

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSADİ GELİŞME VE ULUSLARARASI İKTİSAT PROGRAMI**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ POTANSİYELİNİN ORTAYA
ÇIKMASINDA KAMU TEŞVİKLERİNİN ETKİSİ:
OECD ÜLKELERİ VE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI**

Sevgi SÜLÜKÇÜLER

**Danışman
Prof. Dr. C. Yenal KESBİÇ**

MANİSA – 2018

TEZ SAVUNMA TUTANAĞI

	T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu	FRYL-031
	YÜKSEK LİSANS EĞİTİMİ FORMLARI Tez Savunma Sınavı Tutanağı	Yayınlanma Tarihi	26/03/2018
		Revizyon No/Tarih	2/23/03/2018
		Sayfa	1/1

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 10.04.2018 tarih ve 15/13 sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin 9. Maddesi gereğince Enstitümüz İktisat Anabilim Dalı İktisadi Gelişme ve Uluslararası İktisat Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Sevgi SÜLÜKÇÜLER'in **"Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Ortaya Çıkmasında Kamu Teşviklerinin Etkisi: Türkiye ve OECD Ülkeleri Karşılaştırması"** Konulu tezi incelenmiş ve aday 11.05.2018 tarihinde saat 14.00'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 20 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna ☒ OY BİRLİĞİ ☒
DÜZELTME yapılmasına * ☐ OY ÇOKLUĞU ☐
RED edilmesine ** ☐ ile karar verilmiştir.

BASKAN
ÜYE
Prof. Dr. Ali Çınar
Prof. Dr. Canay Hana
ÜYE
Prof. Dr. Canay Hana
KARAR

Evet Hayır
Tez, burs, ödül veya Teşvik programına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.
☐ ☐
Tez, mutlaka basılmalıdır.
☒ ☐
Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.
☐ ☐
Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.
☐ ☐
Tez, basımı gereksizdir.
☐ ☐

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir. İkinci tez savunma sınavında da başarısız olan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

** Bu halde adayın Enstitü ile ilişkisi kesilir.

Hazırlayan Enstitü Sekreteri	Onaylayan Enstitü Müdürü
---------------------------------	-----------------------------

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum ‘‘Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Ortaya Çıkmasında Kamu Teşviklerinin Etkisi: OECD Ülkeleri ve Türkiye Karşılaştırması’’ adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

11.05.2018

Sevgi SÜLÜKÇÜLER



ÖZET

Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Ortaya Çıkmasında Kamu Teşviklerinin Etkisi: OECD Ülkeleri ve Türkiye Karşılaştırması

Doğal kaynakların gün geçtikçe tükenmesi, olumsuz iklim değişiklikleri, fosil kaynakların çevreye verdiği zararlar ve sınırsız enerji tüketimi tüm dünya ülkelerinde önemli bir problem haline gelmiştir. Artan bilinçle birlikte tüm dikkatler yenilenebilir enerji kaynaklarına çevrilmiştir. Doğada sınırsız ve hali hazırda işlenmeyi bekleyen bu kaynakların rezervlerini geliştirecek politikalar ve teşvik mekanizmaları artmaya başlamıştır.

Türkiye'nin de dahil olduğu 34 OECD ülkesinde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımının son yıllarda artış gösterdiği gözlenmektedir. Uygulamaya konulan politikalar ve teşviklerin boyutu ve sonuçları ülkelere göre farklılık göstermektedir. Teşvikler kapsamında gelişmiş ülkeler daha fazla imkana sahip olsa da ülkenin yüz ölçümüne göre uygulanan politikaların işlerlik kazanabilmesi uzun bir sürece yayılabilmektedir. Özellikle coğrafi bakımdan yenilenebilir enerji kaynakların gelişimi için elverişli yapıya sahip olan Türkiye'nin geliştirdiği politikalar, bu alanda yatırımları destekler niteliktedir.

Bu tez çalışmasında her bir OECD ülkesinde uygulanan yenilenebilir enerji politikaları ve teşvikleri açıklanmıştır. OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji gelişimine etki eden faktörlerin, uygulanan politikalar ve teşvik mekanizmaları rolünün belirlenebilmesi amacıyla, 1995-2014 veri aralığı incelenmektedir. Granger Nedensellik Analizi ve Varyans Ayrıştırma uygulanmıştır. Birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payı ile; kamu harcamaları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, enerji ithalatı, fosil kaynaklardan elektrik üretimi, tüketici fiyat endeksi (enerji), kişi başına GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonları ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı arasında nedensellik ilişkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Yenilenebilir Enerji Politikaları, Teşvikler, OECD, Türkiye.

ABSTRACT

The day-to-day exhaustion of natural resources, adverse climate changes, environmental damage to fossil fuels, and unlimited energy consumption have been a major problem in all countries of the world. With increasing consciousness, all attention has turned to renewable energy sources. Policies and incentive mechanisms to develop the reserves of these resources, which are boundless and ready to be processed in the country, have begun to increase.

34 OECD countries including Turkey's, renewable energy production and use are observed to increase in recent years. The size and results of the policies and incentives applied vary according to the countries. Although the developed countries have more possibilities within the scope of incentives, it can be spread over a long period that the policies applied according to the face of the country can be operated. In particular, the policies developed by Turkey geographically with favorable structure for the development of renewable energy sources, such as to support investment in this area.

This thesis explains the renewable energy policies and incentives applied in each OECD country. The 1995-2014 data interval is examined in order to determine the role of factors, applied policies and incentive mechanisms affecting the development of renewable energy in OECD countries. Granger Causality Analysis and Variance Decomposition are applied. With the share of renewable energy in primary energy supply; the causality relation between public expenditures, natural resources, energy imports, electricity generation from fossil sources, consumer price index (energy), GDP per capita, renewable energy consumption, carbon emissions and applied renewable energy policy.

Key Words: Renewable Energy, Renewable energy policies, Incentives, OECD, Turkey.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimleri ile yoluma ışık tutan, akademik kimliğini her zaman rehber edineceğim danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cüneyt Yenil KESBİÇ'e, tezimin ekonometrik analiz kısmında yardımlarını esirgemeyen, kendisini tanımaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Sayın Doç. Dr. Melih ÖZÇALIK'a, akademik hayatımda manevi desteğı ve teşvikleri için Sayın Prof. Dr. Bünyamin DURAN'a teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca olduğı gibi yüksek lisans sürecimde de maddi, manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan, haklarını ve emeklerini asla ödeyemeyeceğim kıymetli annem Birsen SÜLÜKÇÜLER ve değerli babam Savaş SÜLÜKÇÜLER'e, varlığından ve desteğinden her daim güç aldığım, olmazları mümkün kılan biricik kardeşim Oğuz SÜLÜKÇÜLER'e yürekten teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
KISALTMALAR.....	XIV
TABLolar LİSTESİ.....	XVII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XX
GRAFİKLER LİSTESİ.....	XXI
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAVRAMI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

1.1. Yenilenebilir Enerji Kavramı	3
1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	10
1.2.1. Güneş Enerjisi.....	10
1.2.1.1. Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihçesi.....	11
1.2.1.2. Güneş Enerjisi Kullanım Alanları.....	12
1.2.1.3. Güneş Enerjisi Teknolojileri	12
1.2.1.3.1. Fotovoltaik Güneş Teknolojisi (FV)	13
1.2.1.3.2. Isıl Güneş Teknolojisi	14
1.2.1.4. Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları	15
1.2.2. Rüzgar Enerjisi	17
1.2.2.1. Rüzgar Enerjisi Tarihçesi.....	18
1.2.2.2. Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları	19
1.2.2.3. Rüzgar Enerjisi Teknolojileri.....	20
1.2.2.3.1. Rüzgar Türbinleri	20
1.2.2.4. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	22
1.2.3. Jeotermal Enerji.....	24
1.2.3.1. Jeotermal Enerji Kullanımının Tarihçesi.....	25
1.2.3.2. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları	26

1.2.3.3. Jeotermal Enerji Teknolojileri	28
1.2.3.4. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları	29
1.2.4. Biyokütle Enerjisi.....	30
1.2.4.1. Biyokütle Enerjisi Kullanımının Tarihçesi	32
1.2.4.2. Biyokütle Enerjisi Kullanımının Alanları	32
1.2.4.3. Biyokütle Enerjisi Teknolojileri	32
1.2.4.4. Biyokütle Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	35
1.2.5. Hidroelektrik Enerjisi	35
1.2.5.1. Hidroelektrik Enerjisi Kullanımının Tarihçesi	38
1.2.5.2. Hidroelektrik Enerjisi Kullanım Alanları	39
1.2.5.3. Hidroelektrik Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	39
1.2.6. Deniz Kökenli (Okyanus) Enerjiler	40
1.2.6.1. Deniz Kökenli Enerji Kullanımının Tarihçesi	43
1.2.6.2. Deniz Kökenli Enerji Kullanım Alanları	43
1.2.6.3. Deniz Kökenli Enerji Teknolojileri.....	43
1.2.6.4. Deniz Kökenli Enerjilerin Avantaj ve Dezavantajları	45
1.2.7. Hidrojen Enerjisi.....	46
1.2.7.1. Hidrojen Enerjisi Kullanımının Tarihçesi.....	48
1.2.7.2. Hidrojen Enerjisi Kullanım Alanları.....	49
1.2.7.3. Hidrojen Enerjisi Teknolojileri	50
1.2.7.3.1. Yakıt pili teknolojisi.....	50
1.2.7.3.2. Doğrudan Yanmalı Motor Teknolojisi	51
1.2.7.4. Hidrojen Enerjisi Avantaj ve Dezavantajları	51

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIM POTANSİYELİ, KURULU GÜÇ, UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE TEŞVİKLER

2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	53
2.1.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	54
2.1.2. Rüzgar Enerjisi Potansiyeli	56
2.1.3. Jeotermal Enerji Potansiyeli	58
2.1.4. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli	59
2.1.5. Hidroelektrik Enerjisi Potansiyeli	60
2.1.6. Deniz Kökenli Enerji Potansiyeli	62
2.1.7. Hidrojen Enerjisi Potansiyeli.....	62
2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç.....	63

2.2.1. Türkiye Güneş Enerjisi Kurulu Gücü	66
2.2.1.1. Güneş Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Payı.....	66
2.2.2. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü.....	67
2.2.2.1. Rüzgar Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Payı	68
2.2.3. Türkiye Jeotermal Enerji Kurulu Gücü	68
2.2.3.1. Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı.....	70
2.2.4. Türkiye Biyokütle Enerjisi Kurulu Gücü	71
2.2.4.1. Biyokütle Enerjisinin Elektrik Üretiminde Payı	71
2.2.5. Türkiye Hidroelektrik Enerjisi Kurulu Gücü.....	72
2.2.5.1. Hidroelektrik Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Payı	72
2.2.6. Türkiye Hidrojen Enerjisi Kurulu Gücü	74
2.3. Türkiye’de Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politikaları.....	75
2.3.1. Yenilenebilir Enerji Mevzuatı	79
2.3.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun.....	80
2.3.1.2. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu.....	81
2.3.1.3. Enerji Verimliliği Kanunu	81
2.3.1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun	81
2.3.1.5. Yeni Elektrik Piyasası Kanunu	82
2.3.1.6. Çevre Kanunda 2006 Yılı Değişiklikleri	83
2.3.1.7. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)	83
2.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımına Yönelik Teşvik Planları	84
2.4.1. Bölgesel Teşvik Uygulamaları	85
2.4.1.1. Bölgesel Teşvik Kapsamında Desteklenecek Öncelikli Yatırımlar.....	87
2.4.2. Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki	88
2.4.2.1. Büyük Ölçekli Yatırım Teşviki Kapsamında Desteklenecek Öncelikli Yatırımlar	89
2.4.3. Stratejik Yatırımların Teşviki	90
2.4.3.1. Stratejik Yatırımların Teşviki Kapsamında Desteklenecek Yatırımlar	91
2.4.4. Genel Teşvik Uygulamaları.....	92
2.4.4.1. Genel Teşvik Uygulamaları Kapsamında Desteklenecek Yatırımlar	92
2.5. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Arttırmaya Yönelik Teşvikler	92
2.5.1. Sabit Fiyat Garantisi	94
2.5.2. Prim Garantisi	95
2.5.3. Zorunlu Kota ve Yeşil Sertifika Piyasası	96
2.5.4. Vergi Muafiyetleri ve Vergi İndirimleri.....	97
2.5.5. İhale Yöntemiyle Teşvik	97

2.5.6. Yatırım Teşvikleri.....	97
2.6. Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Türkiye’de Uygulanan Teşvik Mekanizmaları	98
2.6.1. Sabit Fiyat Garantisi	98
2.6.2. Lisanssız Üretim Hakkı	101

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DİĞER OECD ÜLKELERİNDE UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE TEŞVİKLERİ

3.1. OECD Ülkeleri ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Gelişimi	102
3.2. OECD Ülkelerinde Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Teşvikler	104
3.2.1. Almanya.....	104
3.2.2. Norveç	105
3.2.3. İsveç.....	106
3.2.4. İspanya.....	107
3.2.5. Danimarka	108
3.2.6. İsviçre	108
3.2.7. Portekiz.....	109
3.2.8. Avusturya.....	110
3.2.9. Avustralya.....	112
3.2.10. Amerika Birleşik Devletleri.....	113
3.2.11. Şili.....	114
3.2.12. Kanada	115
3.2.13. İrlanda	116
3.2.14. Finlandiya	117
3.2.15. Estonya	118
3.2.16. Macaristan	119
3.2.17. Yunanistan	120
3.2.18. İngiltere.....	121
3.2.19. Çek Cumhuriyeti.....	122
3.2.20. Hollanda.....	123
3.2.21. Lüksemburg.....	124
3.2.22. Belçika	125
3.2.23. Japonya	126
3.2.24. Fransa.....	128
3.2.25. İtalya	128
3.2.26. Yeni Zelanda.....	131

3.2.27. Polonya	132
3.2.28. İzlanda	133
3.2.29. Slovenya	134
3.2.30. Slovak Cumhuriyeti	134
3.2.31. Meksika	136
3.2.32. İsrail	137
3.2.33. Kore	138

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİNDE UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİKLERİNİN MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: 1995-2014 DÖNEMİ EKONOMETRİK ANALİZLER

4.1. Literatür Taraması	140
4.2. Veri Seti, Kullanılan Yöntem ve Değişkenler	143
4.3. Ekonometrik Metodoloji	143
4.3.1. Birim Kök Testi	144
4.3.1.1. Augmented-Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi.....	146
4.3.1.2. Levin, Lin ve Chu (2002) Panel Birim Kök Testi.....	147
4.3.1.3. Breitung Birim Kök Testi	149
4.3.2. Varyans Ayrıştırma.....	150
4.3.3. Granger Nedensellik Analizi	161
SONUÇ	163
KAYNAKÇA	170

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADF	Augmented-Dickey Fuller
ARDL	Autoregressive Dağıtımli Gecikme
AR-GE	Araştırma-Geliştirme
BAKA	Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı
BEPA	Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
C ⁰	Santigrat Derece
CHP	Kombine Isı ve Elektrik
COAG	Avustralya Hükümetleri Konseyi
CO ₂	Karbondioksit
DEKTMK	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DF	Dickey-Fuller
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EDAŞ	Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ERDF	Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EWA	Avrupa Su Birliği
FIT	Sabit Alım Garantisi
GES	Güneş Enerji Santralleri
GSYH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GW	GigaWatt
GWh	GigaWatt Saat
H ₂	Hidrojen
HES	Hidroelektrik Santral
ICHET	Uluslararası Hidrojen Enerji Teknolojileri Merkezi
IEA	Ulusal Enerji Ajansı
IRENA	Ulusal Yenilenebilir Enerji Ajansı
ITC	Federal Yenilenebilir Enerji Yatırım Vergi Kredisi

İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Kcal	Kilokalori
KDV	Katma Değer Vergisi
KEP	Kilogram Petrol Eşdeğeri
km	Kilometre
km ²	Kilometre kare
KOSGEB	Küçük, Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme, Destekleme İdaresi Başkanlığı
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Saat
LLC	Levin, Lin, Chu
m/sn	metre/saniye
m	metre
m ²	metrekare
m ³	metreküp
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MEP	Maksimum ekolojik potansiyel
MÖ	Milattan Önce
MS	Milattan Sonra
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MW	Megawatt
MWe	MegaWatt Elektrik
NO _x	Nitrojen Oksit
NREAP	National Renewable Energy Action Plan
O ₂	Oksijen
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
OTEC	Okyanus Isısı Enerjisi
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PTC	Federal Yenilenebilir Enerji Üretim Vergi Kredisi
PV	Fotovoltaik
REN	Yenilenebilir Enerji Politikası Ağı
RES	Rüzgar Enerji Santralleri

ROCS	Yenilenebilir Sertifika Sistemi Yükümlülüğü
RT	Rüzgar Türbinleri
RTC	Konut Yenilenebilir Enerji Vergi Kredisi
SEP	Stratejik Enerji Planı
sm ³	Standart Metreküp
SO ₂	Kükürt Dioksit
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TÇV	Türkiye Çevre Vakfı
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TL	Türk Lirası
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TP	Türkiye Petrolleri
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜFE	Tüketici Fiyat Endeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜREB	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TWh	Terawatt-saat
TYDTA	Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı
v/g	varıl/ gün
vb.	ve benzeri
vd.	ve diğerleri
YE	Yenilenebilir Enerji
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kanunu
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
yy	yüzyıl

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırılması	4
Tablo 2: Türkiye’deki Taşkömürü Rezervleri (Ton).....	6
Tablo 3: 2000-2016 Yılları Havza Taşkömürü Üretimi.....	6
Tablo 4: Türkiye Taşkömürü Üretim Tüketim ve İthalat Dengesi (Bin ton)	7
Tablo 5: Kömür İthalatına Ödenen Miktarlar (bin USD).....	7
Tablo 6: Doğalgaz Liberalleşme Süreci	9
Tablo 7: Yenilenebilir Enerji Türleri ve Kaynakları	10
Tablo 8: Rüzgar Türbini Sınıflandırılması	20
Tablo 9: Güçlerine Göre Rüzgar Türbinleri	22
Tablo 10: Jeotermal Enerjinin Sıcaklığa Göre Kullanım Alanları (Lindal Diyagramı).....	26
Tablo 11: Jeotermal Enerji Teknolojileri	28
Tablo 12: Biyokütle Enerjisinin Kaynakları	31
Tablo:13: Biyokütle Kaynaklarından Enerji Üretiminde Ana Süreçler	33
Tablo 14: Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar	33
Tablo 15: Biyokütle Çevrim Teknolojileri.....	34
Tablo 16: Hidroelektrik Enerji Türleri	36
Tablo 17: Dalga Enerjisi İçin Mevcut Sistemler ve İşlemler	41
Tablo 18: Deniz Kökenli Enerji Kullanım Alanları	43
Tablo 19: Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri.....	44
Tablo 20: Hidrojenle İlgili Tarihsel Gelişmeler	48
Tablo 21: Hidrojen Kullanım Alanları	49
Tablo 22: 2015 Yılı Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Dağılımı (GWh, Yüzde).....	53
Tablo 23: Türkiye’nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı	54
Tablo 24: Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	54
Tablo 25: REPA’ya Göre Türkiye Rüzgar Potansiyeli	57
Tablo 26: Türkiye’nin Değişik Bölgelerinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli	57
Tablo 27: Kaynak Bazında Türkiye’nin Biyokütle Potansiyeli	59
Tablo 28: Türkiye’nin Temel Biyokütle Üretimi	60
Tablo 29: Türkiye’nin Tarımsal Artık Potansiyeli	60
Tablo 30: Dalga Yoğunlukları.....	62
Tablo 31: Kaynaklara Göre Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Gelişimi (2000-2016).	65
Tablo 32: Jeotermal Enerji İle Bölgesel Isıtma Yapılan Yerler	69
Tablo 33: Türkiye’de Jeotermal Uygulamalar	69
Tablo 34: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin 1985-2015 Arası Gelişimi	73
Tablo 35: Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücün 1985-2015 Arası Gelişimi.....	73

Tablo 36: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Düzenlemelerinde Önemli Kilometre Taşları (2001-2016).....	76
Tablo 37: Türkiye'de Elektrik Üretimi ve Kurulu Güç Kapasitesi (2016)	77
Tablo 38: Elektrik Piyasası Gelişimi.....	77
Tablo 39: Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Düzenlemelerinin ve Politikalarının Gelişimi.....	79
Tablo 40: Türkiye'nin Başlıca Enerji Verimliliği Düzenlemeleri	80
Tablo 41: Bölgelerin Gelişmişlik Seviyeleri	85
Tablo 42: Bölgesel Teşvik Uygulamalarında Sağlanan Destek Unsurları	86
Tablo 43: Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Uygulamasında Sağlanan Destekler.....	88
Tablo 44: Bölgesel Teşvik Uygulamasında 01.01.2016 Tarihinden İtibaren Başlanılacak Yatırımlara Sağlanan Destekler	89
Tablo 45: Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Uygulaması Kapsamında Desteklenecek Yatırım Konuları.....	89
Tablo 46: Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulamasında Sağlanan Destekler	90
Tablo 47: Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulamasında İşletme / Yatırım Döneminde Uygulanacak Yatırıma Katkı Tutarı	91
Tablo 48: Türkiye'de Yenilenebilir Enerji İçin Uygulanan Sabit Fiyat Garantisi	99
Tablo 49: Rüzgar, Güneş PV, Güneş CSP Enerjisi Sabit Alım Garantisi ve Yerli Katkı İlavesi	100
Tablo 50: Hidroelektrik, Jeotermal, Biyokütle Enerjisi Sabit Alım Garantisi ve Yerli Katkı İlavesi	100
Tablo 51: OECD Ülkeleri	102
Tablo 52: Avustralya İklim Politikasının Temel Bileşenleri Özet Tablosu	112
Tablo 53: Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Girişimleri İl ve Bölgesel Örnekler	115
Tablo 54: İrlanda'nın Yenilenebilir Enerji Tarife Garantisi	117
Tablo 55: Estonya Mevcut Yenilenebilir Enerji Politikalarına ve Önlemleri	119
Tablo 56: Macaristan'da Her Yenilenebilir Enerji Teknolojisinden Toplam Katkı, 2014.. ..	120
Tablo 57: Lüksemburg Katma Değer Tarife Dengeleme Mekanizmasının Toplam Maliyeti (EURO)	125
Tablo 58: Japonya Tarife Alış Fiyatları 2012-2016 Yılları Arası	127
Tablo 59: İtalya, Yeşil Sertifikalar, Yıllık Zorunlu Kota, 2010-15.....	129
Tablo 60: İtalya Tarife Oranları	129
Tablo 61: İtalya'nın 6 Temmuz 2012 Bakanlar Kurulu Kararı Uyarınca Destek Seviyeleri.	130
Tablo 62: Polonya'da Yenilenebilir Enerjiyi Destekleme Politikaları ve Önlemleri	133
Tablo 63: Slovak Cumhuriyeti 2020'ye Kadar Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Ulusal Hedefler	135
Tablo 64: Slovak Cumhuriyeti Sabit Fiyat Garantisi.....	135
Tablo 65: Meksika 2014-18 Yenilenebilir Enerji Kullanımına Yönelik Özel Programdaki Ana Göstergeler	137

Tablo 66: Modelde Kullanılan Değişkenler	143
Tablo 67: ADF Birim Kök Analizi Sonuçları	147
Tablo 68: Levin, Lin ve Chu (2002) Panel Birim Kök Analizi Sonuçları	148
Tablo 69: Breitung Birim Kök Analizi Sonuçları	150
Tablo 70: Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Payı İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	151
Tablo 71: Kamu Harcamaları İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	152
Tablo 72: Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Kira Bedeli İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	153
Tablo 73: Enerji İthalatı İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	154
Tablo 74: Kömür, Petrol ve Doğal Gazdan Elektrik Üretimi İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	155
Tablo 75: Tüketici Fiyat Endeksi (Enerji) İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	156
Tablo 76: Kişi Başına Düşen GSYH İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	157
Tablo 77: Yenilenebilir Enerji Tüketimi İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	158
Tablo 78: CO2 Emisyonları İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	159
Tablo 79: Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politika Sayısı İçin Varyans Ayırıştırması Tablosu	160
Tablo 80: Granger Nedensellik Analizi Sonuçları	161

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA).....	55
Şekil 2: Türkiye Rüzgar Atlası.....	57
Şekil 3: Türkiye’de Nanotektoniği-Volkanik Etkinliği ve Jeotermal Alanlar	58
Şekil 4: Sabit Fiyat Uygulamaları	94
Şekil 5: Sabit Prim, Alt ve Üst Sınır İçeren Değişken Prim Uygulamaları	95



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü.....	65
Grafik 2: Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Gelişimi.....	67
Grafik 3: Türkiye’de Biyokütle Kurulu Güç Gelişimi, 2007-2013.....	71
Grafik 4: Türkiye’nin Hidroelektrik Enerji Kurulu Güç Gelişimi (2000-2016, MW).....	72
Grafik 5: 1990-2016 Yılları Arasında OECD Ülkeleri Toplam Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerjinin Payı (%).....	103
Grafik 6: Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Payı İçin Varyans Ayırıştırması.....	151
Grafik 7: Kamu Harcamaları İçin Varyans Ayırıştırması	152
Grafik 8: Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Kira Bedeli İçin Varyans Ayırıştırması	153
Grafik 9: Enerji İthalatı İçin Varyans Ayırıştırması.....	154
Grafik 10: Kömür, Petrol ve Doğal Gazdan Elektrik Üretimi İçin Varyans Ayırıştırması.....	155
Grafik 11: Tüketici Fiyat Endeksi (Enerji) İçin Varyans Ayırıştırması.....	156
Grafik 12: Kişi Başına Düşen GSYH İçin Varyans Ayırıştırması	157
Grafik 13: Yenilenebilir Enerji Tüketimi İçin Varyans Ayırıştırması	158
Grafik 14: CO2 Emisyonları İçin Varyans Ayırıştırması.....	159
Grafik 15: Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politika Sayısı İçin Varyans Ayırıştırması	160

GİRİŞ

Enerji üretim ve tüketimi, ülkelerin toplumsal gelişiminin temel ölçütlerinden biridir. Enerjinin düşük maliyetli, çevreye uyumlu, kaliteli şekilde tedarik edilmesi ve bu kaynakların sürdürülebilir hale getirilmesi önem arz etmektedir.

Hala dünyada enerji kaynaklarının büyük bölümünü fosil kaynaklar oluştursa da, yüksek maliyet ve çevre tahribatı gibi birçok olumsuz sebeplerden dolayı her geçen gün önemini yitirmektedir. Fosil yakıtlar çürüyen bitki, hayvan vb. canlıların milyonlarca yılda ortaya çıkan birleşimi sonucunda oluşmuştur. Oluşumu uzun zaman, tüketimi ise kısa zaman aldığı için bu yakıtlar yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılmazlar. Fosil enerji kaynakları yerini gitgide yeni enerji kaynaklarına bırakmaktadır. Bu yeni kaynaklar, ‘‘tükenmez’’, ‘‘alternatif’’, ‘‘temiz’’, ‘‘yenilenebilir’’ şeklinde de adlandırılmaktadır (Hayli, 2001: 2).

Fosil yakıtların sürdürülemez olması ve çevresel tahribata yol açması sebebiyle yenilenebilir kaynaklar dünya gündeminde artan bir ilgi ile yer almakta, ihtiyaçları gidermesi bakımından ciddi bir kaynak olarak nitelendirilmektedir (Kapluhan, 2014a: 813). Aynı zamanda doğal süreç yoluyla ortaya çıkması nedeniyle ithalatın ve maliyetin azaltılmasında da önemli görev üstlenmektedir.

Fosil yakıtlar 1973 petrol krizine kadar ucuz olması sebebiyle yaygın şekilde kullanılmış, daha sonra krizin etkisiyle yenilenebilir enerjiye olan ilgi artmıştır. 90’lı yıllara gelindiğinde artan çevresel bilince paralel olarak dünyada pek çok ülke yenilenebilir enerji kullanımını desteklemiş, çeşitli düzenleyici ve mali teşvikler oluşmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça elverişli olan Türkiye’nin, bu avantajı yeterince kullanamadığı görülmektedir. 2011 ve 2015 yılında yenilenebilir enerji kullanımını yaygınlaştırmak için çıkartılan teşvik kanunları yeterli olamamıştır.

Toplam enerji tüketiminde $\frac{3}{4}$ oranında dışa bağımlı olan Türkiye’de cari açığın hemen hemen hepsini enerji ithalatı oluşturmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası’nın 2003-2015 yılları arasındaki cari işlemler dengesi grafiği incelendiğinde, Türkiye’nin her yıl açık verdiği görülmektedir. Nitekim son verilere göre 2014 yılında 51,6 milyar \$ cari açık veren Türkiye’de enerji hariç cari açık rakamı 2,06 milyar \$ olarak gösterilmiştir. 2015 yılının ilk çeyreğinde ise Türkiye 45,7 milyar \$ cari açık verirken, enerji hariç 264 milyon \$ cari fazla vermiştir.

Ülkenin en önemli problemlerinden biri niteliğinde olan enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için toplumsal bilinç arttırılmalı ve doğru zamanda doğru politikalar uygulanmalıdır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde yenilenebilir enerji kaynakları; tarihçe, kullanım alanları, kullanım teknolojileri, avantajları ve dezavantajları şeklinde incelenecektir. İkinci bölümde ilk olarak Türkiye’de her bir yenilenebilir enerji çeşidinin kullanım potansiyeli ve kurulu gücü açıklanacaktır. Devamında Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelik olarak uygulanan politikalar ve yasal düzenlemeler kalkınma planları itibariyle güncel durum çerçevesinde ele alınacaktır. Son olarak yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik uygulanan teşvikler incelenecektir. Üçüncü bölümde OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji gelişimi açıklanacaktır. Daha sonra her bir OECD ülkesi bakımından; yenilenebilir enerji durumu, uygulanan yenilenebilir enerji politikaları ve teşvikler detaylandırılacaktır. Dördüncü bölümde ise yenilenebilir enerji üzerinde etkili olan makroekonomik değişkenlerin ve etkenlerin, OECD ülkeleri bazı alınarak, ekonometrik analizi gerçekleştirilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAVRAMI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Bu bölümde yenilenebilir enerji konusu; yenilenebilir enerji kavramı ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki ana kısım şeklinde sunulacaktır. Yenilenebilir enerji kavramı başlığı altında kısaca birincil enerji kaynaklarına (kömür, petrol, doğalgaz) da değinilecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları; her bir yenilenebilir enerji çeşidi açısından tarihçesi, kullanım alanları, kullanım teknolojileri, avantajları ve dezavantajları şeklinde alt başlıklar halinde incelenecektir.

1.1. Yenilenebilir Enerji Kavramı

Yunanca “energon” sözcüğünden meydana gelen enerjide; en iç, ergon ise iş anlamı ifade etmekte ve bir cisim ya da sistemdeki iş yapma kabiliyeti olarak ifade edilmektedir (Aruoba ve Alpar, 1992: 89). Diğer bir ifadeyle; doğal kaynaklardan elde edilen ve kaynağın oluşması için hiçbir dış etkiye ihtiyacı olmayan enerji kaynaklarıdır (Kuşkaya ve Gençoğlu, 2017: 553). Yenilenebilir enerji (YE); güneş, rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklardan oluşan, sınırsız, sürdürülebilir, tükenmeyen, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri minimize etmeye odaklı enerji kaynağıdır.

Enerji, insanlığın varoluşundan beri gelişmişlik düzeyi göstergesi ve teknolojik gelişmelerin devamlılığını sağlayan en önemli tüketim maddelerinden biri olarak görülmüştür. Kişi başına geliri yüksek olan ülkeler, kişi başına enerji tüketimi bakımından da yükseklik gösterecektir (Çalışkan, 2009: 299). Günümüzde enerjinin önemli bir kısmı fosil kaynaklardan karşılanıyor olsa bile küresel çapta yarattığı zararlar sebebiyle yenilenebilir enerjinin önemi daha iyi anlaşılmakta ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Fosil yakıtlar yüksek ithalat giderlerine yol açması, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuzlukları, sürdürülemez ve kendini yenileyemez oluşu ve her geçen gün hızlı bir şekilde tükenmesi gibi nedenlerden dolayı önemini ve değerini yitirmektedir.

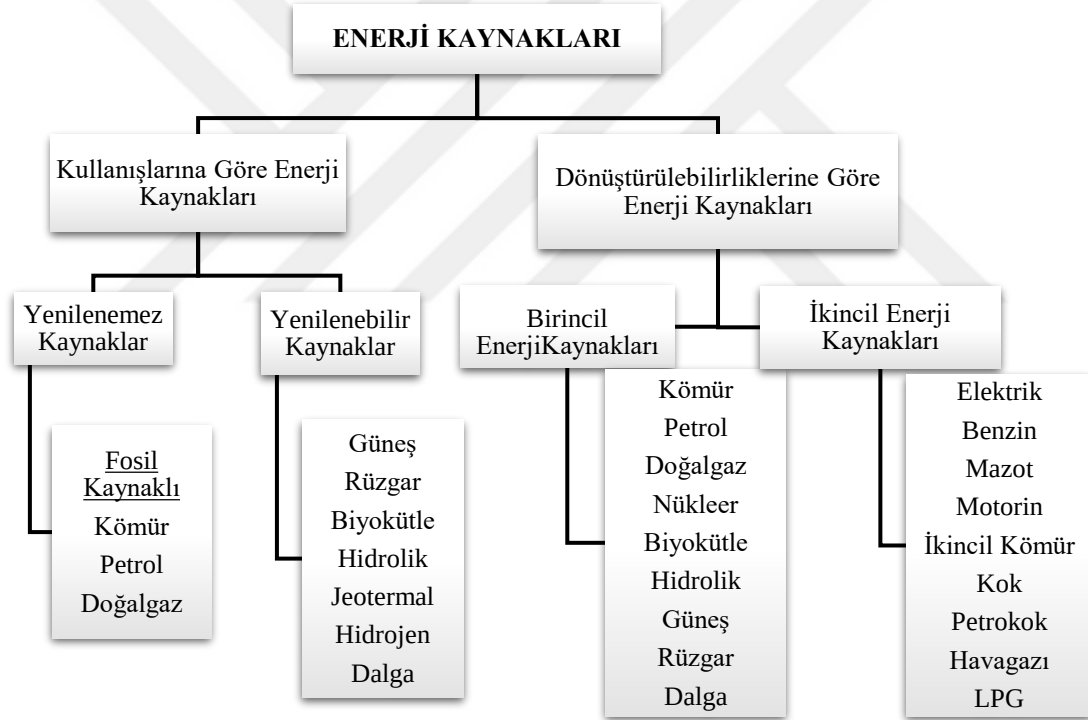
Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlarla; güç üretimi, sıcak su elde etme, mekan ısıtma, araç yakıtları ve kırsal faaliyetler başta olmak üzere birçok pazarda rekabet halindedir. Yapıların çoğunluğunda sıcak su elde etme ve mekan ısıtma amacıyla güneş, biyokütle ve jeotermal enerji kullanılmakta ve aynı zamanda iki milyondan fazla sayıda hane aydınlatma amacıyla güneş fotovoltaiklerinden yararlanmaktadır (Önal ve Yarbay, 2010: 80).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla (MEB, 2012: 4):

- İthal edilen kaynaklara bağımlılık azalacak,
- Yerli kaynaklara öncelik verilecek,
- Yerli üretim istihdamın artmasını sağlayacak,
- Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve gelişimi sağlayacak,
- Enerji arz güvenliği artacak,
- Enerji talebini karşılamada sağlanan güvenlik, enerji esaslı sektörleri olumlu yönde etkileyecek ve yatırım yapmalarını teşvik edecek,
- Üretim ve tüketimde sağlanan güven ortamı ile istikrar gelişim gösterecek,
- Sosyal ekonomide refah ve istikrar artacaktır.

