.092	1986,2003	-3,830	1982,2001
Doğalgaz	-2.494	1987,2002	-4.287	1982,1986
Konut ve Hizmetler				
Kömür	-2.962	1979,2009	-4.563	1978,2006
Biyokütle	-2.316	2002,2012	-5.335	1978,2006
Petrol	-3.167	1988,2007	-5.812*	1985,2004
Jeotermal	-3.957	1985,2000	-5.570*	1980,2008
Elektrik	-2.925	1988,2001	-4.228	1972,1984
Ulaştırma				
Kömür	-3.237	1985,1991	-3.064	1984,1996
Petrol	-3.275	1989,2008	-2.911	1984,2002
Elektrik	-3.049	1984,1994	-3.593	1984,2010

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Not: %5 önem düzeyinde kritik değer -5.490'dır. * ile ifade edilen seriler % 5 önem düzeyindeki kritik değerden küçük olduğundan bu seriler birim kök içermemektedir diğer bir ifadeyle bu seriler durağandır.

Tablo 32'de CMR (1998) modeli tahmin bulguları yer almaktadır. Konut ve hizmetler sektöründe * ile belirtilen petrol ve jeotermal kaynakların kademeli değişimleri ölçen model altındaki değerleri hariç bütün değişkenlerde her iki modele ait test istatistik değerleri kritik değerlerden daha büyüktür. Bu durumda boş hipotez kabul edilmektedir. Bu ise değişkenlerin yapısal kırılmalarla birlikte birim kök içerdiğini göstermektedir. Ayrıca CMR testinde içsel olarak belirlenen yapısal kırılma tarihlerinin ortak bir yapı izlemediği (petrol krizi, küresel kriz gibi dönemlerden ortak olarak etkilenmediği), diğer bir ifadeyle kaynak bazında kırılmaların farklı yapısal değişim dönemlerinde meydana geldiği gözlemlenmektedir.

KSS testi ile sınanan serilerin birim kök içerdikleri ve durağan bir yapıda olmadıkları bulgusu CMR test bulgularıyla da pekiştirilmiştir. Buna göre doğrusal bir yapı izlemeyen seriler aslında durağan bir süreç de izlememektedirler. Bu bulgular yani birim kökün olması aslında serilerin geçmiş dönemde meydana gelen şokların

etkisinde kaldıklarını ve bir anlamda seriler arasında bir yakınsama ilişkisinin olmadığını gösterir niteliktedir.

3.2.4.3. Sektörlerarası Yakınsama Analiz Bulguları

Bu bölüm sektörlerde kullanılan toplam enerji miktarları arasında zaman içerisinde bir yakınsama ilişkisinin olup olmadığını ortaya koymaktadır. Tablo 33 panel doğrusalsızlığa karşılık panel doğrusallığın, panel yakınsamaya karşın ıraksama hipotezlerinin test bulgularını sunmaktadır. İstatistiksel bulgular, doğrusal model için 1(a)'da ve TAR modeli için 1(b)'de verilmektedir.

Tablo 33: Sektör Bazında Panel TAR Yakınsama Analiz Bulguları

1(a) Doğrusal Model					
İraksama- Yakınsama			Mutlak-Koşullu Yakınsama		
0.294 İraksama			0.505 -		
1(b) TAR Model					
Doğrusallık Testi		Geçiş Değişkeni	d	λ	Rejim-1 Gözlem Sayısı (%)
Kısıtlanmamış 0.075	Kısıtlanmış 0.080	Sektörlerin Toplam Enerji Kullanım Miktarları	1	-7.71	11.36
Yakınsama Testi					
İraksama- Yakınsama			Mutlak-Koşullu Yakınsama		
Rejim-1	Rejim-2	İkiside	Rejim-1	Rejim-2	İkiside
0.339	0.008	0.245	0.587	0.640	0.735
Rejim-II’de Kısmi Yakınsama			Rejim-II’de Mutlak Yakınsama		

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Not: Test kapsamında yer verilen olasılık değerleri bootstrap-p değerleridir. Gecikme uzunluğu, genelleştirilmiş en küçük kareler (FGLS) tarafından tahmin edilen lineer panel kalıntılarında otokorelasyon sorununun olmadığı en uygun değer olan 2 olarak seçilmiştir. Ayrıca rejimler toplam enerji tüketimin göre belirlenmiştir.

Sektörlerin ortalama enerji kullanım miktarlarını yansıtan seriler doğrusal olmadığından normal dağılım da göstermez, bu nedenle normal dağılım altındaki t istatistik ve p olasılık değerlerine bakmak yanlış sonuçlar verebileceğinden yakınsama analizinde bootstrap-p olasılık değerleri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda ilk olarak (13) numaralı denklemde yer alan doğrusal model sektör ortalamaları

alınarak çözümlenmiş ve bootstrap-p olasılık değeri $0.294 > 0.05$ olduğundan yakınsama olmadığı H_0 boş hipotezi reddedilememiştir. Diğer bir ifadeyle doğrusal model sektörlerin yaklaşık 48 yıllık bir dönemde herhangi bir yakınsama ilişkisi sergilemediğini göstermiştir. Bu nedenle koşullu yakınsamaya karşın mutlak yakınsama testi anlamlılığını yitirmiştir.

İkinci olarak Denklem (14)'de yer verilen model çözümlemesiyle doğrusal olmayan panel TAR modeli kullanılarak yakınsama analizi yapılmıştır. Burada hem kısıtlanmamış hem de kısıtlanmış bootstrap p-değerleri standart % 5 kritik değerin üzerinde olduğundan doğrusallık testi bulguları TAR spesifikasyonunu desteklemektedir. Doğrusal olmayan bu panel TAR analizi altında analiz bulguları rejim-I altında ıraksama-ayırışma ($0.339 > 0.05$ olduğundan H_0 boş hipotezi reddedilemez) ve rejim-II altında ise ($0.008 < 0.05$ olduğundan H_0 boş hipotezi reddedilir) yakınsama hipotezini desteklemektedir. Burada bir rejimden diğerine geçişi belirleyen geçiş değişkeni (eşik değer) olarak sektörlerin enerji kullanım miktarlarının ağırlıklı ortalamasından oluşan toplam enerji kullanım değerleri alınmıştır. Sektörlerin ağırlıklı ortalamasından oluşan bu değer yakınsama sürecinin temsilcisi olarak görülebileceğinden bu değişken endojen olarak seçilmiştir. Eşik parametresi λ , -7.71 olarak tahmin edilmiştir. Bu, Rejim-1'in, ortalama enerji kullanım değerleri artış hızının, sektörlerin toplam enerji kullanımından 7.71 puandan daha düşük olduğu anlamına gelir. Yani, Rejim-I, toplam enerji kullanımının tek tek sektörler ele alındığında biraz daha yavaş büyüdüğünü ifade etmektedir. Bu rejim, örneklemin % 11,36 oranındaki gözlemlerine tekabül etmektedir. Bunun tersine, örneklemin % 88,64'ünde hüküm süren Rejim II, sektörlerin ortalamanın üzerinde artış sergilediğini göstermektedir.

Genel bulgular; her iki rejim altında sektörlerde yalnızca Rejim-II'de kısmi bir yakınsamanın bulunduğunu, bunun ise mutlak bir yakınsama olduğunu göstermektedir. Mutlak yakınsama hipotezi, yakınsak sektörlerin aynı istikrarlı yapıyı paylaşımları anlamına gelirken, koşullu yakınsama rastlantı olmasa da paralel yolların varlığına işaret eder. Ancak mutlak yakınsama sektörler arasındaki yapısal farklılıkları dikkate almamaktadır.

3.2.4.4. Kaynak Bazında Yakınsama Analiz Bulguları

Sektör bazında test edilen yakınsama analiz bulguları, sektörlerin ele alınan dönem boyunca kısmi bir yakınsama içerisinde olduğunu göstermiştir. Bu noktada söz konusu bu yakınsamaya hangi kaynakların neden olduğu büyük önem taşımaktadır. Çünkü sektörlerin üretim sürecinde kullandıkları enerji girdisi fosil yakıt bazlı kaynaklar aracılığıyla yakınsıyor ise yenilenebilir enerjinin kullanımının ve politikaların istenen bulguları vermediğini ve üretim sürecinde hâlâ yoğun olarak fosil yakıt bazlı kaynakların ön planda olduğunu söylemek mümkün olacaktır.

Bu amaçla bu bölümde kaynak bazındaki yakınsama ilişkisi literatürdeki çalışmalardan (Meng ve diğerleri (2013), Lean ve Smyth (2015), Payne ve diğerleri (2017))'nin çalışmaları dikkate alınarak birim kök testleri aracılığıyla araştırılmıştır. Ancak bu çalışmalardan farklı olarak kaynak bazındaki yakınsama ilişkisi hem iki farklı yapısal kırılmanın varlığını dikkate alması hem de küçük örneklemelerde daha etkin bulgular vermesi sebebiyle Lumsdaine-Papell birim kök testi ile sınanmıştır. Sektörler içerisinde yoğun olarak kullanılan kaynaklar arasındaki bu yakınsama ilişkisi sınanırken her bir sektördeki kaynaklar ikili ikili ele alınarak fark serileri oluşturulmuş ve bu fark serilerinin durağanlığı araştırılmıştır. Çünkü eğer iki serinin farklarından oluşan bu yeni seri durağan bir süreç izliyorsa diğer bir ifadeyle fark serileri zaman içerisinde ortalama bir değere yaklaşıyorsa bu durum söz konusu iki kaynağın yakınsadığı anlamına gelmektedir. Kaynak yakınsama analiz bulgularını gösteren Lumsdaine-Papell yapısal kırılmalı birim kök test bulgularına Tablo 34'te yer verilmiştir.

Tablo 34: Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi ile Kaynak Bazında Yakınsama Analiz Bulguları

Sektörler	Kaynaklar				
Tarım/Sanayi	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol-Elektrik	Petrol-Doğalgaz	-
	-6,07 (1981,2007)	-7,95** (1989,2006)	-5,44 (1981,2009)	-6,46* (1982,1987)	
	Elektrik-Kömür	Elektrik-Petrol	Elektrik-Elektrik	Elektrik-Doğalgaz	-
	-5,31 (1976,1991)	-3,54 (1993,2003)	-4,50 (1990,2010)	-7,96** (1988,1998)	
Tarım/ Konut ve Hizmetler	Petrol-Kömür	Petrol-Biyokütle	Petrol-Petrol	Petrol-Jeotermal	Petrol-Elektrik
	-6,16* (1997,2007)	-4,40 (1978,1983)	-5,47 (1981,2005)	-5,96 (1983,2009)	-5,35 (1981,2009)
	Elektrik-Kömür	Elektrik-Biyokütle	Elektrik -Petrol	Elektrik-Jeotermal	Elektrik-Elektrik
	-4,53 (1997,2007)	-4,42 (1991,2008)	-5,71 (2000,2005)	-7,19** (1983,2008)	-3,49 (1989,2008)
Tarım/ Ulaştırma	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol-Elektrik	-	-
	-3,60 (1988,2009)	-5,02 (1979,2009)	-3,85 (1979,2003)		
	Elektrik-Kömür	Elektrik-Petrol	Elektrik-Elektrik	-	-
	-4,69 (1980,1989)	-3,41 (2000,2010)	-4,47 (1986,2011)		
Sanayi/Konut ve Hizmetler	Kömür-Kömür	Kömür-Biyokütle	Kömür-Petrol	Kömür-Jeotermal	Kömür-Elektrik
	-8,53** (1995,2007)	-5,74 (1977,2007)	-5,17 (1999,2005)	-6,10 (1983,2008)	-6,05 (1983,2007)
	Petrol-Kömür	Petrol-Biyokütle	Petrol-Petrol	Petrol-Jeotermal	Petrol-Elektrik
	-5,46 (1997,2007)	-5,25 (1982,2006)	-3,76 (1984,1995)	-6,94** (1989,2008)	-4,45 (1995,2004)
	Elektrik-Kömür	Elektrik -Biyokütle	Elektrik -Petrol	Elektrik -Jeotermal	Elektrik-Elektrik
	-7,85** (1981,2007)	-2,89 (1978,2010)	-10,20** (2005,2011)	-5,97 (1983,1996)	-4,16 (1990,1996)
	Doğalgaz-Kömür	Doğalgaz-Biyokütle	Doğalgaz-Petrol	Doğalgaz-Jeotermal	Doğalgaz-Elektrik
	-5,94 (1988,2007)	-6,04 (1988,1998)	-6,25* (1987,2005)	-7,17** (1988,2008)	-5,41 (1988,2008)