Enerji kaynakları en genel ifadeyle kendi içerisinde şu şekilde ayrılmaktadır:

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırılması



Kaynak: Koç ve Kaya, 2015: 3.

Enerji kaynaklarının işlevsel farklılıkları olduğu gibi gösterdikleri verim de farklılaşmaktadır. Enerji kaynakları arasındaki bu farklılıkları karşılaştırmak için eşdeğer birimler kullanılmaktadır. Eski dönemlerde kömür kullanımı yaygın olduğu için kıyaslama birimi olarak kömür eşdeğeri kullanılmıştır. Daha sonra hidrokarbonlar, kömürlerin önüne geçtiğinde petrol eşdeğeri kıyaslama birimi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Bahar, 2005: 36):

- TEP : 107 Kcal
- KEP : 10.000 Kcal

Türkiye yeterince enerji üretebilen bir ülke değildir ancak petrol ve doğal gaz rezervlerinin %70'ine sahip ülkelere komşudur. Türkiye transit ülke olarak enerji pazarında kilit noktalardan biri olduğu için özellikle Avrupa Birliği enerji politikalarını etkileyecek potansiyele de sahiptir (Ercan, 2011: 8).

Yenilenebilir enerji hakkında detaylı çalışmaya geçmeden önce yenilenemez enerji kaynaklarına kısaca değinmek yararlı olacaktır. Yenilemez enerji kaynakları olarak da adlandırılan fosil yakıtlar en genel ifadeyle kömür, petrol, doğal gaz olarak üçe ayrılmaktadır.

Kömür: Çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen barındıran, kimyasal ve fiziksel bakımdan farklılık gösteren yapıya sahip maden ve kayadır (TTK, 2016: 1). Dünyada en çok üretilen maddelerden biri olan kömür, çoğunlukla ya yakıt olarak doğrudan yakılmakta ya da ısıtılarak ikincil yakıtlara dönüştürülmektedir (Acaroğlu, 2007: 24). Türkiye'de en yaygın kömür çeşidi ise linyittir.

Kömür kullanımı ve ticaretinin Roma İmparatorluğu dönemine kadar dayandığı bilinmektedir. 19. yüzyılda sanayi devrimini, 20. yüzyılda elektrik çağını başlatmıştır. 1960'lı yıllara kadar kömür dünyanın birincil enerji kaynağı olarak önemini korumuş, 1960'lı yılların sonuna doğru yerini petrole bırakmış, ancak kömürün elektrik üretimindeki önemi anlaşıncaya kadar dünya enerji gündemindeki önemli konumunu kazanmıştır (TTK, 2016: 3). Günümüzde bol miktarda bulunması, ekonomik olması gibi sebeplerle dünya piyasasında ticareti devam eden en önemli fosil yakıt konumundadır.

Kömür rezervleri birçok ülkede bulunmasına rağmen dünya kömür rezervlerinin %75'i dört ülkede bulunmaktadır. En fazla rezerve %29,1 payla ABD sahiptir. Bunu %17,6 payla Rusya, %12,8 ile Çin, %8,6 ile Avustralya ve %6,8 payla Hindistan izlemektedir (TTK, 2016: 3). Kömür, dünyada üretim miktarı açısından bakılırsa 1990 yılında 3,49 milyar ton iken 2014 yılında 7,2 milyar ton seviyesine ulaştığı görülmektedir. Tüketim açısından incelenecek olursa 1990 yılında 3,47 milyar ton, 2000 yılında 3,71 milyar ton iken 2013 yılında 7,03 milyar tona ulaşmıştır.

Türkiye'de ise en önemli taşkömürü rezervi Zonguldak Havzası'nda bulunmaktadır. Havzada bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında, -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam jeolojik rezerv 1,30 milyar ton olup, bunun %38'i (yaklaşık 503 milyon ton) görünür rezerv olarak kabul edilmektedir (TTK, 2016: 24). Türkiye'de kömür, üretim açısından incelendiğinde 1942 yılından itibaren günümüze kadar 246 milyon ton üretim olduğu kaydedilmiştir. Tüketim açısından bakıldığında kömür ithalatının ivme kazanmaya başladığı 1980'li yılların başında ülke toplam taş kömürü tüketiminin %80'i, sonlarına doğru ise %45'i yerli kaynaklardan karşılanırken, 2014 yılında 31.464.000 ton olarak gerçekleşen taşkömürü

tüketiminin sadece %5,8'i yerli kaynaklardan karşılanmıştır (TTK, 2016: 27).

Türkiye’de 2016 yılı sonu itibariyle toplam taşkömürü rezervi Tablo 2’de sunulmaktadır:

Tablo 2: Türkiye’deki Taşkömürü Rezervleri (Ton)

Rezerv Türü	Koklaşmaz	Yarı Koklaşabilir	Koklaşabilir			Toplam TTK
	Amasra	Armutçuk	Kozlu	Üzülmaz	Karadon	
Hazır	384.000	1.739.250	2.845.985	386.049	2.943.021	8.298.305
Görünür	400.286.853	6.524.821	63.820.075	134.135.139	130.188.611	734.955.499
Muhtemel	154.855.599	15.859.636	40.539.000	94.342.000	159.162.000	464.758.235
Mümkün	66.570.778	7.883.164	47.975.000	74.020.000	117.034.000	313.482.942
Toplam	621.713.230	32.006.871	155.180.060	302.883.188	409.327.632	1.521.494.981

Kaynak: TTK, 2016: 24.

Havza tarihi boyunca maksimum üretim 1974 yılında 8,5 milyon ton, satılabilir üretim ise 1967 ve 1974 yıllarında 5 milyon ton olarak gerçekleştirilmiştir. 1974 yılındaki maksimum 5 milyon ton satılabilir üretim değerine kadar, zaman zaman düşüşler gözlense de, önemli bir üretim artış trendi yakalanmış olan havzada, ulaşılan üretim değeri korunamamış, 1982 yılından sonra 4 milyon tonun altına inmiştir. 1991 yılında başlayan rödovans uygulaması, 2004 yılından itibaren TTK tarafından işletilemeyen rezervlerin, yasal hakkı TTK bünyesinde kalarak, aidat karşılığı özel firmalara işlettilmesi uygulaması başlatılmıştır. 2000-2016 yılları havza taşkömürü üretimi Tablo 3’de yer almaktadır:

Tablo 3: 2000-2016 Yılları Havza Taşkömürü Üretimi

Yıllar	TTK Üretimi (Ton)	Özel Sektör Üretimi (Ton)	Havza Toplamı (Ton)
2000	2.259.227	114.046	2.373.273
2001	2.259.227	230.540	2.587.405
2002	2.259.227	487.799	2.732.171
2003	2.011.178	53.044	2.064.222
2004	1.879.411	149.625	2.029.036
2005	1.665.846	511.355	2.177.201
2006	1.522.698	795.931	2.318.629
2007	1.675.283	817.092	2.492.375
2008	1.586.532	1.043.909	2.630.441
2009	1.879.630	999.776	2.879.406
2010	1.708.844	883.074	2.591.918
2011	1.592.515	1.026.732	2.619.247
2012	1.457.098	835.157	2.292.255
2013	1.366.509	549.332	1.915.841
2014	1.300.154	488.187	1.788.341
2015	948.573	486.309	1.434.882
2016	911.002	404.968	1.315.970

Kaynak: TTK, 2016: 27.

Kömür ithalatının ivme kazanmaya başladığı 1980’li yılların başında ülke toplam taşkömürü tüketiminin %80’i, sonlarına doğru ise %45’i yerli kaynaklardan karşılanırken, 2016 yılında 36.195.000 ton olarak gerçekleşen taşkömürü tüketiminin sadece %3,63’ü yerli kaynaklardan (TTK ve havza üretiminden) karşılanmıştır. Ülkemizin 2000-2016 yılları arası üretim, ithalat ve toplam tüketim miktarları Tablo 4’te yer almaktadır (TTK, 2016: 28)

Tablo 4: Türkiye Taşkömürü Üretim Tüketim ve İthalat Dengesi (Bin ton)

Yıllar	Üretim	İthalat	Toplam Tüketim
2000	2.373	12.990	15.363
2001	2.587	8.028	10.615
2002	2.732	11.693	14.425
2003	2.064	16.166	18.230
2004	2.029	16.427	18.456
2005	2.177	17.360	19.537
2006	2.318	20.286	22.604
2007	2.492	22.946	25.438
2008	2.630	19.489	22.119
2009	2.879	20.364	23.243
2010	2.591	21.333	23.924
2011	2.619	23.679	26.298
2012	2.292	29.195	31.487
2013	1.915	28.200	30.115
2014	1.788	29.000	30.788
2015	1.434	31.494	32.928
2016	1.315	34.880	36.195

Kaynak: TTK, 2016: 28.

Kömür ithalatına, 2002 yılında 749 milyon \$, 2003 yılında ise 986 milyon \$ ödenmiştir. 2002-2006 ithalat gerçekleştirmelerine bakıldığında, kömür ithalatına ödenen döviz miktarında %174’lük bir artış olduğu görülmektedir. 2016 yılı madencilik ürünleri ihracat gelirimiz yaklaşık 4,5 milyar US doları olup, 2016 kömür ithalatına ise 5,3 US dolar döviz ödemesi yapılmıştır. Tablo 5’te kömür ithalatına yönelik ödenen döviz miktarının yıllara göre değişimi verilmiştir (TTK, 2016: 28).

Tablo 5: Kömür İthalatına Ödenen Miktarlar (Bin USD)

Yıllar	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ödenen Miktarlar	6.538	5.864	6.660	3.416	8.524	13.618	5.387

Kaynak: TTK, 2016: 28.

2017 yılı ilk üç ayı kömür ithalatı için ise 5.379.000 US dolar döviz ödemesi yapılmıştır. Ülkemiz demir-çelik sanayisini dünyada ticarete konu olan koklaşabilir taşkömürünün %2’sini ithal etmektedir. Bu da ülkemizin önemli bir koklaşabilir kömür ithalatçısı olduğunu göstermektedir (TTK, 2016: 28)

Petrol: Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan çok karmaşık bir bileşimdir (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr->

TR/Sayfalar/Petrol, 30.07.2016). Petrolün tarihi eski zamanlara dayanır, dini kaynaklara göre Hz. Nuh gemisini asfaltla sıvamıştır (Acaroğlu, 2007: 18).

Petrol, çıkarıldığı ülke ve dağıtım koridorlarında yer alan ülkeler açısından ciddi bir stratejik öneme sahiptir ve özellikle ulaşım, sanayi, konut gibi geniş kullanım alanları mevcuttur. Özellikle endüstriyel alanlarda vazgeçilmez bir kaynaktır. Ancak diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında çevreye ciddi boyutta zarar verecek atıkları bırakması negatif dışsallık niteliğindedir (Demir, 2013: 4).

Petrol, özellikle ulaştırma sektörünün temel enerji kaynağı olarak, dünya birincil enerji tüketimi içinde en büyük paya sahiptir. 2015 yılı verileri itibariyle petrol, dünya enerji talebinin %32,6'sını karşılamaktadır. 2014 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1.700 milyar olarak gerçekleşmiştir. Dünya petrol rezerv miktarı 2013 yılına oranla çok düşük oranda azalış göstermiştir. En büyük rezerv artışı 1,1 milyon varil ile Suudi Arabistan'dan gelmiştir. En büyük rezerv düşüşü ise 1,9 milyon varil ile Rusya'dan gelmiştir. 2013 yılında 53,3 yıl olan dünya petrol rezerv ömrü 2014 yılında 52,2 yıla gerilemiştir (TP, 2016: 4). 2014 yılında 88,7 milyon v/g olarak kaydedilen petrol üretimi, 2015 yılında %2,8 artarak 91,2 milyon v/g'e yükselmiştir. Bu üretimin %30'luk bölümü, Orta Doğu'da gerçekleşmiştir. 2013 yılında 91,2 milyon v/g olan dünya petrol tüketimi, 2015'te 93,8 v/g'e yükselmiştir (TP, 2016: 6).

Türkiye'de 2015 yılında toplam olarak 2,5 milyon ton petrol üretimi gerçekleşmiş, günümüze kadar toplamda 147,2 milyon üretime ulaşmıştır. 2015 yılı itibariyle 796 bin v/g petrol tüketilmiştir. 2006-2015 yılları arasında Türkiye'nin birincil enerji tüketimi (2008 yılı hariç) sürekli yükselirken, petrol ve doğal gazın birincil enerji tüketimi içindeki payı %60'lar civarında seyretmiştir.

2017 yılı Ocak ayı, 2016 yılı Ocak ayına kıyasla, toplam rafineri petrol ürünleri üretimi %5,06 artarak 2.567.427,017 ton, motorin türleri üretimi %6,75 artarak 877.145,850 ton, benzin türleri üretimi %13,58 artarak 499.490,338 ton olarak gerçekleşmiştir. Ham petrol ithalatı ise 2016'ya kıyasla %24,26 artarak 2.376.602,131 ton olarak gerçekleşmiştir. Benzin türleri ihracatı %35,86 artarak 374.647,050 ton, motorin türleri ihracatı %16,43 azalarak 5.470,360 ton olarak gerçekleşmiştir. (EPDK, 2017: 1).

Petrolün küresel bazda taşıdığı önemin nedenlerini şu şekilde genellemek mümkündür (Acaroğlu, 2007: 22):

- Dünyada enerji ihtiyacının %38'i petrolden karşılanmaktadır.
- Petrolü keşfetmek ve çıkarmak ortalama 3-10 yıl sürmektedir.
- Dünya petrol tüketiminin 2020 yılına kadar %60 oranında artarak, günlük 120 milyon varile ulaşması beklenmektedir.

Doğal Gaz: Bir petrol türevidir olan doğal gaz, yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, 30.07.2017). Geçmişte petrol üretiminin yararsız bir yan ürünü olarak görülen petrol alanlarında atık madde olarak yakılmıştır; günümüzde ise değerli bir yakıt olarak kullanılmaktadır (Acaroğlu, 2007: 27).

Doğal gaz üretimi toptan satış lisansına sahip 10 firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye’de son dönemde özel sektör yatırımları ve devlet teşvikleriyle artan doğal gaz arama çalışmalarına rağmen üretim, tüketimi yeterince karşılayamamaktadır. Kamuya bağlı petrol ve doğal gaz arama faaliyetlerini gerçekleştiren Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı üretiminin çoğunu Trakya’da gerçekleştirirken, ABD’li Trans Atlantic Petroleum grubun Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde üretim tesisleri bulunmaktadır. Türkiye’de doğal gaz ithalatı BOTAŞ ve özel sektör firmaları tarafından gerçekleştirilmektedir. Mevzuat gereği, özel sektör ithalatının yurt dışından doğal gaz tedariği yapan ülkenin onayına tabi olması sektörde ithalatın serbestleşmesine engel olmaktadır. Nitekim, BOTAŞ haricinde piyasada 16 firmanın ithalat lisansı olmasına rağmen sadece 7 firma ithalat gerçekleştirmektedir (Öztürk, 2017: 15).

Türkiye’de doğal gaz sektörü liberalleşme süreci şöyle özetlenebilir:

Tablo 6: Doğal gaz Liberalleşme Süreci

Yıllar	Liberalleşme Süreci
2001	4646 sayılı Doğalgaz Piyasası Kanunu
2003	EPDK Şehir İçi Dağıtım İlk İhale
2004	Şebeke İşleyiş Düzenlemesi
2005	Shell Enerji İlk Gaz Devri
2008	LNG İthalatının Serbestleştirilmesi
2012	4 Özel Şirkete İthalat Lisansı
2014	Gaz Dengeleme Piyasası

Kaynak: Öztürk, 2017: 16

2015 yılı verileri ile doğal gaz dünya enerji talebinin %23,7’sini karşılamıştır. 2013 yılında, 186,5 trilyon m³ olan dünya doğal gaz rezervleri, 2014 yılında %0,3 artarak 187,1 trilyon m³ olarak kaydedilmiştir. Dünya doğal gaz rezervlerinin %42,7’si Orta Doğu’da, %29,3’ü Avrasya’da, %8,2’si Asya Pasifik’te, %7,6’sı Afrika’da, %6,5’i, Kuzey Amerika’da, %1,7’si Avrupa’da bulunmaktadır (TP, 2016: 14). Küresel çapta doğal gaz üretimi incelendiğinde 2013 yılında 3,30 trilyon m³ olan üretimin, 2014 yılında 3,46 trilyon m³’e yükseldiği gözlenmektedir. 2014 yılında 3,4 trilyon m³ olarak gerçekleşen küresel doğal gaz tüketimi ise 2015 yılında 3,5 trilyon m³’e yükselmiştir.

Türkiye’nin 2015 yılında yerli doğal gaz üretiminin, tüketime oranı ise son on yılın en düşüğü olup, %0,8 olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında 1 milyar m³’e kadar çıkan doğal gaz üretimi, 2015 yılında 398,7 m³’e düşmüştür (TP, 2016: 27). Türkiye’nin 2016 yılında yerli doğal gaz üretiminin tüketime oranı %0,8 olarak geçtiğimiz yıl ile aynı seviyede

gerçekleşmiştir. 2008 yılında 1 milyar m³'e kadar çıkan doğal gaz üretimi, 2016 yılında, 367 m³'e düşmüştür.

2016 itibariyle yıllıklandırılmış doğal gaz ithalatı 2015'teki 48,4 milyar sm³ seviyesinden 46,1 milyar sm³'e gerilemiştir. 2015 yılında ithalatın yaklaşık %84'ü boru hattı, %16'lık kısmı ise LNG şeklinde olmuştur. İthalat çoğunlukla uzun dönemli anlaşmalar aracılığıyla yapılırken, spot LNG ithalatının toplam içindeki payı %5,1 olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı Türkiye doğal gaz ithalatının ülkelere göre dağılımında Rusya %53'lük oran ile birinci sıradadır. Bu ülkeyi İran (%17), Azerbaycan (%14) ve Cezayir (%9) takip etmektedir (TP, 2017: 33). Türkiye doğalgaz ithalatının %84'ünü boru hattı yoluyla Rusya (%32 Mavi Akım ve %23 Batı Hattı), İran (%16) ve Azerbaycan'dan (%13) gerçekleştirirken, %11'ini Cezayir ve Nijerya'dan uzun dönemli kontratlar aracılığıyla LNG ve %5'ini spot LNG şeklinde çeşitli ülkelerden gerçekleştirmektedir.

Doğal gaz diğer fosil yakıtlara kıyasla düşük karbon yoğunluğu ve yüksek verime sahip olması sebebiyle dünya çapında elektrik üretiminde önemli bir yakıt olarak kullanılmaya devam edileceği beklenmektedir (Ersoy, 2010: 3).

1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları kendi içerisinde; biyolojik atıkların oluşturduğu *biyokütle enerjisi*, deniz ve okyanusların oluşturduğu *dalga enerjisi*, direkt olarak güneşten yararlanılan *güneş enerjisi*, hidrojen bazlı *hidrojen enerjisi*, nehirlerin oluşturduğu *hidrolik enerji*, yer altı suları dolayısıyla oluşan *jeotermal enerji*, doğrudan rüzgardan elde edilen *rüzgar enerjisi* olmak üzere ayrılmaktadır.

Tablo 7: Yenilenebilir Enerji Türleri ve Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Kaynak veya Yakıt
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Deniz ve Okyanuslar
Güneş Enerjisi	Güneş
Hidrojen Enerjisi	Hidrojen
Hidrolik Enerji	Nehirler
Jeotermal Enerji	Yer altı suları
Rüzgar Enerjisi	Rüzgar

Kaynak: Uluatam, 2010: 35.

1.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sonucu füzyon süreci sonunda ortaya çıkan ısıma enerjisidir (DEKTMK, 2009: 1). Güneş kolektörleri tarafından

toplanan ısıнын ihtiyaç duyulan enerji biçimlerine dönüştürülmesi esasına dayanır. Güneş enerjisi ile dünyamız aydınlanabilmekte; iklimsel döngüler sağlanabilmekte, güneşin bir türevi olan rüzgar meydana gelmekte ve en önemlisi fotosentez ile canlı yaşam sürdürebilmektedir (Acaroğlu, 2007: 35).

Güneş enerjisi, bilinen en eski birincil (primer) enerji kaynağı olup, konvansiyonel enerji kaynaklarının tamamı, doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisinden kaynaklanmaktadır (TÇV, 2006: 35). İnsanoğlunun kullandığı tüm enerji kaynakları incelendiğinde, neredeyse hepsinin sınırsız kaynak olan güneş enerjisinden türediği açıkça görülmektedir. Güneş enerjisi günümüzde evlerde sıcak suyun sağlanması, ısıtma, soğutma, endüstride proses ısısının üretiminde, tarımda sulamada, kurutma ve pişirmede kullanılan temiz enerji kaynaklarından biridir (Acaroğlu, 2007: 43). Bir yılda dünya üzerine düşen güneş enerjisi miktarı dünyanın bilinen petrol rezervinin 516, kömür rezervinin 157 katıdır (BAKA, 2011: 8). Güneşin ömrünün 5 milyar yıldan daha fazla olduğu gerçeği göz önüne alınırsa bu kaynağın insanlık var oldukça herhangi bir potansiyel sorunu olmadığı kolaylıkla anlaşılır (TÇV, 2006: 37).

1.2.1.1. Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihçesi

Tarihte güneş enerjisinden faydalanma çok eski çağlara kadar dayanmaktadır. Örneğin M.Ö. 212 yılında Arşimed, odaklayıcı aynalar kullanıp, 30-40 m. uzaklıktaki Roma gemilerini yakarak Sicilya'nın savunmasını başarıyla gerçekleştirmiştir (TÇV, 2006: 40). İnsanlığın doğuşundan bu yana yaygın olarak ısıtma ve yemek pişirmek için kullanılan güneş enerjisinin tam olarak ne zaman kullanılmaya başlandığını saptamak çok zordur. 1970'lerin sonuna doğru Fransız Antoine Lavoisier tarafından ilk güneş enerjisi ile çalışan fırın geliştirildi (Smith ve Taylor, 2008: 12). 1839 yılında A.E. Becquerel'in ışığın bazı malzemeler üzerinde elektrik akımı yaratacağını keşfetmesiyle fotovoltaik teknoloji ortaya çıkmıştır. 1883 yılında Charles Fritts dünyadaki ilk solar hücreyi üretmiştir. Bu keşif ile güneş ışığını, selenyum ve altın kullanarak elektriğe dönüştürme imkanı sağlamıştır. 1921 yılında Albert Einstein fotonlar olarak adlandırılan ışık miktarının varlığını gün ışığına çıkararak modern Fotovoltaik teknolojinin temellerini atmıştır. 1954 yılında güneşin insan hizmetine sunulmasına katkı sağlayabilecek silikon solar hücreler ticari anlamda ilerleme kaydetmeye başlamıştır. 1958'de ilk insan yapımı uydulardan birkaçına fotovoltaik hücreler yardımıyla güç sağlanmıştır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerji sistemleri, teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş ve

güneş enerjisi çevresel bakımdan temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir (DEKTMK, 2009: 2). 2000 yılında küresel bazda toplam güneş enerjisi kurulumu 1 GW'yi aşmıştır. 2006'da ise güneş enerjisi endüstrisi yüksek saflıktaki silikona hücum etmiş, bu durum güneş panellerinin fiyatını düşürecek yatırımları teşvik etmiştir. 2011 yılına gelindiğinde yüksek kaliteli silikon güneş panellerinin fiyatının düşmesiyle küresel anlamda enerji devriminin ve yeni pazarların önü açılmıştır.

1.2.1.2. Güneş Enerjisi Kullanım Alanları

Güneş enerjisinin çok çeşitli kullanım alanları mevcuttur. Bu alanlar, kullanım suyu ısıtma, kaynatma ve pişirme, bitkisel ürünlerin kurutulması, su distilasyonu, yapıların pasif/aktif olarak ısıtılması, sanayi proses ısısı üretilmesi, termodinamik çevrimli veya elektriksel çevrimli olarak sulama suyu pompajı, toplu yerleşim ünitelerinde entegre sistemlerle ısı ve elektriğin birlikte üretilmesi, otoprodüktör veya şebeke bağlantılı elektrik üretilmesi gibi çok geniş bir yelpazede yer almaktadır (Akçalı, 2001: 8). Ayrıca, şebekeden uzakta bulunan mekanlar için haberleşme tesislerinde elektrik tedarik etmek amacıyla da kullanılır (Çolak vd., 2008 :40).

Güneş enerjisinin kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ültanır, 1998, 169-177):

- Kullanım suyu ısıtma,
- Yüzme havuzu ısıtma,
- Kaynatma ve pişirme,
- Bitkisel ürünleri kurutma,
- Su damıtma,
- Yapılarda aktif ve pasif ısıtma ve iklimlendirme,
- Sanayi için işlem ısısı sağlama,
- Termodinamik veya elektriksel çevrimli sulama suyu pompajı,
- Toplu yerleşim ünitelerinde, entegre sistemlerle birlikte ısı ve elektrik üretmek,
- Otoprodüktör veya şebeke bağlantılı elektrik üretmek,
- Fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirmek.

1.2.1.3. Güneş Enerjisi Teknolojileri

Güneş enerji sistemleri güneş ışığından faydalanarak ısı ve elektrik üretebilme teknolojisidir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme, teknolojik gereklilikler açısından

çok çeşitli olmakla birlikte genel anlamda Fotovoltaik Güneş Teknolojileri ve Isıl Güneş Teknolojileri olarak iki grupta incelenebilir. Fotovoltaik sistem ile (güneş pili sistemi) yeryüzüne düşen güneş ışınımı doğrudan elektrik üretimine imkan sağlarken; ısı yöntemlerle öncelikle buhar elde edilerek daha sonra elektriğe dönüştürülmektedir.

Güneşten elektrik elde etme konusunda diğer başlıca ayırım ise; güneş kolektörleri ve güneş panelleridir. Güneş kolektörleri; güneş ısını kolektörler tarafından toplanılan ısınn elektrik enerjisine dönüşümüdür. Düzlemsel kolektörler, parabolik oluk kolektörler, parabolik çanak tipi kolektörler ve merkezi alıcı tipi kolektörler olmak üzere 4 çeşidi mevcuttur. Güneş panelleri ise, yüzeyine direk temas eden güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Kristal silikon teknoloji ve ince film teknolojisi olarak 2'ye ayrılmaktadır. Kristal silikon teknolojisi en yaygın olarak kullanılmakta ve %12-17 verimliliğe sahiptir. İnce film teknolojisi ise maliyeti daha düşük olmakla birlikte diğerlerine kıyasla verimlilik bakımından yetersiz bir teknolojidir (Ertuğrul ve Kurt, 2009: 37-38).

Güneş alanında fotovoltaik teknoloji üzerine gelişim ve verimlilik arttırılmıştır. Güneş alanında AR-GE çalışmaları çoğunlukla özel sektör tarafından yürütülmektedir. Kamusal alanda ise AR-GE faaliyetleri TÜBİTAK tarafından yoğun biçimde sürdürülmektedir. Son dönemlerde kalkınma ajansları da ön plana çıkmaktadır (Teke, 2013: 60).

1.2.1.3.1. Fotovoltaik Güneş Teknolojisi (FV)

Fotovoltaik hücreler denen yarı iletken malzemelerin, güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirdiği teknolojiye Fotovoltaik Güneş Teknolojisi denir. Fotovoltaik hücreler, kristal silisyum, galyum arsenit (GaAs), amorf silisyum, kadmiyum tellürid (CdTe), bakır indiyum diselenid (CuInSe₂) ve optik yoğunlaştırıcı hücreler gibi farklı çeşitlerden üretimi gerçekleştirilmektedir (Çanka Kılıç, 2015: 38). Bu sistemlerdeki voltaik toplayıcılarda, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için silikon maddelerinden güneş pili imal edilir ve bu maddeler üzerine gelen güneş ışınları anında elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır (Güneş Enerjisi Firmaları, <http://www.gunesenerjisifirmalari.gen.tr/fotovoltaik-sistemler.html>, 24.08.2016).

Güneş hücreleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar. Bu sistemler, geçmiş zamanlarda sadece yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırken, artık şebeke bağlantısı olan yerleşim yerlerinde de şebeke bağlantılı olarak evlerin

çatılarına ve büyük ölçekli santral uygulamalarında da kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 30.06.2016). İlk olarak kol saati, hesap makinesi gibi küçük çapta kullanılan güneş hücreleri, kullanımının yaygınlaşması sonucu uzay çalışmalarında en önemli yardımcı gereçlerden biri haline gelmiştir.

Fotovoltaik sistemler şebeke bağlantılı ve şebekeden bağımsız olmak üzere ikiye ayrılır:

Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler; (on-grid), güneş enerjisinden elde edilmiş olan elektriğin hiçbir depolama aygıtı (akü, batarya vb.) olmaksızın şebekeyi besleyerek anında kullanılabilirdiği sistemdir. Tüketici, enerji ihtiyacını doğrudan fotovoltaik sistemin ürettiği enerjiden temin eder. Tüketim, üretimden fazla ise kullanıcılar tüketim fazlası olan enerjiyi şebekeden alır. Ters durumda ise üretim fazlası enerji ile şebeke beslenir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine verilir, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 30.06.2016).

Şebekeden bağımsız sistemlerde; fotovoltaik paneller vasıtasıyla üretilmiş olan elektrik enerjisi akülerde depo edilir ve tüketiciye ihtiyaç duyduğu her an kullanma imkanı sağlar. Fotovoltaik modüllerin tüm gün ürettiği elektrik enerjisi akümülatörlerde depolanır ve ihtiyaç duyulan enerji akümülatörlerden sağlanır.

Bu sistemler, geçmiş zamanlarda sadece yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırken, artık şebeke bağlantısı olan yerleşim yerlerinde de şebeke bağlantılı olarak evlerin çatılarına ve büyük ölçekli santral uygulamalarında da kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 30.06.2016). Ayrıca, haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri, bina içi ve dışı aydınlatma, elektrikli aletlerin çalıştırılması, deniz fenerleri, ilk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri, deprem ve hava gözlem istasyonları, ilaç ve aşı soğutma işlemleri uygulama sahaları gibi daha birçok alanda aktif şekilde kullanılmaktadır (Çanka Kılıç, 2015: 39).

Kullanılan enerji kaynağının sınırsız ve bedava olması, sistemi yoracak parçalara sahip olmaması, her yere kolay monte edilebilmesi, çevre kirliliğine yol açmaması ve gürültüsüz olması fotovoltaik sistem kullanım avantajları içerisinde yer almaktadır.

1.2.1.3.2. Isıl Güneş Teknolojisi

Isıl Güneş teknolojileriyle öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 30.06.2016). Isı üretimi amaçlı enerji

uygulamaları sıcaklık aralığına göre düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üç grupta incelenebilmektedir.

Düşük Sıcaklık Uygulamaları: 20- 100°C aralığında yer almaktadır. En yaygın örneği olan düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 30.06.2016). Suyun ısıtılması, binaların ısıtılması ve soğutulması, tuz üretimi, sulama, sera ısıtılması, deniz suyundan tatlı su elde edilmesi gibi günlük yaşamda kullanım alanlarına örnek olarak gösterilebilir.

Orta Sıcaklık Uygulamaları: Parabolik oluk sistemleri olarak da adlandırılan bu uygulama 100-300°C aralığında yer almaktadır. Odaklı kolektörler güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak belli bir yerde toplayabilen ayna ve mercek sistemleridir (DEKTMK, 2009: 26). Kullanım alanları yaygın olarak endüstriyel üretime katkı için buhar ve elektrik üretim, büyük ısıtma ve soğutma sistemleridir.

Yüksek Sıcaklık Uygulamaları: Güneş enerjisinden 350°C ve daha yüksek sıcaklıklar elde edilmesinde, iki eksenle güneşi izleyen çok sayıda aynalardan oluşan güneş fırınları ya da merkezi toplayıcı güneş kuleleri kullanılmaktadır (DEKTMK, 2009: 27). Yüksek sıcaklık uygulamalarına ait sistemler ise noktasal yoğunlaştırma gerçekleştiren (parabolik çanak ve merkezi alıcılar) sistemlerdir (Çanka Kılıç, 2015: 37).

1.2.1.4. Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Güneş enerjisi kullanım avantajları şu şekilde sıralanabilir (Türkiye Ulusal Ajansı, 2017: 18):

- Fosil yakıtların tükenmeye başladığı dünyamızda diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi güneş enerjisi de sonsuz, yenilenebilir ve sınırsız enerji kaynağıdır. Bu güneş enerjisinin en önemli avantajıdır.
- Küresel ısınmanın giderek arttığı bir ortamda güneş enerjisinden enerji elde ederken karbon salınımı meydana gelmemektedir. Çevreyi kirletici atıkları olmayan, çevre dostu, gerektiğinde enerji ihtiyacına bağlı olarak kolayca değiştirilebilen sistemlerdir.
- Güneş enerjisi yakıt maliyeti gerektirmeden sıcak su, ısınma, soğutma, endüstriyel uygulamalar, elektrik üretimi gibi birçok uygulamayı sağlamaktadır.
- Güneş enerjisi sistemleri enerji ihtiyacına göre kolay kurulabilir sistemlerdir. Ayrıca enerji ihtiyacının artması durumunda hızlı ve kolay bir şekilde sistemler genişletilebilir.

- Güneş enerjisi sistemlerinde üretim ve kurulum maliyetlerinden sonra kullanımda çok fazla bakım maliyeti oluşturmamaktadır. Güneş enerjisi ile çalışan sistemler kolaylıkla taşınıp kurulabilir. Elektrik şebeke hattı bulunmayan ya da şebeke hattının götürülmesinin pahalı olduğu kırsal yörelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir.
- Güneş sistemlerinin ilk kurulum ve üretim maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen uzun dönemde düşünüldüğünde fosil yakıtlara göre başlangıçtaki ödenen maliyetin geri dönüşümü vardır.
- Güneş pili, dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür. Her ev, kendi enerjisini çatısına kurduğu güneş pilleri ile karşılayabilir. Böylece iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları ortadan kalkmaktadır.
- Karmaşık teknolojiye ihtiyaç duymaz, işletme masrafı çok azdır ve gaz, duman, kükürt veya radyasyon gibi zararlı atık içermemektedir (Demirtaş, 2010: 4).