Tablo 34'ün devamı

Sanayi/Ulaştırma	Kömür-Kömür	Kömür-Petrol	Kömür-Elektrik	-	-
	-4,61 (1980,1988)	-4,62 (2007,2012)	-4,32 (2003,2012)		
	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol-Elektrik	-	-
	-4,51 (1978,1987)	-3,49 (1992,2005)	-4,79 (1979,2008)		
	Elektrik-Kömür	Elektrik-Petrol	Elektrik-Elektrik	-	-
	-3,27 (1989,1993)	-5,48 (1978,2012)	-5,09 (1976,2007)		
	Doğalgaz-Kömür	Doğalgaz-Petrol	Doğalgaz-Elektrik	-	-
	-4,44 (1987,2007)	-5,92 (1987,2012)	-5,93 (1988,2012)		
Konut ve Hizmetler/Ulaştırma	Kömür-Kömür	Kömür-Petrol	Kömür-Elektrik	-	-
	-5,47 (1985,2012)	-6,94** (1979,2007)	-7,29** (1979,2007)		
	Biyokütle-Kömür	Biyokütle-Petrol	Biyokütle-Elektrik	-	-
	-2,72 (2005,2010)	-4,30 (1978,2010)	-7,32** (1983,2007)		
	Petrol-Kömür	Petrol-Petrol	Petrol-Elektrik	-	-
	-5,29 (1978,1996)	-8,02** (2005,2011)	-6,82** (2000,2011)		
	Jeotermal-Kömür	Jeotermal-Petrol	Jeotermal-Elektrik	-	-
	-7,54** (1993,1996)	-6,16* (1983,2010)	-5,91 (1983,2007)		
	Elektrik-Kömür	Elektrik-Petrol	Elektik-Elektrik	-	-
	-3,20 (1988,2008)	-3,44 (1990,2010)	-4,54 (2007,2012)		

Kaynak: Yazar tarafından hesaplanmıştır.

Notlar: Kaynakların altında belirtilen ilk değerler fark serilerinin t istatistik değerlerini, parantez içerisindeki değerler ise sabit model altındaki iki farklı kırılma tarihini göstermektedir. Sütundaki sektörler ve satırdaki kaynaklar sırasıyla eşleştirilmiştir. (Örn; tarım/sanayi ve petrol-kömür kesişimi tarımda kullanılan petrolün sanayide kullanılan kömür ile yakınsayıp yakınsamadığını test etmektedir) % 1 ve % 5 anlamlılık düzeyinde kritik değerler sırasıyla -6,74 ve -6,16'dır. Tabloda ** ile belirtilen değerler serilerin %1 önem düzeyinde, * ile belirtilen değerler ise serilerin % 5 önem düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 34'te sektör-kaynak bazında yakınsama analizi için sabitli model altındaki Lumsdene-Puppell test istatistikleri % 1 ve % 5 önem düzeyindeki kritik değerlerle karşılaştırılmış ve t istatistik değeri kritik değeri aşarsa serinin durağan olduğu boş hipotezi reddedilmiştir. Buna göre * ve ** ile belirtilen fark serilerinde t istatistik değeri kritik değerlerden daha küçük olduğundan boş hipotez reddedilmemiş ve serilerin birim kök içermediğine ve iki farklı kırılma altında durağan olduğuna karar verilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak tarım sektörünün diğer sektör kaynaklarıyla ilişkisi incelendiğinde tarım sektöründe kullanılan petrolün sanayide kullanılan petrol ve doğalgazla ve konut ve hizmetler sektöründe kullanılan kömür ile, tarımda kullanılan elektriğin sanayide kullanılan doğalgazla ve konut ve hizmetler sektöründe kullanılan jeotermal ile yakınsama eğiliminde olduğu, tarım sektörüyle ulaştırma sektörü arasında ise hiçbir kaynakta yakınsama ilişkisi olmadığı gözlemlenmiştir. İkinci olarak sanayi sektörünün diğer sektörde kullanılan enerji kaynaklarıyla olan ilişkisine bakıldığında, sanayide kullanılan kömürün konut ve hizmetlerdeki kömür ile, sanayide kullanılan petrolün konut ve hizmetlerde kullanılan jeotermal ile, sanayide kullanılan elektriğin konut ve hizmetlerdeki kömür ve petrol ile ve sanayide kullanılan doğalgazın konut ve hizmetlerdeki petrol ve jeotermal ile yakınsama ilişkisi içerisinde olduğu görülmektedir. Tarım sektöründe olduğu gibi sanayi sektörüyle ulaştırma sektörü arasında da hiçbir kaynakta yakınsama ilişkisi söz konusu değildir. Son olarak konut ve hizmetler sektörü ile ulaştırma sektörü arasındaki ilişkiye bakıldığında, konut ve hizmetlerdeki kömürün ulaştırmadaki petrol ve elektrik ile, konut ve hizmetlerdeki biyokütlenin ulaştırmadaki elektrik ile, konut ve hizmetlerdeki petrolün ulaştırmadaki petrol ve elektrik ile, son olarak konut ve hizmetlerdeki jeotermalin ulaştırmadaki kömür ve petrol ile bir yakınsama içerisinde olduğunu söylemek mümkündür. Böylelikle ulaştırma sektöründe kullanılan kaynakların yalnızca konut ve hizmetler sektöründe kullanılan kaynaklarla bir yakınsama içermesi ve bu yakınsamanın diğer sektörlerle kıyasla daha fazla kaynak arasında meydana gelmesi de dikkat çeken bir diğer unsurdur.

Bu bulgulara bakıldığında; sektörlerde kullanılan enerji kaynaklarının diğer sektörlerdeki kaynaklarla olan yakınsama ilişkilerinin yoğun olarak kömür, petrol,

doğalgaz gibi fosil yakıtlar ve de ikincil enerji kaynağı olarak elektrik⁸ aracılığıyla oluştuğu gözlemlenmiştir. Biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynakların dahi diğer sektörlerde petrol, kömür gibi fosil kaynaklarla yakınsaması göze çarpan bir diğer bulgudur. Bu kapsamda, bir önceki analizde tarım, sanayi, konut ve hizmetler ve ulaştırma sektörlerinin enerji kullanımlarında gözlemlenen kısmi yakınsama ilişkisi kaynak bazına indirgenip incelendiğinde bu yakınsamaya fosil yakıtların neden olduğu açıkça görülmektedir.

Burada fosil ya da yenilenebilir kaynakların elektrik ile yakınsaması fosil-fosil yenilenebilir-fosil ya da yenilenebilir-yenilenebilir olarak ortaya çıkabilir. Bu nedenle elektrik enerjisi kaynağı ile olan yakınsamalar hakkında net bir çıkarımda bulunmak doğru değildir. Burada yalnızca söz konusu bu yakınsama yenilenebilir kaynaklı bir yakınsama ilişkisi ise çevresel baskı üzerindeki etkiyi azaltırken, fosil yakıtların neden olduğu bir yakınsama ilişkisiyse çevresel baskıyı artıracakı öngörüsünde bulunulabilir.

⁸ Elektrik, birincil enerji kaynaklarının dönüşüm geçirmesiyle elde edilen ikincil bir enerji kaynağı olmasına rağmen burada birincil enerji kaynakları arasında analize dâhil edilmiştir. Bunun sebebi elektrik enerjisi elde edilirken kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların yanında yenilenebilir kaynakların da elektrik enerjisi üretiminde önemli bir payının bulunması ve eğer elektriğin yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla üretiliyorsa yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilebileceği tartışmalarıdır. ETKB (2019)'ye göre, 2018 yılında Türkiye'de elektrik üretiminin % 37'si kömürden, % 30'u doğalgazdan, % 20'si hidrolik enerjiden, % 7'si rüzgâr, % 3'ü güneş ve % 3'ü jeotermal enerjiden karşılanmıştır. (Detaylı bilgi için bkz. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>) Hem sektör hem kaynak bazında ayrıştırma yapılan bu çalışmada elektrik enerjisi kaynaklarını da ayrıştırıp analize devam etmek karmaşıklık yaratacağından elektrik enerjisi ayrı bir kaynak olarak ele alınmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekonomik faaliyetin her aşamasında girdi olarak ihtiyaç duyulan enerjinin hangi kaynaklardan, hangi yöntemlerle ve hangi koşullar altında sağlandığı bugünün ve geleceğin dinamiklerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü enerji bir ülkenin yalnızca ekonomik gelişmesinde değil, sosyal ve kültürel kalkınmasında da itici güç unsurudur. Bu nedenle enerjinin elde edilme sürecinde çevreye, iklime ve doğaya yüklediği dışallıklar, ülkelere yüklediği ekonomik maliyetler ve dışa bağımlılığın asgari düzeyde tutulması sürdürülebilirliğin üç boyutu olan büyüme-kalkınma, çevre ve sosyal boyut için gerekli koşuldur. Bu bağlamda enerjinin üretim aşamasından başlayarak iletiminden dağıtımına kadar tüm aşamalarda kesintisiz, düşük maliyetli, çevre üzerinde baskı yaratmayan ve sürekliliği olan politikalar içerisinde sunulması gerekir.

Türkiye’de özellikle büyüme ve artan nüfusun yol açtığı enerji talebindeki artışların yoğun olarak sınırlı doğal kaynaklardan karşılanması sürdürülebilir büyümenin önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Diğer yandan linyit hariç fosil kaynaklar açısından zengin rezervleri bulunmayan ve birincil enerji kaynaklarındaki tüketimi için gerekli ihtiyacını % 75’lerden daha yüksek seviyelerde ithal eden Türkiye’nin dışa bağımlılığı da enerji arz güvenliği açısından ciddi bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Fosil yakıtlı kaynakların ithal edilmesiyle ülkenin cari açığı artmakta, kullanılan fosil yakıtlar sera gazı emisyonlarını artırarak çevresel sürdürülebilirliği engellemektedir. Böylelikle maliyet, çevre ve dışa bağımlılık açısından bu olumsuz üçlü döngü birbirini beslemektedir. Bu sebeple bu çalışmada sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duyduğu enerjinin yaygın olarak hangi kaynaklardan karşılandığı, sektörel üretim sürecinde yenilenebilir enerjinin kullanımına yönelik eğilimlerin olup olmadığı, enerji kullanımlarında sektörler arasında bir yakınsama ilişkisi olup olmadığı, varsa bu yakınsama ilişkisine hangi kaynakların sebep olduğu literatürdeki mevcut çalışmalar incelenerek ve genişletilerek araştırılmıştır.

Sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duydukları enerji miktarları sektör büyümelerine bağlı olarak değişmektedir. Türkiyede sanayi öncesi ekonomisi, sanayi ekonomisi ve sanayi sonrası ekonomisi süreçleri gelişmiş ülkelerde olduğu gibi uzun bir döneme yayılmamış, bu dönüşüm daha kısa sürelerde gerekli altyapılar

oluşturulmadan yaşanmıştır. 1950’li yıllara kadar ekonominin üretici tabanını oluşturan tarım sektörünün 1950’lerden sonra üretim içindeki payı kademeli olarak azalmış, sanayinin payı yavaş bir artış, hizmetlerin payı ise istikrarlı bir artış sergilemiştir. 1980’li yılların başlamasıyla sanayi sektörünün üretimdeki öncülüğü son bulmuş, hizmetler sektörü ise üretimin öncülüğünü üstlenmiştir. Üretimin itici güçleri olan sektörlerdeki bu değişimler göz önüne alındığında sektörlerin büyümesine paralel olarak enerji kullanımlarının bu büyümeden ayrışıp ayrışmadığı, sektörlerde ihtiyaç duyulan enerji miktarlarının nasıl bir yapı izlediği (doğrusallık-durağanlık yapıları) ve hangi kaynaklardan karşılandığı sektör-kaynak bazında ayrıştırılarak incelenmiştir.

Bu amaçla çalışmada öncelikli olarak, Türkiye’de sektörel dönüşümler yaşanırken ve ekonomi büyürken enerji kaynaklarına daha az bağımlı hale gelinip gelinmediği araştırılmıştır. Ayrıklaştırma indeksi bulguları; 1970-2017 döneminde hem ayrı ayrı sektörlerde hem de sektörlerin genel toplamında neredeyse her dönemde göreceli bir ayrıklaştırma ilişkisi olduğuna işaret etmektedir. Bu bulgular, sektörlerin bir birim üretim yapabilmek için kullanmış oldukları enerji miktarlarını azalttığı anlamını taşımaktadır. Ancak bu durum kaynak kullanımının çevre üzerindeki baskıları tam anlamıyla ortadan kaldırmadığını, sadece kaynak kullanımındaki artışın GSYH’daki artıştan daha yavaş bir hızla arttığını göstermektedir. Bu ilişki, incelenen dönemde ülkede sektörel dönüşümlerin hâlâ devam etmesi ve dolayısıyla her bir sektörün üretim sürecine katkısının farklı gelişim trendlerinde olması nedeniyle farklılaşmaktadır. İncelenen dönemde hem tarım sektöründen sanayi ve hizmetler sektörlerine yönelik yaşanan dönüşümler hem de çevrenin gözetildiği teknolojilerin bütün sektörlerde aynı oranda dikkate alınmamasının sektörlerdeki ayrıklaştırma ilişkisini farklılaştırdığı düşünülmektedir.

Çevre üzerindeki baskıların tam anlamıyla ortadan kalkması için gerekli koşul mutlak ayrıklaştırma olmakla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde bu gerçekleşmesi güç bir hedeftir. Bu sebeple incelenen dönemde Türkiye’de neredeyse bütün sektörlerde ve sektörlerin genel toplamında gözlemlenen göreceli ayrıklaştırmanın varlığı; yine de iklim değişiklikleri ile mücadelede, sürdürülebilir ve yeşil bir büyümeye ulaşmada ve verimlilikte olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Ama bu durumdan uzun dönemde net bir şekilde fayda sağlayabilmek için

ayrıklaştırmının sürdürülebilir olması, mutlak ayrıklaştırmaya ulaşmak için daha stratejik tedbirleri benimsemek ve tüm bunlar için de olası kriz dönemlerine karşı alternatif politikalar geliştirmek büyük önem taşımaktadır.

Ayrıklaştırma ilişkinin araştırılmasının ardından çalışmada ikinci olarak, 1970-2017 döneminde Türkiye’de sektör-kaynak bazında enerji yapısı incelenmiştir. Enerji ekonomisi literatüründe yoğun olarak serilerin doğrusal bir yapı sergilediği varsayılarak analizlere başlanmaktadır. Ancak bu çalışmada sektör bazında kullanılan kaynakların dönemler itibarıyla farklılaşmasından ve serilerin kesikli yapısının serilerde doğrusal olmama (serilerde tekrar eden düzensiz hareketler) problemine yol açması ihtimaline karşılık serilere doğrusalsızlık testleri uygulanmıştır. Böylelikle literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada enerji tüketimi sektör-kaynak bazında ayrıştırılarak hem doğrusalsızlık hem de durağanlık ilişkileri dikkate alınmıştır. Doğrusalsızlık için yapılan BDS test bulguları; serilerin doğrusal olmayan bir süreci takip ettiğini göstermiştir. Bu durum hata terimlerinin geçmiş değerleri ile bir bağlantısı olduğunu ve serilerde tekrar eden düzensiz hareketler olduğunu ifade etmektedir. Terasvirta ve White test bulguları ise, konut ve hizmetler ve ulaştırma sektöründe kullanılan enerjinin kaynaklar bazında doğrusal bir yapıya daha yakın olduğunu göstermiştir. Böylelikle sektörlerdeki kaynak bazında ele alınan enerji serileri için durağanlık analizi hem doğrusal olmayan yöntemlerden KSS hem de doğrusal yöntemlerden yapısal kırılmaları dikkate alan CMR birim kök testi ile araştırılmıştır.

KSS test bulguları; tarım sektöründeki petrol serisi hariç diğer bütün serilerin birim kök içerdiklerini yani durağan olmadıklarını göstermiştir. Bunun anlamı, serilerin zaman içerisinde belli bir değere yakınlaşmaması diğer bir ifadeyle sabit ortalama, varyans ve kovaryans değerlerine sahip olmamasıdır. CMR testi ile de aynı bulgulara yani serilerin yapısal kırılmaların varlığında birim kök içerdiği bulgularına ulaşılmıştır. Burada dikkat çeken en önemli unsur; farklı sektörlerdeki aynı kaynakların dahi yapısal kırılma tarihlerinin farklılaşmasıdır. Çünkü kırılmalar yalnızca petrol fiyatlarındaki düşüşler-yükselişler, kurlardaki düşüşler-yükselişler, savaş ve krizler gibi küresel değişkenlerle değil siyasi faktörler, ekonomi politikalarındaki değişimler, sektörel dönüşümlerden kaynaklanan değişimler, ekonomik istikrar, teknolojik değişimler gibi pek çok değişken ile

açıklanabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, ani değişimlerin neden olduğu yapısal kırılmaların yoğun olarak 1983-1989 yılları arasında yaşandığı, kademeli olarak meydana gelen değişimlerin neden olduğu yapısal kırılmaların ise 1978-1984 dönemlerinde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, 1970'lerdeki enerji krizleri ve petrol fiyatlarındaki artışların serilerin üzerinde doğrudan şok etkisi yaratmamış olmakla birlikte kademeli değişimler üzerinde daha fazla etki yaratmış olabileceğini gösterir niteliktedir.

Serilerin durağan bir yapıda olmaması, serinin davranışının yalnızca ele alınan tahmin dönemi için geçerli olacağı anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, böyle bir durumda serinin mevcut özellikleri diğer dönemler için genellenemez ve serilerde meydana gelen şokların etkisi kalıcı olur. Böylelikle enerji kullanımlarının durağan olmayan bir süreci takip etmesi enerji tüketiminde meydana gelen herhangi bir şokun kalıcı olmasına yol açacağından geçmiş dönemler baz alınarak oluşturulan enerji talep yönetimi politikalarının daha kalıcı bir etkisi olabilir. Bu durum enerji politikalarının etkinliği açısından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilse de geçmiş dönemler baz alındığında gelecekteki enerji politikalarının yine fosil kaynaklar ağırlıklı bir yapı ile sürdürüleceği düşüncesi endişe vericidir.

Serilerdeki doğrusalsızlık ve durağanlık yapıları belirlendikten sonraki adımda sektörlerde kullanılan enerji miktarlarının zaman içerisinde yakınsayıp yakınsamadığı (benzer olma eğilimi) rejim kaymalarını dikkate alan ve tahmin aşamasında doğrusal olmayan formları kullanan panel TAR modelleri ile analiz edilmiştir. Enerji ekonomisi literatüründe doğrusal olmayan TAR modellerini kullanarak sektör-kaynak bazında kullanılan bütün enerji kaynaklarının ele alınıp yakınsama analizinin yapıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Bu kapsamda öncelikle doğrusal model altında test edilen analiz bulguları; sektörlerin enerji kullanımlarında herhangi bir yakınsama ilişkisi olmadığını göstermiştir. Sektörel kalıpların değişmesiyle yani zaman içerisinde tarımdan-sanayiye sanayiden ise hizmetler sektörüne yaşanan dönüşüm ile birlikte enerji tüketim kalıpları da değişmektedir. Sektörlerin GSYH içerisindeki paylarının değişimine paralel olarak enerji kullanımlarının GSYH'ya oranı olarak tanımlanan enerji yoğunluğu da belirgin bir şekilde farklılaşmıştır. Bu sebeple incelenen dönemde sektörler arasında mevcut bir yakınsama ilişkisinin olmaması aslında beklenen bir bulgudur. Ancak farklı formlara

sahip iki rejim altında test edilen panel veri analiz bulguları sektörlerin enerji kullanımlarında doğrusal olmayan bir yapıda bulunduklarını göstermektedir. Sonrasında yakınsama hipotezine karşı ıraksama test edilmiş ve Rejim-II altında kısmi bir yakınsama olduğu ve bu yakınsamanın mutlak bir yakınsama ilişkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Bu aşamadan sonra sektörlerin üretim sürecinde kullanmış oldukları enerji miktarları arasında ortaya çıkan bu kısmi yakınsama ilişkisinin hangi kaynaklar aracılığıyla gerçekleştiği araştırılmıştır. Sektör bazındaki yakınsama ilişkisi kaynak bazına indirgenip araştırıldığında bulgular, Türkiye’de incelenen 48 yıllık bu dönem içerisinde yoğun biçimde fosil yakıtlar aracılığıyla bir yakınsama eğilimi olduğunu göstermiştir. Sektörlerde ihtiyaç duyulan enerjinin yoğun olarak fosil yakıtlardan sağlandığı ve bu fosil yakıtların kendi içerisinde bir yakınsama eğilimi içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Diğer taraftan ulaştırma sektörünün yalnızca konut ve hizmetler sektörü ile bir yakınsama ilişkisi içerisinde olması, fosil yakıtların fosil yakıtlarla yakınsaması ve fosil yakıtların elektrik ile de bir yakınsama içerisinde bulunduğu ulaşılan bulgular arasındadır. Böylelikle yapılan analizlerin bulguları toplu olarak değerlendirildiğinde; sektörlerde yalnızca göreceli bir ayrıklaştırma (sektörler büyürken kaynak kullanımı üzerindeki baskının tamamen ortadan kalkmıyor oluşu) olması, kullanılan kaynakların doğrusal ve durağan bir yapı izlememesi nedeniyle yalnızca kısmi ve bunun da mutlak bir yakınsama ilişkisi doğurması ve son olarak bu kısmi yakınsamanın fosil yakıtlar aracılığıyla ortaya çıkması tutarlılık taşımaktadır.