Güneş enerjisinin avantajlarının yanı sıra mevcut dezavantajları ise şöyle sıralamak mümkündür (Türkiye Ulusal Ajansı, 2017: 19):

- En önemli dezavantajı fotovoltaik panellerin ve takip sistemli toplaçların üretim ve kurulum maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Ancak teknolojik gelişmeler ile enerji giderek yaygınlaşmakta ve maliyette düşmektedir.
- Güneş enerjisi sistemlerinin verimi güneşin durumuna bağlıdır. Bulutlu havalar, çevre kirliliği, güneşin yönü bazı sistemlerde verimi direkt etkilemektedir.
- Özellikle elektrik üretimi yapan toplaç tiplerinde gölgelemeyi önlemek için geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin gece enerji sürekliliği sağlayabilmesi için depolama sistemlerine ihtiyaç duyar.
- Güneş pillerinin verimleri düşüktür (%15 civarı).
- Binalarda kullanılan güneş toplaçları görünüm ve yer açısından bazı sorunlara yol açabilmektedir.
- Fotovoltaik hücrelerde kullanılan yarı iletken maddeler kullanım ömrü bittikten sonra çevre kirliliğine neden olabilmektedirler.
- Güneş enerjisi teknolojisi ulaşım amaçlı uygulamalar için henüz yeterli verime sahip değildir. Gelişmekte olan bir teknolojidir.

1.2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 30.06.2016). Rüzgar enerjisi kaynağı güneştir. Rüzgar olarak isimlendirilen hava akımı, güneşin atmosfer ve yer kabuğunu homojen ısıtmamasından dolayı ortaya çıkan basınç ve sıcaklık farklarından ortaya çıkmaktadır (Gençoğlu ve Cebeci, 2001: 1). Isı enerjisinin kinetik enerjiye dönüştüğü doğa olayı kapsamında nitelendirilen hava kütlesi hareketine *rüzgar* adı verilir (Özdamar, 2000: 134). Rüzgarın, canlı sağlığı ve çevreyle uyumlu yerli bir kaynak olması, sürdürülebilir olması, fosil yakıtlardan tasarruf sağlaması, teknolojiye ilerlemeler işletim maliyetinin her geçen gün düşmesi gibi nedenlerle yaygın şekilde tercih edilebilir enerji kaynağı haline gelmiştir (Bayraç, 2011: 38).

Güneş enerjisinden dönüşüme uğrayarak oluşan rüzgar enerjisi, kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürme yoluyla meydana gelir. Dünyada elektrik enerjisine en kolay ve en hızlı dönüştürülebilen, tükenmez ve kirliliğe yol açmayan enerji rüzgar enerjisidir. Yüksek kulelerin tepelerine rüzgar türbinleri monte edilerek rüzgardan elektrik enerjisi elde edilir. Gelen hava, türbinleri belli bir açısal hız ile döndürmekte ve oluşan gücü mil ile jeneratör göbeğine iletmektedir. Jeneratörün hareket enerjisi ile elektrik enerjisi elde edilir ve elde edilen elektrik türbindeki panolara aktarılır.

Rüzgar enerjisinin üretim maliyetleri; başlangıç toplam yatırım maliyeti, faiz oranı ve amortisman gibi ekonomik parametreler, rüzgar türbini sisteminin verimliliği, rüzgar hızı, beklenen yıllık ortalama güç çıkışı, tekniksel ulaşılabilirlik ve ömrü dikkate alınarak belirlenmektedir (Wrixon vd., 2000: 24).

Birincil enerji kaynaklarının işlevini azaltarak yenilenebilir enerji kaynaklarına destek olması, türbinler arası alanların kullanılabilirliği, verimli şekilde elektrik elde edilmesi, türbin değişimi, taşınması ve bakımının kolaylığı, rüzgar endüstrisinin dünya çapında gelişim ve ilerleme kaydetmesi, elektrik üretiminde kaynak çeşitliliği sağlanması, teknolojik altyapının varlığı, rüzgar santrali kurulumu için kredilerin düşük faizli işlemesi işletmeciler açısından cazip görünmekte ve rüzgar enerjisi kullanımını avantajlı hale getirmektedir (Karadereli, 2001: 10).

Enerji konusunda dışa bağımlılığı yüksek olan Türkiye, elindeki stratejik enerjiyi kinetik enerjiye dönüştürmeli; güneş ve dünya var olduğu sürece tükenmeyecek olan rüzgar enerjisini doğru politikalarla destekleyerek dövizin yurtiçinde kalmasını sağlamalıdır (Özen vd., 2015:92).

1.2.1.1. Rüzgar Enerjisi Tarihçesi

Antik çağlardan kullanılan yelkenli tekneler ve yel değirmenleri zamanından beri gemilerin yürütülmesi ve mekanik performansı için rüzgar aktif bir rol oynamıştır. Tek başına yirmi birinci yüzyılın ilk on yılında, rüzgar gücünden elektrik üretimi dünya çapında sekiz kat artış göstermiş olmakla birlikte günümüzde farklı boyutlarda ve tasarımlar rüzgar türbinlerinden elektrik üretimi için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Modern çağda güneş enerjisine benzer biçimde rüzgar da dağılmış bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgarın enerji yoğunluğu düşük olmasına karşın tüm coğrafi bölgelere dağılımı güneş enerjisine kıyasla daha düzgün oran sağlamaktadır (Michaelides, 2012 :231).

İlk insanlar rüzgarın kaynağını bilmeden onu kullanmıştır. Tahıl üretimi ve yelkenli gemilerin hareket ettirilmesi ilk uygulamalar olarak kabul edilir. Babil Kralı Hammurabi devrinde sulama amacıyla yararlanılmıştır. M.S.12.yy'da yel değirmenleri vasıtasıyla elektrik enerjisi elde edilmeye başlamıştır. Türkler ve İranlılar'ın ilk yel değirmenlerini, M.S. 7.yy'da kullanmaya başlamalarına karşın, Avrupalılar yel değirmenlerini ilk olarak Haçlı Seferleri sırasında görmüşler ve Avrupa'daki ilk yel değirmenleri, M.S. 12.yy'da, Fransa, İngiltere ve Hollanda'da olmak üzere, kullanılmaya başlanmıştır (Karabulut, 1999: 124). İlk yelkenlilerin, Eski Çağ'da Mısırlılar veya Fenikeliler tarafından sefere konulduğu sanılmaktadır. Buharlı gemilerin icadına kadar yelkenliler, kıtalararası ulaşım ve ticarete en önemli rol oynamışlardır (Doğanay, 1991: 189). Yel değirmenleri Avrupa'da Endüstri Devrimi'ne kadar hızlı bir şekilde yayılarak kullanım alanı bulmuştur.

1970'li yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları arayışı sonucu 20-30 kW gücünde ilk modern rüzgar türbinleri üretimi Danimarka'da başladı. 2015 yılı itibarıyla 7 MW'lık olarak geliştirilmeye başlanan rüzgar türbinleri ilk olarak Avrupa'da uygulama alanı bulmuştur.

1980'lerde modern rüzgar enerjisi başladı. Türbinler artık mekanik yel değirmenleri değil, daha ziyade güç jeneratörleri olarak faaliyete devam etmeye başladı (Seifried ve Witzel, 2010: 98). Türkiye'de rüzgar enerjisinden elektrik elde etme konusunda ilk teorik çalışmalar 1990'lı yılların başında başlamıştır. 1996 yılında ciddi gelişmeler yaşanmış ve birçok özel kuruluş ülke çapında ölçümlere başlayarak yatırıma geçmiştir. İlk rüzgar elektrik santrali ise 1997 yılında faaliyete başlamıştır (Çakır, 2010: 292).

1.2.2.2. Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları

Rüzgar enerjisi ilk çağlardan beri türbinin şaft gücünden yararlanılarak su pompalama, çeşitli ürünleri kesme, biçme, öğütme, sıkıştırma, yağ çıkarma gibi mekanik enerjiye gerek duyulan yerlerde kullanılmaktadır. Günümüzde rüzgar enerjisinden genel olarak mekanik uygulamalar ile su pompalama sistemlerinde, elektriksel uygulama olarak şebeke bağlantısıyla elektrik enerjisi elde edilmesinde ve son olarak da ısı enerjisi üretimi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Rüzgar santralleri elektrik enerjisinin şebekeye verilmesi dışında su depolama, tahıl öğütme sistemleri, soğutma sistemleri, bahçe aydınlatması, sulama sistemleri gibi pek çok farklı alanda kullanılabilmektedir. Güneş enerjisiyle birlikte tarımsal faaliyetlerde kullanım alanı geniş olan rüzgar santrallerinin ev tipi modelleri son yıllarda hızla yayılmaktadır (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, 07.11.2017).

Temiz, çevre kirliliği yaratmayan ve yenilenebilir bir kaynak olan rüzgar enerjisi, park, bahçe aydınlatma ve sulamadan; mobil istasyonlar, teknelere kadar elektrik enerjisine ihtiyaç duyduğumuz her yerde kullanım alanı her geçen gün genişlemektedir.

Rüzgar enerjisi; mekanik uygulamalar, elektriksel uygulamalar, hacim veya su ısıtılmasında kullanılan sistemler olmak üzere 3 kategoride incelenebilmektedir:

Mekanik Uygulamalar (Su pompalama sistemi): Rüzgar enerjisi verimli ve ekonomik olarak su pompajında kullanılabilmektedir. Rüzgar türbinlerinde kanat sayısı arttıkça, dönüş hızı azalır. Kanat sayısının fazla olduğu sistemler çoğunlukla su pompalama amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle enerji üretiminde üçten fazla kanatlı sistemler kullanılmamaktadır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 30.06.2016).

Elektriksel Uygulamalar: Şebeke bağlantılı sistemler ve şebekeden bağımsız sistemler olmak üzere kendi içerisinde 2 'ye ayrılmaktadır.

Şebeke Bağlantılı Sistemler: Elektrik şebekesine bağlı bir ve/veya birden fazla büyük güçlü rüzgar türbini içeren rüzgar tarlalarından (santralı) oluşan sistemlerdir (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 30.06.2016).

Şebekeden Bağımsız (Stand Alone) Sistemler: Elektrik sistemlerine bağlı olmayan kırsal kesimlerde kullanılırlar. Kendi başlarına veya bir dizel genaratör ve PV güneş paneli ile birlikte enerji üretirler. Tarımsal amaçlı su pompalama, ürünlerin kurutulması veya soğutulması, ısıtıcıların işletimi, su arıtma, havalandırma işlemleri ve küçük çapta konutların elektrik ihtiyacının karşılanması için kullanılır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 30.06.2016).

Hacim veya Su Isıtılmasında Kullanılan Sistem: Bu sistemler uzak bölgelerde ya da rüzgâr enerjisinin daha ekonomik olabildiği bölgelerde su ısıtılmasında ya da sera gibi büyük

hacimlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Kullanılan türbin kapasitesi 5-10 kW arasındadır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 30.06.2016).

1.2.2.3. Rüzgar Enerjisi Teknolojileri

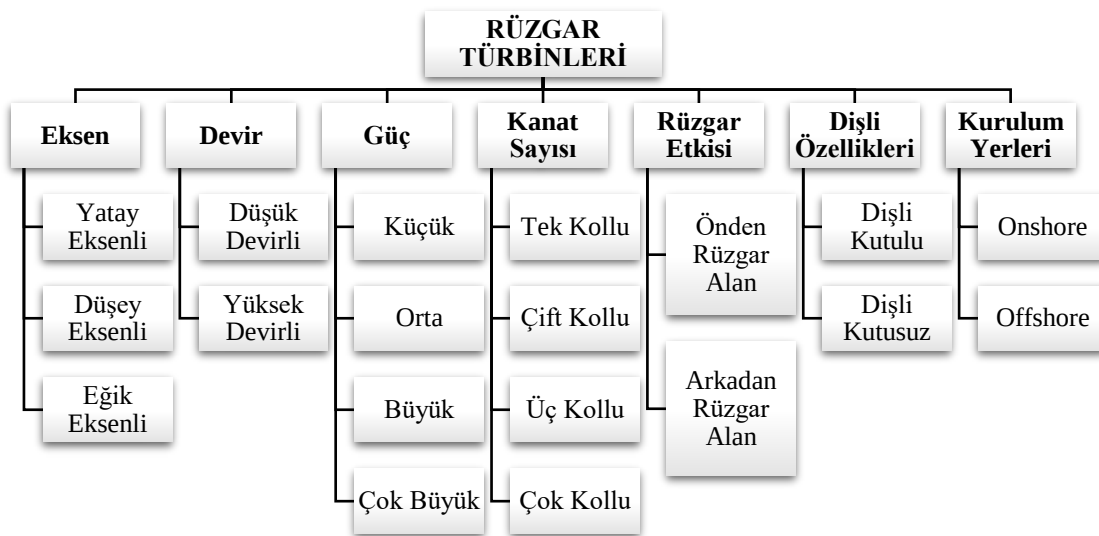
Rüzgar sisteminin temel teknolojik birimi rüzgar türbinleridir. Rüzgâr türbini, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır.

1.2.2.3.1. Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbinleri rotor, dişli çark, generatör, fren gibi temel parçalardan meydana gelmektedir. Türbinler, kalitesine ve kurulduğu yerin iklimsel değişimine bağlı olarak ortalama 20-25 yıllık ömre sahiptir.

Rüzgâr türbinleri dönme eksenlerine, devirlerine, güçlerine, kanat sayılarına, rüzgâr etkisine, dişli özelliklerine ve kurulum konumlarına göre sınıflandırılırlar. Tablo 8’de bu sınıflandırma detaylandırılmaktadır:

Tablo 8: Rüzgar Türbini Sınıflandırılması



Kaynak: Elibüyük ve Üçgül, 2014:3.

Eksenlerine Göre Rüzgar Türbinleri: Yatay, eğik ve düşey eksenli türbinler olmak üzere 3 kategoride incelenmektedir.

Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri: Ticari amaçlı türbinlerin hemen tamamı bu gruba girmektedir. Bu tür türbinler de, dönme eksenleri rüzgar yönüne paralel, kanatları ise rüzgar yönüne dik olarak çalışırlar.

Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri: Dönme eksenleri düşeyle rüzgar yönünde bir açı yapan rüzgar türbinleridir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır.

Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri: Dönme eksenleri rüzgar yönüne dik ve düşey olan bu türbinlerin kanatları da düşeydir. Kendi içerisinde Darrieus Tipi, Savonius Tipi olarak da ayrılmaktadır.

Kanat Sayılarına Göre Rüzgar Türbinleri: Tek kanatlı, Çok Kanatlı, Çift Kanatlı ve Üç Kanatlı Türbinler olmak üzere ayrılmaktadır.

Tek Kanatlı Rüzgar Türbinleri: Tek menteşe ile sabitlenen tek kanatlı RT amacı kanat üzerindeki yükü azaltmaktır. Yüksekliği nedeniyle görsel rahatsızlık yaratmakta ve yüksek gürültü seviyesine sahiptir.

Çok Kanatlı Rüzgar Türbinleri: Rüzgar gülleri olarak da ifade edilen bu türbinler, rüzgar türbinlerinin en ilkel halidir. Düşük hızda çalışmaktadır.

Çift Kanatlı Rüzgar Türbinleri: Üç kanatlı RT ile aynı maliyette olan çift kanatlı RT gürültü seviyesi yüksektir ve düşük rüzgar hızında (3 m/sn) çalıştırılması gerekir.

Üç Kanatlı Rüzgar Türbinleri: Dönme momentinin düzgün olması, maliyet ve gürültü düşüklüğü, göz estetiğine uygunluk gibi avantajları dolayısıyla dünyanın neredeyse her yerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Rüzgar Etkisine Göre Rüzgar Türbinleri: Önde rüzgar alan ve arkadan rüzgar alan rüzgar türbinleri olmak üzere 2 'ye ayrılır:

Rüzgarı Önden Alan Türbinler: Rotor yüzü rüzgara dönük olan bu türbinler gölgeleme etkisinden minimum düzeyde etkilenmekte ve yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır.

Rüzgarı Arkadan Alan Türbinler: Esnek özelliğe sahip, kule yükünü azaltan bu türbinler rüzgarı önden alan türbinlere göre daha fazla avantaja sahiptir.

Güç Bakımından Rüzgar Türbinleri: Rotor çapı ve nominal güçleri bakımından mikro, küçük, orta ve büyük olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır. Tablo 9'da detaylar özetlenmektedir.

Tablo 9: Güçlerine Göre Rüzgar Türbinleri

Ölçek	Rotor Çapı (m)	Nominal Güç (Kw)
Mikro	3'ten küçük	0.05-2
Küçük	3-12	2-40
Orta	12-45	40-1000
Büyük	45'den büyük	1000'den büyük

Kaynak: YEGM, http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html, 29.11.2016.

Dişli Özelliklerine Göre Rüzgar Türbinleri: Dişli Kutulu ve Dişli Kutusuz olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır:

Dişli Kutusu Kullanılan Rüzgar Türbinleri: 2 çeşit jeneratör türüne sahip olan bu türbinlerde jeneratörler az kutuplu ve yüksek devirlidir.

Dişli Kutusuz Kullanılan Rüzgar Türbinleri: Jeneratörlerin düşük devirli ve çok kutuplu olması dolayısıyla dişli sisteme ihtiyaç duyulmamaktadır.

1.2.2.4. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Çevresel sorun yaratmayan enerji kaynağı yok denebilir ölçüde olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgar enerji kuruluş aşamasında en az tahrip edicidir. Özellikle RES'ler son yıllarda Türkiye'de AR-GE çalışmaları hızlanan ve projeleri günden güne artış gösteren bir kaynaktır. Fakat yerli kaynakların tam olarak rüzgar enerjisinden elektrik elde edilmeye yatkın sistem kullanılmadığı için yerli sermaye dış kaynaklara aktarılmaktadır (Demir ve Emeksiz, 2016: 338).

Rüzgar enerjisinin avantajları genel olarak şu şekilde belirtilebilir (Gürsoy, 1999: 86):

- Atmosferde bol ve serbest olarak bulunur.
- Yerli bir enerji kaynağıdır ve dünya pazarlarından büyük ölçüde bağımsız olma özelliğine sahiptir.
- Çevre kirliliği yaratmayan temiz bir enerji kaynağıdır.
- Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yapmaz.
- Atmosfere veya yakındaki nehir ve denizlere ısı emisyonları (atıklar) yoktur.
- Taşıdığı enerji, hızının küpü ile orantılıdır.
- Teknolojinin kurulması ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
- Rüzgar türbinleri modüller olup; herhangi tek bir büyüklükte imal edilmemekte ve tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilir.
- Rüzgar türbinlerinin işletmeye alınması, inşaatının başlamasından ticari üretimine geçişine kadar üç ay gibi kısa bir sürede gerçekleştirilebilir.

- Enerji ücretsiz olup, yakıt taşınma maliyetleri yoktur ve herhangi bir atık üretmez.
- Rüzgar türbinleri güvenlik açısından başarılı bir geçmişe sahiptir. Kullanım (ekonomik ömürleri) sonrasında tasfiye edilmeleri diğer enerji üretme biçimlerine göre çok kolaydır.
- Rüzgar santralleri kurmak için gerekli kredi faiz oranları düşmüş ve yatırımcılar için rüzgar santrali kurmak çekici duruma gelmiştir (Acaroğlu, 2007: 232).
- Rüzgar enerjisinin dezavantajlarını ise şu şekilde sıralamak mümkündür:
- En büyük problem rüzgar ve enerji ihtiyacı arasında zamanlama uyumu yakalayabilmektir. Enerji ihtiyacı esnasında rüzgar olmayabilir ya da rüzgar olduğunda enerjiye ihtiyaç olmayabilir.
- Rüzgar gücünden elektrik üretilmesini sınırlayan faktörlerden biri de rüzgar türbinlerinin kurulması için en uygun alanlarda ulusal enerji nakil hatlarının önemli ölçüde zayıf elektrik şebekesine sahip olmasıdır. Buradaki temel sorun enerji dağıtım hatlarının gücü toplamaya değil, tüketicilere ulaştırmaya göre tasarlanmış olmasıdır. Bu durumun tersine çevrilebilmesi ise bazı ekonomik sorunlara neden olmaktadır (Akova, 2008: 122).
- Çalışma esnasında uçak motorlarına benzer şekilde ses çıkarması sebebiyle, yerleşim yerlerine yakın kurulmuş olan rüzgar enerjisi santralleri çok fazla gürültü yaparak rahatsızlık vermektedir. Ayrıca herkesin görsel estetiğine uygun dizayn geliştirebilmek zordur.
- Yüksek maliyet gerektiren rüzgar santralleri kurulumu uzmanlar tarafından ciddi şekilde hesaplama ve ölçüm yapılmasını gerektirmektedir.
- Rüzgar santralleri göçmen kuşlara, ölüme yol açacak kadar ciddi zararlar verebilmektedir.
- Rüzgar türbinlerinin yaydığı elektro manyetik dalgaların radyo, televizyon gibi elektronik cihazların düzenli sinyal almalarını engellemesi nedeniyle çalışmalarını kesintiye uğrattığı bilinmektedir (Akova, 2008: 122).
- Ayrıca rüzgar çöp, atık gibi çeşitli kirleticileri ayrıştırarak ve dağıtarak hava kirliliğine yol açmaktadır (Oskay, 2014: 80).
- Çevresel sorun yaratmayan enerji kaynağı yok denebilir ölçüde olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgar enerji kuruluş aşamasında en az tahrip edicidir.

1.2.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi Yunanca geo (yeryüzü) ve therme (ısı) kelimelerinden gelmekte olup yer ısısı ya da yeryüzü ısısı anlamına gelmektedir (MEB, 2012: 20). Jeotermal enerji Dünya'nın iç kısmında yer alan doğal ısıdan kullanılır. Jeotermal enerji; hidrotermal, jeobasınç-jeotermal ve sıcak-kuru kayaçlar olmak üzere 3 kategoride incelenebilmektedir. Elektrik üretiminde en sık ve en basit şekilde kullanılan hidrotermal sistemdir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, yüklü elektrik üretiminin yaklaşık 3.000 MW'i hidrotermal kaynaklardan gelir ve bunun 4,500MW'e artacağı tahmin edilmektedir (Pimentel, 2008 :8).

Yeryüzünden, yer kürenin en alt katmanlarına sızan yağmur suları, çeşitli kayalarla kurduğu temas ile ısınır ve yer altında birikir. Yüksek sıcaklığa sahip ve yoğunluğu azalmış bu sıvı, yeryüzü yarıklarından çıkış yaparak sıcak su kaynaklarını ve buhar çıkışları gibi jeotermal oluşumları meydana getirmektedir (Bayındır, 2010: 28). Jeotermal kaynak; jeolojik yapıya bağlı olarak yer kabuğu ısının etkisiyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki sulara göre daha fazla miktarda erimiş madde ve gaz içerebilen doğal olarak çıkan ya da çıkarılan su, buhar ve gazlar ile yeraltına insan düzenlemeleri vasıtasıyla gönderilerek yer kabuğu ya da kızgın kuru kayaların ısısı ile ısıtılarak su, buhar ve gazların elde edildiği yerleri ifade eder (MEB, 2012: 20). Jeotermal sıvı genellikle sondaj yoluyla yeraltından dış yüzeye getirilmekte ve ikinci sondaj deliği vasıtasıyla yeraltına tekrar aktarılmaktadır. Bu kapalı döngü kütle dengesinin korunmasına yardımcı olur ve hidrolik sorunları önler (Kaltschmitt vd., 2007: 436).

Jeotermal enerji, günümüzde dünyanın sahip olduğu ısı enerjisinin insanoğlunun faydalandığı kısmını belirtmek için kullanılmaktadır (Dickson ve Fanelli, 1995: 3). Elektrik üretimi, ısı üretimi ve ısı olarak kullanılmaktadır (Selam vd., 2013: 321).

Jeotermal enerji iklimsel koşullardan bağımsız şekilde günün her periyodunda kullanılabilir özellikler taşıdığı için rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla mukayeseli üstünlüğe sahiptir. Bu özelliği sayesinde jeotermal enerji santralleri, gerekli olan durumda elektrik üretip şebekeye iletilerek talep yüklerini dengeleyici görev üstlenmektedir (Arlı Yılmaz, 2014: 62-63).

1.2.3.1. Jeotermal Enerji Kullanımının Tarihçesi

Jeotermal kaynaklar 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren tarih boyunca yaygınlaşarak kullanılmıştır. 1827 yılında ilk olarak sıcak su kaynakları İtalya'da borik asit elde edilmesi amacıyla kullanılırken; 1904'te buhar kullanılarak ilk elektrik üretimini gerçekleştirmeyi başarmışlardır. 1930 yılında ise sıcak sular, İzlanda'da ısınma amaçlı kullanılmaya başlamıştır. 1949'da Yeni Zelanda'da Wairakei sahasında, 1960'da Amerika'da, 1961'de Meksika'da, 1966'da Japonya'da, 1975'te İzlanda'da jeotermal enerji elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmıştır (Canik vd., 2000: 1).

Türkiye çok sayıda tektonik hatların yer aldığı Alp- Himalaya kuşağı dahilindedir ve jeotermal enerjinin en yaygın görüldüğü bölge Ege Bölgesi'dir. Örneğin Denizli'de bulunan Pamukkale (Hierapolis) antik kentinin jeotermal kaynaklara sahip olması popüleritesini arttırmıştır (Dağdaş, 2004: 40). Türkiye'de jeotermal enerji amaçlı ilk kuyu 1963 yılında İzmir Balçova'da açılmış, 40 m derinlikteki kuyudan 124°C sıcaklıkta su ve buhara ulaşılmıştır. 1968 yılında jeotermal amaçlı ilk kuyu Denizli-Kızıldere'de açılmış ve 1974'te burada 0,5 Mwe kapasiteye sahip elektrik santrali kurulmuştur. 1982'de Türkiye'nin Aydın-Germencik jeotermal alanı bulunmuştur. 1987 yılında Balıkesir-Gönen'de Türkiye'nin ilk jeotermal merkezi ısıtma sistemi devreye girmiştir. Aynı yıl ABD-Nevada'da jeotermal akışkanlar altın üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. 1998'de Kızıldere'de gerçekleştirilen sondajdan akışkan elde edilmiştir. Bu kuyu, ülkemizde kuyu dibi sıcaklığı en yüksek olan jeotermal enerji üretim kuyusudur (Canik vd., 2000: 5-6). 2000'li yıllara gelindiğine ise Türkiye'de jeotermal kurulu ısıtma gücü artarak, jeotermal elektrik harici uygulamalarda Dünya'nın 5. büyük ülkesi konumuna erişmiştir.

Yüksek ısıya sahip olan jeotermal akışkanların sebep olduğu korozyon, hızlı tortulaşma ve kabuklaşma gibi problemlerin çözümlenmeye başlamasından sonra dünyada ve Türkiye'de önemli bir yer edinen jeotermal akışkanlardan yararlanma düzeyi ve sağlanan verim oldukça yükselmiştir (Ülker, 1994'den aktaran Külekçi, 2009: 86).

Türkiye'de jeotermal enerjinin tarihçesi kısaca özetlenirse (Satman, 2013: 9);

- Türkiye'de jeotermal araştırmaları ilk olarak MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1962 yılında başlamıştır.
- İlk araştırma kuyusu 1963 yılında Balçova İzmir'de delinmiş ve 40 m derinlikte 124 C⁰ sıcaklığında su ve buhar elde edilmiştir.
- 1968 yılında Türkiye'nin en yüksek sıcaklığa sahip sahalarından biri olan Kızıldere/Denizli jeotermal sahası keşfedilmiştir.

- İlk jeotermal ısıtma uygulaması 1964 yılında Park Oteli'nin (Gönen Balıkesir) ısıtılması ile gerçekleştirilmiştir.
- Türkiye'de sıcaklıkları 20-287 C⁰ arasında, yaklaşık 1500 adet termal ve mineral su kaynağı ve 222 jeotermal saha bulunmuştur.

1.2.3.2. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Jeotermal enerji içerdiği sıcaklık değerlerine göre yüzeysel anlamda; düşük sıcaklıklı sahalar (20-70 °C), orta sıcaklıklı sahalar (70-150°C), yüksek sıcaklıklı (entalpili) sahalar (150°C ve üzeri) olmak üzere 3 grupta ele alınabilir. Bu sıcaklık eşik değerleri, yüksek sıcaklıklı (entalpili) jeotermal sahalarla sahip birçok ülkede; düşük entalpili <150°C ve yüksek entalpili >150 C şeklinde de sınıflanabilmektedir. (Akkuş ve Alan, 2016: 5). Normal buhar türbini sistemleri jeotermal olarak en uygun yerlerde 200°C ile 300°C arasındaki sıcaklıklardır. Eğer sıcak buhar birikimi yeraltında mevcutsa, doğrudan türbinleri çalıştırmak için kullanılabilir. (Quaschnig, 2010: 216).

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayisinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂ den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır (Ülker, 1994'den aktaran Külekçi, 2009: 86). Yüksek ısılı sahalardan elde edilen akışkandan ise, başta elektrik enerjisi olmak üzere diğer birçok alanda da faydalanılmaktadır.

Jeotermal enerji, sıcaklığına bağlı olarak, elektrik üretimi, ısıtma ve tedavi amaçlı olmak üzere endüstride farklı alanlarda kullanılmaktadır (Arslan vd., 2001: 23). Genel ifade ile jeotermal enerji, sahip olduğu sıcaklık derecesi doğrultusunda, elektrik üretimi, ısıtma gibi farklı alanlarda kullanılabilir. (Kuşkaya ve Gençoğlu, 2017: 555). Isınma amaçlı kullanımının yanı sıra aynı zamanda tıbbi amaçlı tedavilerde de kullanılmaktadır (Ürün ve Soyu, 2016: 39). Ancak daha geniş bir ifadeyle gruplarsak, jeotermal enerji kullanımı iki ana grupta toplanabilir: Dolaylı (elektrik enerjisi üretimi) kullanım ve doğrudan kullanım ki, bu da endüstriyel kullanım ile konut ısıtması ve seracılık, sağlık, turizm vb. konuları içermek üzere kendi arasında da iki ana gruba ayrılabilir (Çanka Kılıç ve Kılıç, 2013: 48).

Tablo 10: Jeotermal Enerjinin Sıcaklığa Göre Kullanım Alanları (Lindal Diyagramı)

SICAKLIK °C	KULLANIM ALANLARI
180	Yüksek konsantrasyonlu solüsyonların buharlaştırılması, elektrik üretimi, amonyum emilimi ile soğutma
170	Diatomitlerin kurutulması, ağır su ve hidrojen sülfid eldesi
160	Kereste kurutmacılığı, balık kurutmacılığı
150	Bayer's metodu ile alüminyum eldesi
140	Konservcilik, çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması
130	Şeker endüstrisi, tuz endüstrisi
120	Distilasyonla temiz su elde edilmesi
110	Çimento kurutmacılığı
100	Organik maddeleri kurutma (Deniz yosunu, çimen, sebze), yün yıkama ve kurutma
90	Balık kurutma (stok balık)
80	Yer ve sera ısıtmacılığı
70	Soğutma (Alt sıcaklık limiti)
60	Sera, ahır ve kümes ısıtmacılığı
50	Mantar yetiştirme, balneolojik hamamlar
40	Toprak ısıtma
30	Yüzme havuzları, fermentosyanlar, damıtma
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Arslan vd., 2001: 23.

Doğrudan kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir:

1. Isıtma:

- Bina ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada,
- Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmasında,
- Tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde,
- Tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında,
- Toprak, cadde, havaalanı pistlerinin ısıtılmasında,
- Yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerde,
- Yiyeceklerin kurutulmasında ve sterilize edilmesinde, konserveçilikte kullanılmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016: 6).

2. Endüstriyel Uygulamalarda:

- Kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayiinde,
- Dokuma ve boyamacılıkta,
- Deri kurutma ve işlemede,
- Bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtmada,
- Soğutma tesislerinde ve beton blok kurutulmasında kullanılmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016: 6).

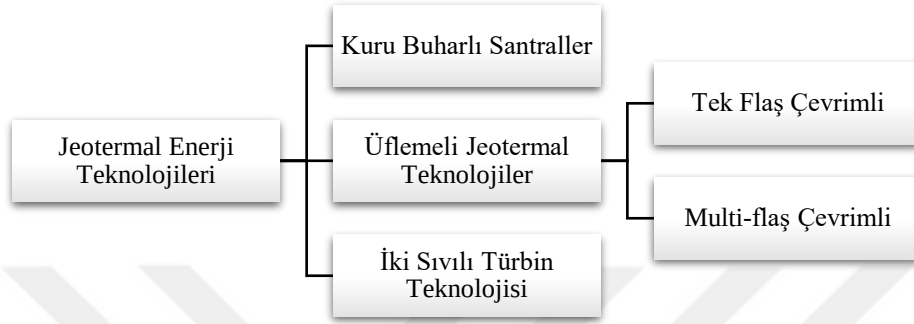
3. Kimyasal Madde Üretiminde:

- Borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, amonyum sülfat, potasyum klorür vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde,
- Jeotermal akışkandaki CO'den kuru buz elde edilmesinde kullanılır (Akkuş ve Alan, 2016: 6). Jeotermal enerjinin dolaylı kullanımı ise elektrik üretimidir.

1.2.3.3. Jeotermal Enerji Teknolojileri

Jeotermal enerjinin en yaygın ve en gelişmiş teknolojisi elektrik üretimidir. Jeotermal enerji teknolojileri; kuru buharlı santraller, üflemlili jeotermal teknolojiler ve iki sıvılı türbin teknolojisi olarak aşağıdaki şekilde üç ana grupta incelenebilir:

Tablo 11: Jeotermal Enerji Teknolojileri



Kaynak: Yerebakan, 2008: 27.

Kuru Buharlı Santraller: jeotermal santraller içinde en basit olanı kuru buhar santralleri, temel olarak doymuş veya kızgın jeotermal buhar içeren bölgelerde kullanılabilir (Işıksoluğu vd., 2012: 817). Bir jeotermal kaynaktan doğal olarak çıkan buhar herhangi bir işleme tabi tutmaksızın doğrudan buhar türbinlerine verilerek ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür (Yerebakan,2008:272). Ülkemizde en eski denilebilecek bu santraller için yeterli düzeyde sıcaklık çok az olduğu için kullanımı yaygın değildir.

Üflemlili (Flush, Püskürtmeli) Jeotermal Teknolojiler: Yüksek sıcaklıkta (200°'nin üzerinde) su buharı üreten kaynaklarda flaş buhar teknolojisi kullanılır. Bu sistemlerde, akışkan daha az bir basınçta tankın içine püskürtülür ve hızlı bir şekilde buharlaşır. Buhar, türbine döndürme kuvveti uygulayacak şekilde kanatlara üflenir. Dönen rotor mili, türbin jeneratörünü döndürür. Jeneratörün döndürülmesi ile elektrik üretilmiş olur (Yerebakan, 2008: 273).

Tek flaş çevrimli: Jeotermal sıvı basınç altında tutulduğu takdirde yetersiz miktarda buhar üretimi nedeniyle flaş tankına buhar eklenir.

Multi-flaş çevrimli: Bir jeotermal kaynaktan yeterince sıcak (135°'den büyük) suyun bulunması halinde flaş tankına sürekli havalandırılarak üflenir. Tank kapalı çevrim sirkülasyonla sürekli su içindeki buharı serbest hale getirir. Yüksek sıcakta ayrılan buhar, doğrudan buhar türbinini besleyerek elektrik üretmiş olur. Aynı ayrışma tankı yerine yüksek basınçlı bir flaş tankında ayrılan sıvı, daha düşük basınçlı tanka iletilerek kalan buharı da burada alınmış olur. Düşük basınçlı buhar, türbinin düşük basınç odasından yüklenir. Bu yolla

verim %20 kadar artmış olur. Bu bakımdan multi-flaş buhar teknolojileri yüksek verimde işletilirler (Yerebakan, 2008: 274).