Sektörler içerisinde sınırlı kullanım alanı bulunması nedeniyle yenilenebilir kaynakların hiçbir sektörde yakınsama göstermiyor oluşu yenilenebilir (temiz) enerjiye yönelmeyi amaçlayan Türkiye’nin uyguladığı politikaların ve teşviklerin uygulamada yetersiz kaldığının somut bir göstergesidir. Oysaki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik yerel ve ulusal düzeyde çıkarılan politikalar AB ve OECD yenilenebilir enerji politikalarıyla ve sürdürülebilirlik koşullarıyla tutarlılık ve benzerlik taşımaktadır. Bu noktada politikaların kâğıt üzerinde doğru ancak hayata geçirilmesi noktasında birtakım eksiklikler olduğunu söylemek mümkündür. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yerli rezervlerle karşılanma kapasitesi olarak yaklaşık 50 yıl gibi bir süre

öngörülmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, yerli ve yenilenebilir kaynaklar potansiyelleri ölçüsünde değerlendirilmedikçe büyümenin çevre üzerindeki yıkıcı etkisi yanında enerjide tamamen dışa bağımlı hale gelme ihtimali ve ithalata dayalı sürdürülemez cari açıklar gibi kötümser bir tablo ortaya çıkmaktadır.

Sektörlerin üretim sürecinde ihtiyaç duydukları enerjinin, enerji arz kaynakları arasında nasıl bir dağılım sergilediği incelenirken konut ve hizmetler sektörü hariç diğer sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzına katkısının ortalama olarak % 5'i geçmediği, üretim sürecinde katma değer yaratmak için gerekli enerjinin yüksek oranda hâlâ fosil yakıtlar aracılığı ile sağlandığı gözlemlenmektedir. Fosil yakıt kullanımı hem çevreye yüklediği dışsallıklar açısından hem de sınırlı rezervleri dolayısıyla dışa bağımlılığı artırması açısından pek çok olumsuz etki yaratmaktadır. Bu nedenle sınırlı fosil yakıt rezervi bulunan Türkiye'de enerjiye olan ithal bağımlılığın azaltılmasında enerji arz kaynaklarının çeşitliliği ve yenilenebilirliği büyük öneme sahiptir. Bu noktada yalnızca yenilenebilir enerjiye geçişin özendirilmesi değil, yenilenebilir kaynakların kullanımında yerli ekipman kullanımının teşvik edilmesi için gerekli finansman olanaklarının yaratılması daha etkin bir çözüm sunabilecektir. Diğer taraftan AB ve OECD yenilenebilir enerji politikaları ile uyumlu olarak tasarlanan yenilenebilir enerji politikalarının uygulama aşamasında bu ülke politikalarından ne tür engeller yüzünden ayrıştığının tespit edilmesi de politikaların etkinliğini açısından önem taşımaktadır.

AB'nin son dönemlerde uygulamaya koymuş olduğu ve temelini kaynakların verimli kullanılmasının oluşturduğu "Döngüsel Ekonomi" paketi Türkiye'nin yeşil büyümesi için yol gösterici bir nitelik taşıyabilir. Bu paket ile kaynak yönetimi politikaları esas alınarak hammadde ihtiyacını azaltmak, yenilenebilir enerji kullanımını yaygınlaştırmak ve geri dönüşüm politikaları ile hem çevre hem de ekonomi üzerindeki baskıları azaltarak düşük karbonlu ve yeşil bir büyüme hedeflenmektedir. Bu hedefler Türkiye gibi enerji ihtiyacını büyük ölçüde fosil yakıtlardan ve ithalat yoluyla karşılayan bir ülke için stratejik tedbirler içermektedir. Diğer taraftan yenilenebilir kaynakların ön plana çıkarılması kadar bu kaynakların sürdürülebilirliği için gerekli kriterlerin (bilimsel ve teknolojik yenilik, katılımcı

yönetim-yönetişim, yatırımların sürekliliği ve enerji arzının güvenliği) ne ölçüde sağlandığı takip edilmeli, enerjideki kayıp ve kaçakların önlenmesine yönelik politikalar geliştirilmeli, enerjinin etkinliği ve kaynak verimliliği için kamunun öncü özel sektörün destekleyici olduğu ar-ge harcamalarının payı gözden geçirilmeli, karbon emisyon standartlarını gözeterek temiz teknolojilerin bütün sektörlerde kullanılması yaygınlaştırılmalı ve devlet teşviklerinde yerli kömür gibi fosil yakıtlardan ziyade yenilenebilir kaynakların ön planda tutulduğu politikalar geliştirilmelidir.



KAYNAKÇA

- Abbasi, T., Premalatha, M., Abbasi, T. ve Abbasi, S.A. (2014). Wind Energy: Increasing Deployment, Rising Environmental Concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 31: 270-288.
- Abolhosseini, S. ve Heshmati, A. (2014). The Main Support Mechanisms to Finance Renewable Energy Development. *IZA Discussion Paper Series*. No: 8182, May.
- Ahrens, C. D. (2013). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment*. Canada: Brooks/ Cole Cengage Learning.
- Akarsu, G. ve Berke, B. (2016) .Convergence of Electricity Consumption in Turkey: Spatial Panel Data Analysis. SSRN Electronic Journal. <https://ssrn.com/abstract=2875301>. (10.10.2019).
- Akım, K. (2002). *Ulaştırma ve Enerji*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Andreoni, V. ve Galmarini, S. (2012). Decoupling Economic Growth from Carbon Dioxide Emissions: A Decomposition Analysis of Italian Energy Consumption. *Energy*. 44: 682-691.
- Ang, B. W., Choong, W. L. ve Ng, T.S. (2015). Energy Security: Definitions, Dimensions and Indexes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 42: 1077-1093.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010). Structural Breaks and Petroleum Consumption in US States: Are Shocks Transitory or Permanent? *Energy Policy*. 38(10): 6375–6378.
- Appelbaum, E. (1978). The Estimation of the Degree of Oligopoly Power. *Department of Economics Research Reports, Economics Working Papers Archive*. Western University.
- Aslan, A. (2011). Does Natural Gas Consumption Follow a Nonlinear Path Over Time? Evidence From 50 US States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(9): 4466–4469.

Aslan, A. ve Kum, H. (2011). The Stationary of Energy Consumption for Turkish Disaggregate Data by Employing Linear and Nonlinear Unit Root Tests. *Energy*. 36: 4256-4258.

Awerbuch, S. (2003). Determining the Real Cost Why Renewable Power is More Cost-Competitive than Previously Believed. *Renewable Energy World*.

Baddour, J.W. (1997). The International Petroleum Industry Competition, Structural Change and Allocation of Oil Surplus. *Energy Policy*. 25(2):143-157.

Barbier, E. (2002). Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6: 3–65.

Bayraç, H. N. (1999). *Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Analizi, Türkiye’deki Gelişimi ve Eskişehir Uygulaması*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bayraktar, K. G. (2016). Güneş Ülkemizin Enerji Geleceğidir. *Enerji ve Maden Dergisi*. 5(13): 50-54.

Beck, F. ve Martinot, E. (2004). Renewable Energy Policies and Barriers. *Encyclopedia of Energy*. 5: 365-383.

Ben-David, D., Lumsdaine, R. L. ve Papell, D. H. (1998). Unit Roots, Postwar Slowdowns and Long-Run Growth: Evidence from Two Structural Breaks, *NBER Working Paper*. No:6397.

Berry, T. ve Jaccard, M. (2001). The Renewable Portfolio Standard: Design Considerations and An Implementation Survey. *Energy Policy*. 29: 263-277.

Beyaert, A. ve Camacho, M. (2008). TAR Panel Unit Root Tests and Real Convergence. *Review of Development Economics*. 12(3): 668–681.

Bhattacharyya, S.C. (2011). *Energy Economics Concepts, Issues, Markets and Governance*. New York: Springer London Dordrecht Heidelberg.

Bilgili, F. (2012). Linear and Nonlinear TAR Panel Unit Root Analyses for Solid Biomass Energy Supply of European Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16: 6775-6781.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS). (2002). http://www.uhdigm.adalet.gov.tr/sozlesmeler/coktarafilsoz/bm/bm_41.pdf. (20.09.2018).

Bisaglia, L. ve Gerolimetto, M. (2014). Testing for (Non)Linearity in Economic Time Series: A Monte Carlo Comparison. *Working Paper Series*, 3.

Bithas, K. ve Kalimeris, P. (2013). Re-Estimating the Decoupling Effect: Is There An Actual Transition Towards a Less Energy-Intensive Economy?. *Energy*. 51: 78-84.

Blakers, A. (2017). Sustainable Energy Options: Nuclear Power in East Asia. *Learning from Fukushima*. (pp.319-347). Australia: Anu Press.

Bloomberg New Energy Finance UNEP (2015). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2015*. Frankfurt School. FS-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance.

Bodansky, D. (2004). *Nuclear Energy: Principles, Practices and Prospects*. New York: Springer.

Bosseboeuf, D., Chateau, B. ve Lapillonne, B. (1997). Cross-Country Comparison on Energy Efficiency Indicators: The on-going European Effort Towards a Common Methodology. *Energy Policy*. 25(7-9): 673-682.

Boyle, G. (2004). *Renewable Energy: Power for A Sustainable Future*. New York: Oxford University Press.

Boyle, G., Everett, B. ve Ramage, J. (2003). *Energy Systems and Sustainability: Power for A Sustainable Future*. New York: Oxford University Press.

British Petroleum (BP) (2002). *BP Statistical Review of World Energy June 2002*.

British Petroleum (BP) (2003). *BP Statistical Review of World Energy June 2003*.

British Petroleum (BP) (2004). *BP Statistical Review of World Energy June 2004*.

British Petroleum (BP) (2005). *BP Statistical Review of World Energy June 2005*.

British Petroleum (BP) (2006). *BP Statistical Review of World Energy June 2006*.

British Petroleum (BP) (2007). *BP Statistical Review of World Energy June 2007*.

British Petroleum (BP) (2008). *BP Statistical Review of World Energy June 2008*.

British Petroleum (BP) (2009). *BP Statistical Review of World Energy June 2009*.

British Petroleum (BP) (2010). *BP Statistical Review of World Energy June 2010*.

British Petroleum (BP) (2011). *BP Statistical Review of World Energy June 2011*.

British Petroleum (BP) (2012). *BP Statistical Review of World Energy June 2012*.

British Petroleum (BP) (2013). *BP Statistical Review of World Energy June 2013*.

British Petroleum (BP) (2014). *BP Statistical Review of World Energy June 2014*.

British Petroleum (BP) (2015). *BP Statistical Review of World Energy June 2015*.

British Petroleum (BP) (2016). *BP Statistical Review of World Energy June 2016*.

British Petroleum (BP) (2017). *BP Statistical Review of World Energy June 2017*.

British Petroleum (BP) (2018). *BP Statistical Review of World Energy June 2018*.

Broock, W. A., Scheinkman, J. A., Dechert, W. D. ve LeBaron, B. (1996) A Test for Independence Based on the Correlation Dimension. *Econometric Reviews*. 15(3): 197-235.

Brown, S.P.A. ve Yücel, M. K. (2008). What Drives Natural Gas Prices?. *The Energy Journal*. 29(2): 45-60.

Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D. ve Bossanyi, E. (2011). *Wind Energy Handbook*. United Kingdom: Wiley Publication.

Canel, C., Güriş, S., Güriş B., Öktem, B. ve Öktem R. (2017). Convergence of Energy Intensity in OECD Countries. *Modern Economy*. 8: 946-958.

Caner, M. ve Hansen, B. E. (2001). Threshold Autoregression with a Unit Root. *Econometrica*. 69 (6): 1555-1596.

Cao, C. Q. Ve Tsay, R. S. (1992). Nonlinear Time-Series Analysis of Stock Volatilities. *Journal of Applied Econometrics*. 7: 165-185.

Carruthers, D. (2001). From Opposition to Ortodoxy: The Remaking of Sustainable Development. *Journal of Third World Studies*. 18(2): 93-112.

Carvalho, D.G M. (2012). EU Energy and Climate Change Strategy. *Energy*. 40(1): 19-22.

Chan, K. S. ve Tong, H. (1990). On Likelihood Ratio Tests for Threshold Autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society*. 52(3): 469-476.

Chandra, V. (2006). *Fundamentals of Natural Gas: An International Perspective*. USA: PennWell Corporation.

Chen, P. F. ve Lee, C. C. (2007). Is Energy Consumption Per Capita Broken Stationary? New Evidence from Regional-Based Panels. *Energy Policy*. 35(6): 3526–3540.

Clement, A., Mccullen, P., Falcao, A., Fiorentino, A., Gardner, F., Hammarlund, K., Lemonis, G., Lewis, T., Nielsen, K., Petroncini, S., Pontes, P. T., Schild, P.,

Sjöström, B.O., Sorensen, H. C. ve Thorpe, T. (2002). Wave Energy in Europe: Current Status and Perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6: 405–431.

Clement, M.T. ve Schultz, J. (2011). Political Economy, Ecological Modernization, and Energy Use: A Panel Analysis of State-Level Energy Use in the United States, 1960-1990. *Sociological Forum*. 26(3): 581-600.

Clemente, J., Montañes, A., ve Reyes, M. (1998). Testing for a Unit Root in Variables with a Double Change in the Mean. *Economics Letters*. 59(2): 175-182.

Connor, H. (2008). Assessing the Energy Contributions to Sustainability. *OECD Sustainability Development Studies: Conducting Sustainability Assessments*. OECD Publishing. 109-118.

Conrad, E. ve Cassar, L.F. (2014). Decoupling Economic Growth and Environmental Degradation: Reviewing Progress to Date in the Small Island State of Malta. *Sustainability*. 6: 6729-6750.

Coyle, E.D., Basu, B., Blackledge, J. ve Grimson W. (2014). Harnessing Nature: Wind, Hydro, Wave, Tidal, and Geothermal Energy. *Understanding the Global Energy Crisis*. (pp.91-124). Purdue University Press.

Cruz, J. (2008). *Ocean Wave Energy: Current Status and Future Perspectives*. United Kingdom: Springer.

Çelikkaya, A. (2017). Yenilenebilir Enerjinin Teşvikine Yönelik Uluslararası Kamu Politikaları Üzerine Bir İnceleme. *Maliye Dergisi*. Ocak-Haziran 2017. 172: 52-84.

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

Daly, H. (1991). *Steady-State Economics*. Washington D.C: Island Press.

Daly, H. (2007). *Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly*. United Kingdom: Edward Elgar Publishing Limited.

Degiannakis, S., Angelidis, T. ve Filis, G. (2013). Oil Price Shocks and Volatility Do Predict Stock Market Regimes. *Working Paper*. 170.

Demirtaş, I. (2013). Enerji Teknolojileri Ar-Ge Politikaları: OECD Ülke Deneyimleri ve Türkiye Karşılaştırması. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*. 18(2): 119-132.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) (2000). İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyon Raporu. *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*. 2352.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2016). DSİ 2016 Yılı Faaliyet Raporu.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2017). DSİ 2017 Yılı Faaliyet Raporu.

Dickson, M. H. ve Fanelli, M. (2003). *Geothermal Energy: Utilization and Technology*. India: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Dilaver, Z. ve Hunt, L. C. (2010). Industrial Electricity Demand for Turkey: A Structural Time Series Analysis. *Surrey Energy Economics Discussion Paper Series*. Department of Economics University of Surrey.

Dilli, B. (2018). Türkiye’de Enerji Sektöründe Gelişmeler Üzerine Notlar-Öneriler. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, ‘‘Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018’’* (ss.103-109) Yayın No: MMO/691. Ankara: Ankamat Matbaacılık San. Ltd. Şti.

Dinçer, İ. (2000). Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 4: 157-175.

Doğan, M. (2013). Türkiye Sanayileşme Sürecine Genel Bir Bakış. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 28: 211-231.

Drew, B., Plummer, A.R. ve Sahinkaya, M.N. (2009). A Review of Wave Energy Converter Technology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*. 223(8): 887-902.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2009). *Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi*. Dek-Tmk Yayın No: 0011/2009.

Ebenhack, W. (1995). *Energy Resources Availability, Use and Impact*. Tulsa Oklahama: PennWell Publishing Company.

Ediger, V. Ş.ve Huvaz, Ö. (2006). Examining the Sectoral Energy Use in Turkish Economy (1980–2000) with the help of Decomposition Analysis. *Energy Conversion and Management*. 47: 732-745.

Ehrlich, P. ve Holdren, J. (1972). A Bulletin Dialogue on the 'Closing Circle': Critique: One-Dimensional Ecology. *Bulletin of Atomic Scientists*. 28(5): 16–27.

Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi. (2009). Kabul Tarihi: 18/05/2009. Karar No: 2009/11. <https://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fEnerji%20Politika%C4%B1%2fElektrik%20Enerjisi%20Piyasasi%20ve%20Arz%20G%C3%BCvenligi%20Strateji%20Belgesi.pdf>. (02.04.2019).

Elektrik Piyasası Gelişim Raporu (2017). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Ankara: Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.

Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik. (2011). Resmi Gazete Yayın Tarihi: 21/07/2011. Sayı: 28001. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110721-7.htm>. (01.05.2019).

Ellabban, O., Abu-Rub, H. ve Blaabjerg, F. (2014). Renewable Energy Resources: Current Status, Future Prospects and Their Enabling Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 39: 748-764.

Enders, W. ve Granger, C. W. J. (1998). Unit-Root Tests and Asymmetric Adjustment with an Example Using the Term Structure of Interest Rates. *Journal of Business & Economic Statistics*. 16(3): 304-311.

Enerji Atlası (2018). Güneş Enerjisi Santralleri. <https://www.enerjiatlası.com/gunes/>. (15.02.2019).

Enerji Enstitüsü (2016). Yenilenebilir Enerji Yatırımları. <http://enerjiensitusu.de/2016/11/16/turkiyede-orta-vadede-yenilenebilir-enerjiye-18-bin-megavatlik-yatirim-yapilacak/> (01.05.2019).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (2018). *Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu 2017*. Ankara: Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.

Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına (Enar) Dair Yönetmelik. (2010). Resmi Gazete Yayın Tarihi: 08.06.2010. Resmi Gazete Sayısı: 27605.<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14025&MevzuatIliSKI=0&sourceXmlSearch=enar>. (17.04.2019).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2018a). <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>. (25.01.2019).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2018b). <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>. (27.01.2019).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2018c). <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>. (12.02.2019).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2018d). <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>. (26.02.2019).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2019). Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı. *Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler*. Yayın No:1.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (1970-2017). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, *Genel Enerji Denge Tabloları*.

Erdal, L. (2012). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve İstihdam Yaratma Potansiyeli. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*. 4(1): 171-181.

ETKB (2007). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü *2006 Yılı Faaliyet Raporu*. Nisan 2007.

ETKB (2008). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü *2007 Yılı Faaliyet Raporu*. Nisan 2008.

ETKB (2009). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü *2008 Yılı Faaliyet Raporu*. Nisan 2009.

ETKB (2010). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü *2009 Yılı Faaliyet Raporu*. Nisan 2010.

ETKB (2011). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü *2010 Yılı Faaliyet Raporu*. Nisan 2011.

ETKB (2012). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü *2011 Yılı Faaliyet Raporu*. Nisan 2012.

ETKB (2013). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü *2012 Yılı Faaliyet Raporu*. Şubat 2013.

ETKB (2014). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü *2013 Yılı Faaliyet Raporu*. Şubat 2014.

ETKB (2015). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü *2014 Yılı Faaliyet Raporu*. Ocak 2015.

ETKB (2016). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü *2015 Yılı Faaliyet Raporu*. Ocak 2015.

ETKB (2017). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü *2016 Yılı Faaliyet Raporu*. Ocak 2017.

ETKB (2018). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü *2017 Birim Faaliyet Raporu*.

ETKB (2019). Bilgi Merkezi Enerji- Elektrik. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>. (17.12.2019).

ETKB 2015-2019 Stratejik Planı. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Enerji Politikaları. <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Enerji-Politikalari>. (03.05.2019).

ETKB Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı. (2014). Aralık 2014. https://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2F4%2FDocuments%2FEnerji%20Poli tikas% C4%B1%2FTurkiye_Ulusal_Yenilenebilir_Enerji_Eylem_Plani.pdf. (05.05.2019).

ETKB Ulusal Eylem Planı (2017-2023). National Energy Enerji Verimliliği Efficiency Action Plan-NEEAP.

ETKB. (2005). 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5346.pdf>. (20.02.2019).

ETKB. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM). (2018). Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası. <https://bepa.enerji.gov.tr/>. (20.03.2019).

European Commission. (2001). Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council on the Promotion of Electricity Produced from Renewable Energy Sources in the Internal Electricity Market. *Official Journal of the European Communities*. L283/ 33-40.

European Commission. (2003). Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the Promotion of the Use of Biofuels or Other Renewable Fuels for Transport. *Official Journal of the European Communities*. L123/42-46.

European Commission. (2009). Directive 2009/28/EC of The European Parliament and of the Council on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. *Official Journal of the European Communities*. L140/16-62.

European Commision. (2017a). *Third Report on the State of the Energy Union*. Brussels. COM(2017) 688 final.

European Commision. (2017b). *The Strategic Energy Technology (SET) Plan. Research and Innovation, 2007-2017 Set Plan 10th Anniversary*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission. (2017c). EU Science Hub, The European Commission's Science and Knowledge Service. Public Participation and Transparency in the Implementation of Energy Policies. <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/energy-policies-and-public-participation>. (25.04.2019).

European Commission. (2018a). Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources. *Official Journal of the European Communities*. L328/82-209.

European Commission. (2018b). Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular

Economy. <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>. (05.05.2019).

European Parliament. (2017). European Energy Industry Investments. Directorate-General for Internal Policies. *Policy Department Economic and Scientific Policy*. Study for the ITRE Committee.

Evans, A., Strezov, V. ve Evans, T. J. (2009). Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13: 1082–1088.

Evans, P. ve Karras, G. (1996). Convergence Revisited. *Journal of Monetary Economics*. 37: 249-265.

Fahrenbruch, A. ve Bube, R. H. (1983). *Fundamentals of Solar Cells: Photovoltaic Solar Energy Conversion*. New York: Academic Press.

Falcao, A. F. O. (2010). Wave Energy Utilization: A Review of the Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 899–918.

Ferguson, C. D. (2007). *Nuclear Energy: Balancing Benefits and Risks*. USA: Council on Foreign Relations. Csr No: 28.

Field, C.B., Campbell, J.E. ve Lobell, D.B. (2007). Biomass Energy: The Scale of the Potential Resource. *Trends in Ecology and Evolution*. 23(2) : 65- 72.

Franses, P. H. ve Van Dijk, D. (2000). *Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance*. USA: Cambridge University Press.

Freitas, L. C. ve Kaneko, S. (2011). Decomposing the Decoupling of CO₂ Emissions and Economic Growth in Brazil. *Ecological Economics*. 70: 1459–1469.