İki Sıvılı Türbin Teknolojisi: Aynı sıcaklık seviyesine sahip kaynaklar için geliştirilmiş olsa da flaş sistemden farklı bir teknolojidir. Bu teknolojiye jeotermal sıvı, ikinci bir sıvıyı buharlaştırarak buhar türbinlerinin dönmesine yardımcı olarak elektrik üretimini sağlar.

1.2.3.4. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Jeotermal enerji yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve yeni gelişmelerle sorunları çözülmüş bir enerji teknolojisine sahiptir (Gürsoy, 1999: 200).

Jeotermal enerjinin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Özcan, 2011: 2):

- Jeotermal enerjinin rezervleri diğer fosil kaynaklara göre sonsuz sayılabilir.
- Diğer enerji türlerine kolayca dönüşür (Isıtma, elektrik enerjisi veya termal enerji).
- Bulunduğu ülkede yerli kaynak olmasıyla döviz tasarrufu sağlar.
- Nükleer, petrol, kömür ve termik santrallere göre temiz enerji kaynağıdır.
- Santrallerin bakımı kolaydır. Yüzeysel tehlikelere karşı korumalıdır.
- Kısa süreli meteorolojik olaylardan olumsuz etkilenmez.
- Üstün teknoloji gerektirmedikinden politik olarak ülkeyi bağımsız kılar.
- Nükleer santrallerdeki gibi büyük ölçüde kazalar meydana gelmez.
- Özellikle petrole nazaran bulma şansı daha yüksektir (%50'den daha fazla).
- Sondajlar, petrol sondajlarına göre sıgıdır.
- Arama kuyuları üretim kuyusu olabilir.
- Yatırımları daha ucuzdur.
- Entegre uygulama imkanları vardır.
- Isıtmalarda genellikle ilave tesislere gerek yoktur.

Jeotermal enerji kullanımı sonucunda, dünyada fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımı nedeniyle meydana gelen zararlı etkiler azaltılmıştır. Ayrıca doğal gazın patlama, yangın, zehirlenme gibi risklerine karşı jeotermalde bu tip risklerin hiçbirisi yoktur. Bu karşılaştırma ışığında jeotermal enerjinin avantajı ortaya çıkmaktadır (MEB, 2012: 23).

Avantajlarının yanında jeotermal enerji kullanımının sahip olduğu dezavantajlar ise şöyle sıralanabilir:

- Yapılarında hidrojen sülfür ve karbondioksit gibi gazlar barındırır. Bu gazların zaman zaman açığa çıkarak hava ile temas ettiğinde kalp ve akciğer rahatsızlıklarına neden olabilmektedir.
- Açığa çıkan bu gazlar aynı zamanda asit yağmurlarına da neden olarak bitkileri etkilediği gibi insanlarda da kemik erimesi ve kanseri tetikler.
- Açık sistem jeotermal tesislerde ortaya çıkan karbondioksit ve metan gazı küresel ısınmaya yol açarak canlıların yaşam alanlarını tehlike altına sokabilmektedir.
- Yeraltı kaynaklarından pompalanan su, borulardan geçerken kükürt, tuz ile etkileşime girerek su kirliliğine sebep olur. Kirlenen su tarım bölgesindeki gıdaları da etkileyerek insan sağlığına ciddi zararlar verebilmektedir.

1.2.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, güneş enerjisinin dolaylı forum olarak nitelendirilen organik karbondur (İzci ve Mazı, 2004: 37). Daha geniş bir tanımla biyokütle, 100 yılı kapsayacak dönemden daha kısa sürede kendini yenileyebilen, kara ve suda yetişen bitkiler, hayvansal ve kentsel atıkları içeren biyolojik kökenli, fosil olmayan tüm organik madde kitlesidir (BAKA, 2012: 5). Karbonhidrat ana bileşiğinden oluşan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm organik maddelere biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan ortaya çıkan enerjiye biyokütle enerjisi denir (Koçar vd., 2013: 79).

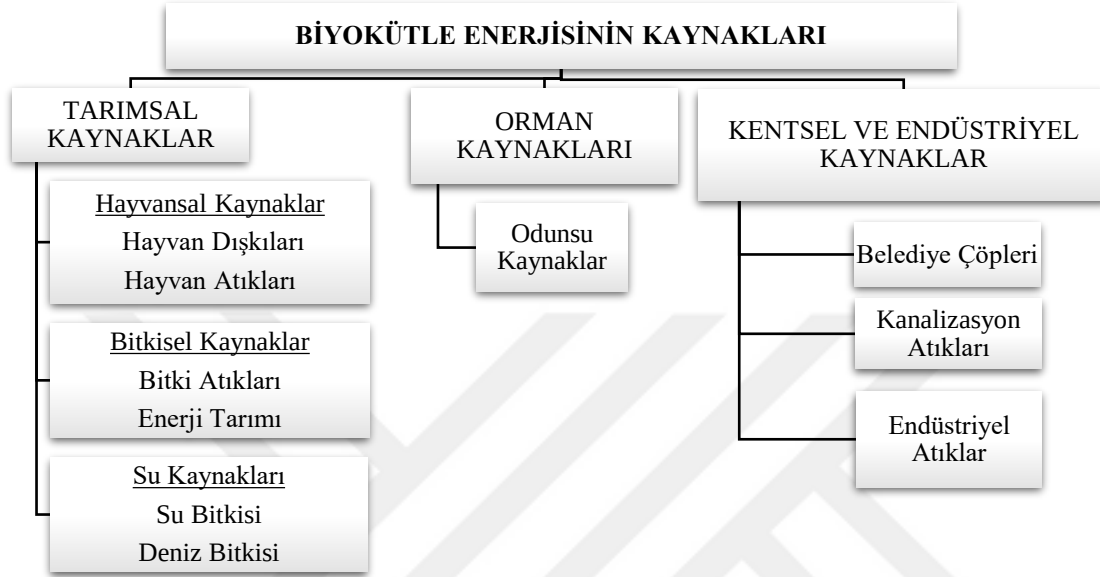
Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler kaynak oluşturmaktadır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx, 06.10.2017). Biyokütle (biomass) enerjisi çeşitli tarımsal ürünler, orman kaynaklı organik atıklar, odun, hayvan dışkısı ve alkol mayalanması gibi maddeler kullanılarak fiziksel, kimyasal ve bio-kimyasal yöntemler vasıtasıyla elde edilir (Gürsoy, 2004: 127). Biyokütle enerjisi klasik ve modern olarak iki gruba ayrılmaktadır. Klasik anlamda biyokütle enerjisi odun, bitki ve hayvan atıklarını, özellikle tezeği ifade eder. Doğrudan yakma yoluyla enerji elde edilir. Modern anlamda biyokütle enerjisi kentsel ve tarımsal endüstri atıklarını kapsamaktadır. Fiziksel ve kimyasal yapıları itibariyle biyokütle enerjisi elde etmeye uygun olan C₃ bitkileri (şeker pancarı, arpa, buğday vb.) ve C₄ bitkileri (şeker kamışı, mısır vb.) kullanılır.

Biyokütle metan gazı ya da ulaşımda değerlendirilen etanol ve biyodizel olarak dönüştürülmekte ve bu enerji kaynağı olarak son yıllarda oldukça önem kazanmaktadır (Day ve Kolsarıcı, 2016: 102). Ayrıca biyoenerji için Türkiye dışında ABD başta olmak üzere çoğu ülke enerji ormanları üretimini tercih etmektedir. Örneğin ABD’de birçok fabrika kendi enerji

ormanlarında ürettiği ağaçları kesip yakarak ısı ve buhar enerjisi elde etmektedir. Türkiye’de kavak, kızılçam, meşe, sedir, servi gibi ön plana çıkan, biyoenerji üretimine katkı sağlayabilecek ağaç türleri mevcuttur (Sözen vd., 2017: 156).

Geniş anlamda biyokütlesel enerji kaynakları aşağıdaki şekilde üç ana gruba ayrılabilir:

Tablo 12: Biyokütle Enerjisinin Kaynakları



Kaynak: Demirtaş, 2010: 39.

Biyokütle, enerji üretiminde ya da ısıtma alanlarında kullanılabilir. Düşük oranlarda CO₂ ve SO₂ salınımları ile yapılan biyokütle enerji üretimi, sera etkisi ve asit yağmuru gibi dünyamızın ekolojik dengesini bozan etmenlerle mücadelede önemli görev üstlenmektedir (Darıcı vd., 2011: 1943).

Biyokütle enerji kaynakları, enerji kaynaklarından belirgin farkta bazı özellikler taşımaktadır. Biyokütle kaynaklarının, homojen olmayan yapıya sahip olması, yüksek su ve oksijen içermesi, düşük yoğunluğa sahip olması gibi birçok özelliği sebebiyle yakıt kalitesine olumsuz etki etmektedir. Biyokütlenin olumsuz özellikleri fiziksel süreçler ve dönüşüm süreçleri ile en az seviyeye indirgenebilmektedir (Kapluhan, 2014b: 102).

Aynı zamanda biyokütle enerjisinden elektrik üretmede yararlanılır. Biyokütlenin elektrik enerjisi üretiminde kullanılması termik santrallere benzer bir sistemle organik maddelerin doğrudan yakılarak oluşturulan ısıdan buhar elde edilerek türbinleri döndürmesi ve jeneratörlerden elektrik üretilmesi şeklinde olabilmektedir. Ayrıca, değişik tekniklerle biyokütleden elde edilen biyogazın kullanımı ile kombine çevrim gaz santrallerine benzer bir sistemle elektrik üretilebilmektedir (MEB, 2012: 25).

1.2.4.1. Biyokütle Enerjisi Kullanımının Tarihçesi

Biyokütle enerjisi taş devrinde mağara adamlarının ateş yakmasından bu yana kullanılmaktadır. 1970'li yıllarda bilim insanları, fosil yakıtların biyokütle ile değiştirilmesi olasılığına ilgi duymaya başladı. 1975 civarında, "Biyokütle" enerjisi resmi adını kazandı. 1980'li yıllarda gelindiğinde Teknoloji Değerlendirme Ofisi, ABD'nin biyokütle malzemelerinin çeyreğini kullanarak ihtiyaçlarının giderebileceğini tahmin etti. 1993 yılı itibarıyla modern çevrim teknolojileri kullanımıyla değeri daha da artmıştır. 2000'li yıllarda, ABD hükümeti biyokütleyi ateşleme yöntemiyle kullanmak için bir program geliştirdi, ancak bu program başarısızlıkla sonuçlandı. Fikir yeniden canlandırılmaya başlandı.

Türkiye biyokütle enerjisine yönelik çalışmalarını 1993 yıllarından sonra başlatmıştır (REK, <http://www.ruzgarenerjisikulubu.com/biyokutle>, 06.10.2017).

1.2.4.2. Biyokütle Enerjisi Kullanımının Alanları

Biyokütle enerji kullanımı oldukça geniş yelpazeye sahiptir. En yaygın kullanım alanları ısı ve elektrik üretimidir. Birleşik Isı-Güç santralleri ile hem daha az enerji kullanılarak ısı ve elektrik üretilmekte hem de ısı ve enerjiyi ayrı ayrı üretmek yerine birlikte elde etme imkanı sağlamaktadır. Böylece geleneksel yöntemlerden elde edilen %25 oranında verim, biyokütle sayesinde %85'e yükselmektedir. Enerji elde edilmesinin yanı sıra mobilya, kağıt, yalıtım malzemesi üretiminde de kullanılmaktadır. Kullanımının en yaygın olduğu alan ise biyoyakıt olarak ifade edilebilir. Çevre kirliliğine sebep olan ve yüksek fiyatlı araç yakıtları günümüzün en büyük problemidir. Çözümü ise çevre dostu ve düşük masraflı biyoyakıt kullanımını yaygınlaştırmaktır. Asit yağmurlarını engellemesi ve küresel ısınma etkilerini en aza indirmesi yanı sıra depolanabilir özellikte olması da kullanımı açısından büyük bir avantajdır. Biyokütle enerjisi yakıt ve petrol ile üretilen tüm ürünlerin üretiminde kullanılarak ülkenin ekonomik ve siyasi durumu açısından büyük önem taşımaktadır (BERLEM Biyokütle Enerji, <http://www.berlemenerji.com/2015/02/03/biyokutle-enerjisinin-kullanim-alanlari/>, 03.02.2015).

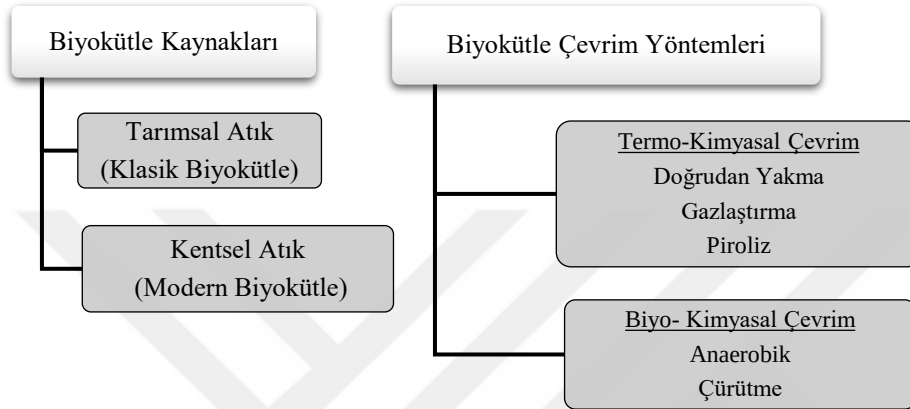
1.2.4.3. Biyokütle Enerjisi Teknolojileri

Biyokütle kaynağına uygulanan çeşitli dönüşüm prosesleriyle, fosil yakıtların yerine tercih edilebilecek daha kullanışlı ve yüksek ısı değerli katı, sıvı ve gaz yakıtlar vasıtasıyla kimya endüstrisi için önemli ürünler elde edilebilir (Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma

Grubu, 2007: 3-5-6).

Biyokütle kaynaklarından elektrik, ısı ve yakıt üretimi birçok farklı teknoloji kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Enerji üretimi için seçilmiş olan kaynaklar termo-kimyasal veya biyo-kimyasal çevirim yöntemleri ile istenilen teknolojiye uygun bir enerji formuna çevrilmektedir (Tablo 13):

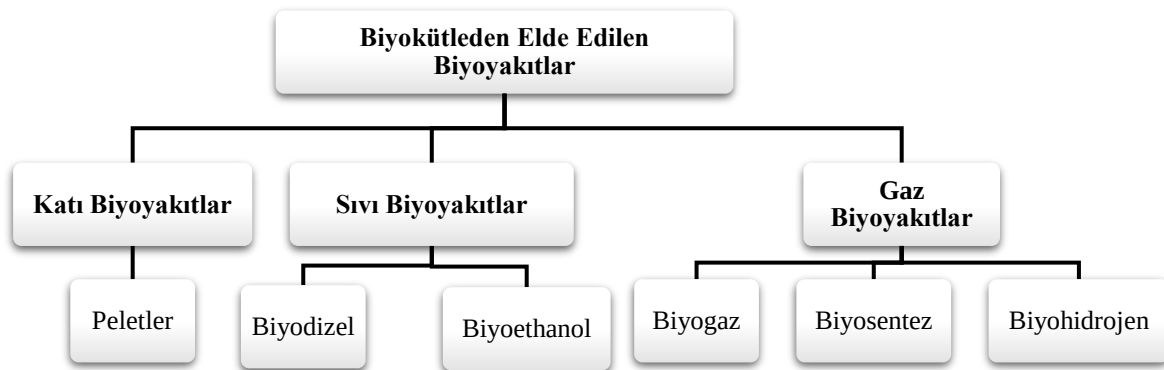
Tablo:13: Biyokütle kaynaklarından enerji üretiminde ana süreçler



Kaynak: Deloitte, 2014: 7.

Biyokütle çevrim sürecinden sonra elde edilen yakıtlar katı, sıvı ve gaz olmak üzere üçe ayrılmaktadır ve yatırımcılara ek gelir elde edebilme fırsatı sağlamaktadır. Hızla büyüyen biyokütle sektörüne paralel olarak yeni teknolojilerin araştırılması ve geliştirilmesi devam etmektedir.

Tablo 14: Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar



Kaynak: Deloitte, 2014: 7.

Biyokütle kaynaklarına uygulanan biyokütle çevrim teknolojileri ve elde edilen yakıt formları aşağıdaki şekilde tablolandırılabilir:

Tablo 15: Biyokütle Çevrim Teknolojileri

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman artıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik Üretimi, Isınma
Tarım Artıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, Ulaşım Araçları
Enerji Bitkileri	Doğrudan Yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal Atıklar	Fermantasyon, Havasız Çürütme	Metan	Ulaşım Araçları, Isınma
Çöpler Organik	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz		Sentetik Yağ, Roket
Enerji Ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün Kurutma
Bitkisel ve Hayvansal Yağlar	Esterleşme Reaksiyonları	Motorin	Ulaşım Araçları, Isınma

Kaynak: Yerebakan, 2008: 237.

Doğrudan Yakma: Yanma, biyokütle içindeki yanabilir maddelerin oksijenle hızlı kimyasal tepkimesi olarak tanımlanır (Yerebakan, 2008: 237). Yanma, biyokütlenin yeterli derecede hava ortamında içerdiği karbonun, tamamen yakılarak ısı olarak kazanılması sürecidir (Ünlü vd., 2016: 10). Kullanılan en eski yöntemdir. Neredeyse tüm biyokütle kaynağını doğrudan yakmak mümkündür.

Havasız Çürütme: Yalnızca oksijensiz ortamda gerçekleşebilen ve bu ortamda yaşamını devam ettiren mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Organik madde+ bakteri+ su= metan+ karbondioksit+ hidrojen, kükürt+ kararlı, gübre+ bakteri olarak formülize edilebilmektedir. Mikroorganizmalar vasıtasıyla oksijensiz ortamda fermantasyona uğrayan biyokütle, geriye gübre, metan gazı ve karbondioksit bırakmaktadır (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx, 30.06.2016).

Fermantasyon: Biyokütle değişik oranlarda, hemiselüloz ve lignin içermektedir. Selüloz enzimatik hidrolizin arkasından uygulanan, kimyasal hidroliz, enzimler veya kimyasal işlemler ile glikozla parçalanabilir. Kimyasal hidroliz şartları bazen glikozu bozabildiği için, bu işlem son derece dikkatle yapılması gerekmektedir. Glikozun fermantasyonu ile etanol, aseton, bütanol ve ham petrol ürünlerinden elde edilen ürünlere eşit birçok kimyasal ürün elde edilebilir (Yerebakan, 2008: 238).

Proliz: Odunun oksijensiz ortamda ısıtılmasıyla (900° ye kadar) meydana gelen kimyasal ve fiziksel olayların bütünüdür. Biyokütleden gaz elde etme sürecinde yararlanılan en eski ve en kullanışlı yöntemdir. Proliz uygulaması sonucunda organik bileşikler, su ve odun kömürü gibi maddeler elde edilmektedir (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx, 30.06.2016).

Gazlaştırma: Biyokütlenin yüksek sıcaklık uygulanarak yanabilir gaz haline getirilmesi işlemidir. Gazlaştırma sürecinde kullanılan biyokütle kaynaklarını üç aşamada incelemek mümkündür:

- Mısır sapsarı, buğday, pirinç, ayçiçeği vb. bitkilerin samanları gibi tarım atıkları
- Ceviz kabuğu, erik, kayısı çekirdekleri, bitki gıda işleme sonrası atıklar
- Orman ürünleri

Biyofotoliz: Deniz suyu içerisinde yer alan alglerden güneş enerjisi vasıtasıyla hidrojen ve oksijen elde edilme sürecidir. Bu algler deniz suyunu fotosentetik olarak ayrıştırmaktadır.

1.2.4.4. Biyokütle Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Birçok bakımından olumlu niteliklere sahip olan biyokütle enerjisi kullanımının avantajları şöyle sıralanabilir (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi_adv.aspx, 30.05.2017):

- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji verimi için uygun olması
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması
- Depolanabilir olması
- 5-35° C arasında sıcaklık gerektirmesi
- Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmaması
- Sera etkisi oluşturmaması
- Asit yağmurlarına yol açmaması

Biyokütle enerjisi, genel anlamda çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler yaratabilmektedir. Örneğin, çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan atıklar bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Diğer taraftan, depolanması ile geçici görsel çevre kirliliği yaratabilen bu tür kaynaklar, enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda, bertaraf edilmektedir (MEB, 2012: 27). Ayrıca düşük çevrim verimi, tarım alanları için rekabet oluşturmaması ve su içeriğinin fazlalığı da olumsuz özellikleridir (Enerji Üretim Sistemleri, <http://enerjiuretimsistemleri.blogspot.com.tr/2011/10/biyokutle-enerjisinin-avantaj-ve.html>, 06.11.2017).

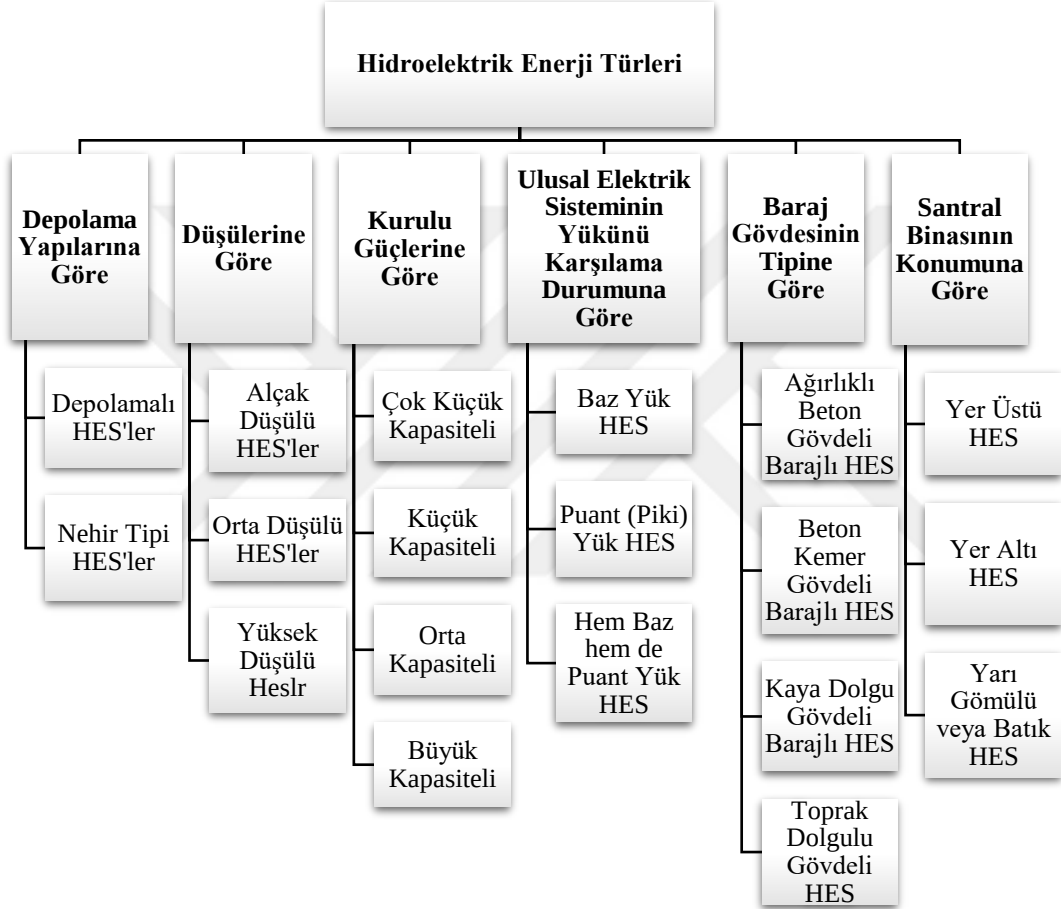
1.2.5. Hidroelektrik Enerjisi

Bir ülkede, sınıra veya denize kadar doğal akışın %100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımına dayanılarak hesaplanan hidroelektrik potansiyel, o ülkenin brüt teorik

hidroelektrik potansiyelidir. Ancak mevcut teknolojilerle bu potansiyelin tamamının kullanılması mümkün olmadığından mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek azami potansiyele teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyel denir (DSİ, 2015: 68). Diğer bir ifadeyle beyaz kömür enerjisi olarak da anılan hidroelektrik (hidro) enerjisi, aktif halde olan sudan elde edilen enerji olarak da tanımlanır (Safi, 2007: 22-23).

Hidroelektrik enerji türleri en geniş anlamda şu şekilde sınıflandırılabilir:

Tablo 16: Hidroelektrik Enerji Türleri



Kaynak: YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi_adv.aspx, 30.05.2017.

Hidroelektrik enerjisi, teknoloji gelişimi en yüksek ve enerji üretiminde en büyük pay sahibi yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerjisinin kaynağı olan suyun, potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi yoluyla enerji üretimi sağlanır. Güneşin etkisiyle buharlaşan, deniz, göl ve nehirlerde yer alan su, rüzgarla girdiği tepkime sonucu dağ yamaçlarında kar ya da yağmur haline dönüşerek yeryüzüne iner. Yağmur veya kar ile taşınan su türbin ve jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Böylece hidroelektrik enerjisi sürekli kendini yenileyen bir enerji kaynağı haline dönüşür.

Akarsuların sahip olduğu enerji miktarı, suyun akış yükseltisi ve düşüş ivmesi ile orantılı yapıdadır. Büyük bir nehirde akan su, büyük miktarda potansiyel ve kinetik enerji

barındırır. Kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akar ve türbin kanatlarına çarparak enerjisini kanatlara bırakır. Kanatlar jeneratöre bağlı olan türbin milinin dönmesini sağlar ve bu işlem sonucunda mekanik enerji elektrik enerjisine dönüşür. Bu yolla, suyun enerjisinden elektrik enerjisi elde edilir (Ünver vd., 2015: 58).

Hidroelektrik santrallerin enerji elde etme türleri genel anlamda 3 grupta incelenebilir:

Depolamalı Enerji Eldesi: Yağışlı zamanlarda baraj önüne set kurularak depolanan sular, yağışsız ve kurak dönemlerde buradan temin edilir. Yükseklik ve debi ile doğru orantılı olan enerji üretimi, baraj yüksekliği mesafesine ulaştığında potansiyel enerjileri de artacaktır.

Barajların en büyük avantajı debi düzenlemesine elverişliliğidir. Rastgele değişken niteliğinde değerlendirilen akım, depolama yapılarak düzenlenmekte ve düzenli debi sayesinde akarsudan elde edilen enerji arttırılmaktadır. Enerji barajlarının yanı sıra içme suyu ve sulama amaçlı da kullanımı mevcuttur. Aynı zamanda barajlar, taşkın tehlikesini ve taşkınların sebep olduğu can ve mal kaybını azaltmaktadır (Dalkır ve Şeşen, 2011:20).

Nehir Tipi Santrallerden Enerji Eldesi: Nehir tipi santrallerde akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör ile su seviyesi bir miktar kabartılır. Böylece debilerin su alma yapısı tarafından daha kolay su alınması sağlanır ve bir miktar düşü kazanılmış olur. Bu tip tesislerde debi düzenlemesi olmaz. Santralin üreteceği elektrik enerjisi mevsimlere bağlı olarak değişir. Üretilen güvenilir enerji akarsuyun doğal şartlarda gelen minimum debisi ile sınırlıdır ve küçük bir miktardır (Baş, 2014: 11).

Pompajlı Rezervuarlı Hidroelektrik Santrallerden Enerji Eldesi: Bu tip hidroelektrik santrallerinin amacı; enerji talebinin düşük olduğu zamanlarda şebekeden ulaşılan enerjiyle suyu pompalayarak üst rezervuarda biriktirmektir. Bu tip santraller ülkenin enerji üretimini arttırmazlar. Yalnızca kullanılmayan enerjiyi ihtiyaç duyulan zamana taşıyarak arz talep dengesinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Dalkır ve Şeşen, 2011:20).

Pompaj depolamalı hidroelektrik sistemlerde, alt ve üst olmak üzere iki rezervuar bulunmaktadır. Rezervuarlar nehir, doğal göl, mevcut baraj rezervuarı, deniz veya inşa edilecek yapay havuz olabilmektedir. Enerji talebinin yüksek olduğu veya elektriğin pahalı olduğu zamanlarda, üst rezervuarda biriktirilmiş olan suyun alt rezervuara düşürülmesiyle elektrik enerjisi üretilir (Ünver vd., 2015: 59). Gerçekte pompajlı depolamalı santraller ülkenin toplam enerji üretimini arttırmazlar, sadece kullanılmayan ya da ziyan olan enerjiyi enerjinin en kıymetli, en pahalı olduğu zamana taşıyarak arz-talep dengesini sağlamaya hizmet ederler (Baş, 2014: 13).

1.2.5.1. Hidroelektrik Enerjisi Kullanımının Tarihçesi

Anadolu’da MÖ. 1300 yılında Hititler tarafından kurulan ilk baraj, MÖ. 1000 yılında Urartular tarafından düzenlenen iki önemli hidrolik yapı ve ilk ince kemer tipli baraj olarak bilinen Dara Barajı ile hidroelektrik enerji kullanımının temelleri atılmıştır.

Ülkemizde ilk olarak 1951 yılında özel sektör tarafından yapılan Derne ve Murgul HES’leri 9,2 MW hidroelektrik enerjisine sahiptir. İlk büyük HES ise 1956 yılında faaliyete başlayan 54 MW kurulu gücü ile Seyhan HES’tir (Oğuz, 2008: 481).

1930-1936 yılları arasında içme suyu temini amacıyla Çubuk-1 Barajı inşa edilmiştir. Bu baraj Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşundan sonra faaliyete geçen ilk barajdır. 1902’de Tarsus’ta yapımı gerçekleşen hidroelektrik santral ile birlikte ilk hidroelektrik üretim gerçekleşmiş, 1913’de ise büyük çaplı ilk güç santrali İstanbul’da yapılmıştır. 1933 yılında Ödemiş ilinde ilk defa hidroelektrik enerji ile çalışan aydınlatma ve elektrik şebekesi inşa edilmiştir.

1932 yılında Türkiye’nin enerji talebini belirlemek, su kaynaklarının hidrolik potansiyellerini ve diğer enerji kaynaklarının potansiyellerini geliştirmek ve araştırma yapabilmek için EİE kurulmuştur. Bu süreçteki önemli projeler; Seyhan, Sarıyer, Hirfanlı, Kesikköprü, Demirköprü, Kemer Barajları ve Hidroelektrik Santralleridir (Gökdemir vd., 2012: 20).

20.yüzyılın ortalarında dünyada üst sıralarda hidroelektrik üretimi olan, ihtiyaçlarının karşılanmasında su kuvvetinin payı da yüksek olan birçok Avrupa ülkesinde, 1950-1973 süresinde nispeten ucuz petrolün etkisiyle hidroelektrik üretimin artış hızının yavaşlaması, 1983-2000 süresinde durağanlığa dönüşmüştür (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008: 4). Aynı zamanda 1950-1969 döneminde DSİ, İller Bankası, Etibank ve Sümerbank tarafından hidroelektrik santrallerin inşa edilmeye başladığı dönemdir. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurum (TEK) kurulmasıyla birlikte DSİ dışındaki tüm resmi kurum ve kuruluşların elektrik santralleri inşası ve faaliyetleri sonlandırılmıştır. 1970-1990 döneminde TEK Genel Müdürlüğü tarafından tüm köylere elektrik iletmeye başlanmıştır. 1984 yılında çıkarılan 3096 sayılı yasa ile, özel sektöre Yap-İşlet-Devret modeli ile elektrik üretimi imkanı sağlanmıştır. 1990’da ‘‘Karkamış Barajı ve HES’’ devreye sokulmuştur.

2003-2005 dönemleri sonrası için, Serbest (rekabetçi) Piyasa Dönemi, özel sektörün beklentileri ve yoğun talebi sonucunda 2003 yılında ‘‘Su Kullanım Yönetmeliği’’ ve 2005 yılında 5346 sayılı ‘‘Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK)’’ çıkarılmıştır. Bu kanunlar ile su kullanım hakkı

anlaşmasıyla beraber, özel sektörün yapacağı HES'lerden elektrik üretip satabilme serbestisi getirilmiştir (Gökdemir vd., 2012: 20). Devam eden süreçte ise mini ve mikro HES'ler için, İl Özel İdarelerine sorumluluk verilmiştir.

1.2.5.2. Hidroelektrik Enerjisi Kullanım Alanları

Suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirerek elektrik enerjisi elde etme amacıyla kullanılmaktadır. Su'dan elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılan teknoloji diğer kaynaklardan elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılan teknolojilerden daha basittir (TMMOB, 2011: 26). Hidroelektrik santraller yardımıyla yağmur ve kar sebebiyle yükselen sular, türbinler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüşmektedir.

1.2.5.3. Hidroelektrik Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Hidroelektrik enerjinin (Depolamalı HES'lerin) avantajları aşağıda özetlenmiştir (Bozkurt, 2009'dan aktaran Bozkurt ve Tür, 2015: 325):

- Ekonomik ömrü uzun,
- Dünya genelinde yaygın,
- Çevre dostu,
- İşletme-bakım gideri düşük,
- Yakıt gideri olmayan,
- Geri ödeme süresi kısa (5-10 yıl),
- Yüksek verimli (%90'ın üzerinde),
- İşletmede esneklik ve kolaylık sağlayarak pik talepleri karşılayabilen,
- Yöre halkına da ekonomik ve sosyal katkılar sağlayan,
- Dışa bağımlı olmayan ve enerjinin sigortası olan yerli bir kaynaktır.
- Küçük sular değerlendirilerek, bulundukları yöreye şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracaktır. Böylece iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli bir azalış görülecektir (Erdoğan ve Seçgin, 2008: 19).

Ayrıca uzun ömürlü ve yüksek verimliliğe sahip olması, yakıt ve bakım giderlerinin düşüklüğü, kısa vadede geri ödeme süresine sahip olması ve yatırım bakımından dışa bağımlılığı en az olan yenilenebilir kaynak olması da en önemli avantajlarından (Uluatam, 2011: 63).

Olumsuz özelliklerini ise şöyle sıralamak mümkündür (Gökdemir vd., 2012: 21):

- Sel kontrolü, içme ve kullanma suyu sağlamak gibi ek işlevleri yoktur.
- Üretilen kWh enerji başına etütler için yapılan harcama masrafları fazladır.
- 1kW kurulu güç için gerekli yatırım maliyeti büyük santrallerden yüksektir.
- Küçük hidroelektrik santrallerin işletme giderleri büyük santrallere göre fazladır. Ancak türbin, jeneratör ve transformatörde standardizasyona gidilmesi, üretilen kWh enerji başına işletme personel maliyetlerini azaltacaktır.
- Ülkemizde bu konuda yetişmiş teknik eleman sıkıntısı vardır. Bu da uygulamalarda çevresel ve ekonomik açıdan problemler ortaya çıkarmaktadır.
- Depolama özellikleri olmadığından enerji üretimi akıma bağlıdır. Bu sebepten dolayı küçük hidroelektrik santrallerin verimleri düşüktür.
- Üretimin devamı sistemin teknolojik özelliklerine bakım ve işletme politikalarına bağlıdır.
- Akarsudaki su rejimini azaltmakta, akarsu çevresindeki fauna, flora ve dolayısıyla insan yaşamı olumsuz etkilemektedir.
- İnşaat aşamasında, akarsu yatağı ve çevresinde birçok sorunlarla karşılaşılır.

1.2.6. Deniz Kökenli (Okyanus) Enerjiler

Canlı yaşamının önemli kısmını kaplayan suların oluşturduğu okyanuslar, yüksek enerji potansiyeline sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Farklı açılardan esen rüzgarların meydana getirdiği deniz dalgalarından üretilen enerjiye deniz kökenli enerji denir. Enerji kaynakları içerisinde en yüksek değere sahip enerjidir. Bu tür enerji teknolojisi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının teknolojisine göre daha yeni sayılmaktadır. Okyanus kaynaklı enerji çeşitleri üzerinde uzun yıllar boyunca sürdürülen araştırmalar mevcut potansiyelden teknik olarak yararlanmanın mümkün olduğunu fakat ekonomik anlamda uygun olmadığını göstermiştir (Charlier and Finkl, 2009: 1).

Denizdeki dalgalar temelde üç şekilde meydana gelmektedir (Uygur vd., 2006: 8):

- Denizlerde meydana gelen depremler ve deniz dibi çökmelerinin oluşturduğu dalgalar,
- Rüzgarların ve fırtınaların oluşturduğu dalgalar,
- Gel-git olaylarının sebep olduğu dalgalar.

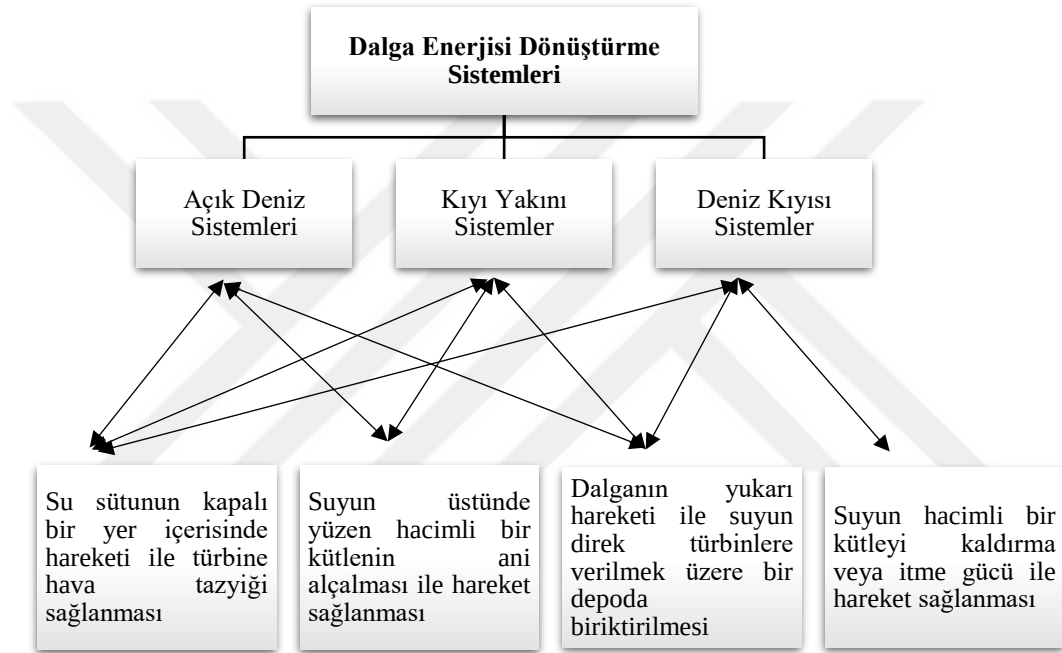
Genel anlamda kısaca dalga enerjisi, gel-git enerjisi ve okyanus ısı enerjisi (OTEC) olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Dalga Enerjisi: Dalga enerjisi suyun geniş enerji potansiyelinden yararlanma imkanı sunmaktadır. Dalgaların yüzeylerinde ve yüzey altındaki basınç değişimlerinden yararlanarak elde edilen enerji türüdür. Diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha güvenilir bir kaynaktır.

Meydana gelen dalga yükseltisi ve oluştuğu dönem, bölgeden elde edilecek dalga enerjisinin temelini oluşturmaktadır. Dalga enerjisinin en büyük avantajı her dalga yükseltisinde istenilen enerjinin elde edilebilmesidir (Kaplukan, 2014c: 67).

Dalga enerjisini dönüştürme sistemleri; açık deniz sistemleri, kıyı yakını sistemleri ve deniz kıyısı sistemleri olarak üçe ayrılmaktadır.

Tablo 17: Dalga Enerjisi İçin Mevcut Sistemler ve İşlemler



Kaynak: Sağlam ve Uyar, 2005: 2.

Dalga enerjisi; kaynağının sonsuz ve bol olması, fosil yakıtlardan bağımsız olması, küresel ısınma, asit yağmurları gibi bir çok doğa tahribatını dolaylı olarak azaltması, iş sahası açması, elektrik şebekesinin ulaşamadığı uzak alanlara elektrik sağlaması, deniz ortamında yapılacak diğer çalışmalarda potansiyel teknolojinin kullanımına olanak tanınması, tuzlu suyun tatlı suya çevrilip ihtiyaç bulunan bölgeye aktarılmasını, deniz gibi zenginliklerinin yüzeye pompalanması ve kıyıların korunması gibi daha birçok alanda fayda ve katkı sağlamaktadır (Sağlam ve Uyar, 2005: 2).

Gel-Git Enerjisi: Gel-git veya okyanus akıntısı nedeniyle yer değiştiren su kütlelerinin sahip olduğu kinetik ve/veya potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir (ANKAÇED, 2016: 5). Gel-git hareketi; ay, güneş ve dünyanın çekim kuvveti ve merkezkaç

kuvvetleri arasındaki etkileşim sonucu oluşur. Bazı kıyı şeridi, özellikle de nehir kıyısı, bu etkiyi yaklaşık 17 m'ye kadar arttırır.

Gelgit olayında suyun hareketinden, iki yöntemle enerji elde edilebilir. Suyun bir haznede biriktirilerek hazne ile deniz seviyesi arasında yükselti farkı oluşturulması ve bu potansiyel enerjiden elektrik enerjisi elde edilmesi, birinci ve en eski yöntemdir. Bu yöntemin maliyet yüksekliği ve geniş alan kaplaması gibi dezavantajları bulunmaktadır. İkinci yöntem ise, suyun yükselme ve alçalması sırasında önüne konulan türbinleri döndürmesi ve bu türbinlerin döndüreceği jeneratörlerden de elektrik enerjisi elde edilmesidir. Bu yöntemin bugüne kadar uygulama alanı bulamamasının nedeni, çok büyük türbinlere ihtiyaç duyulmasıdır. İkinci yöntem ile enerji eldesi, her yönüyle deniz akımlarından enerji eldesine benzerdir (Şimşek, 2005: 2).

Okyanus Isısı Enerjisi (OTEC): İlk defa 1881 yılında ortaya çıkan bu yöntem, ılık yüzey suyu ve soğuk derin deniz suyu arasında oluşan ısı farkını kullanmaktadır. Elektrik ve temiz su üretimini sağlamak ve soğutmada kullanımı, kültür balıkçılığına izin vermesi gibi kullanım avantajlarına sahiptir. OTEC sistemler günümüzde açık, kapalı ve hibrid sistemler olarak 3 şekilde kullanılmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi yaygınlaşmamalarının sebebi sadece oğlak ve yengeç dönenceleri arasında kalan bölgelerin bu tip enerji üretimi için uygun olması ve diğer yenilenebilir kaynaklara göre maliyetinin daha yüksek oluşudur (Elibüyük ve Üçgül, 2016: 87).

Otec sistemler; açık çevrim sistemi, kapalı çevrim sistemi ve hibrid sistem olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Açık Çevrim Sistemi: Açık çevrim tesisinde, yüzey sıcak deniz suyu buharlaştırılmış flaş bir vakum odasına pompalanır ve elde edilen buhar türbine etki eder. Soğuk deniz suyu daha sonra yüzeye getirilir ve çevre için döndürülen su içine buharı yoğunlaştırmak için kullanılır (Elibüyük ve Üçgül, 2016: 89).

Kapalı Çevrim Sistemi: Bu tür çevrimde; amonyak, propan ya da klor-flor-karbon bileşimleri gibi düşük kaynama noktasına sahip bir sıvı, kapalı çevrimin içine pompalanmaktadır. Bu sıvı, evaporatörden geçerken sıcak yüzey suyu ile buharlaşmakta ve basıncı artmaktadır. Yüksek basınca sahip bu buhar bir alternatör-türbin grubundan geçirilerek elektrik enerjisi elde edilmektedir (Elibüyük ve Üçgül, 2016: 90).

Hibrid Sistem: Hem açık çevrim sistemi hem de kapalı çevrim sistemi özelliklerini barındırır. Deniz suyu vakumda buharlaştırılır ve buharlaşan su da amonyağı buharlaştırır. Bu sıvılar sayesinde çalışan türbinler elektrik üretimini gerçekleştirir.

1.2.6.1. Deniz Kökenli Enerji Kullanımının Tarihçesi

Dalga enerjisi ile ilgili ilk ciddi araştırmalar 1970 yılı itibariyle başlamıştır. 1980'lerin sonu ve 1990'lı yılların başı itibariyle verimli sonuçlar elde edilmeye başlanmış ve çalışmalar ivme kazanmıştır. 1799 yılında dalgalar hareket ettikçe kıyıdaki pompaları, değirmenleri faaliyete geçirecek manivela, yüzen bir gemiye monte edilerek ilk deneme gerçekleştirilmiştir. Deniz dalgalarından yararlanarak ilk kez enerji elde edilmesi hakkında çalışmalar 1982 yılında A. W. Stahl tarafından yapılmıştır.

İlk gelgit değirmenleri MS. 1100'den önce İspanya, Fransa ve İngiltere'de kullanılmıştır. Dünyanın en büyük gelgit istasyonu 1966 yılında Kuzey Fransa'da Rance nehrine inşa edilmiştir. (240 MW) Japonya'da 1990 yılında 5 KW, İngiltere'de 1993 yılında 10 KW, Rusya-Murmansk 400 KW, Kanada-Annapolis 17.4 MW, İtalya'da 2001 yılında (Kobold) türbin deneme sistemleri kurulmuştur. Ayrıca İngiltere-Devon'da 1999 yılı itibariyle tek (300 KW) ve çift pervane (750-1200 KW) sistemli deneme türbinleri kurulmaya başlanmıştır (Şimşek, 2005: 3).

1.2.6.2. Deniz Kökenli Enerji Kullanım Alanları

Deniz kökenli enerji kaynaklarının nihai amacı elektrik enerjisine dönüşüm sağlamakla birlikte bazı kullanım alanları da mevcuttur.

Tablo 18: Deniz Kökenli Enerji Kullanım Alanları

Dalga Enerjisi Kullanım Alanları	Git- Git Enerjisi Kullanım Alanları	OTEC Kullanım Alanları
- Aydınlatma - Isıtma - Sıcak Su Elde Etme	Su potansiyelinin %80'ini elektrik enerjisine dönüştürme	- Tatlı Su Üretimi - Klima ve Soğutma - Su Ürünleri ve Kültür Balıkçılığı - Soğuk Su Tarımı - Deniz Suyu İçindeki Çözülmüş Klorid-lityumun çıkartılması

Kaynak: YEGM, http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_en_urt_sistemleri.aspx, 08.07.2017.

1.2.6.3. Deniz Kökenli Enerji Teknolojileri

Deniz kökenli enerji grubunda yer alan en geniş kapsamlı dalga enerjisi üretim teknolojisi; kıyı şeridi uygulamaları, kıyıya yakın uygulamalar ve kıyıdan uzak uygulamalar olmak üzere üç grupta incelenebilir:

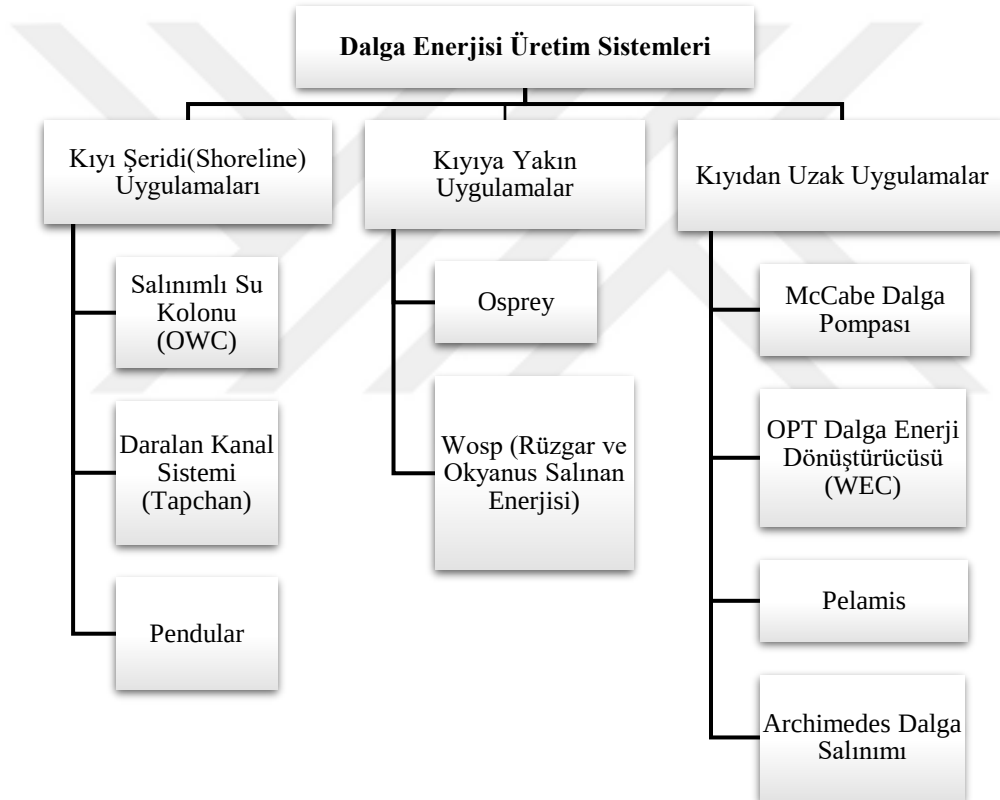
Kıyı Şeridi Uygulamaları: Teknik bakımdan uygulaması diğerlerine göre daha kolay olan bu sistem yapıları kıyıda sabitlenmiş şekildedir.

Salınlımlı Su Kolonu: Kısmi bakımdan su altında yer alan bu yapılar, dalgalar sisteme çarpması sonucu türbinleri harekete geçirerek elektrik enerjisi elde edilmesini sağlamaktadır.

Daralan Kanal Sistemi: Hidroelektrik enerji sistemine benzetmekle birlikte deniz seviyesinin bir miktar üzerinde inşa edilmiş kanallardır. Daha önceden de biriken sular şiddetleri dalgalar ile kanal içerisinde etkileşime girmesi sonucu potansiyel enerji ortaya çıkar.

Pendular: Denize sarkıtılan kapaklar dalga hareketleri ile birlikte sağa sola hareket ederek jeneratörlerin çalışmasına yardımcı olmaktadır.

Tablo 19: Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri



Kaynak: YEGM, http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_en_urt_sistemleri.aspx, 08.07.2017.

Kıyıya Yakın Uygulamalar: Suyun derinliklerinde uygulanan bir sistemdir.

Osprey: Rüzgar türbinlerinin de dahil olmasıyla faaliyete geçen bu sistem Wavegen tarafından geliştirilmiştir.

WOSP 3500: Dalga ve rüzgar enerjisini istasyonlarının birleştirilmiş şeklidir.

Kıyıda Uzak Uygulamalar: Uzun elektrik kabloları vasıtasıyla kullanılan bu cihazlar 40 m'den daha derin su alanında faaliyet göstermektedir.

McCabe Dalga Pompası: Dubalar arasına uygulanmış olan hidrolik tulumba hareketleri

ile enerji dönüşümü gerçekleştirilmektedir.

OPT Dalga Enerji Dönüştürücüsü: Hidrolik pompalar vasıtasıyla enerji elde edilmektedir. Okyanus Güç Teknolojisi (OPT) tarafından icat edilen bir sistemdir.

Pelamis: Hidrolik pompalar aracılığıyla jeneratörleri harekete geçirerek elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Archimedes Dalga Salınımı: Silindir şeklinde olan bu yapı hava basıncı etkisiyle hareket ederek enerji üretimi gerçekleştirmektedir.

1.2.6.4. Deniz Kökenli Enerjilerin Avantaj ve Dezavantajları

Deniz kökenli enerji kaynaklarının avantajlarını şöyle sıralamak mümkündür:

- Çevre kirliliğine yol açmaz.
- Rüzgar, güneş-ay arasındaki çekim kuvveti devam ettikçe süreklilik arz edecek bir yenilenebilir enerji kaynağıdır.
- Gel-git barajları sayesinde sel taşkınları önlenabilmektedir.
- Bu enerji, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, elektrik şebekesinin olmadığı kıyı bölgelerine elektrik sağlaması, tuzlu suyu tatlı suya çevirerek ihtiyaç duyulan bölgeye pompalayabilmesi gibi olumlu yönleri sahiptir (MEB, 2012: 30).
- Yatırım ve bakım masrafları diğer kaynaklarla mukayese edilecek olursa daha azdır.
- Çoğu yapıları deniz altında faaliyet gösterdiği için görüntü kirliliği yaratmamaktadır.
- Öngörülen enerji ihtiyacına göre depolanabilmektedir.

Dezavantajları ise şöyle maddelendirilebilir:

- Dalga ve akım hareketleri değişken olması sebebiyle deniz canlılarını ve balıkçılık sektörünü olumsuz olarak etkileyebilmektedir.
- Başlangıç kurulum maliyetleri yüksektir ve turizm açısından olumsuz etkilere sebep olabilmektedir.
- Kıyı şeridi santralleri estetik görünüm açısından rahatsız edici olabilmekte ve Wells türbinleri kullanan santraller kıyıya yakın yerde faaliyete geçerse gürültü kirliliğine sebep olabilir.
- Aynı zamanda kanıtlanmamış teknolojiye sahip olan bu enerji türünden sadece kıyı ve nehir bölgelerinde yararlanmak mümkün olmakla birlikte kurulum maliyeti de yüksektir (Maczulak, 2010 :99).

1.2.7. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen Yunanca su anlamına gelen ‘‘hydro’’ ve oluşturan anlamına gelen ‘‘genes’’ sözcüklerinden meydana gelmiştir (Midilli vd., 2005: 261).

Hidrojen dünyada en çok bulunan elementlerden biridir. En fazla miktarda denizlerde bulunan su, hidrojen ve oksijenden elementlerinden oluşmaktadır. Saf halde bulunmayan hidrojene, çeşitli yöntemlerle ulaşılabilir. Tüm enerji kaynakları içerisinde en temiz yenilenebilir kaynak olarak ifade edilebilir. Birincil enerji kaynaklarından faydalanılarak üretilen hidrojenin, çeşitli yerlere iletilerek enerjiye çevrilmesine hidrojen enerji sistemi denir (İder, 2003: 1).

Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen, 2,1 kg doğal gaz ya da 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiğı ise sudur (MEB, 2012: 31). Yakıldıktan sonra geriye yalnızca su bırakması, doğayı ve insan yaşamını etkileyecek herhangi bir kalıntı bırakmaması hidrojen enerjisinin en önemli özelliğidir (Apak vd., 2015: 45). Yani yakıt olarak kullanıldığı zaman atmosferde bıraktığı yalnızca su ya da su buharıdır (Koçer ve Öztürk, 2015: 149). Her yere kolaylıkla taşınabilir ve stoklanabilir olması, hidrojen enerjisinin diğeri yenilenebilir enerji kaynaklarından ayıran en önemli özelliklerinden biridir.

Hidrojen enerji sistemi; hidrojen üretimi, depolama ve enerji çevrimi olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır:

Hidrojen Üretimi: Hidrojen üretme teknolojileri şöyle sayılabilir (İder, 2003: 2):

- Birincil enerji kaynaklarından termo kimyasal yöntemlerle hidrojen elde edilmesi. En yaygın yöntem buharla reaksiyondur. Burada fosil yakıt bir nikel esaslı katalizör vasıtası ile buharla tepkimeye girer ve hidrojen açığa çıkar. Ayrıca Biomas’dan proliz yöntemi ile elde edilen bio-yag’dan da benzer şekilde buharla reaksiyon ile hidrojen elde edilir.
- Suyun elektrolizi ile hidrojen elde edilmesi. Elektrik enerjisi kullanarak su hidrojen ve oksijen olarak ayrıştırılır.
- Fotoelektrokimyasal yöntemle güneş enerjisinden hidrojen elde etme. Elektrik akımı suya batırılmış güneş pillerinden elde edilir. Elektroliz yöntemiyle benzer özellikler taşımakla birlikte elektroliz yönteminden daha verimli olduğu söylenebilir.
- Fotobiyolojik yöntemle yeşil yosunlardan doğal fotosentez faaliyetlerinden faydalanarak hidrojen elde etme.

- Çeşitli hidrit bileşiklerinden kimyasal yöntemlerle hidrojen elde etme. Bunların en önemlisi sodyum borohidrittir.

Hidrojen Depolama: Hidrojenin, enerji arz ve talebi arasında dengeyi sağlayabilmek için özellikle küçük hacimli ve daha fazla hidrojen depolanmasına ihtiyaç vardır (Ural ve Karaca, 2016: 150). Hidrojen depolama sistemleri; sıkılaştırılmış gaz, sıvı hidrojen, hidrokarbonlar, karbon nanotüpler ve metal hidritler olmak üzere 5'e ayrılmaktadır.

Sıkılaştırılmış Gaz: Hidrojeni gaz olarak basınçlı tanklarda depolama en yaygın yöntemdir.

Sıvı Hidrojen: Hidrojen yüksek basınç ve soğutma uygulanarak sıvı biçimde depolanmaktadır. Genellikle bu yöntemden uzay teknolojisi ve yüksek enerji gerektiren nükleer fizik uygulamalarında yararlanılmaktadır.

Hidrokarbonlar: Metanol, etanol gibi hidrokarbonlu yakıtlar birim hacim ve basınçta saf sıvı hidrojenden daha fazla hidrojen içermektedir. Hidrokarbonlardan yüksek sıcaklıkta su buharı kullanılarak hidrojen ayrıştırılabilir. Metanol diğer hidrokarbonlu yakıtlara göre çok daha kolay bir şekilde (200-300°C) ayrılmakta ve ayrıca daha az emisyon oluşturmaktadır. Metanol ve hidrokarbonlu yakıtlar pahalı hidrojen depolama ve dolum tesislerine ihtiyaç bırakmadığından, hidrojen enerjisine geçişte önemli bir alternatif olarak görülmektedir (Şimşek vd., 2006: 83).

Karbon Nanotüpler: Hidrojenin grafit yüzeyine depolanması yöntemidir. Bazı durumda sıcak, bazı durumda soğuk alan gerekebilir. Depolama verimliliği bakımından diğerlerine kıyasla düşüktür.

Metal Hidritler: Metal hidrit, hidrojeni emen bir metaldir (Fanchi, 2005: 144). Belirli metal ve alaşımlar, hidritlerin oluşum yolu ile ılımlı basınç ve sıcaklık altında devamlı olarak hidrojeni emebilir ve serbest bırakabilir (Dell ve Rand, 2005: 573).

Enerji Çevrimi: Hidrojenlerden enerji elde etme yöntemleri yatma ve yakıt pili olarak 2'ye ayrılmaktadır.

Yakma: Hidrojen benzin ve doğal gaz gibi yakılabilir. Benzin ve doğal gaza üstünlüğü emisyonlarının azlığıdır. Karbondioksit çıkmaz. Sadece benzin ve doğal gaza göre çok az miktarda NOx çıkar. Askeri ve endüstriyel amaçlar için hidrojen gaz türbinleri ve arabalar için içten yanmalı motorlar geliştirilmektedir (İder, 2003: 3).

Yakıt Pili: Yakıt pili elektrolizin tersidir. Hidrojen ve havadaki oksijen birleştirilerek elektrik akımı elde edilir. Özellikle otomobiller olmak üzere bütün uygulamalarda tercih edilen yöntemdir. Hidrojeni yakmaya göre daha verimlidir. Çevreye zararlı hiç emisyonu yoktur. Çeşitli yakıt pili tipleri vardır. Bunlar anod ve katod arasındaki elektrolit malzemeye göre

farklılık gösterir. Şekilde son zamanlarda en çok kullanılan tip olan PEM (Proton Exchange Membrane) yakıt pili görülmektedir (İder, 2003: 3).

1.2.7.1. Hidrojen Enerjisi Kullanımının Tarihçesi

Hidrojenin bulunması 16. yy Paracelsus tarafından olmuştur. Paracelsus asitlerin metallerle tepkidiğinde, çabuk ateş alan bir gazın çıktığını gözlemlemiştir (Romm, 2004: 69).

Hidrojenin tarihsel gelişimi Tablo 20’de kronolojik olarak gösterilmektedir:

Tablo 20: Hidrojenle İlgili Tarihsel Gelişmeler

Zaman Aralığı	Bilim Adamı	Katkı
16. yy	Paracelsus	Hidrojenin yanabilme dahil, özelliklerinin anlaşılması
16. yy	Van Helmot	Hidrojenin özel tür bir gaz olarak tanımlanması
17.yy	Robert Boyle	Demir ve asitle deney yaparken, hidrojen gazının üretilmesi
18. yy	Henry Cavendish	Hidrojenin farklı bir element olarak ilk defa tanıtılması
18. yy	Lavoisier	Hidrojen adı
19. yy	Anonim	Hidrojenin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını kolaylaştırabilecek bir enerji taşıyıcısı olması fikrinin gelişmesi
19. yy	Carl Bosh	Hidrojenin gübrelerin (verim arttırıcıların) üretilmesinde
20. yy	Kordesch	Hidrojenin araçlarda kullanımı
20. yy	Nejat Veziroğlu	Hidrojen enerjisi çalışmalarının ve kullanımının tüm dünyada yaygınlaşmasına yol açan hidrojen enerjisi üzerine sempozyum organizasyonu

Kaynak: Midilli vd., 2005: 262.

Hidrojen elementini ilk olarak 16. yy.da, İsviçreli kimyacı Paracelsus, asitlerin bazı metaller üzerindeki etkisini araştırırken elde etmiştir. 1766’da İngiliz kimyacı Henry Cavendish ise hidrojenin öbür yanıcı gazlardan ayrı bir gaz olduğunu belirlemiş ve belli miktardaki asitleri ve metalleri tepkimeye sokarak oluşan hidrojen miktarını ve yoğunluğunu ölçmüştür. Hidrojenin yanmasıyla su oluşumu 1776’da gözlenmiş, hidrojen adı ise 1781’de Fransız kimyacı Antoine-Laurent Lavoisier tarafından önerilmiştir (Yumurtacı vd., 2002: 39-40).

1974 yılında Florida’da, Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından düzenlenen ‘Hidrojen Enerjisi Miami Enerji Konferansı’, hidrojenin enerji olarak kullanılmasına yönelik yapılanma sürecini başlatmıştır. Bu toplantı ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Birliği kurulmuştur. Bugün söz konusu birliğin dışında, çeşitli ülkelerde hidrojen enerjisi örgütleri bulunmakta, ayrıca Dünya Hidrojen Enerjisi Konferansları (WHEC) yapılmaktadır. 1974 yılında başlayan hidrojen enerji sisteminin geliştirilmesi sürecinin yaklaşık 100 yıl içinde gerçekleşeceği ve 2070’li yıllar itibarıyla hidrojenin yakıt olarak fosil kaynaklı sıvı ve gaz yakıtlarının tamamen yerine geçebileceği öngörülmektedir (Gülşen vd., 2014: 1334-1335).

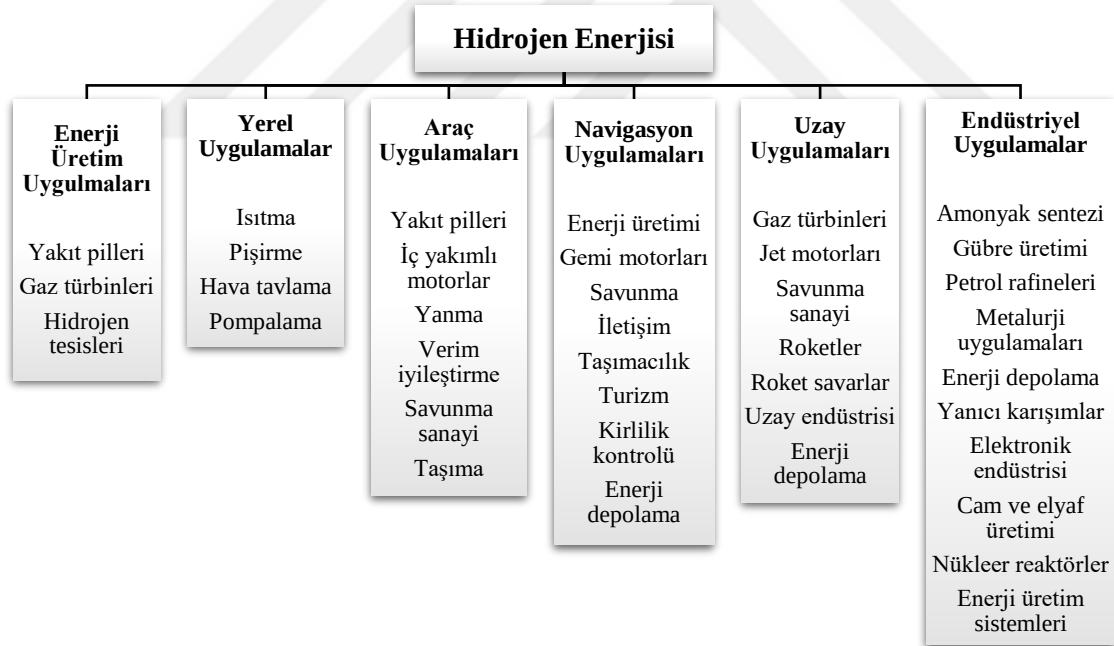
1.2.7.2. Hidrojen Enerjisi Kullanım Alanları

Hidrojen genel olarak yakıt pili teknolojisi ve doğrudan yanmalı motor teknolojisi olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Yakıt pili teknolojisi ısınma ve elektrik üretimi başta olmak üzere taşıt araçlarında ve savunma sanayinde kullanılmaktadır. Doğrudan yanmalı motor teknolojisi ise sadece taşıt araçlarını içermektedir. Ulaşım başta olarak sabit kullanım alanı ve portatif kullanım alanı mevcuttur.

Bugün hava kirliliğinin en önemli sebebi araçlardan çıkan egzoz gazıdır. Çevre ve insan sağlığı açısından çok zararlıdır. Fakat hidrojenin böyle bir zararının olmaması özellikle otomotiv sektöründe kullanımını arttırmıştır (Tutar ve Eren, 2011: 10). Hidrojenin geniş bir kullanım alanına sahip olduğu 1970’li yıllarda fark edilmiş ve günümüzde zeplin ve balon gibi hava taşıtlarında, sanayide, amonyak ve metanol üretiminde, metalürji ve gıda sektörlerinde hidrojen kullanılmaktadır (Polat ve Kılınç, 2007:7).

Aşağıdaki şekilde kullanım alanları detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 21: Hidrojen Kullanım Alanları



Kaynak: Açıkgöz, 2009: 34.

Sabit Kullanım Alanları: Ev ve işyerlerinde elektrik, ısınma, soğutma gibi temel ihtiyaçları kapsamaktadır.

Portatif Kullanım Alanları: Cep telefonları, batarya, kamera, bilgisayar gibi teknolojik cihazların bulunduğu alanı ifade etmektedir.

Ayrıca, güneş fotovoltaiik-hidrojen enerjisi sistemleri üzerinde de önemle

durulmaktadır. Güneş-hidrojen sisteminde, güneş enerjisi elektriğe dönüştürülür; uzak yerlere bu enerjiyi taşımak ya da gece kullanabilmek için bu elektrikten elektroliz yoluyla hidrojen üretilir (sadece, fabrikalarda, evlerde ve diğer işlerde hemen kullanılması gerekmeyen elektrik bu işlem için kullanılır). Bu sistemin yararı, fazla elektriğin (hemen kullanılmayan elektrik) hidrojen üretiminde kullanılması ve böylece boşa harcanmamış olmasıdır (MEB, 2012: 32).

1.2.7.3. Hidrojen Enerjisi Teknolojileri

Hidrojen enerjisi teknolojileri yakıt pili teknolojisi ve doğrudan yanmalı motor teknolojisi olmak üzere ikiye ayrılır. Konu, aşağıda alt başlıklar şeklinde detaylandırılmaktadır.

1.2.7.3.1. Yakıt pili teknolojisi

Yakıt pilleri temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Bir buhar kazanı veya türbin kullanılmadan, sadece kimyasal reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilir. Hidrojen (H_2) ve oksijen (O_2) arasındaki elektrokimyasal ile elde edilen ve toplam verimlilikleri %80'lere kadar ulaşabilen yakıt pilleri, sürekli çalışan piller veya elektrokimyasal makineler olarak da bilinir. Yakıt pilleri, bünyesinde kullanılan elektrolitin cinsine göre çeşitli isimler alır (Yerebakan, 2008: 211). İlk olarak 1960'lı yıllarda ilk yakıt hücreli traktör yapımı ile hizmete sunulmuştur.

Alkali yakıt pili (AFC), Polimer elektrolit yakıt pili (PEM), Erimiş karbonat yakıt pili (MCFC), Katı oksit yakıt pili (SOFC) ve Fosforik asit yakıt pili (PAFC) gibi çeşitleri bulunmaktadır.

Alkali Yakıt Pili (AFC): Geliştirilen ilk yakıt pili olan Alkali ilk olarak NASA uzay programlarında geniş çaplı bir uygulama alanı bulmuştur. Uzun ömre sahip olmakla birlikte diğerlerine göre nispeten daha yüksek verimliliğe sahiptir.

Polimer elektrolit yakıt pili (PEM): Proton Değişim Membranı olarak da bilinen bu tür yakıt pili tasarım ve işletim sistemi bakımından en zarif yakıt hücresidir. Yüksek güç yoğunluğu ve değişken güç çıkışına uyumlu olması sebebiyle genellikle ulaşım alanında kullanılmaktadır.

Erimiş Karbonat Yakıt Pili (MCFC): Bu tip yakıt pilinin elektroliti; lityum, sodyum ve potasyum karbonatların kombinasyonundan oluşur. Daha çok yakıt olarak doğal gaz kullanılır ve özellikle enerji santrali, endüstriyel ve askeri uygulamalarda tercih edilir. Çalışma sıcaklığı 600°C-700°C aralığındadır ki bu seviyede elektrolitin iyonik iletkenliği oldukça yüksektir. Yüksek çalışma sıcaklıkları nedeni ile katalist olarak soy metallere ihtiyaç duyulmaz. Verimleri

normal koşullarda %60'lara ulaşmaktadır. Kojeneratif uygulamalar halinde ise bu %80'lere çıkabilmektedir. Erimiş karbonat yakıt pilinin önemli bir özelliği ise diğer yakıt pillerinde gerek duyulan harici yakıt işlemlisine ihtiyaç duyulmamasıdır. Çünkü yüksek sıcaklıkta bu işlem yakıt pili içinde yapılmakta, yakıttan hidrojen ayrışmaktadır. Bu ise prosesleri ve maliyetleri olumlu yönde etkilemektedir (Yıldırım, 2011: 28). Dayanıksız olması ise diğer yakıt pilleri karşısında bir dezavantajdır.