Fridleifsson, I. B. (2001). Geothermal Energy for the Benefit of the People. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 5: 299–312.

Fulkerson, W., Judkins, R. R. ve Sanghvi, M. K. (1990). Energy from Fossil Fuels. *Scientific American*. 263(3): 128-135.

Gallagher, K. S. (2014). *The Globalization of Clean Energy Technology: Lesson from China*. United States: MIT Press.

Ghoniem, A. F. (2011). Needs, Resources and Climate Change: Clean and Efficient Conversion Technologies. *Progress in Energy and Combustion Science*. 37: 15-51.

Global Wind Energy Council (GWEC). (2017). *Global Wind Report*. Annual Market Update 2017. Opening up New Markets for Business.

Göçer, İ. (2015). *Ekonometri*. İzmir: Lider Yayınları.

Gönel, F. (2013). *Kalkınma Ekonomisi*. Ankara: Efil Yayınevi.

Greening, L. A., Davis, W. B., Schipper, L., ve Khrushch, M. (1997). Comparison of Six Decomposition Methods: Application to Aggregate Energy Intensity for Manufacturing in 10 OECD Countries. *Energy Economics*. 19(3): 375–390.

Guhathakurta, K., Bhattacharya, B. and Chowdhury, A. R. (2011). Nonlinearity in Indian Stock & Commodity Markets: A Pre-Diagnostic Investigation.

Gupta, H. ve Roy, S. (2007). *Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century*. United Kingdom: Elsevier.

Gupta, S. (2015). Decoupling: A Step Toward Sustainable Development with Reference to OECD Countries. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 22(6): 510-519.

Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik. (2013). ETKB. Resmi Gazete Yayın Tarihi: 01/06/2013. Resmi Gazete Sayısı: 28664. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130601-3.htm>. (15.05.2019).

Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği. (2012). Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü. Resmi Gazete Yayın Tarihi: 29/05/2012. Resmi Gazete Sayısı: 28307. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120529-2.htm>. (15.05.2019).

Gür, M., Kiraz, M., Göksu, M. M., Gezen, A. ve Kılıçkan, A. (2018). Wave Energy Technology and Potential in Turkey. *16th International Conference on Clean Energy (ICCE-2018)*. 9-11 May 2018. Famagusta, N. Cyprus.

Güriş, B. (2017). A New Nonlinear Unit Root Test with Fourier Function. Munich Personal RePEc Archive. No. 82260.

Haas, R. (1997). Energy Efficiency Indicators in the Residential Sector. *Energy Policy*. 25 (7-9): 789-802.

Haas, R., Panzer, C., Resch, G., Ragwitz, M., Reece, G. ve Held, A. (2011). A Historical Review of Promotion Strategies for Electricity from Renewable Energy Sources in EU Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15: 1033-1034.

Handrich, L., Kemfert, C., Mattes, A., Pavel, F. ve Traber, T. (2015). Turning Point: Decoupling Greenhouse Gas Emissions from Economic Growth. *Heinrich-Böll-Stiftung*.

Harris, J.M. (2000). Basic Principles of Sustainable Development, *Global Development and Environment Institute Working Paper 00-04*.

Hasanov, M. (2009) Is South Korea's Stock Market Efficient? Evidence from a Nonlinear Unit Root Test. *Applied Economics Letters*. 16(2): 163-167.

Heiman, M. K. ve Solomon, B. D. (2004). Power to the People: Electric Utility Restructuring and the Commitment to Renewable Energy. *Annals of the Association of American Geographers*. 94(1): 94-116.

Hekimci, F. (2012). Sürdürülebilir Yarınlar İçin; “Sürdürülebilir Tüketim ve Enerji Verimliliği”. *Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Anahtar Dergisi*. 226: 10-15.

Herbert, G.M.J., Iniyan, S., Sreevalsan, E. ve Rajapandian, S. (2007). A Review of Wind Energy Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 11: 1117-1145.

Holdren, J. P. Ve Ehrlich, P. R. (1974). Human Population and the Global Environment. *American Scientist*. 62: 282-292.

Hsu, Y. C., Lee, C. C. ve Lee, C. C. (2008). Revisited: Are shocks to Energy Consumption Permanent or Temporary? New Evidence from a Panel SURADF Approach. *Energy Economics*. 30(5): 2314–2330.

Hubbert, M. K. (1956). Nuclear Energy and Fossil Fuels. *Shell Development Company Exploration and Production Research Division*. 95.

International Energy Agency (IEA) (2016). Energy Policies of IEA Countries 2016 Review Turkey. OECD/IEA Secure Sustainable Together. <http://www.iea.org/t&c/>. (24.06.2018).

International Energy Agency (IEA) (2018). Global Renewable Energy Policies and Measures Database, <https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/>. (21.12.2018).

International Energy Agency (IEA) (2003). IEA Statistics. *Renewables Information 2003*.

International Energy Agency (IEA) (2004). IEA Statistics. *Renewables Information 2004*.

International Energy Agency (IEA) (2005). IEA Statistics. *Renewables Information 2005*.

International Energy Agency (IEA) (2006). IEA Statistics. *Renewables Information 2006*.

International Energy Agency (IEA) (2007). IEA Statistics. *Renewables Information 2007*.

International Energy Agency (IEA) (2008). IEA Statistics. *Renewables Information 2008*.

International Energy Agency (IEA) (2009). IEA Statistics. *Renewables Information 2009*.

International Energy Agency (IEA) (2010). IEA Statistics. *Renewables Information 2010*.

International Energy Agency (IEA) (2011). IEA Statistics. *Renewables Information 2011*.

International Energy Agency (IEA) (2012). IEA Statistics. *Renewables Information 2012*.

International Energy Agency (IEA) (2013). IEA Statistics. *Renewables Information 2013*.

International Energy Agency (IEA) (2014). IEA Statistics. *Renewables Information 2014*.

International Energy Agency (IEA) (2015). IEA Statistics. *Renewables Information 2015*.

International Energy Agency (IEA) (2016). IEA Statistics. *Renewables Information 2016*.

International Energy Agency (IEA) (2017). IEA Statistics. *Renewables Information 2017*.

International Energy Agency (IEA) (2018). IEA Statistics. *Renewables Information 2018*.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017a). *Renewable Capacity Statistics 2017*. International Renewable Energy Agency.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017b). Geothermal Sites in Turkey. <http://resourceirena.irena.org/gateway/countrySearch/?countryCode=TUR>. (27.02.2019).

IRENA, IEA/OECD ve REN21. (2018). Renewable Energy Policies in a Time of Transition. ISBN 978-92-9260-061-7.

İlkılıç (2012). Wind Energy and Assessment of Wind Energy Potential in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16: 1165– 1173.

İllez, B. (2018). Türkiye’de Biyokütle Enerjisi. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, ‘‘Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018’’* (ss. 391-424). Yayın No: MMO/691. Ankara: Ankamat Matbaadık San. Ltd. Ş.

Jaccard, M. (2005). *Sustainable Fossil Fuels The Unusual Suspect in the Quest for Clean and Enduring Energy*. New York: Cambridge University Press.

Jacobs, D. (2009). Framework Conditions and International Best Practices for Renewable Energy Support Mechanisms. *Organization for Security and Co-operation in Europe Office in Baku (OSCE)*. Azerbaijan, 14-18 December.

Jackson, T. (2009). *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet*. London: Earthscan.

Jamali, T. (2007). Ekolojik Vergiler (Çvre Vergileri). Ankara: Yaklaşım Yayıncılık.

Jenkins, B.M., Baxter, L.L., Jr. Miles, T.R. ve Miles, T.R. (1998). Combustion Properties of Biomass. *Fuel Processing Technology*. 54: 17–46.

Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu. (2007). 5686 Sayılı Kanun. Kabul Tarihi: 3/6/2007.

<https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FMevzuat%2F5686+-+jeotermal+kaynaklar+ve+dogal+mineralli+sular+kanunu.pdf>. (02.04.2019).

Jiang, R., Zhou, Y. ve Li, R. (2018). Moving to a Low-Carbon Economy in China: Decoupling and Decomposition Analysis of Emission and Economy from a Sector Perspective. *Sustainability*. 10(4): 1-12.

Jobert, T. ve Karanfil, F. (2007). Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*. 35: 5447-5456.

Jorde, K. ve Kaltschmitt, M. (2007). Hydroelectric Power Generation. *Renewable Energy: Technology, Economics and Environment*. Germany: Springer.

Kapetanios, G., Shin, Y., ve Snell, A. (2003). Testing for a Unit Root in the Nonlinear STAR Framework. *Journal of Econometrics*. 112(2): 359-379.

Kara, B., Emir, Z., Şeker, T., Bahadır, A. ve Kaygusuz, K. (2017). Current State and Future Prospects of Biomass Energy in Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*. 6(1): 522-529.

Kaya, T. (2018). Jeotermal Enerji. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, "Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018"* (ss. 383-390). Yayın No: MMO/691. Ankara: Ankamat Matbaacılık San. Ltd. Şti.

Keenan, D. M. (1985). A Tukey Nonadditivity-Type Test for Time Series Nonlinearity. *Biometrika*. 72(1): 39-44.

Keleş, R. ve Hamamcı, C. (2005). *Çevre Politikası*. Ankara: İmge Kitabevi. 5.Baskı.

Kelly, R. A. (2007). *Energy Supply and Renewable Resources*. New York: Infobase Publishing.

Kenisarin, M., Karşlı V. M. ve Çağlar, M. (2006). Wind Power Engineering in the World and Perspectives of its Development in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 10: 341-369.

Kent Konseyi Yönetmeliği. (2006). Resmî Gazete Yayın Tarihi: 08.10.2006. Resmî Gazete Sayısı: 26313.

<https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.10687&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=kent%20kon.> (01.05.2019).

Kılıç, F. Ç. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis ve Makine*. 56(671): 28-40.

Klass, D.L. (1998). *Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals*. USA: Academic Press.

Krupa, J., Galbraith, L. ve Burch, S. (2015). Participatory and Multi-Level Governance: Applications to Aboriginal Renewable Energy Projects. *Local Environment*. 20 (1): 81-101.

Kruyt, B., Vuuren, D.P., Vries, H.J.M. ve Groenenberg, H. (2009). Indicators for Energy Security. *Energy Policy*. 37: 2166-2181.

Kusek, G., Öztürk, H. H. ve Akdemir, S. (2016). Energy Use in Agriculture Sector of Turkey. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*. 14(4): 117-122.

Labandeira, X. ve Manzano, B. (2012). Some Economic Aspects of Energy Security. *Economics for Energy*.

Ladanai, S. ve Vinterback, J. (2009). Global Potential of Sustainable Biomass for Energy. Uppsala: *Swedish University of Agricultural Sciences. Report 013*.

Lean, H. H. ve Smyth, R. (2015). Conditional Convergence in US Disaggregated Petroleum Consumption at the Sector Level. Monash Business School. Department of Economics ISSN 1441-5429. *Discussion Paper*. 03/15.

Lee, C. C. ve Chang, C. P. (2007). The Impact of Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Linear and Nonlinear Models in Taiwan. *Energy*. 32(12): 2282–2294.

Lee, C-Y. ve Huh, S-Y. (2017). Forecasting New and Renewable Energy Supply Through a Bottom-up Approach: The Case of South Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 69: 207-217.

Leung, D.Y.C. ve Yang, Y. (2012). Wind Energy Development and Its Environmental Impact: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16: 1031-1039.

Lise, W. (2006). Decomposition of CO₂ Emissions over 1980–2003 in Turkey. *Energy Policy*. 34: 1841-1852.

Lo, M. C. and E. Zivot. (2001). Threshold Cointegration and Nonlinear Adjustment to the Law of One Price. *Macroeconomic Dynamics*. Cambridge University Press, 5(4): 533-576.

Loo, S. V. ve Koppejan, J. (2008). *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. London: Earthscan.

Lu, Z., Wang, H., Yue, Q. (2011). Decoupling Indicators: Quantitative Relationships Between Resource Use, Waste Emissions and Economic Growth [in Chinese]. *Resource Science*. 33(1): 2–9.

Lumsdaine, R. L. ve Papell, D. H. (1997). Multiple Trend Breaks and the Unit-Root Hypothesis. *Review of Economics and Statistics*. 79(2): 212–218.

Lyster, R. (2014). Renewable Energy in the Context of Climate Change and Global Energy Resources. *Law as Change: Engaging with the Life and Scholarship of Adrian Bradbrook*. University of Adelaide Press.

Maccracken, M. C. (2001). Global Warming: A Science Overview. Global Warming and Energy Policy. Ed., Behram Kursunoglu, *Kluwer Academic / Plenum Publishers*. 151- 159.

Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü. (2017). *2017 Faaliyet Raporu*. Şubat 2018.

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) (2018a). 2017 Yılı Sonu İtibarıyla Türkiye Ham Petrol Rezervleri. www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler. (03.02.2019).

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) (2018b). 2017 Yılı Sonu İtibarıyla Türkiye Doğal Gaz Rezervleri. <http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler>. (05.02.2019).

Malthus, T. (1798). An Essay on the Principle of Population. *Electronic Scholarly Publishing Project*. London.

Mancisidor, I. M. D. A., De Basurto Uaga, P. D., De Alegría Mancisidor, I. M. ve De Arbulo López, P. R. (2009). European Union's Renewable Energy Sources and Energy Efficiency Policy Review: The Spanish Perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13(1): 100-114.

Manwell, J.F., McGowan, J.G. ve Rogers, A.L. (2009). *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. United Kingdom: Wiley Publication.

Maradin, D., Cerović, L. ve Mjeda, T. (2017). Economic Effects of Renewable Energy Technologies. *Naše Gospodarstvo/Our Economy*. 63(2):49–59.

Markandya, A., Pedroso-Galinato, S. ve Streimikiene, D. (2006). Energy Intensity in Transition Economies: Is There Convergence Towards the EU Average? *Energy Economics*. 28(1): 121-145.

Maslyuk, S. ve Smyth, R. (2009). Non-linear Unit Root Properties of Crude Oil Production. *Energy Economics*. 31(1):109–118.

McCoy, A. W. (1919). Notes on Principles of Oil Accumulation. *The Journal of Geology*. 27(4): 252-262.

McLeod, A. I. ve Li, W. K. (1983). Diagnostic Checking Arma Time Series Models Using Squared-Residual Autocorrelations. *Journal of Time Series Analysis*. 4(4): 269–273.

Meadows, D., Meadows, D., Randers, J. ve Behrens, W. (1972). *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Eart Island, London.

Meng, M., Payne, J. E. ve Lee, J. (2013). Convergence in Per Capita Energy Use Among OECD Countries. *Energy Economics*. 36: 536–545.

Miller, B. G. (2005). *Coal Energy Systems*. USA: Elsevier Academic Press.

Mohammadi, H. ve Ram, R. (2012). Cross-country Convergence in Energy and Electricity Consumption, 1971–2007. *Energy Economics*. 34(6): 1882–1887.

Mokhatab, S. ve Poe, W. A. (2012). *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*. USA: Elsevier Science Ltd.

Muffler, L.J.P. ve White, D. E. (1972). Geothermal Energy. *The Science Teacher*. 39(3): 40-43.

Mulder, P. ve De Groot, H. L. F. (2012). Structural Change and Convergence of Energy Intensity across OECD Countries, 1970–2005. *Energy Economics*. 34(6): 1910–1921.

Munasinghe, M. (1993). Environmental Economics and Sustainable Development, *World Bank Environment Paper 3*.

Narayan, K. P. ve Smyth, R. (2007). Are Shocks to Energy Consumption Permanent or Temporary? Evidence from 182 countries. *Energy Policy*. 35(1): 333–341.

Newig, J. ve Fritsch, O. (2009). Environmental Governance: Participatory, Multi-Level and Effective?. *Environmental Policy and Governance*. 19: 197-214.

Nordhaus, W. D. (1991). To Slow or Not to Slow: The Economics of The Greenhouse Effect. *The Economic Journal*. 101(407): 920-937.

OECD. (2002). Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. *OECD Report*. Paris.

OECD. (2007). *Energy Security and Competition Policy*. Competition Law& Policy OECD.

OECD (2011). OECD Green Growth Studies: Energy. *Preliminary Version*.

OECD (2013). OECD Policy Guidance for Investment in Clean Energy Infrastructure. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2 rue AndréPascal, 75775 Paris cedex 16, France www.oecd.org.

OECD (2019). Better Policies for Better Lives. OECD Work on Environmental Information and Public Participation-Evaluating Public Participation in Policy Making.http://www.oecd.org/env/indicators-modelling_outlooks/oecdworkonenvironmentalinformationandpublicparticipation.htm. (25.04.2019).

Olah, G. A. (2005). Alternative Energy Sources Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy. *Angewandte Chemie*. 44: 2636-2639.

Owen, A.D. (2006). Renewable Energy: Externality Costs as Market Barriers. *Energy Policy*. 34: 632–642.

Owusu, P. A. ve Sarkodie, S. A. (2016). A Review of Renewable Energy Sources, Sustainability Issues and Climate Change Mitigation. *Cogent Engineering*. 3: 1167990.

Özdamar, A., Gürsel, K.T., Örer, G. ve Pekbey, Y. (2004). Investigation of the Potential of Wind–Waves as a Renewable Energy Resource: By the Example of Cesme-Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 8: 581–592.

Öztürk, İ. (2013). Energy Dependency and Energy Security: The Role of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources. *The Pakistan Development Review*. 52(4): 309-330.

Öztürk, L. (2007). Sürdürülebilir Kalkınma. Ankara: İmaj Yayınevi.

Paceşila, M. (2015). Solar Energy Policy Developments in Europe. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*. 10(1):13-24.

- Painuly, J. P. (2001). Barriers to Renewable Energy Penetration; A Framework for Analysis. *Renewable Energy*. 24: 73-89.
- Pandey, B. ve Karki, A. (2017). *Hydroelectric Energy: Renewable Energy and The Environment*. New York: CRC Press.
- Panwar, N. L., Kaushik, S.C. ve Kothari, S. (2011). Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15: 1513–1524.
- Pascual, C. ve Zambetakis, E. (2010) The Geopolitics of Energy From Security to Survival. *Energy Security Economics, Politics, Strategies, and Implications*. Washington, D.C: Brookings Institution Press.
- Payne, J. E., Vizek, M. ve Lee, J. (2017). Stochastic Convergence in Per Capita Fossil Fuel Consumption in U.S. States. *Energy Economics*. 62: 382–395.
- Pelc, R. ve Fujita, R. M. (2002). Renewable Energy from the Ocean. *Marine Policy*. 26: 471–479.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*. 1361-1401.
- Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. (2017). *Petrol* <https://www.petform.org.tr/Nedir?arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/>, (11.07.2018).
- Pezzey, J. (1997). Sustainability Constraints Versus ‘Optimality’ Versus Intertemporal Concern, and Axioms versus Data. *Land Economics*. 73(4): 448-466.
- Pykh-M., I.G. ve Pykh, Y.A. (2002). *Sustainable Energy: Resources, Technology and Planning*. Boston: WIT Press.
- Quaschnig, V. (2005). *Understanding Renewable Energy Systems*. USA: 22883 Quicksilver Drive Sterling, VA 20166-2012.

Rasillo-Calle, F., Groot, P., Hemstock, S.L. ve Woods, J. (2015). *The Biomass Assessment Handbook: Energy for a Sustainable Environment*. Second Edition. New York: Routledge.

Reddy, S. ve Painuly J. P. (2004). Diffusion of Renewable Energy Technologies- Barriers and Stakeholders' Perspectives. *Renewable Energy*. 29: 1431–1447.

REN21 (2015). *Renewables 2015 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris: REN21 Secretariat.

REN21 (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris: REN21 Secretariat.

REN21 (2018). *Renewables 2018 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris: REN21 Secretariat.

Rhodes, R. A. W. (1996). The New Governance: Governing Without Government. *Political Studies*. 44: 652- 667.

Ritter, W. W. (1973). Geothermal Energy: Prospects and Problems. *Journal of Environmental Health*. 35(5): 432-435.

Ruffing, K. (2007). Indicators to Measures Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. *Sustainability Indicators: A Scientific Assessment*. Washington: Island Press.

Rüzgâ Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik. (2015). Resmi Gazete Yayın Tarihi: 20.10.2015. Resmi Gazete Sayısı: 29508. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/document/R%C3%9CZGAR%20TDY.pdf>.

Rüzgâ veya Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzre Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği. (2017). Resmi Gazete Yayın Tarihi: 13.05.2017. Resmi Gazete Sayısı: 30065. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/document/YARI%C5%9EMA%20Y%C3%96NETMEL%C4%B0%C4%9E%C4%B0.pdf>

Sabah, E., Mart, U. ve Çelikü M. S. (2002). 1970-2000 Yılları Arası Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketiminde Kömürün Yeri. *Madencilik*. 41(2): 31-42.

Sağlam, M. ve Uyar, T. S. (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. *Elektrik Mühendisleri Odası*.

Sayın, C., Mencet, M. N. ve Özkan, B. (2005). Assessing of Energy Policies Based on Turkish Agriculture: Current Status and Some Implications. *Energy Policy*. 33: 2361-2373.

Sebri, M. ve Ben-Salha, O. (2014). On the Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions and Trade Openness: Fresh Evidence from BRICS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 39: 14–23.

Seifried, D. ve Witzel, W. (2010). *Renewable Energy-The Facts*. London: Earthscan.

Selçuk, I.Ş. (2010). *Küresel Isınma, Türkiye'nin Enerji Güvenliği ve Geleceğe Yönelik Enerji Politikaları*. Ankara: Ankara Barosu Yayınları.

SETA (2017). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. *Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı*. 197.

Shaffer, B. (2006). Turkey's Energy Policies in a Tight Global Energy Market. *Insigt Turkey*. 8(2): 97-104.

Shafiee, S. ve Topal, E. (2009). When Will Fossil Fuel Reserves Be Diminished? *Energy Policy*. 37: 181-189.

Shortall, R., Davidsdottir, B. ve Axelsson, G. (2015). Geothermal Energy for Sustainable Development: A Review of Sustainability Impacts and Assessment Frameworks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 44: 391–406.

Solak, A. O. (2013). Türkiye'de Ulaştırma Sektörü Enerji Tüketiminin Azaltılması: Bir Senaryo Yaklaşımı. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 9 (1): 125-140.

Solarin, S. A. (2019). Parametric and Non-Parametric Convergence Analysis of Electricity Intensity in Developed and Developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*. Springer.

Song, Y. ve Zhang, M. (2017). Using a New Decoupling Indicator (ZM Decoupling Indicator) to Study the Relationship Between the Economic Growth and Energy Consumption in China. *Nat Hazards*. 88: 1013–1022.

Sorensen, B. (2000). *Renewable Energy: Its Physics, Engineering, Use, Environmental Impacts, Economy and Planning Aspects*. Denmark: Academic Press.