Katı oksit yakıt pili (SOFC): Katı haldeki yakıt pillerdir. Hücre malzemelerinin çoğu seramik ve nikelden oluşmaktadır. Çalışma sıcaklığı 100 ° civarındadır. Yakıt olarak CO ile birleşmiş halde hidrojen kullanılmaktadır ve reaksiyon ürünü olarak da su buharı ve CO₂ çıkmaktadır (Yerebakan, 2008: 213).

Fosforik asit yakıt pili (PAFC): Elektrolitik olarak fosforik asidin kullanıldığı bu yakıt pilinde bağıl olarak temiz yakıtlar (doğalgaz, LPG gibi) veya gazlaştırmacıdan alınan temizlenmiş kömür gazı kullanılır. PAFC sistemleri yeryüzündeki uygulamalarda en çok gelişme gösteren sistemlerdir. Çoğunlukla apartmanlar, alışveriş merkezleri gibi yerlerde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır (Yerebakan, 2008: 212). PAFC'ler, modern yakıt hücrelerinin ilk nesli olarak kabul edilmektedir. Bu tip hücreler tipik olarak sabit güç üretimi için kullanılmakla birlikte şehir otobüsleri gibi büyük araçlara güç üretmek için uygulamaları da mevcuttur (Yıldırım, 2011: 17).

1.2.7.3.2. Doğrudan Yanmalı Motor Teknolojisi

Hidrojen; benzin, dizel yakıtı, sıvı petrol gazı ve doğalgaz gibi içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Yakıt içerisindeki kimyasal bağ enerjisi yanma sonrası ısıya ve buradan da mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Hidrojen yakıtlı motorlarda; fosil yakıtlarda görülen buhar tıkaçı, soğuk yüzeylerde yoğuşma, yeterince buharlaşmama, zayıf karışım gibi sorunlar görülmemektedir (Oral ve Çelik, 2005: 33). Yüksek yanma verimi avantajı yanı sıra erken ateşleme, geri tutuşma ve taşıma kayıplarından kaynaklı verim düşüşü gibi dezavantajları da mevcuttur.

1.2.7.4. Hidrojen Enerjisi Avantaj ve Dezavantajları

Hidrojen enerjisi aşağıda sıralandığı gibi birçok avantaj içeren yenilenebilir enerji kaynağıdır:

- Hidrojen gazı farklı yöntemlerle elde edildiği gibi, güneş, rüzgar, dalga gibi enerji kaynakları ile üretilbildiği için sınırsız bir enerji kaynağıdır.
- Hidrojen içeriğinde karbon barındırmadığından çevresel problem ve hava kirliliği yaratmamaktadır.
- Diğer enerji türlerine göre daha verimlidir ve daha kolay elektrik enerjisine dönüşüm sağlar.
- Hidrojen, araçlar için kullanıma elverişli bir yakıttır. Kaza esnasında yayılıp, çevre kirliliğine sebebiyet vermez.
- Hidrojen enerji sistemi düşük maliyete sahiptir.
- Esnek bir enerji taşıyıcı işlevi olmakla birlikte hidrojen, hidrojen enerjisine dönüştürüldüğünde çok uzun mesafelerde taşımaya elverişlidir (Fornasiero ve Graziani, 2007: 215).

Hidrojen enerjisinin dezavantajlarını ise şöyle sıralayabiliriz:

- Kolay sızma özelliği nedeniyle korunması ve kapalı alanda uzun süre muhafaza edilmesi zordur.
- Oksijen ile hidrojen patlayarak birleştiği zaman ciddi tehlike yaratmaktadır. Bu durum güçlü güvenlik önlemleri almayı gerektirmektedir.
- Hidrojenin sıvı formda depolanması için çok düşük sıcaklık gerekir.
- Hidrojen gazı saf şekilde kullanımı gerektirdiği için saflaştırma işlemi uygulanmalı ve bu işlem de maliyeti arttırmaktadır.
- Hidrojen enerjisinin yararlanmada karşılaşılan en önemli güçlüklerden biri de hidrojenin depo edildiği tankların hacim olarak geniş yer kaplamaları alan sıkıntısı yaratabilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIM POTANSİYELİ, KURULU GÜÇ, UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE TEŞVİKLER

İkinci bölümde ilk olarak Türkiye’de her bir yenilenebilir enerjinin kullanım potansiyeli ve kurulu gücü açıklanacaktır. Daha sonra Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelik olarak uygulanan politikalar ve mevzuatlar kalkınma planları itibariyle güncel durum çerçevesinde alt başlıklar şeklinde belirtilecektir. Son olarak ülkede, yenilenebilir enerji yatırımına yönelik uygulanan teşvikler incelenecektir.

2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Türkiye coğrafi konumu gereği oldukça iyi bir enerji potansiyeline sahiptir. Maliyet, kanuni prosedür gibi birçok faktör sebebiyle bu zengin potansiyel yeterince kullanılamamaktadır. Ülkenin ithalatında enerjinin yüksek payı dikkate alındığında yerli kaynak kullanımı hayati rol oynamaktadır.

Türkiye’de 2009 yılı itibariyle yenilenebilir enerji adına adımlar atıldığı görülmektedir. Türkiye’nin yenilenebilir enerji üretimindeki toplam kurulu güç kapasitesi 2009’da 15,5 GW iken 2016 yılı sonu itibariyle 34,2 GW’ye ulaşmıştır (IEA, 2016a: 165).

Tabloda 22’de 2015 yılı sonu itibariyle Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynak dağılımı sunulmaktadır:

Tablo 22: 2015 Yılı Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Dağılımı (GWh, Yüzde)

Kaynaklar	GWh	Yüzde
Biyokütle	1.241,1	1,48
Rüzgar	11.652,5	13,93
Güneş	194,1	0,23
Barajlı	47.514,1	56,80
D. Göl ve Akarsu	19.631,8	23,47
Jeotermal	3.424,5	4,09
Toplam	83.657,9	100,00

Kaynak: TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/2015> , 30.07.2017.

Enerji talebi son 10 yıl içerisinde iki kat artış gösteren, gelişmekte olan Türkiye’de yenilenebilir enerji payını arttırma konusunda ciddi adımlar atsa da 2016 yılı verilerine göre elektrik üretiminde yenilenebilir kaynak payı %35,7 seviyesindedir. Bu konuda Türkiye’nin

mevcut geniş potansiyelini kullanabilmesi için daha büyük ölçekli yatırımlara ihtiyaç duymaktadır (Özcan vd., 2017: 215).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar incelendiğinde bir önceki yıla göre %46 oranında artış göstererek 1,9 milyar dolara yükselmiştir. İngiltere, Fransa, Hollanda ile birlikte 1 milyar dolar eşliğini aşan 4 Avrupa ülkesinden biri olan Türkiye’nin son yıllarda yenilenebilir enerji adına önemli gelişmeler kaydettiği söylenebilir (Alakent, <https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2017/09/30/yenilenebilir-enerji-yatirimlari-7-yilda-iki-kat-buyudu>, 30.09.2017).

2.1.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye “36-42” derecede kuzey enlemleri arasında bulunan bir coğrafyada yer almaktadır. Bulunduğu coğrafi konum gereği güneş enerjisi bakımından ciddi bir potansiyele sahiptir. YEGM, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin metrekare başına 2.640 saat (günlük ortalama 7,2 saat) ve ortalama toplam ışıınım şiddetinin metrekare başına yılda 1311 kWh (günlük ortalama 3,6 kWh) olduğunu belirtmektedir (YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 30.06.2016). Tablo 23’te detaylı şekilde sunulmaktadır.

Tablo 23: Türkiye’nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Aylara Göre Dağılımı

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm ² -ay) (kWh/m ² -ay)		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1.311	2.640
Ortalama	308 kcal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Kaynak: Çanka Kılıç, 2015: 31.

Türkiye’nin yıllık ortalama güneş ışıınımı ve güneşlenme süresinin bölgesel dağılımı ise Tablo 24’te ifade edilmektedir.

Tablo 24: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -Yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: Çanka Kılıç, 2015: 31.

Tablo 24'te görüldüğü gibi ülkemizde yıllık ortalama toplam güneş ışıınının en küçük değeri 1120 kWh/m²-yıl ile Karadeniz Bölgesi'nde görülmektedir. En büyük değeri ise 1460 kWh/m²-yıl ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndedir. Bu ısı seviyeleri ile Türkiye'nin, Güneydoğu ve Akdeniz bölgeleri arasında yer alan ve yüzölçümünün %17'sini içeren kısmında, güneşli su ısıtıcıları yıl boyunca tam kapasite ile çalışmaktadır. Türkiye yüzölçümünün %63'ünü kapsayan bölümde ise güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca çalışma oranı %90 ve ülkenin %94'ünü içeren bölümde %80 çalışma oranına sahiptir (Çanka Kılıç, 2015: 31).

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası GEPA, 2008'de EİE Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'nin güneş enerjisi kaynaklarının özelliklerini ve dağılımlarını belirlemek amacıyla oluşturulmuştur. GEPA kapsamında ulaşılan bilgiler, güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlanabilecek potansiyele sahip bölgelerin belirlenmesi için temel sağlamaktadır. Aşağıdaki şekilde GEPA bölgesel dağılım bazında sunulmaktadır. Türkiye'nin eğimi üç dereceden düşük, yıllık güneşlenme süresi metrekare başına 1,650 kWh'den yüksek olması ve santral kurulumuna elverişli alanları baz alınarak, EİE tarafından güneş enerjisi potansiyeli 380 Milyar kWh olarak hesaplanmıştır.

Şekil 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)

Kaynak: YEGM, GEPA, <http://www.eie.gov.tr/>, (30.06.2016).

ETKB verileri ışığında, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş

enerjisi 1.527 kWh/m² yıl (günlük toplam 4,2 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, 30.04.2017). Türkiye güneş enerjisinden yararlanma konusunda ciddi bir potansiyele sahip olsa da finansal ve teknolojik engeller gibi birçok faktör gelişimini engellemektedir. Yıllık 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olan Türkiye’de gerekli yatırımların yapılırsa yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1100 kWh’lik güneş enerjisi üretebilir.

2.1.2. Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Üç tarafı denizlerle çevrili ve ortalama 3.500 km kıyı şeridine sahip olan Türkiye, bu coğrafi özellikleri dikkate alındığında rüzgar enerjisi potansiyeli zengin ülkelerden biri konumundadır. En iyi rüzgar kaynağı; kıyı şeritler, yükseltisi fazla olan bayır ve dağ tepeleri olmakla birlikte Marmara ve Ege kıyı şeridi buna örnek gösterilebilir.

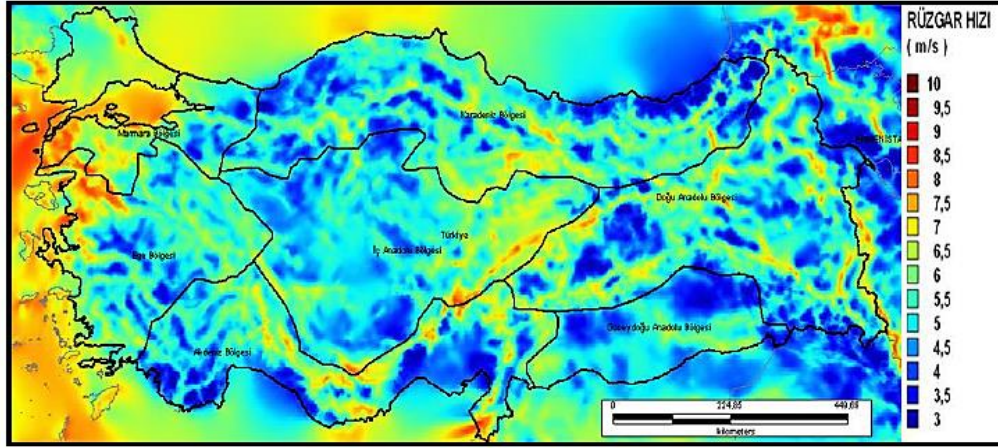
Rüzgar enerjisinden yararlanma konusunda rüzgar hızının fazla olması da önemli diğer bir konudur. Türkiye’nin ortalama rüzgar hızı 7,5 m/s olarak ifade edilmektedir. Bu yüksek hız sebebi ile Türkiye birçok ülke karşısında mukayeseli avantaj elde etmektedir.

Bir bölgede faaliyete geçirilecek rüzgar santralinden elde edilecek güç, türbin sayısı ve büyüklüğünün yanı sıra, santrallerin tasarımı ve sağlıklı çalışması için rüzgar özelliklerinin iyi hesaplanması ve güvenilir veriler elde edilmesi gerekmektedir. Rüzgar enerjisi santrallerinin kurulumu sırasında öncelik, rüzgar hızı ve yoğunluğunun uygun ölçüm araçları ile ölçülerek veri toplanmasıdır. Bu şekilde elde edilen verilerin dikkatlice birleştirilmesi sonucunda Türkiye Rüzgar Atlası oluşturulmuştur (İlkılıç, 2009: 28).

2006’da YEGM tarafından oluşturulan Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Türkiye’nin rüzgar kaynaklarını ve karakteristik özelliklerini belirlemek ve detaylı incelemek için kullanılan bir kaynaktır (Şekil 2).

Şekil 2’de görüldüğü gibi en şiddetli yıllık ortalama rüzgar hızlarını, Türkiye’nin batı kıyıları, Marmara Denizi çevresi; orta şiddetli rüzgar hızını ise Türkiye’nin orta kesimleri oluşturmaktadır. REPA’ya göre yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyellerine bakıldığında Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Altuntaşoğlu Taç, 2011: 56).

Şekil 2: Türkiye Rüzgar Atlası



Kaynak: YEGM, REPA, http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html , 30.04.2017.

REPA'ya göre Türkiye, rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından rüzgar sınıfı ‘‘iyi’’ ve ‘‘sıradışı’’ arasında 47.849,44 MW olarak belirlenmiştir. Bu araziler Türkiye toplamının ortalama %1,30’una karşılık gelmektedir.

Tablo 25: REPA’ya Göre Türkiye Rüzgar Potansiyeli

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50m Yükseklikte Rüzgar Gücü Yoğ. (W/m ²)	50m Yükseklikte Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç Potansiyeli
Orta	3	300-400	6,5-7,0	16.781,39	2,27	83,906
İyi	4	400-500	7,0-7,5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500-600	7,5-8,0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600-800	8,0-9,0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	>800	>900	39,17	0,01	195,84
Toplam				26.351,28	3,57	131.756,40

Kaynak: YEGM, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar.aspx> , 30.04.2017.

Türkiye Rüzgar Atlası’na göre Türkiye’nin en fazla rüzgar alan bölgeleri; Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’dir (Tablo 26).

Tablo 26: Türkiye’nin Değişik Bölgelerinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Bölge	Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Yıllık Ortalama Rüzgar Yoğunluğu (W/m ²)
Marmara Bölgesi	3,29	51,91
Ege Bölgesi	2,65	23,47
Akdeniz Bölgesi	2,45	21,36
İç Anadolu Bölgesi	2,46	20,14
Karadeniz Bölgesi	2,38	21,31
Doğu Anadolu Bölgesi	2,12	13,19
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2,69	29,33
Ortalama	2,58	25,82

Kaynak: YEGM, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar.aspx> , 30.04.2017.

Tabloda inceleneceği gibi ilk sırada ortalama olarak 3.29 m/s rüzgar hızı ve 51.91 W/m² rüzgar yoğunluğu ile Marmara Bölgesi yer almaktadır. Hemen arkasında 2.69 m/s rüzgar hızı

ve 29.33 W/m^2 ortalama rüzgar yoğunluğu ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi yer alırken; 2.65 m/s yıllık ortalama rüzgar hızı ve 23.47 W/m^2 ortalama rüzgar yoğunluğu ile Ege Bölgesi takip etmektedir (İlkılıç, 2009: 28).

2.1.3. Jeotermal Enerji Potansiyeli

Jeotermal enerji, Türkiye'nin tektonik hareketliliğinin fazla olması sebebiyle önemli bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) faaliyettedir. MTA tarafından günümüze kadar 227 jeotermal alan tespit edilmiş, ayrıca yaklaşık 1100 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Özellikle elektrik üretimi amacıyla 2007-2016 arasında toplam 450 jeotermal sondaj kuyusu bulunmaktadır (Kaya, 2016: 247).

Şekil 3: Türkiye’de Nanotektoniği-Volkanik Etkinliği ve Jeotermal Alanlar



Kaynak: YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx, 30.06.2017.

Türkiye'nin jeolojik yapısında çeşitlilik barındırdığı, jeotermal kaynakların belli bölgelerde daha fazla yoğunlaştığı, jeotermal sistemlerin genç tektonik ve volkanik faaliyetlere bağlı olarak gelişim gösterdiği görülmektedir. Buna örnek olarak Batı Anadolu verilebilir. Batı Anadolu'da yüksek ısı içeren rezervuarlara sahip jeotermal alanlar barındırırken; Orta ve Doğu Anadolu düşük ve orta sıcaklık kategorisinde yer almaktadır. Bunu sırasıyla İç Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz takip etmektedir (Akkuş ve Alan, 2016: 27).

2.1.4. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Biyokütle kaynaklarını kara ve deniz olmak üzere her yerde bulmak mümkündür. Enerji bitkileri ve enerji ormanları, tarımsal-bitkisel-hayvansal atıklar, orman ürünleri ve atıkları, endüstriyel atıklar, belediye atıkları, kanalizasyon atıkları ve sucul bitkiler biyokütle kaynakları olarak kullanılmaktadır. Elde edilen bu doğal kaynaklara ek olarak yetiştiricilik yoluyla da biyokütle kaynakları üretme çalışmaları son yıllarda ortaya çıkmıştır (Öztürk ve Ekinci, 2016: 20).

Türkiye’de biyokütle kaynaklarıyla enerji üretimine yönelik araştırmalar Yenilenebilir Enerji Kanunu’nun yürürlüğe girmesiyle birlikte 2000’li yıllarda başlamıştır. Türkiye’de biyokütle enerjisi kullanımı artan seyir izlemesine ve yüksek potansiyel barındırmasına rağmen diğer yenilenebilir kaynaklara kıyasla kullanım açısından düşük düzeydedir.

Özellikle kıyı kesimlerinde zengin orman varlığına sahip olan Türkiye’de bu ormanlardan elde edilebilecek toplam atık miktarı ortalama olarak 4,8 milyondur. Ormanlarda kurulabilecek gazlaştırma tesisi kapasitesi ise ortalama 600 MW civarındadır. Yani Türkiye’deki sadece orman kaynaklı biyokütle potansiyeli bile tam kapasiteyle kullanılacak olursa mevcut toplam biyokütle enerjisi kurulu gücünden daha fazla bir kapasite elde edilebilir. Ayrıca tarla ve bahçelerdeki toplam kullanılabilir atık miktarı 15,3 milyon ton ve bu miktarın ısı değeri 7,24 MTEP’e eşittir. Bu rakamlar Türkiye’nin çok büyük bir biyokütle potansiyeline sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Türkiye’nin teknik bakımdan yetersizliği ve diğer yenilenebilir kaynaklara öncelik tanınması nedeniyle biyokütle enerjisinde yeterince gelişim sağlanamamıştır (Karagöl ve Kavaz, 2017: 25-26). Yenilenebilir enerji kaynaklarının finansmanına öncelik verilmesinden ötürü bu alanda pek fazla ilerleme kaydedilememiştir.

Biyokütle enerjisi birçok çeşitli yakıt ve kaynak türü olarak kullanılabilir. YEGM tarafından yayınlanan Biyokütle Potansiyel Atlası (BEPA) Türkiye’nin kaynak bakımından TEP/yıl olarak biyokütle potansiyelini ifade etmektedir.

Tablo 27: Kaynak bazında Türkiye’nin biyokütle potansiyeli

Kaynak	Potansiyel (TEP/ yıl)
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri	1.323.714
Bitkisel Atıkların Enerji Eş Değeri	15.941.321
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değeri	2.186.228
Orman Atıklarının Enerji Değeri	855.805
TOPLAM	20.307.069

Kaynak: Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA), YEGM, <http://bepa.yegm.gov.tr/>, 30.06.2016.

Bu potansiyelin %7’si hayvansal atıkların, %78’i bitkisel atıkların, %11’i kentsel organik atıkların, %4’ü ise orman atıklarının enerji değerini oluşturmaktadır. Ortalama 8,6

milyon TEP olan biyokütle potansiyelinin 6 milyon TEP'lik kısmı ısınma amacıyla kullanılmaktadır.

Türkiye’de buğday sapı, tahıl tozu gibi çeşitli tarımsal artıklar biyokütle enerji kaynakları dahilindedir. Yıllık olarak ortalama $2,6 \cdot 10^7$ ton buğday sapı tarlalarda yakılmakta veya toprağa geri dönüşümü için sürülmektedir. Buğday sapının en yüksek ısı değeri yüksek değerli kömürün yarısı olduğu bilgisi ışığında artık buğday ısı değerinin $1,3 \cdot 10^7$ ton kömüre eş değer olduğu ifade edilebilir. Yaklaşık olarak $1,9 \cdot 10^6$ kWh ısı değerine sahip olan fındık kabuğu Türkiye’nin önem arz eden enerji kaynağı potansiyelleri arasındadır. Türkiye’nin temel biyokütle üretimi ve enerji değeri Tablo 28’de sunulmaktadır (Balat, 2005: 33-34).

Tablo 28: Türkiye’nin Temel Biyokütle Üretimi

Biyokütle	Yıllık Üretim (Milyon ton)	Enerji Değeri (Milyon kWh)
Buğday Sapı	26	117,9
Odun ve Odunsu Malzemeler	12	62,3
Kozalak Kabuğu	1	5,3
Fındikkabuğu	0,35	1,9
Toplam	39,35	187,4

Kaynak: Balat, 2005: 33-34.

Zengin tarımsal potansiyele sahip olan Türkiye’de işlenmiş toprağın %70’lik kısmını buğday oluşturmakta, arpa ve mısır onu takip etmektedir. Pamuk, keten, susam tohumu, haşhaş gibi endüstriyel ürünler ve çeşitli meyveler ülkede uzun zamandır yetiştirilmektedir. Tablo 29’da tarımsal artıkların ortalama yıllık üretimi ve enerji potansiyeli sunulmaktadır.

Tablo 29: Türkiye’nin Tarımsal Artık Potansiyeli

Türkiye Toplamı	Toplam Kullanılabilir Atık	Toplam
Tarla Ürünleri	11.766,995	228,4 PJ
Bahçe Ürünleri	3.569,040	74,8 PJ
TOPLAM	15.336,035	303,2 PJ

Kaynak: YEGM, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/tur_tar_biyo_pot.aspx, 18.04.2016.

Biyogaz potansiyelinin yaklaşık %85’i hayvansal atıklardan, gerisi ise çöp gazından elde edilmektedir. Hayvansal atık gazı potansiyelinin %50 oranı koyunlardan, %43’ü büyükbaş hayvanlardan, %7’lik oranı ise kümes hayvanlarından meydana gelmektedir.

2.1.5. Hidroelektrik Enerjisi Potansiyeli

Bir ülkede, ülke sınırlarına ya da denize kadar dahil olan tüm doğal akışların %100 verim ile değerlendirilebilmesi varsayımı baz alınarak hidroelektrik potansiyeli hesaplanmaktadır. Bu hesap ile ulaşılan sonuç ülkenin *brüt teorik enerji potansiyeli* olarak adlandırılmaktadır. Ama var olan teknolojiler ile bu potansiyelin tamamının kullanılması olası

olmadığı için mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek en az potansiyel *teknik yapılar hidroelektrik potansiyel* olarak tanımlanmaktadır. Teknik potansiyelin, mevcut ve beklenen ulusal ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek bölümü *ekonomik yapılabilir hidroelektrik potansiyel* olarak ifade edilmektedir (DSİ, 2015: 68).

Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyeli içerisinde en önemli yer tutan hidrolik kaynaklar şu şekildedir:

- Teorik hidrolik potansiyel 433 milyar kWh,
- Teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh,
- Ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 140 milyar kWh/yıl’dır.

Türkiye hidrolik enerji bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en büyük pay hidrolik enerjiye aittir. Hammadde olarak sudan yararlanılarak elde edilen HES, diğer yenilenebilir kaynaklara kıyasla daha düşük maliyetli olduğu ve daha ucuza elektrik enerjisi elde üretmeye elverişliliği sebebiyle tercih edilmektedir. Aynı zamanda elektrik enerjisi üretiminde en fazla pay sahibi olan kaynaktır.

Türkiye’de yıllık yağış miktarı bölgeye ve mevsime göre farklı seyir izlemektedir. Doğu Karadeniz’de 2500-3000 mm, İç Anadolu’da 250-300 mm olan yağış Türkiye’de bölgesel bakımdan farklılığı yansıtan en iyi örnektir. Ortalama olarak 643 mm yağış ve yılda ortalama 501 milyar m³ suya ulaşmaktadır. Bu suyun 274 milyar m³’lük kısmı toprak ve bitkilerde gerçekleşen buharlaşma vasıtasıyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³’lük kısmı yer altı sularını beslemekte, 158 milyar m³’lük kısmı ise deniz ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır (DSİ, 2008:50)

Türkiye’de toplam 26 drenaj havzası mevcuttur. Bu havzanın 15’i nehir, 7’si müteferrik, 4’ü kapalı havzalardan meydana gelmektedir.

Su varlığına göre ülkeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (DSİ, 2008:51):

- Su Fakirliği: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m³’ten daha az.
- Su Azlığı: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m³’ten daha az.
- Su Zenginliği: Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8.000-10.000 m³’ten daha fazla.

Türkiye’de nüfusun sürekli artması, su kaynaklarının tahribi, gereksiz ve aşırı kullanımı gibi birçok faktörden dolayı ‘‘su azlığı’’ kategorisinde yer almaktadır.

2.1.6. Deniz Kökenli Enerji Potansiyeli

Deniz enerjisi potansiyelini belirlemek için NATO TU WAVE projesi ile meydana getirilen ‘‘Türk Kıyı Rüzgarları ve Derin Dalga Atlası’’ verileri kullanılmaktadır. Türkiye’de dalgalardan enerji elde edebilmek için asgari ve azami seviye belirlenmektedir. Bu seviyenin belirlenmesinde ise net dalga yüksekliği (H) ve dalga periyodu (T) değerleri baz alınmaktadır. Her ne kadar Karadeniz’in diğer denizlere kıyasla daha dalgalı olduğu ileri sürülse de Ege Denizi ve Akdeniz’de rüzgar potansiyeli ortalama olarak yıllık 4-17 kWh/m’lik gelişmiş dalga seviyesine sahiptir. Dalga enerjisinden faydalanmak için Türkiye’de en uygun bölgenin İzmir-Antalya, daha da özele inmek gerekirse Dalaman-Fenike arasında yer alan denizler olduğu belirtilmektedir (Sağlam ve Uyar, 2005: 2-3).

Yaklaşık olarak bölgelerin ortalama dalga yoğunluğu Tablo 30’da sunulduğu şekildedir:

Tablo 30: Dalga Yoğunlukları

Bölge	Güç
Karadeniz	1.96- 4.22 kWh/m
Marmara Denizi	0.31- 0.96 kWh/m
Ege Denizi	2.86- 8.75 kWh/m
Akdeniz	2.59- 8.26 kWh/m
İzmir-Antalya	3.91- 12.05 kWh/m

Kaynak: Balo ve Sagbansua, 2016: 361.

Denizsel alanlarda ortalama dalga enerjisi kaynaklarından, Türkiye’nin denize kıyısı olan şerit sırasında bulunan dalga güçlerinin birleştirilmesi yoluyla verimli şekilde faydalanmak mümkündür. Mevcut durumda dalga gücü yıllık olarak 4-17 kWh/m arasında olan sularda, toplam olarak ortalama 10 TWh/yıl enerji sağlanabilmektedir.

NATO TU WAVE projesinde DEĞİ (Dalga Enerjisi Gelişim İndeksi) değeri de diğer önemli noktadır. Yıllık olarak ortalama dalga enerji akışı, fırtına boyutuna denk dalga enerji akışına bölünerek bulunmaktadır. Denizdeki dalga enerji oranı yüksek ama DEĞİ değeri düşük alanlar en iyi enerji üretim noktaları olarak kabul edilmektedir. DEĞİ değeri yüksek olduğu durumda denizde bulunan belli bir yerde yıllık enerji potansiyeli sağlayabilmek için tasarlanacak dalga dönüştürücüsünün yatırım maliyeti yükselecektir. En uygun yatırım alanları Karadeniz’in batısında İstanbul Boğazı’nın kuzeyi, Ege Denizi’nin güneybatı bölgeleri, Marmaris ve Finike arası olduğu belirtilmektedir.

2.1.7. Hidrojen Enerjisi Potansiyeli

Evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olan hidrojen en temel enerji kaynağıdır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir

(Üst ısı değeri 140.9 MJ/kg, alt ısı değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur (YEGM, http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx, 30.04.2017).

Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tarzda depolanan enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi, örneğin toplu taşıma amaçları için yakıt piline dayalı otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesine bağlıdır. Diğer enerji kaynaklarına kıyasla maliyeti daha düşüktür (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrojen-Enerjisi>, 30.04.2017).

Dünyadaki en büyük üç hidrojen rezervlerinden biri Türkiye’de Karadeniz kıyıları boyunca uzanmaktadır. Karadeniz’de yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bulgulara göre Karadeniz’in altında 100 ila 180 yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilecek hidrojen sülfür mevcuttur. Hidrojen otomobillerde ve kentlerin ısıtılmasında kullanımı yanı sıra elektrik enerjisine dönüşümü kolay olduğu için geleceğin enerjisi olarak görülmektedir. Küresel ısınma ve kirlilik sorunlarına çözüm getirebilmek için hidrojen en etkili çözüm olarak görülmektedir. Ancak hidrojen enerjisinin yaygın kullanılabilmesi için 3 temel konuda başarı sağlaması gerekir:

- Hidrojen üretiminin ucuz ve verimli gerçekleştirilmesi,
- Hidrojenin güvenli ve konsantre şekilde depolanması ve araçlarda kullanımının sağlanması,
- Hidrojen dağıtım altyapısı geliştirmek ve hidrojenle çalışacak araç motorları üretmek.

2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç

Türkiye geçtiğimiz on yılda kaydettiği ekonomik büyümeye paralel olarak dünyanın en hızlı büyüyen enerji piyasalarından biri haline gelmiştir. Enerji dağıtımının tamamen özel sektöre devredildiği ve enerji üretim varlıkları özelleştirilmesinin önümüzdeki beş yıl içerisinde tamamlanmasının planlandığı bu dönemde başarılı bir biçimde uygulanan özelleştirme programı, ülkenin enerji sektörüne son derece rekabetçi bir yapı ve büyüme için yeni ufuklar kazandırmıştır. Türkiye’de, su, rüzgâr, güneş, jeotermal ve diğer enerji türleri gibi birçok yenilenebilir enerji türüne yönelik üretim fırsatı bulunmakla birlikte uygun tarife garantileri ile

desteklenen teşvik edici politikaların ulusal şebeke içindeki payının önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Türk hükümeti, ülkenin toplam kurulu gücündeki yenilenebilir kaynak payını 2023 yılı itibarıyla %30 gibi dikkat çekici bir seviyeye çıkarmayı öncelik haline getirirken, diğer taraftan gerek bireysel gerekse kurumsal düzeylerde enerji tasarrufuna yönelik ilkeleri belirleyen yasalar çıkarmak ve enerji verimliliği yatırımlarına teşvikler sunmak suretiyle enerji verimliliği kavramını hayata geçirmektedir (TYDTA, <http://www.invest.gov.tr/tr-TR/sectors/Pages/Energy.aspx>, 18.07.2017).

Gelecek yıllarda Türkiye'nin enerji stratejisi için yenilenebilir kaynaklar kadar atık işleme ve sera gazlarının azaltılması gibi alanlardaki teknolojiler de bu yeni elektrik üretimi biçimiyle birlikte son derece önemli ek uygulamalar olarak sıklıkla anılmaktadır. Yenilenebilir kaynaklara başvurularak çevrenin korunmasının yanı sıra karbon salınımlarının azaltılması, üretim/aktarım verimliliğinin artırılması ve atık yönetimi teknolojilerinin kullanımının teşvik edilmesi de dâhil olmak üzere yürürlükte olan veya yakında yürürlüğe girecek birtakım önlem ve düzenlemeler de mevcuttur. Bu etmenlerin tümü Türkiye enerji sektörünü derinlemesine şekillendirip Türkiye'yi bu alanda dünyadaki en cazip yatırım bölgelerinden biri haline getirmiştir. Türk enerji sektörü, yatırımcı dostu düzenlemelerin uygulanması ve yüksek talep artışına paralel olarak daha canlı ve rekabetçi bir hale gelmekte ve tüm enerji alt sektörlerindeki değer zinciri bileşenleri için giderek artan sayıda yatırımcının ilgisini çekmektedir.

Türkiye 2005 yılında Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu çıkartarak yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvikini sağlayacak öncü bir adım atmıştır (Yorkan, 2009: 36). Türkiye'de 2015 yılında yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar 1,9 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Beş yıl önce Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü bin 511 MW iken bugün 6 bin 294 MW'a çıkmış durumdadır. Yani son beş yılda kurulu güç 4.2 katına çıkmıştır. 2023 yılında üretilen elektriğin en az % 30'unun yenilenebilir kaynaklardan gelmesi hedeflenmektedir.