Speight, J.G. (2007). *Natural Gas: A Basic Handbook*. Texas: Gulf Publishing Company.

Spellman, F. R. (2014). *Environmental Impact of Renewable Energy*. Energy and The Environment, Abbas Ghassemi Series Editor, New York: CRC Press Taylor and Francis Group.

Stavins, R.N., Wagner, A.F. ve Wagner, G. (2003). Interpreting Sustainability in Economic Terms: Dynamic Efficiency Plus Intergenerational Equity. *Economic Letters*. 79(3): 339-343.

Stigka, E. K., Paravantis, J. A., ve Mihalakakou, G. K. (2014). Social Acceptance of Renewable Energy Sources: A Review of Contingent Valuation Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 32: 100-106.

Stoker, G. (1998). Governance As Theory: Five Propositions. *International Social Science Journal*. 50 (155): 17-28.

Szarka, J., (2004). Wind Power, Discourse Coalitions and Climate Change: Breaking the Stalemate?. *European Environment*. 14(6): 317-330.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019) *Orta Vadeli Program (2006-2008)*. <http://www.sbb.gov.tr/orta-vadeli-programlar/>. (01.04.2019).

T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi. (2019). Enerji ve Yenilenebilir Kaynaklar. Invest in Turkey. <http://www.invest.gov.tr/tr-TR/sectors/Pages/Energy.aspx#PageTop>. (03.04.2019).

Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. (2012). WWF Türkiye. https://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/turkiyenin_ekolojik_ayak_izi_raporu.pdf. (01.02.2019).

Taban, S. (2016). *İktisadi Büyüme: Kavram ve Modeller*. Bursa: Ekin Basın Yayın Dağıtım.

Tamzok, N. (2018). Dünyada ve Türkiye'de Kömür. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, "Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018"* (ss. 239-260). Yayın No: MMO/691. Ankara: Ankamat Matbaacılık San. Ltd. Şti.

Temurçin, K. ve Aliagaoglu, A. (2003). Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği. *Coğrafî Bilimler Dergisi*. 1(2):25-39.

Tennant-Wood, R. (2012). Why Solar?, Why Then?. *Following The Sun: The Pioneering Years of Solar Energy Research at the Australian National University 1970-2005*. (pp.13-22). Australia: Anu Press.

Teräsvirta, T. (1994). Testing Linearity and Modelling Nonlinear Time Series. *Kybernetika*. 30(3): 319-330.

Tezel, Y.S. (1997). *İktisadi Büyüme*. Ankara: Ankyra Yayıncılık. 2. Baskı.

Tiwari, A.K. ve Kyophilavong, P. (2014). New Evidence from the Random Walk Hypothesis for BRICS Stock Indices: A Wavelet Unit Root Test Approach. *Economic Modelling*. 43: 38-41.

Tong, H. (2015). *Nonlinear Time Series Analysis*. London School of Economics and Political Science.

Topçu, C. ve Yünsel, D. T. (2012). Yenilenebilir Enerji Araştırma Raporu. *Çukurova Kalkınma Ajansı*.

Tsay, R. S.(1989). Testing and Modeling Threshold Autoregressive Processes. *Journal of the American Statistical Association*. 84 (405): 231-240.

Turkey Energy Report (2013). Herdem Attorneys al Low. February 2014.

TÜBİTAK (2010). Enerji Alanı Ulusal Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi Hazırlanmasına İlişkin Bilgi Notu. Ankara, Aralık 2010. https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/btyk/22/BTYK22_Ek5_Enerji_Bilgi_Notu.pdf. (17.04.2019).

TÜBİTAK (2011). Ulusal Enerji Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi. Ankara, Aralık 2011. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/ek1_ulusal_enerji_ar_ge_yenilik_stratejisi.pdf. (17.04.2019).

TÜBİTAK Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu (1998). *Tübitak TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: TÜBİTAK.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2019a). Temel İstatistikler. Bilim, Teknoloji ve Bilgi Toplumu, Araştırma Geliştirme Faaliyetleri İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. (20.04.2019).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2019b). Gayrisafi Yurtiçi Hasıla, İktisadi Faaliyet Kollarına (A21) göre Zincirlenmiş Hacim, Endeks ve Değişim Oranları, 1970-2017. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. (09.03.2019).

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. (28 Eylül 2017). *Günümüzde Nükleer Enerji Raporu: Nükleer Enerjinin Ekonomisi*. <http://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor.html?limit=10&limitstart=0>, (30.07.2018).

Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA). (2017) <http://bepa.yegm.gov.tr/>, (02.03.2019).

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD). (2017). *Demiryolu Sektör Raporu 2017*. TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Mayıs 2018.

Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı (TEPAV) (2016). *Enerji Politikaları ve Yatırımlar Üzerindeki Etkileri*.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2019). Türkiye Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (1913-2016). <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>. (23.02.2019).

Türkiye Petrolleri (2018). *2017 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu*. Türkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı. Mayıs 2018.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TUREB). (2012). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TUREB). (2018). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TUREB). (2019). Neden Rüzgar Enerjisi?. <https://www.tureb.com.tr/turebsayfa/neden-ruzgar-enerjisi>. (18.02.2019).

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB) (2018). *Sektörel Görünüm: Enerji*. Aralık 2018.

Twidell, J. ve Weir, T. (2015). *Renewable Energy Sources*. Oxon: Routledge Taylor & Francis Group.

Ucal, M., An, N. ve Kurnaz, L. (2017). İklim Değişikliği Sürecinde Ekonomideki Yeni Kavramlar ve Yaklaşımlar. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 19(3): 373-402.

Uğurlu, Ö. (2006). *Türkiye’de Çevresel Güvenlik Bağlamında Sürdürülebilir Enerji Politikaları*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ulusaler, K. (2018). Enerjide Geçiş Sürecinin Görünümü. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, ‘‘Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018’’* (ss. 137-144). Yayın No: MMO/691. Ankara: Ankamat Matbaacılık San. Ltd. Şti.

Unbehaun, S.J. (2017). *The Relationship Between Renewable Energy Production and Energy Imports Among Countries in the European Economic Area*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Washington: Faculty of the Graduate School of Arts and Sciences of Georgetown University.

United Nations Environmental Programme (UNEP). (2001). Climate Change Information Sheets. *Typeset by Fontline Electronic Publishing*. Zimbabwe.

United Nations Environmental Programme (UNEP). (2011). Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. *International Resource Panel*. France.

United Nations Environmental Programme (UNEP) (2018). *Global Trends in Renewable Energy Investment*. Frankfurt School. FS-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. Bloomberg New Energy Finance.

United Nations Development Programme (UNDP). (2016). *Delivering Sustainable Energy in a Changing Climate: Strategy Note on Sustainable Energy*. 2017-2021.

United Nations (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. *U.N. Documents*. <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>, (24.04.2018).

United Nations. (2018). *The Role of Science, Technology and Innovation in Increasing Substantially the Share of Renewable Energy by 2030*. Commission on Science and Technology for Development. Geneva: Twenty-first Session.

Upham, P. ve Shackley, S. (2006). The Case of a Proposed 21.5 MWe Biomass Gasifier in Winkleigh, Devon: Implications for Governance of Renewable Energy Planning. *Energy Policy*. 34: 2161-2172.

Üçgül, İ. ve Elibüyük, U. (2016). Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Çeşitleri. *Çevre ve Enerji* (ss. 222-302). Ankara: Nobel Yayınevi.

Ün, Ü. T. (2013). Dalga Enerjisi: Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu. *II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. http://www.emo.org.tr/ekler/6a781dbfd8e524b_ek.pdf, (20.01.2018).

Ürün, G. (2003). Petrol Piyasalarının Yapısı, Petrolün Etkileşim Ağları ve Petrol Şirketleri Arasındaki Rekabet Ortamı. *Avrasya Dosyası*. Enerji Özel. 9(1): 94-132.

Üstün, A. K. ve Kurban, M. (2010). Türkiye’de Kullanılabilecek Dalga Enerjisi Dönüştürücülerinin Belirlenmesi ve Analizi. *National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering*. 62-66.

VanLoon, G. W. ve Duffy, S. J. (2017). *Environmetal Chemistry: A Global Perspective*. United Kingdom: Oxford University Press.

Wagner, H.J. ve Mathur, J. (2011). *Introduction to Hydro Energy Systems: Basics, Technology and Operation*. New York: Springer.

Wang, H. (2011). Decoupling Measure Between Economic Growth and Energy Consumption of China. *Energy Procedia*. 5: 2363-2367.

Wang, H., Hashimoto, S., Yue, Q., Moriguchi, Y. ve Lu, Z. (2013). Decoupling Analysis of Four Selected Countries. *Journal of Industrial Ecology*. 17(4): 618-629.

Ward, J. D., Sutton, P. C., Werner, A. D., Costanza, R., Mohr, S. H. ve Simmons, C. T. (2016). Is Decoupling GDP Growth from Environmental Impact Possible? *PLoS One*. 11(10).

Watier, L. ve Richardson, S. (1995). Modelling of an Epidemiological Time Series by a Threshold Autoregressive Model. *The Statistician*. 44(3): 353-364.

Weinberg, M. (1994). Technology and the Environment: The Search for Balance. *Technological Choice, Clean, Green Technology*.

World Bank (2003). *World Development Report*. Sustainable Development in a Dynamic World: Transforming Institutions, Growth and Quality of Life.

World Bank (2019). DataBank, World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/data/source/world-development-indicators#>.

(20.04.2019).

Wu, Y., Zhu, Q., ve Zhu, B. (2018). Comparisons of Decoupling Trends of Global Economic Growth and Energy Consumption Between Developed and Developing Countries. *Energy Policy*. 116: 30–38.

Yapraklı, S. ve Bayramoğlu, T. (2017). Türkiye’de Enerji Kullanımı ve İklim Değişikliği: 1990-2030 Dönemine İlişkin Tanımsal Bir Uygulama. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 19(2): 430-453.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). (2019). Türkiye Global Radyasyon Değerleri - Türkiye Güneşlenme Süreleri. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>. (13.02.2019).

Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği. (2016). Resmi Gazete Yayın Tarihi: 09.10.2016. Resmi Gazete Sayısı: 29852. <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/document/YEKA%20Y%C3%96NETMEL%C4%B0%C4%9E%C4%B0.pdf>

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. (2010). 6094 Sayılı Kanun Kabul Tarihi: 29/12/2010. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/01/20110108-3.htm>. (02.04.2019).

Yılmaz, A., Kelleci, S.Ü. ve Bostan, A. (2016). Türkiye Ekonomisinde Sektörel Enerji Tüketiminin Ayrıştırma Yöntemiyle Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 31(2): 1-27.

Yılmaz, A.O. ve Uslu, T. (2007). The Role of Coal in Energy Production-Consumption and Sustainable Development of Turkey. *Energy Policy*. 35: 1117-1128.

Yılmaz, Ş. (2018). Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu, "Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018"* (ss. 309-329). Yayın No: MMO/691. Ankara: Ankamat Matbaacılık San. Ltd. Şti.

Younger, P. L. (2015). Geothermal Energy: Delivering on the Global Potential. *Energies*. 8: 11737-11754.

Yu, Y., Chen, D., Zhu, B. ve Hu, S. (2013). Eco-efficiency Trends in China, 1978-2010: Decoupling Environmental Pressure from Economic Growth. *Ecological Indicators*. 24: 177–184.

Zivot, E. ve Wang, J. (2006). Nonlinear Time Series Models. *Modelling Financial Time Series with S-Plus* (ss.653-712). Second Edition. USA.