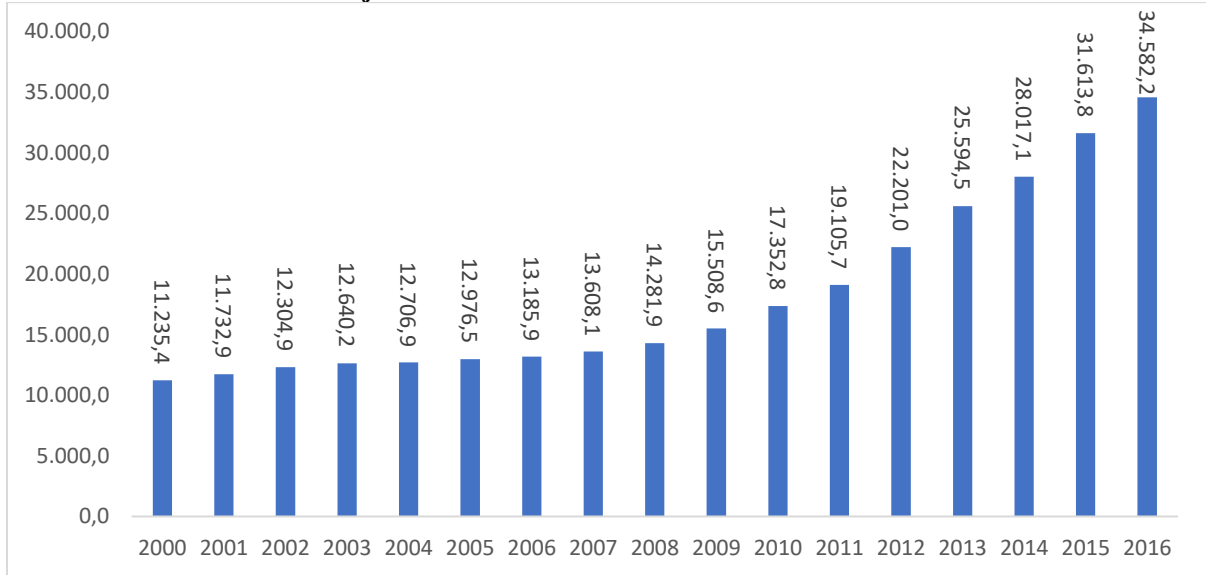
KPGM Yenilenebilir Enerji Raporu'na göre, Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) başvuruları 2016 yılında üç katına çıkarak 15,082 MW'a ulaşmıştır. 2015'de toplam 5,423 MW başvuru alan YEKDEM, 2016 yılında 9,998'si hidroelektrik, 4,328'i rüzgâr, 507'si jeotermal, 120'si çöp gazı ve 59'u biyogaz santralleri olmak üzere toplamda 15,082 MW başvuru almıştır. 2015 yılında Türkiye'de toplam üretilen elektriğin yaklaşık %20'sini karşılayan YEKDEM'e kayıtlı yenilenebilir enerji kaynaklar ile çalışan santrallerden hidroelektrik 35 TWh, rüzgar 13 TWh, jeotermal 5 TWh ve biyokütle 1,6 TWh üretim ile öne çıkmaktadır. 2015 yılında Türkiye'de yenilenebilir enerji ile çalışan elektrik santrallerinin kurulu gücü yaklaşık 5 milyar dolar yatırım ile 3,582 MW arttırılmıştır.

Tablo 31: Kaynaklara Göre Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Gelişimi (2000-2016)

Yıllar	Hidrolik	Jeotermal	Rüzgar	Güneş	Yenilenebilir Atık+ Atık Isı	Toplam Kurulu Güç İçinde Yenilenebilirin Payı %
2000	11.175,2	17,5	18,9	-	23,8	41,2
2001	11.672,9	17,5	18,9	-	23,6	41,4
2002	12.240,9	17,5	18,9	-	27,6	38,6
2003	12.578,7	15,0	18,9	-	27,6	35,5
2004	12.645,4	15,0	18,9	-	27,6	34,5
2005	12.906,1	15,0	20,1	-	35,3	33,4
2006	13.062,7	23,0	59,0	-	41,3	32,5
2007	13.394,9	23,0	147,5	-	42,7	33,3
2008	13828,7	29,8	363,7	-	59,7	34,2
2009	14553,3	77,2	791,6	-	86,5	34,6
2010	15.831,2	94,2	1.320,2	-	107,2	35,0
2011	17137,1	114,2	1.728,7	-	125,7	36,1
2012	19609,4	162,2	2.260,6	-	168,8	38,9
2013	22.289,0	310,8	2.759,7	-	235,0	40,0
2014	23.643,2	404,9	3.629,7	40,2	299,1	40,3
2015	25.867,8	623,9	4.503,2	248,8	370,1	43,2
2016	26.681,1	820,9	5.571,3	832,5	496,4	44,1

Kaynak: TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>, 06.04.2017.

Türkiye’de 2000-2016 yılları arası yenilenebilir enerji kurulu gücünün artış gösterdiği görülmektedir. Kurulu güç gelişimi bakımından rüzgar enerjisi ön plana çıkmakta, yenilenebilir enerjinin toplam güç içerisinde payı 2002-2006 yılları arası dışında artan bir seyir izlemektedir.

Grafik 1: Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü

Kaynak: TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>, 06.04.2017.

2.2.1. Türkiye Güneş Enerjisi Kurulu Gücü

Türkiye güneş enerjisi bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen bu potansiyeli yeteri kadar kullanamamaktadır. Örneğin; Türkiye Almanya'dan %60 daha fazla güneş ışınlamına ve günde 7,5 saat güneşlenme süresine sahiptir. Ancak Almanya'nın kurulu gücünün binde 6'sına erişen güçte tamamlamıştır.

2015 yılı sonu itibariyle Türkiye'de toplam 255 MW kurulu güce ulaşan 371 adet lisanssız GES başvurusu kabul edilmiştir. Buna karşılık işletmeye alınan lisanslı GES bulunmamaktadır. 2016'ya gelindiğinde 2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücü 402 MW olan 34 tane güneş enerjisi santraline ön lisans, kurulu gücü 12,9 MW olan iki tane güneş enerjisi santraline lisans verilmiştir. Lisanssız elektrik üretim santrallerinin kurulmasıyla beraber 2016 yılı sonu itibariyle güneş enerjili santral sayısı 1043'e ulaşmıştır. Bu santrallerin kurulu gücü ise 819,6 MW olup, iki tane lisanslı güneş enerjisi santrali ile birlikte toplam kurulu gücümüz 832,5 MW'a ulaşmıştır (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, 30.04.2017).

2.2.1.1. Güneş Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Payı

Türkiye'nin elektrik üretiminde güneş enerjisi potansiyeli 189 GWh/yıl'dır. Bu alanda kendisine en yakın ülkeler olarak nitelendirilebilecek İspanya ve Fransa'dan ortalama olarak %30 daha fazla potansiyele sahiptir. 2010 yılı öncesine kadar güneş enerjisinden yalnızca ısıtma amacıyla kullanılırken, 2010 yılından sonra elektrik üretimi çalışmaları gündeme gelmiştir.

Türkiye'nin toplam elektrik ihtiyacını karşılayabilmesi için 790 km uzunluğunda alanı kapsayacak genişlikte güneş panelleri gerekmektedir. Tüm güneş potansiyelini kullanabilirse 2023 yılında elektrik ihtiyacının tamamını güneş enerjisinden karşılayabilecektir (Karagöl ve Kavaz, 2017: 22).

Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme oranları son yıllar itibariyle şu şekildedir:

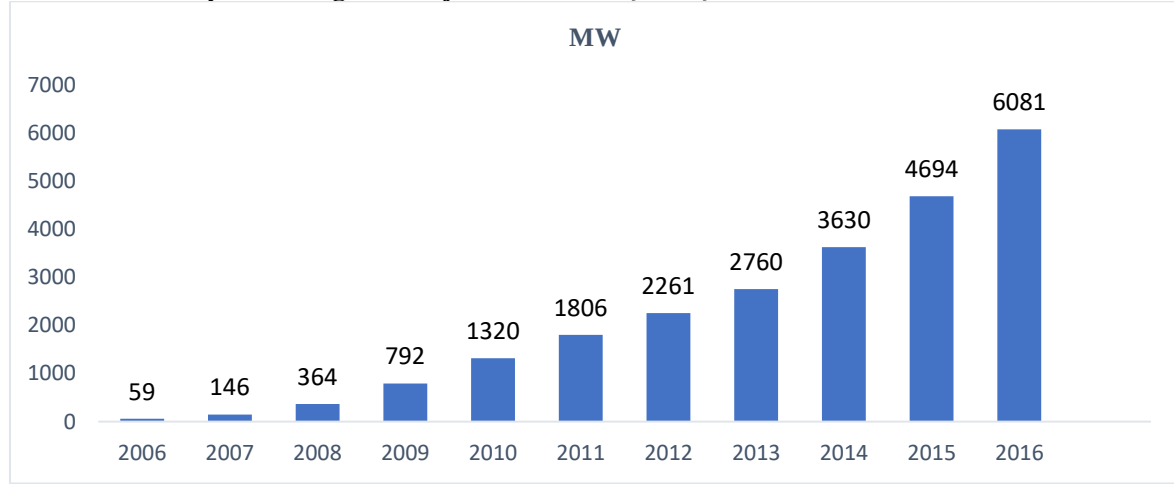
- 2014 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde güneş enerjisi payı: %0,1,
- 2015 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde güneş enerjisi payı: %0,3,
- 2016 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde güneş enerjisi payı: %1,1,
- 2017 Mart ayı sonu elektrik enerjisi kurulu gücünde güneş enerjisi payı: %1,3,

oranlarında gerçekleşmiştir.

2.2.2. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir. Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7.5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir.

Grafik 2: Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Gelişimi



Kaynak: Enerji Enstitüsü, <http://enerjiinstitutusu.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/>, 30.06.2017.

Grafik 2’de görüldüğü gibi 2006 yılında Türkiye 59 MW’lık toplam rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesine sahip iken, 2016 yılında bu rakam 6.081 MW’lık seviyeye yükselmiştir. Bu rakam 2002 yılında 18,9 MW olduğu ve yıllar itibariyle bu rakamın yükseldiği göz önüne alınarak 2023’de kurulu rüzgar enerjisi güç kapasitesinin 20.000 MW gerçekleşeceği öngörülmektedir. İnşa süreci devam etmekte olan 61 RES sona erdiğinde toplamda 1.868 MW’lık kapasite artışı gerçekleşmesi hedeflenmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017: 23).

2016 yılı sonu itibariyle işletmede olan lisanslı rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü ise 5.751,3 MW’dır. 2016 itibariyle lisans alan ve yatırım sürecindeki projelerin toplamı 6.778,18 MW’dır. 1 Aralık 2016 itibarıyla toplam kurulu gücü 247,0 MW olan dört proje için uygun bulma kararı alınmıştır. 2015 başvurularından, inceleme değerlendirme aşamasındaki 39.582,6 MW projeden, lisans verilecekleri belirlemeye yönelik çalışma hala sonuçlanmamıştır (ETKB, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, 07.11.2017).

2017 yılı lisanslı RES’lerin iller kapsamında dağılımı incelendiğinde Çanakkale, İstanbul, İzmir, Bursa illerinin başta geldiği görülmektedir. Son zamanlarda Karaburun, Bodrum vb. yerlerde yerleşim yerlerine kurulmak istenen türbinler, bölge halkının protestolarına neden olmuştur. Rüzgar türbinlerinin konulacağı yerlerin seçiminde, erişim

yolları ve iletim şebekesine bağlantıların yapımında fiziki ve sosyal çevre dikkate alınmak zorundadır.

2.2.2.1. Rüzgar Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Payı

Türkiye’de ilk olarak rüzgar enerjisinden elektrik üretme çalışmaları 1986 yılında başlamış ve ilk rüzgar santrali 1986’da Çeşme-Altinyunus’da kurulmuştur. Uluslararası boyut olarak ifade edilebilecek ilk santral ise 1998’de Çeşme-Germiyan’da faaliyete başlamıştır.

Birçok ülkeye kıyasla rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye elektrik üretiminde rüzgar enerjisinden yeteri kadar yararlanamamaktadır. Temel gerekçeleri finansal ve teknolojik yetersizliklerdir. Aynı zamanda bazı projelerin orman izinleri ya da kamulaştırma kararlarının yürütmeyi durdurması nedeniyle faaliyete geçememesi, bürokratik engeller rüzgar enerjisinden elektrik üretimi önündeki temel sorunlardır (Karagöl ve Kavaz, 2017: 24).

Türkiye’de rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi elde etme oranları son yıllar itibariyle şu şekildedir:

- 2014 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde rüzgar enerjisi payı: %5,2,
 - 2015 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde rüzgar enerjisi payı: %6,2,
 - 2016 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde rüzgar enerjisi payı: %7,3,
 - 2017 Mart ayı sonu elektrik enerjisi kurulu gücünde rüzgar enerjisi payı: %7,6,
- oranlarında gerçekleşmiştir.

Yıllar itibariyle oranlar artış göstermesine rağmen Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyeli dikkate alındığında elektrik üretimine katkısının yetersiz kaldığı görülmektedir.

2.2.3. Türkiye Jeotermal Enerji Kurulu Gücü

Jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli yerlerinde biriken sıcak su, buhar ve gazlardan elde edilen düşük maliyetli ve çevreci bir kaynak olarak, coğrafik ve jeopolitik konumu gereği Türkiye’de geniş bir potansiyele sahiptir. Türkiye’de jeotermal enerji kurulu gücü yıllar içerisinde ciddi artış göstermiştir. 2002’de 17,5 MW olan kurulu güç 2016 yılı sonu itibarıyla 821 MW seviyesine yükselmiştir. 2023 yılında bu rakamın 1000 MW’a yükselmesi hedeflenmektedir. Jeotermal ısı enerjisi kapasitesi bakımından Çin’den sonra ikinci sırada yer alan Türkiye potansiyel bakımından dünyada önemli bir konumdadır (Karagöl ve Kavaz, 2017: 25).

Dünyanın yedinci büyük jeotermal enerji potansiyeline sahip olan Türkiye’nin teorik

jeotermal enerji potansiyeli 31.500-60.000 MWt, fiili kullanılabilir teknik kapasitesi 4.809 MWt olarak hesaplanmakta; teknik kapasitenin 2.880 MWt'lik kısmı ispatlanmış durumdadır. 805 MWt'i konut ısıtma, 612 MWt'i sera ısıtma, 380 MWt'i termal tesis ısıtma, 1005 MWt'i kaplıca kullanımı, 1,5 MWt'i meyve kurutma, 42,8 MWt'i ısı pompası uygulama amacıyla yararlanılmaktadır. Elektrik üretim teknik potansiyeli 1000 MWe (6,7 milyar kWh/yıl) iken İTÜ Enerji Enstitüsü bu rakamın 2000 MWe'ye yükseleceğini tahmin etmektedir (Kaya, 2016: 248).

Tablo 32: Jeotermal Enerji İle Bölgesel Isıtma Yapılan Yerler

Isıtma Yapılan Bölge	Isıtılan Eşdeğer Konut Sayısı	İşletmeye Alınış Yılı	Jeotermal Akışkan Sıcaklığı (°C)
Balıkesir-Gönen	3400	1987	80
Kütahya-Simav	5000	1991	137
Kırşehir	1900	1994	57
Ankara-Kızılcahamam	2500	1995	70
İzmir-Balçova	35000	1996	137
Afyon	4600	1996	95
Nevşehir-Kozaklı	1300/3500	1996	90
İzmir-Narlıdere	1500	1998	125
Afyon-Sandıklı	6000/12000	1998	75
Ağrı-Diyadin	570/2000	1999	70
Manisa-Salihli	7290/24000	2002	94
Denizli-Sarayköy	2200/5000	2002	95
Balıkesir-Edremit	4881/7500	2003	60
Balıkesir-Bigadiç	1950/3000	2005	96
Yozgat-Sarıkaya	6000/2000	2007	60
Yozgat-Sorgun	1500	2008	80
Yozgat-Yerköy	500/3000	2009	60
İzmir Bergama	450/10000	2009	60

Kaynak: Kaya, 2016: 248.

Türkiye'de 20-242 °C sıcaklık arasında değişim gösteren 1500 tane sıcak ve mineralli su kaynağı aktiftir. Türkiye'de 90.000 konut, 3.000.000 m² sera ve 400 spa tesisi jeotermal enerjiden yararlanılarak ısıtılmaktadır. 2002 yılı itibariyle Türkiye'de jeotermal enerji kullanım alanları aşağıdaki Tablo 33'te ifade edilmektedir:

Tablo 33: Türkiye'de Jeotermal Uygulamalar

	2002	2013	2017
Elektrik Üretimi	15 MWe	292 MWe	858 MWe
Konut Isıtması	30.000 KE	89.000 KE	115.000 KE
	275 MWt	813 MWt	1.033 MWt
Sera Isıtması	500.000 m ² (100 MWt)	2.985.000 m ² (600 MWt)	3.830.000 m ² (760 MWt)
Termal Kullanım	175 adet	350 adet	400 adet
	(300 MWt)	(600 MWt)	(1050 MWt)

Kaynak: TMMOB, 2017: 99

Tablo 33'te inceleneceği gibi jeotermal enerji kullanım alanlarında yıllar itibariyle en

büyük pay %56 oranla termal kullanım (spa), %35 oranla doğrudan kullanım (ısıtma vb.) amaçlı ve %9 oranla elektrik elde etmek amaçlı şeklinde sıralanabilir.

2002 ve 2016 yılları jeotermal uygulamalar bakımından karşılaştırıldığında şu sonuçlara ulaşılmaktadır:

- Sera ısıtması 2002 yılında 500 dönüm iken 2016 yılında 3.931 dönüme çıkmış, %686 artış gözlenmiştir.
- Konut ısıtması 2002 yılında 30.000 konuttan 2016 yılında 114.567 konut eşdeğerine çıkmış, %281 artış gerçekleşmiştir.
- Elektrik üretimi 2002 yılında 15 MW iken 2016 yılı sonunda 820 MW elektriğe çıkmış ve %5.366 oranında artış olmuştur.

Türkiye'nin 2015 yılı sonu eriştiği 16098,8 MWt kullanılabilir kapasitenin yıllık petrol eşdeğeri ortalama 12.122.400 ton olmakla beraber ekonomiye katkısı 9.328 milyar dolardır. Elektrik üretiminin 1.720 milyar dolarlık kısmının katkısı da dahil edilecek olursa toplam 11.048 milyar ABD dolarına ulaşmaktadır. Bu potansiyelin 20 yıllık kullanımı göz önüne alındığında ortalama olarak 242,44 milyon ton petrol eşdeğeri tasarruf sağlanabilecektir. TÜİK verilerine göre 2009-2013 yıllarını içeren 5 yıllık dönemde enerji ithalatı için yapılan toplam harcama 238,5 milyar dolardır. 2015 yılının 8 ayında enerji ithalatı için ödenen döviz ise toplamda 37 milyar dolardır. Ülkede var olan enerji sorunu ve enerji ithalatı için yapılan harcamalar dikkate alındığında jeotermal enerji potansiyelinin sağladığı katkının azımsanamayacak düzeyde olduğu sonucuna varılmaktadır (Akkuş ve Alan, 2016: 33).

2.2.3.1. Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı

Türkiye'nin jeotermal enerjiden elektrik üretme başlangıç yılı 1984'tür. Elektrik enerjisi üretiminde son yıllarda hızlı artış göstermektedir. 1962 yılında MTA'nın hayata geçirdiği bir sıcak su envanter çalışması olarak başlatılan Türkiye'nin jeotermal enerji araştırmasıyla bugün toplam 600'den fazla termal kaynak (sıcak ve mineralli su kaynağı) olduğu bilgisine ulaşılmıştır (Kaya, 2016: 251).

Türkiye'de jeotermal enerjiden elektrik enerjisi elde etme oranları son yıllar itibarıyla şu şekildedir:

- 2014 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: %0,6,
- 2015 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: %0,9,
- 2016 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: %1,0,

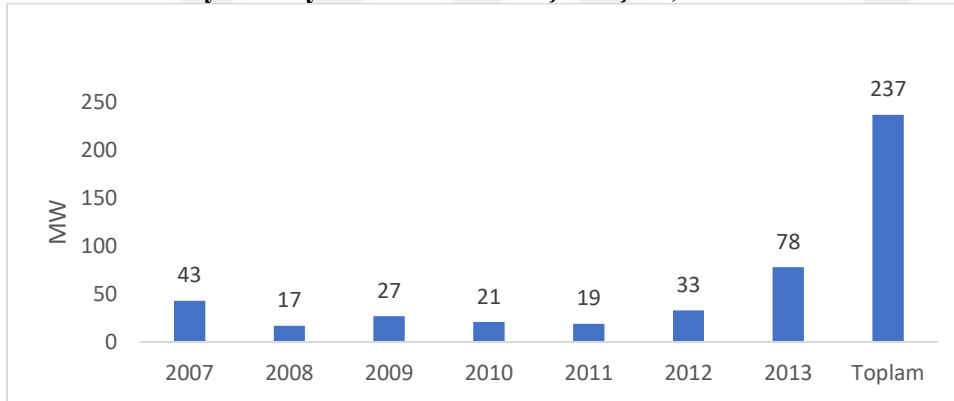
- 2017 Mart ayı sonu elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: %1,1 oranlarında gerçekleşmiştir.

2.2.4. Türkiye Biyokütle Enerjisi Kurulu Gücü

Elektrik üretiminden biyokütle kaynaklarına dayalı kurulu güç 2002-2013 yılları arasında yıllık ortalama %22 bileşik büyüme oranı ile 2013’de 237 MW’a ulaşmıştır. 2012 yılına kıyasla biyokütle kurulu gücü %49 oranında büyüme göstermiştir.

EPDK verilerine göre aktif çalışan 43 biyokütle tesisi olmakla birlikte kısmi işletmede olan 10 tesis, henüz işletmeye alınmamış 7 tesis bulunmaktadır. Bunlardan 42 tesis YEKDEM’e tabidir. 16 tesisin hammaddesi tarımsal atık içeriklidir. Biyokütle tesislerinin toplam kapasitesi 288,583 MWe’dir. Ülkemizdeki mevzuat gereğince 1 MW’ın altındaki biyokütle tesisleri lisanssız üretim yapabilmektedir. Ülkemizde 17 adet lisanssız biyokütle tesisi vardır ve toplam kurulu güç kapasitesi 20,375 MW’tır (EPDK, <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Veriler/LisansVerileri/AylikTopluLisanslar>, 14.07.2017).

Grafik 3: Türkiye’de Biyokütle Kurulu Güç Gelişimi, 2007-2013



Kaynak: TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>, 06.04.2017.

2.2.4.1. Biyokütle Enerjisinin Elektrik Üretiminde Payı

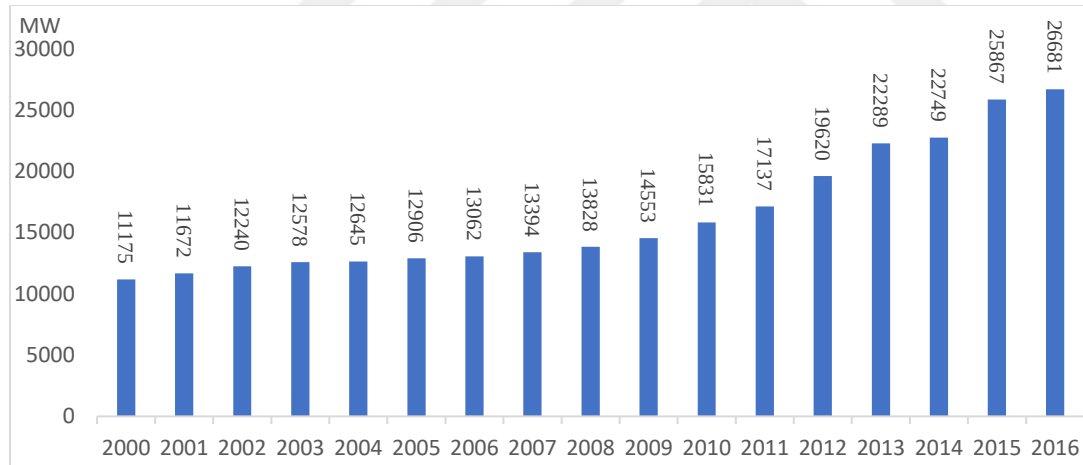
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası’na (BEPA) göre ülkemizin biyokütle potansiyeli 8,6 MTEP, tahmini elektrik üretimi 100.018 GWh, kurulu güç 20.000 MW olarak belirlenmiştir. Biyogaz potansiyeli ise 2 MTEP, tahmini elektrik üretimi 23.260 GWh, kurulu güç 4.500 GW olarak ifade edilmektedir.

2.2.5. Türkiye Hidroelektrik Enerjisi Kurulu Gücü

Türkiye enerji sektöründe rekabet bazlı yatırım ortamı geliştirilmesi ve şeffaf piyasa yapısı oluşturulması yönünde adımları ivme kazanmıştır. Hidroelektrik santrallerinin devlet tarafından kurulumu ve işletiminin yanı sıra, 3096 ve 4628 sayılı kanunlarla özel sektörün enerji üretimi devlet tarafından desteklenmiştir (Aslan ve Soğuksulu, 2016: 67). Özel sektöre açılan elektrik üretim sektöründe, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik olarak yürürlüğe girmiş olan kanuni düzenlemelerin de etkisiyle hidroelektrik santral (HES) yapmak üzere 2016 yılı sonu itibariyle 26.678 MW'lık 594 santral lisanslı olarak faaliyet sürdürür durumdadır.

2016 yılı sonuna, işletmede bulunan lisanslı ve lisanssız 597 tane HES ile 26.681 MW'lık kurulu güce ve toplam kurulu gücün ortalama %34'üne karşılık gelmektedir. 2016 yılında elektrik üretiminin %24,7'si hidrolik kaynaklardan elde edilmiştir. 2016 yılında toplam hidrolik üretimi 67,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir.

Grafik 4: Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Kurulu Güç Gelişimi (2000-2016, MW)



Kaynak: TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc> , 06.04.2017.

Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sıdır.

2.2.5.1. Hidroelektrik Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Payı

Türkiye'de elektrik üretiminde hidroelektrik enerjisinin payı 1980'li yıllarda yaklaşık olarak %60 oranında iken, 2014 yılında ortalama %16 oranına düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebi ise 1990'lı yıllar itibariyle elektrik üretimindeki doğal gaz payının kullanılmaya başlanması,

yanlış uygulanan politikalar ve plansız şekilde teşvik edilen doğal gaz santrallerinin devreye girmesidir.

Tablo 34: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin 1985-2015 Arası Gelişimi

ÜRETİM (GWh)					
	Termik	Hidrolik	Diğer	Toplam	H/E
Yıl	T	H	D	E	%
1985	22.168,0	12.044,9	6,0	34.218,9	35,2
1990	34.315,3	23.147,6	80,1	57.543,0	40,2
1995	50.620,5	35.540,9	86,0	86.247,4	41,2
2000	93.934,2	30.878,5	108,9	124.921,6	24,7
2005	122.242,3	39.560,5	153,4	161.956,2	24,4
2010	155.827,6	51.795,5	3.584,6	211.207,7	24,5
2011	171.638,3	52.338,6	5.418,2	229.395,1	22,8
2012	174.871,7	57.865,0	6.760,1	239.496,8	24,2
2013	171.256,0	59.245,8	8.791,5	239.293,3	24,8
2014	200.416,6	40.644,7	10.901,5	251.962,8	16,1
2015	177.852,2	66.897,9	14.861,5	259.611,5	25,8

Kaynak: Yılmaz, 2016: 207.

Son yıllarda görülen enerjide artan dışa bağımlılık ve arz güvenliği tehdidi sebebiyle 2005 yılında 5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Teşvik Kanunu” ile yenilenebilir kaynaklara yönelme desteklenmiş ve Tablo 34’te inceleneceği gibi HES’lerin kurulu güç payı az da olsa artış göstermektedir.

Tablo 35: Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücün 1985-2015 Arası Gelişimi

KURULU GÜÇ (MW)					
	Termik	Hidrolik	Diğer	Toplam	H/E
Yıl	T	H	D	E	%
1985	5.229,3	3.874,8	17,5	9.121,6	42,5
1990	9.535,8	6.764,3	17,5	16.317,6	41,5
1995	11074,0	9.862,8	17,5	20.954,3	47,1
2000	16.052,5	11.175,2	36,4	27.264,0	41,0
2005	25902,3	12.906,1	35,1	38.843,5	33,2
2010	32.278,5	15.831,2	1.414,4	49.524,1	32,0
2011	33931,1	17.137,1	1.842,9	52.911,1	32,4
2012	35.027,2	19.609,4	2.422,8	57.059,4	34,4
2013	38.648,0	22.289,0	3.070,5	64.007,5	34,8
2014	41.801,8	23.643,2	4.074,8	69.519,8	34,0
2015	41.847,4	25.867,8	5.432,4	73.147,6	35,4

Kaynak: Yılmaz, 2016: 207.

Türkiye’de hidroelektrik enerjisinden elektrik enerjisi elde etme oranları son yıllar itibariyle şu şekildedir:

- 2014 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: hidrolik barajlı %23,9, hidrolik akarsu %10,1,
- 2015 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: hidrolik barajlı %26,1, hidrolik akarsu %9,3,
- 2016 yılı elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: hidrolik barajlı %24,9, hidrolik akarsu %9,1,
- 2017 Mart ayı sonu elektrik enerjisi kurulu gücünde jeotermal enerji payı: hidrolik barajlı %24,9, hidrolik akarsu %9,1 oranlarında gerçekleşmiştir.

2.2.6. Türkiye Hidrojen Enerjisi Kurulu Gücü

“Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi’nin (UNIDO-ICHET)’in kurulması ile ICHET 2004’te Türkiye’de faaliyete başlamıştır. Hidrojen enerjisi politikalarını belirlemek, hidrojen enerjisi pilot ve demonstrasyon projeleri geliştirmek ve uygulamak başlıca görevleri arasındadır.

Pilot Projeler: Dünyanın farklı kısımlarda örnek bölgeler seçerek projeyi faaliyete geçirmektir. UNIDO-ICHET, hidrojen teknolojilerinin uygulanabilirliği kapsamında diğer ülkelerle iş birliği içinde çalışmaktadır.

Demonstrasyon projeleri: UNIDO-ICHET Türkiye’de hidrojen enerjisi gelişimi için THY, TEMSA, BOS, Demirer Holding gibi kuruluşlarla ortak projeler yürütmektedir. Ankara’da bir hastanede hidrojen ve oksijen üretilerek hidrojenin ambulansla yakıt olarak kullanılması projeye örnek olarak gösterilebilir (Kurtuluş vd., 2010: 465-466).

Bu projeler kapsamında Türkiye’de hidrojen ile çalışan araç ve Bozcaada’da rüzgardan hidrojen üretimi gibi faaliyetler yer almaktadır. İstanbul’da çalışacak hidrojenli araçlar için gereken hidrojen gece kullanılmayan elektrikten sağlanacaktır (Kurtuluş vd., 2010: 465).

Son yıllarda hidrojen enerjisi ile ilgili faaliyetlere örnek oluşturacak çalışmalarda birkaçına bakacak olursak; 2017 yılında Bor Enstitüsü ve Tübitak Mam’ın birlikte yapmış olduğu BOREN isimli araç hidrojen ve elektrik enerjisiyle çalışan bu araç geleceğin teknolojisi olarak görülmektedir. 2011’de Türkiye’nin ilk hidrojen adası olan Çanakkale’nin Bozcaada ilçesinde Türkiye’nin ilk hidrojen adasından elektrik üretilmeye başlanmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve UNIDO-ICHET iş birliğiyle hizmete açılan Türkiye’nin ilk hidrojen dolum istasyonunda ilk resmi dolum 2012 yılında gerçekleştirilmiştir. İTÜ öğrencileri

tarafından üretilen ve suya atık bırakmayan Türkiye'nin ilk hidrojenli teknesi "Martı-İTÜ" 2012'de faaliyete geçmiştir.

Günümüze baktığımızda hidrojen üretiminin %48'i doğal gazdan, %30'u ham petrolden, %18'i kömürden, %4'ü suyun elektroliz yolu ile ayrıştırılarak sağlanmaktadır. İzlanda 2050'de hidrojen ekonomisine geçme kararı veren tek ülkedir. Honda Ar-ge bölümü yakıt pilli araçlar oluşturmak için doğal gazdan hidrojen üretmekte ve ulaşılan elektriğin ve suyun üretildiği evde kullanma olanağı sağlayan "Hidrojen Ev Enerji İstasyonu" (HES) adlı projeyi yürütmektedir (Aydın Deliorman, 2016: 90). Buna benzer hidrojen enerjisi geliştirmeye yönelik projeler dünyanın farklı yerlerinde faaliyet sürdürmektedir.

2.3. Türkiye'de Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politikaları

Nüfus ve enerji talebi artışı, doğa ve çevre bilinci gibi birçok faktör küresel çapta yenilenebilir enerji kullanımını yaygınlaştırmıştır. Dünyanın 17. ve Avrupa'nın 6. en büyük ekonomisi olan Türkiye, enerji talebinde yıllar itibariyle artış kaydetmektedir. Artan enerji talebi yenilenebilir enerjinin gelecek için hayati rol oynaması sebebiyle yenilikçi politikalar benimsenmektedir. 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin, toplam elektrik enerjisi talebinin en az %30'unu; ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının en az %10'unu karşılaması hedeflenmektedir. Ayrıca 2023 yılında enerji yoğunluğunun (birim GSYH başına tüketilen enerji miktarı) 2011 yılına göre en az %20 azaltılması başlıca enerji politikaları arasındadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında Enerji talebi ve GSYH'nın farklılık göstermesinin temel sebebi gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacının artan seyir izlemesidir (Güvenek ve Alptekin, 2010: 175). 2015 yılı sonu itibariyle yenilenebilir enerji destek politikaları yürüten ülke sayısı artmış ve 173 ülkeye ulaşmıştır. Son dönemlerde iklim değişikliği konusunda yayılan bilinç bu artışın önemli sebebi olarak ifade edilebilir (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017: 4).

Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda enerji üretiminin arttırılması için güvenilir ve ucuz kaynaklara öncelik verileceği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının geliştirileceği, uzun dönemde hidrolik kaynakların ve ithal primer kaynaklara ağırlık verileceği bildirilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 1985-1989: 197). Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda ilk olarak hidrolik enerji olmak üzere jeotermal ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla ölçüde yararlanmak için bazı tedbirler alınacağı bildirilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 1990-1994: 258). Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda yenilenebilir kaynak kullanımının yaygınlaştırılması ve adaptasyonu

için önemli adımlar atılacağı, yurt içi kaynakların yetersiz ve maliyetinin yüksek olması gibi nedenlerle özellikle sanayi ve toplumda enerji yoğunluğunun azaltılması, tasarruf programlarının uygulanmasına karar verilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 1996-2000: 138). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı kapsamında yenilenebilir enerji konusu pozitif gündem yaratmaktadır. Özellikle doğadaki tahribatı önlemek için yenilenebilir kaynakların kullanımı yaygınlaştırılacağı ve yerli kaynak yanı sıra yenilenebilir kaynakların da katılarak ülke potansiyelinin en üst düzeye çıkartmak temel hedef olarak baz alınmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 2001-2005: 152). İlk olarak Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını arttırmak amacıyla 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun yasalaşmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 2007-2013: 25). Yenilenebilir enerji Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı dahilinde de önemini sürdürmüş, ekonomiye katkısını maximum düzeye ulaştırmak için ekipmanlarda yerli imalat düzeyi ve teknolojilerin geliştirileceği ifade edilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 2014-2018:102).

Tablo 36: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Düzenlemelerinde Önemli Kilometre Taşları (2001-2016)

Yıllar	Önemli Düzenlemeler
2001	Doğalgaz Piyasası Yasası (No:4646) Elektrik Piyasası Yasası (No:4628) EPDK'nın Kurulması TEAŞ'ın TEİAŞ, TETAŞ, EÜAŞ olarak yeniden yapılandırılması
2004	Piyasanın serbestleşme oranı %29
2005	Yenilenebilir Enerji Yasası (No:5346)
2007	Nükleer Enerji Yasası (No:5654) Jeotermal Yasası (No: 5686) Enerji Verimliliği Yasası (No: 5627)
2008	Otomatik Fiyatlandırma Mekanizması
2009	Yeni enerji arz güvenliği strateji belgesi
2010	Entso-e Testlerinin başlaması
2011	Lisanssız Üretim ve Yerel Ekipman Destek Düzenlemesi YE Yasasında değişiklik (Destek mekanizması)
2012	EÜAŞ özelleştirmeleri Rüzgar ve Güneş enerjisi ölçüm standartları ve başvuru düzeni
2013	Yerel ekipman destekler Lisanssız üretimde yeni düzenleme Yeni elektrik piyasası yasası (No:6446) Güneş enerjisi lisans başvuru düzenlemesi
2016	Tam rekabetçi piyasa

Kaynak: Bobat ve Özdemir, 2016: 154.

Günümüzde Türkiye enerji politikası kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik elde edilmesi ve enerji verimliliğinin teşvik edilmesi önceliklidir. Bu iki öncelik sürdürülebilir sanayi gelişiminde de büyük bir paya ve öneme sahiptir.

2014 yılında elektrik enerjisi kurulu gücün 69.519,8 MW'nin 232.747,9 MW'lik kısmı

yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2016 yılında elde edilen elektrik enerjisi üretiminin %33,99'u hidrolik, %28,30'u doğal gaz, %22,06'sı kömürden elde edilmiştir. Tablo 37'de Türkiye'de 2016 yılında elektrik üretiminde kullanılan yakıt türüne göre MW cinsinden kurulu güç kapasiteleri ve GWh cinsinden elektrik üretim değerleri verilmektedir.

Tablo 37: Türkiye'de Elektrik Üretimi ve Kurulu Güç Kapasitesi (2016)

Enerji Kaynak Türleri		Elektrik Enerjisi Üretimi		Kurulu Güç Kapasitesi	
		GWh	%	MW	%
Kömür	Termik	184.889	67,63	17.316	22,06
Doğalgaz				22.217	28,30
Diğer				4.878	6,21
Hidrolik		67.268	24,60	26.681	33,99
Rüzgar		21.230	7,77	5.751	7,33
Jeotermal				820,9	1,05
Güneş				832,5	1,06
Toplam		273.387	100,00	78.496	100,00

Kaynak, TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>, 06.04.2017.

Elektrik piyasasının gelişimi ise tarihsel bazda şöyle özetlenebilir:

Tablo 38: Elektrik piyasası gelişimi

Yıllar	Gelişim
2001	4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yayınlandı.
2004	Geçici Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği yayınlandı.
2006	Dengeleme Güç Piyasası Mekanizması 1. aşama devreye girdi. Dengesizliklerin Gece, Gündüz ve Puand periyodların uzlaştırılmasına başlandı.
2009	Gün Öncesi Planlama Mekanizması devreye girdi. Saatlik fiyatlandırma ve uzlaştırma başladı.
2011	Gün Öncesi Piyasası Mekanizması devreye girdi. Teminat ve Avans Ödeme Mekanizması devreye girdi. YEK destekleme mekanizması başladı.
2013	6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile EPİAŞ'ın kurulması hükme bağlandı.
12 Mart 2015	EPİAŞ kuruldu.
1 Temmuz 2015	Gün İçi Piyasası açıldı.
1 Eylül 2015	EPİAŞ piyasa işletim lisansı aldı. TEİAŞ piyasa işletim lisansı aldı.

Kaynak: TEİAŞ, <https://www.teias.gov.tr/tr/yayinlar-raporlar/piyasa-raporlari>, 16.07.2017.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2014 yılında çıkarılan ‘‘Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Planı’’ çerçevesinde 2023 yılı hedef konularak, kurulu kapasite bakımından hidroelektrik enerjisinin 34.000 MW’ya, rüzgar enerjisinin 20.000 MW’ya, güneş enerjisinin 3.000 MW’ya, jeotermal enerji kapasitesinin 1.000 MW’ya yükseleceği öngörülmektedir. Ek olarak toplam elektrik üretiminin %30’unun yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi hedeflenmektedir. Yine bu plana göre 2023 yılında enerji tüketiminin 2011 ve 2023 yılları arasında %91,2’lik bir artışla toplamda 218 milyon TEP’e yükselmesi beklenmektedir. Enerji yoğunluğunun (birim GSYH başına tüketilen enerji miktarı) ise 2011 yılı baz alınarak en az %20 oranında düşürülmesi hedeflenmektedir (ETKB, 2014: 9).

Yukarıda belirtilen hedef ve öngörüler baz alınarak Türkiye adına geleceğe dönük yenilikçi bir yenilenebilir enerji politikasının hayati öneme sahip olduğu ifade edilebilir. Yenilenebilir enerji payını arttırmak adına belirlenen politika ve stratejiler şu şekilde özetlenebilir (ETKB, 2014: 10):

- Yenilenebilir enerji alanında lisans alınan projelerin hedeflenen sürede sona ermesi için gerekli önlem ve tedbirleri almak.
- Plan ve politikaların, teknolojik gelişme ve mevzuat değişimlerinin, yenilenebilir enerji potansiyelindeki gelişmeler çerçevesinde belirlenmesi.
- Türkiye'deki hidroelektrik potansiyelin değerlendirilmesi ve özel sektör kanalıyla ülke ekonomisine katkı sağlaması adına yürütülen çalışmalara ivme kazandırmak.
- Hidroelektrik üretimine imkan sağlayan su kaynaklarının gelişimine öncelik vererek değişen taleplere cevap verecek şekilde yürütülmesini sağlayan çalışmalarda koordinasyon sağlamak.
- Günümüz istatistiksel verileri göz önünde bulundurarak hidroelektrik santrallerini değerlendirmek.
- Elektrik iletim sisteminin kesintisiz üretim yapan (güneş enerjisi santralleri vb.) tesislerin bağlanmasına olanak verecek şekilde çalışmaları sürdürmek.
- Jeotermal kaynakların rejenerasyon yapılması ve geri dönüşüme imkan vererek devamlılığını sağlamak.
- Elektrik enerjisine elverişli alanların özel sektöre açılması konusunda devam eden çalışmaları hızlandırmak.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının sağlıklı değerlendirilebilmesi için teknolojik gelişmelere yoğunlaşmak.

Türkiye 28 Mayıs 2009'da Kyoto Protokolü imzalamış ve 2010'dan itibaren enerjinin yarattığı çevresel sorunlar için çeşitli önlemler almıştır:

- Yenilenebilir enerji kullanımında verimli şekilde ve temiz teknolojiler aracılığıyla üretimin teşvik edilmesi.
- Sera gazı emisyonlarının azaltılması.
- Biyokütle/biyogaz potansiyelinden faydalanma.
- Madencilik faaliyetleri kapsamında çevre koşullarını dikkate alarak kontrol ve denetimlerin artırılması.
- Enerji teknolojileri ve iklimsel etkileri konusunda farkındalık faaliyet ve çalışmalarının artırılması.

2.3.1. Yenilenebilir Enerji Mevzuatı

İlk olarak 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun'un yasallaşması ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli kullanılması adına ciddi bir adım atılmıştır. Fakat 2. Mevzuatın oluşturulmaması ve sabit fiyat garantisi düzeyinde gerçekleşen düşüş sebebiyle 2005 ve 2010 yılları arasında yenilenebilir enerji yatırımları yeteri seviyede gerçekleştirilememiştir. 2010 yılı sonrasında, 2005-2010 dönemine kıyasla sabit fiyat garantisinin yükseldiği, parasal ya da parasal olmayan teşviklerin uygulandığı döneme girilmiş ve yenilenebilir enerji sektörü canlanmıştır. Yerli ve yabancı yatırımların artış göstermesinde sabit fiyat garantisi için yapılan düzenlemeler önemli bir paya sahiptir.

Türkiye’de yenilenebilir enerji alanında gerçekleştirilen düzenlemeler ve politikaların gelişimi aşağıda Tablo 39’da sunulmaktadır.

Tablo 39: Türkiye’de yenilenebilir enerji düzenlemelerinin ve politikalarının gelişimi

2005	- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun No: 5346
2007	- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu No: 5686
2009	- Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi, Yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının 2023’e kadar %30 olması
2010	- Yenilenebilir Enerji Kanununda Değişiklik Yapılması Resmi Gazete No: 6094
2011	- Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması, 1 Kasım 2011 - Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği
2012	- Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği - Elektrik Piyasası Rüzgar ve Güneş Ölçümlerine İlişkin Tebliğ
2013	- Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik - Elektrik Piyasası Kanunu No: 6446 - Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik - Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik

Kaynak: ETKB, 2014: 11.

Türkiye’de başlıca mevcut enerji verimliliği düzenlemeleri ise şu şekilde tablolaştırılabilir:

Tablo 40: Türkiye'nin başlıca enerji verimliliği düzenlemeleri

Yıllar	Enerji Verimliliği Düzenlemeleri
2007	- Enerji Verimliliği Kanunu No: 5627
2008	- Resmi olarak "Enerji Verimliliği Yılı" olarak belirlenmiştir. Toplumsal bilinci artırmak üzere ENVER programının başlatılması - Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği - Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik
2010	- Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliği - Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2020
2011	- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik - Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
2012	- Enerji Verimliliği Destekleri Hakkında Tebliğ - Enerji Verimliliği Strateji Belgesi

Kaynak: ETKB, 2014: 11.

2.3.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun

Bu kanun yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanımı düzenleyen ilk kanuni çerçeve niteliğindedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidrolik (15 km'den az rezervuar alanına sahip olan ve nehir tipi hidroelektrik), rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dahil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olarak tanımlanmıştır.

Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir (5346 Sayılı Kanun, Madde-1, 2005).

5346 Sayılı kanun yatırımla ilgili düzenlemeler içermektedir. Bu düzenlemeye göre, yenilenebilir kaynaklardan yararlanarak kendi ihtiyaçlarını karşılamak için en az 1000 kWh kurulu güce sahip elektrik üretim tesisi kuran gerçek ya da tüzel kişilerden planı incelemesi kesin proje aşamalarında hizmet bedeli talep edilmeyecektir. Ayrıca güneş pilleri, odaklayıcı üniteler ve biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik ve yakıt üretimine yönelik Ar-Ge tesis yatırımları Bakanlar Kurulu kararı ile teşvikler arasında yer almaktadır (Bayraktar ve Kaya, 2016: 442).

2.3.1.2. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu

Bu Kanunun amacı, jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir. Belirlenmiş veya belirlenecek jeotermal ve doğal mineralli su kaynakları ile jeotermal kökenli gazların arama ve işletme dönemlerinde, kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması, devredilmesi, terk edilmesi, kaynak kullanımının ihale edilmesi, sona erdirilmesi, denetlenmesi, kaynak ve kaptajın korunması ile ilgili usul ve esaslar ile yaptırımları kapsamaktadır (5686 Sayılı Kanun, Madde 1-2, 2007).

5686 sayılı kanuna göre, jeotermal ve doğal mineral sular üzerinde tüm hak ve yetkiler devlete ait olduğundan dolayı işletim için 30 yıllığına verilen kullanım lisansına sahip olmak gerekmektedir. Araştırma ve kullanım lisansı devredilebileceği gibi ruhsat sahibinin talebi üzerine süre onar yıllık periyot şeklinde uzatılabilir (Bayraktar ve Kaya, 2016:443).

2.3.1.3. Enerji Verimliliği Kanunu

Bu Kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır. Enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır (5627 Sayılı Kanun, Madde 1-2, 2007).

Kanuna göre yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi 10 yıllık süreyle, yalnızca 2011 yılına kadar kurulmuş işletmeleri kapsayacak biçimde 5 ve 5.5 Euro/cent kWh sabit fiyat üzerinden satın alınabilmektedir. Kanun çerçevesinde yenilenebilir kaynaklar ile kurulum kapasitesi 500 kWh olan işletmeler muaf tutulmaktadır (Bayraktar ve Kaya, 2016:443).

2.3.1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun

Kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları

barındıran YEK Destekleme Mekanizmasını içermektedir (6094 Sayılı Kanun, Madde-1, 2010).

Kanun 29.12.2010 tarihinde TBMM tarafından kabul edilmiş, 08.01.2011 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini teşvik eden kanun, üretim çeşitlerini baz alarak elektrik satış fiyatlarını düzenlemektedir. Yenilenebilir enerji işletmeleri 7.3 ABD Doları/ cent ve 13.3 ABD Doları/cent fiyat aralığında satış yapabilecektir. Öngörülen elektrik satış fiyatları; hidroelektrik ve rüzgar üretim tesisleri için 7.3 ABD Doları/cent, jeotermal üreticiler için en fazla 10.5 ABD Doları/ cent, biyomas ve güneş enerjisi üreticileri için 13.3 olarak belirlenmiştir (Çanka Kılıç, 2011:45).

Yenilenebilir Enerji Kanunu, yenilenebilir enerji kaynakları çerçevesinde teşvik ve yatırım mekanizmalarının iyileştirilmesi için çeşitli değişimler sunmaktadır. Kanunda temel değişimler şu şekilde özetlenebilir (ETKB, 2014: 12):

- Tüketicilere elektrik enerjisi satışı gerçekleştiren her bir tedarikçi için, tüketiciye sattığı toplam elektrik enerjisi miktarının, tedarikçilerin tamamının ülkedeki tüketicilere sattığı toplam elektrik enerjisi miktarına bölünerek hesaplanan oranda yenilenebilir enerji ödeme yükümlülüğü eklemektedir.
- Birbirinden farklı kaynaklar için farklı düzeylerde sabit fiyat garantisi içeren yeni bir plan uygulamaya konulmuş ve bu plana yerli katkı ilavesi eklenmiştir.
- Daha önce 31 Aralık 2015 tarihinden önce işletmeye alınan tesisleri kapsayan destekleme mekanizmaları, Bakanlar Kurulu kararı ile 31 Aralık 2020 tarihine uzatılmıştır.
- Sabit fiyat garantileri ABD doları baz alınarak tanımlanmıştır.
- Arazi kullanım ücretleri teşvikleri kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için yatırım ve faaliyet dönemlerinin ilk on yılında izin; kira, irtifa hakkı ve kullanma izni bedellerine %85 oranında indirim uygulanmaktadır.

2.3.1.5. Yeni Elektrik Piyasası Kanunu

Bu kanunun amacı, elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanmasıdır. Aynı zamanda elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı, ithalat ve ihracatı, piyasa işletimi ile bu faaliyetlerle ilişkili tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve

yükümlülüklerini kapsar (6446 Sayılı Kanun, Madde 1-2, 2013). Yürürlüğe giren bu kanun ile elektrik piyasası çerçevesinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından içerdiği hükümler şu şekilde özetlenebilir (ETKB, 2014: 12):

- Aynı noktaya bağlı olan birden fazla bina içeren yenilenebilir enerji tesisleri tek bir üretim tesisi olarak kabul edilmektedir.
- Yenilenebilir enerji kanununda belirlenen arazi kullanım alanları ile ilgili muafiyet ve indirimleri belirlemektedir.
- Lisanslama sürecinde ön lisans adımı tanımlamakta ve tüm birleşme, satın alma faaliyetlerini kısıtlamaktadır.
- Şebeke erişim hakları için yarışmaya katılacak güneş ve rüzgar santralleri için ihale süreci düzenlenmiştir. Yeni düzenlemeye göre 20 yıl olan iletim sistemi işletmecisine ödenecek katkı payı süresi 3 yıl içinde tamamı ödenecek şekilde revize edilmiştir.
- Yenilenebilir enerji tesislerinin azami kurulu gücü 500 kW'tan 1 MW'a olarak arttırılmış ve yasal değişim gerekmeksizin Bakanlar Kurulu kararıyla 5 kata kadar (5 MW) yükseltilmesi kararlaştırılmıştır.

2.3.1.6. Çevre Kanunu

Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır (2872 Sayılı Kanun, Madde 1, 1983). 2006 yılında “Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” çıkarılarak Çevre Kanunu'na ek olarak teşvik sistemi uygulaması eklenmiş; arıtma ve sanayi tesislerinde kullanılan enerji tarifesinin %50 oranına kadar indirim uygulaması başlatılmıştır (5491 Sayılı Kanun, 2006).

2.3.1.7. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)

Bu belge Türkiye’de bina, ulaştırma ve sanayi sektörlerinde enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik stratejik rehber ilkeleri ve eylemleri sunmaktadır. Belge, enerji verimliliğinin arttırılmasını, enerjinin bilinçsiz kullanımının, israfının önlenmesini hem sektörel bazda hem de makro düzeyde enerji yoğunluğunun düşürülmesini amaçlamaktadır. Bu rehber ilkeler, enerjinin üretiminden, iletimine ve nihai tüketimine kadar tüm aşamalarda Türkiye’nin ulusal enerji politikasının önemli bileşenlerini oluşturmaktadır (ETKB, 2014: 13).

2.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımına Yönelik Teşvik Planları

Türkiye’nin yeni yatırım teşvik programı 2012 yılı Nisan ayında kamuoyuna tanıtılmış ve 15.06.2012 tarihinde 2012/3305 sayılı ‘‘Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar’’ ile yürürlüğe resmen girmiştir. Genel Yatırım Teşvik Planı, Bölgesel Yatırım Teşvik Planı, Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Planı, Stratejik Yatırımlar Teşvik Planı olarak 4 temel bileşen mevcuttur.

Uygulamalar ve uygulama kapsamında sunulan destek unsurları şu şekildedir (Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, 2017: 1-59):

Genel Teşvik Uygulamaları: KDV İstisnası, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Gelir Vergisi Stopajı Desteği.

Bölgesel Teşvik Uygulamaları: KDV İstisnası, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Vergi İndirimi, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, Gelir Vergisi Stopajı Desteği, Sigorta Primi İşçi Hissesi Desteği, Faiz Desteği, Yatırım Yeri Tahsis.

Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki: KDV İstisnası, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Vergi İndirimi, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, Gelir Vergisi Stopajı Desteği, Sigorta Primi İşçi Hissesi Desteği, Yatırım Yeri Tahsis.

Stratejik Yatırımların Teşviki: KDV İstisnası, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Vergi İndirimi, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, Gelir Vergisi Stopajı Desteği, Sigorta Primi İşçi Hissesi Desteği, Yatırım Yeri Tahsis, KDV İadesi.

Uygulanan destek unsurları ise şu şekildedir:

KDV İstisnası: 3065 sayılı KDV Kanunu’nun 13/d maddesi çerçevesince yürürlükte olan uygulama tüm belge türleri için destekleyici unsurdur. Yurt içinden ve yurt dışından temin edilecek yatırım malı makine ve teçhizat için katma değer vergisinin ödenmemesi şeklinde uygulanmaktadır.

Gümrük Vergisi Muafiyeti: Yurt dışından temin edilecek yatırım malı makine ve teçhizat için gümrük vergisinin ödenmemesi şeklinde uygulanmaktadır.

Vergi İndirimi: Gelir ve kurumlar vergisinin, yatırım için öngörülen katkı tutarına ulaşıncaya kadar indirimli olarak uygulanmasıdır. Bu destek Genel Teşvik Uygulamaları dışındaki yatırımlar için kullanılmaktadır.

Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: Yatırımla sağlanan ek istihdam için ödenmesi gereken sigorta primi işveren hissesinin asgari ücrete eşit olan kısmının Bakanlıkça karşılanması şeklinde uygulanmasıdır. Bu destek Genel Teşvik Uygulamaları dışındaki yatırımlar için kullanılmaktadır.

Gelir Vergisi Stopajı Desteği: Yatırımla sağlanan ek istihdam için belirlenen gelir vergisi stopajının terkin edilmesidir. Sadece 6.bölgede gerçekleştirilen yatırımlar için düzenlenmiştir.

Sigorta Primi İşçi Hissesi Desteği: Yatırımla sağlanan ek istihdam için ödenmesi gereken sigorta primi işçi hissesinin asgari ücrete eşit olan kısmının Bakanlıkça karşılanması şeklinde uygulanmasıdır. Yalnızca 6. bölgede gerçekleştirilen bölgesel, büyük ölçekli ve stratejik yatırımlar için düzenlenmiştir.

Faiz Desteği: En az 1 yıl vadeli yatırım kredileri için sağlanan bir ekonomik destektir. Teşvik belgesinde kayıtlı sabit yatırım tutarının %70'ine kadar kullanılabilen krediye yönelik ödenecek faiz veya kar payının belirli bir kısmının Bakanlık tarafından ödenmesi şeklinde uygulanır.

Yatırım Yeri Tahsisi: Teşvik belgesi kapsamında düzenlenen yatırımlar için Maliye Bakanlığı tarafından belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde yatırım yeri tahsis edilmesidir.

Katma Değer Vergisi İadesi: Sabit Yatırım Tutarı 500 milyon TL üzerindeki Stratejik Yatırımlar kapsamında gerçekleştirilen bina ve inşaat harcamaları için tahsil edilen KDV'nin iade edilmesidir.

Türkiye'nin 2023 yılı vizyonu temel alındığında büyüme ve gelişme bakımından bu yeni yatırım teşvik programlarının hayati öneme sahip olduğu belirtilmektedir. Bu amaçla belirlenen hedefler şu şekilde özetlenebilir:

- Tasarrufları, yüksek katma değer sağlayacak yatırımlara yönlendirmek,
- Üretim ve istihdamı arttırmak,
- Uluslararası alanda rekabet gücünü ve ARGE içeriğini arttıracak büyük ölçekli ve stratejik yatırımları teşvik etmek,
- Uluslararası doğrudan yatırımları arttırmak,
- Bölgesel gelişim düzeyi farklılıklarını en aza indirmek,
- Özellikle çevreyi korumaya yönelik yatırımları teşvik etmek.

2.4.1. Bölgesel Teşvik Uygulamaları

Bölgesel teşvik uygulamaları iller arasındaki farklılığı en düşük düzeye indirmek ve üretim, ihracat paylarını arttırmaktır. Bu kapsamda Kalkınma Bakanlığı tarafından 2011 yılında Türkiye'de yer alan tüm iller ekonomik ve sosyal gelişmişlik seviyelerine göre 6 farklı bölgeye ayrılmıştır.

Tablo 41: Bölgelerin Gelişmişlik Seviyeleri

1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge	6.Bölge
Ankara Antalya Bursa Eskişehir İstanbul İzmir Kocaeli Muğla	Adana Aydın Bolu Çanakkale Denizli Edirne Isparta Kayseri Kırklareli Konya Sakarya Tekirdağ Yalova	Balıkesir Bilecik Burdur Gaziantep Karabük Karaman Manisa Mersin Samsun Trabzon Uşak Zonguldak	Afyon Amasya Artvin Bartın Çorum Düzce Elazığ Erzincan Hatay Kastamonu Kırıkkale Kırşehir Kütahya Malatya Nevşehir Rize Sivas	Adıyaman Aksaray Bayburt Çankırı Erzurum Giresun Gümüşhane Kahramanmaraş Kilis Niğde Ordu Osmaniye Sinop Tokat Tunceli Yozgat	Ağrı Ardahan Batman Bingöl Bitlis Diyarbakır Hakkari Iğdır Kars Mardin Muş Siirt Şanlıurfa Şırnak Van
8 İL	13 İL	12 İL	17 İL	16 İL	15 İL

Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 13.06.2017.

İllerin potansiyel ve ekonomik gelişimi dikkate alınarak desteklenecek sektörler belirlenmiştir. Hangi illerin belirlenen sektör kapsamında hangi desteklerden faydalanacağı, asgari sabit yatırım tutarları ve kapasiteleri belirlenmiştir. Aşağıda Tablo 42’de desteklere ilişkin oran ve süreler özetlenmektedir.

Tablo 42: Bölgesel Teşvik Uygulamalarında Sağlanan Destek Unsurları

DESTEK UNSURLARI			BÖLGELER					
			1	2	3	4	5	6
KDV İstisnası			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Gümrük Vergisi Muafiyeti			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı (%)	OSB Dışı	10	15	20	25	30	35
		OSB İçi	15	20	25	30	35	40
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği	Destek Süresi	OSB Dışı	-	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl
		OSB İçi	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl	9 yıl
Yatırım Yeri Tahsisi			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Faiz Desteği	İç Kredi		YOK	YOK	3 puan	4 puan	5 puan	7 puan
	Döviz/ Döviz Endeksli Kredi				1 puan	1 puan	2 puan	2 puan
Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği			YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	10 yıl
Gelir Vergisi Stopajı Desteği			YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	10 yıl

Kaynak: T.C. Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 13.06.2017.

Tablo 42’de görüleceği gibi destekleme unsurları ve desteklere yönelik oran ve süreler gelişmiş bölgelerden daha az gelişmiş bölgelere doğru kademeli biçimde artmaktadır. Böylece illerin gelişmişlik seviyesi bakımından teşvik araçlarının sağladığı yardım yoğunluğu ayrıştırılmıştır.

Bölgesel teşvik uygulamaları için asgari sabit yatırım tutarı 1. ve 2. Bölgelerde 1 Milyon TL'den, diğer bölgelerde ise 500 bin TL'den başlayarak desteklenen her sektör ve il için ayrı miktarlar belirlenmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, 2017:19).

2.4.1.1. Bölgesel Teşvik Kapsamında Desteklenecek Öncelikli Yatırımlar

Bölgesel Teşvik Uygulamaları kapsamında 5. bölge destekleri ile desteklenecek öncelikli yatırım konuları şöyledir (Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 13.06.2017):

- Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgelerinde veya termal turizm konusunda bölgesel desteklerden yararlanabilecek nitelikteki turizm konaklama yatırımları,
- Madencilik yatırımları,
- Demiryolu ve denizyolu ile yük veya yolcu taşımacılığına yönelik yatırımlar,
- 20 milyon Türk lirası üzerindeki; biyoteknolojik ilaç, onkoloji ilaçları ve kan ürünleri üretimi konusundaki yatırımlar ile savunma sanayi yatırımları,
- Otomotiv, uzay veya savunma sanayine yönelik test merkezleri, rüzgâr tüneli ve bu mahiyetteki yatırımlar,
- Asgari 50.000 m² kapalı alana sahip uluslararası fuar alanı yatırımları,
- Özel sektör tarafından gerçekleştirilecek olan kreş ve gündüz bakımevleri ile okul öncesi eğitim, ilkökul, ortaokul ve lise eğitim yatırımları,
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK ve KOSGEB tarafından desteklenen ARGE projeleri neticesinde geliştirilen ürünlerin veya parçaların üretimine yönelik yatırımlar,
- Motorlu kara taşıtları ana sanayinde gerçekleştirilecek asgari 300 milyon TL tutarındaki yatırımlar ve asgari 75 milyon TL tutarındaki motor yatırımları ile asgari 20 milyon TL tutarındaki motor aksamaları, aktarma organları/aksamları ve otomotiv elektroniğine yönelik yatırımlar,
- 3213 sayılı Maden Kanunu'nda tanımlanmış 4-b grubunda yer alan madenlerin girdi olarak kullanıldığı elektrik üretimi yatırımları,
- Mevcut imalat sanayi tesislerinde gerçekleştirilecek enerji verimliliğine yönelik yatırımlar,
- Atık ısıdan geri kazanım yolu ile elektrik üretimine yönelik yatırımlar,
- Asgari 50 milyon TL tutarındaki sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) yatırımları ve yer altı doğal gaz depolama yatırımları,

- Karbon elyaf üretimine veya karbon elyaf üretimi ile birlikte olmak kaydıyla karbon elyaftan mamul kompozit malzeme üretimine yönelik yatırımlar.

2.4.2. Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki

Büyük ölçekli yatırımların teşviki uygulaması, Türkiye'nin teknoloji, ARGE kapasitesini artırma ve uluslararası rekabet üstünlüğü sağlama potansiyeline sahip 12 farklı sektörde ve gelişmişlik düzeyine göre farklılaştırılmış illerde yapılacak yatırımlara destek sağlama amacıyla kurgulanmıştır.

Tablo 43: Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Uygulamasında Sağlanan Destekler

DESTEK UNSURLARI			BÖLGELER					
			1	2	3	4	5	6
KDV İstisnası			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Gümrük Vergisi Muafiyeti			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı (%)	OSB Dışı	20	25	30	35	40	45
		OSB İçi	25	30	35	40	45	50
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği	Destek Süresi	OSB Dışı	-	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl
		OSB İçi	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl	9 yıl
Yatırım Yeri Tahsisi			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği			YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	10 yıl
Gelir Vergisi Stopajı Desteği			YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	10 yıl

Kaynak: T.C. Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 13.06.2017.

Bölgesel teşvik uygulamasında olduğu gibi, büyük ölçekli yatırımların teşviki uygulamasında da belirlenen yatırım konularına, yatırım teşvik araçları ile sağlanacak yardım yoğunlukları bölgelerin ekonomik gelişmişlik düzeyine göre farklılaştırılmıştır. Örneğin, 200 milyon TL asgari sabit yatırım tutarı ön koşulunu sağlayan Motorlu Kara Taşıtları Ana Sanayi'nde yapılacak bir yatırım projesi, altıncı bölgede, birinci bölgeye göre Vergi İndirimi açısından daha yüksek bir yatırıma katkı oranı almaya hak kazanacaktır. Faiz Desteği dışında Bölgesel Yatırım Teşvik Uygulamasında sağlanan diğer tüm yatırım teşvik araçları, Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Uygulaması kapsamındaki yatırımlara da sağlanmaktadır. Yukarıda Tablo 43'te desteklere ilişkin oran ve süreler özetlenmektedir.

Yeni Yatırım Teşvik Programı, Büyük Ölçekli yatırım projelerinde de yatırım kararlarını hızlandırmak üzere 31.12.2015 tarihine kadar başlatılmış olanlar için Vergi İndirimi ve Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği bakımından daha avantajlı oran ve süreler sağlamaktadır. Bu kapsamda, yatırıma başlanıldığının kabul edilebilmesi için, yatırımın başlangıç tarihinden sonra arazi-arsa, altyapı, bina-inşaat, makine ve teçhizat (avans ve ön

ödemeler dahil) ile diğer yatırım harcamalarına yönelik olarak en az 5 milyon TL harcama yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede, 01.01.2016 tarihinden itibaren başlanılacak yatırımlar için Vergi İndirimi ve Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği aşağıda Tablo 44'te yer alan oran ve sürelerde uygulanacaktır.

Tablo 44: Bölgesel Teşvik Uygulamasında 01.01.2016 Tarihinden İtibaren Başlanılacak Yatırımlara Sağlanan Destekler

BÖLGELER	VERGİ İNDİRİMİ			SİGORTA PRİMİ İŞVEREN HİSSESİ DESTEĞİ
	Yatırıma Katkı Oranı	Vergi İndirim Oranı	Uygulanacak Vergi Oranı	
1	%20	%30	%14	-
2	%25	%40	%12	-
3	%30	%50	%10	3 yıl
4	%35	%60	%8	5 yıl
5	%40	%70	%6	6 yıl
6	545	%90	%2	7 yıl

Kaynak: T.C. Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr> , 13.06.2017.

Aşağıda belirtilen yatırımlara, vergi indirimi ve sigorta primi işveren hissesi desteği açısından bir alt bölgede sağlanan daha avantajlı destekler sağlanacaktır:

- Organize Sanayi Bölgelerinde yapılacak yatırımlar,
- Sektörel iş birliğine dayalı yatırımlar.

2.4.2.1. Büyük Ölçekli Yatırım Teşviki Kapsamında Desteklenecek Öncelikli Yatırımlar

Yatırım projelerinin bu uygulama kapsamında desteklenebilmesi için ön koşul, 12 yatırım konusu için belirlenmiş aşağıdaki tabloda yer alan asgari sabit yatırım tutarlarına sahip olmalarıdır.

Tablo 45: Büyük Ölçekli Yatırım Teşvik Uygulaması Kapsamında Desteklenecek Yatırım Konuları

Yatırım Konuları	Asgari Sabit Yatırım Tutarları (Milyon TL)
Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri İmalatı	1000
Kimyasal Madde ve Ürünlerin İmalatı	2000
Liman ve Liman Hizmetleri Yatırımları	
Motorlu Kara Taşıtları Ana Sanayi Yatırımları	
Motorlu Kara Taşıtları Yan Sanayi Yatırımları	
Demiryolu ve Tramvay Lokomotifleri ve/veya Vagon İmalatı Yatırımları	50
Transit Boru Hattıyla Taşımacılık Hizmetleri Yatırımları	
Elektronik Sanayi Yatırımları	
Tıbbi Alet, Hassas ve Optik Aletler İmalatı Yatırımları	
İlaç Üretimi Yatırımları	
Hava ve Uzay Taşıtları ve/veya Parçaları İmalatı Yatırımları	
Makine İmalatı Yatırımları	
Nihai Metal Üretimine Yönelik Yatırımlar	

Kaynak: T.C. Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr> , 13.06.2017.

2.4.3. Stratejik Yatırımların Teşviki

Yeni Yatırım Teşvik Programı kapsamında Türkiye’de üretim yapısının dönüşümüne katkı sağlamak üzere tasarlanan Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulaması, özellikle yurt içi üretim kapasitesinin ithalattan az olduğu ara mallarının veya ürünlerin üretimini özendirmeyi hedeflemektedir. Stratejik yatırım olarak tanımlanan bu nitelikteki yatırımlar bölge ayrımı gözetilmeksizin tüm bölgelerde bölgesel ve büyük ölçekli yatırımların teşviki uygulamalarına göre daha avantajlı şekilde desteklenmektedir.

Stratejik yatırımların teşviki uygulaması kapsamından teşvik araçlarından faydalananak olan yatırım projelerinin, diğer uygulamalar çerçevesinde desteklenecek yatırım projelerine göre daha avantajlı bir destek paketinden yararlanmaları mümkündür. Bu yatırımlar için öngörülen desteklerin, Türkiye’nin hangi ilinde yapıldığına bakılmaksızın, sadece 6. Bölge illerinde daha avantajlı olmak üzere aynı koşullarda sağlanması, önemli bir ayrıcalık teşkil etmektedir. Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulaması kapsamında sağlanan destekler Tablo 46’da yer almaktadır.

Tablo 46: Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulamasında Sağlanan Destekler

DESTEK UNSURLARI		BÖLGELER	
		1,2,3,4 ve 5. Bölgelerde (OSB Dahil)	6. Bölgede
KDV İstisnası		VAR	VAR
Gümrük Vergisi Muafiyeti		VAR	VAR
Vergi İndirimi	Vergi İndirim Oranı	%90	%90
	Uygulanacak Vergi Oranı	%2	%2
	Yatırıma Katkı Oranı	%50	%50
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği	Uygulama Süresi	7 yıl	10 yıl
	Destek Tutarının Azami Miktarı (Destek Yatırım Tutarı/ Sabit Yatırım Tutarı)	%15	Limitsiz
Yatırım Yeri Tahsisi		VAR	VAR
Faiz Desteği	İç Kredi	5 Puan	5 Puan
	Döviz/ Döviz Endeksli Kredi	2 Puan	2 Puan
	Azami Destek Tutarı (Bin TL)	50.000	50.000
Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği		YOK	10 yıl
Gelir Vergisi Stopajı Desteği		YOK	10 yıl
500 milyon TL ve üzeri yatırımların bina-inşaat harcamaları için KDV iadesi		VAR	VAR

Kaynak: T.C. Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 13.06.2017.

Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulaması kapsamında desteklenecek olan yatırım projelerinin, Altıncı bölgede yer alan bir ilde yapılması durumunda, Sigorta Primi İşveren

Hissesi Desteğinden 7 yıl yerine 10 yıl; ilave olarak 10 yıl Sigorta Primi Desteğinden ve yine 10 yıl Gelir Vergisi Stopajı Desteğinden faydalanması mümkündür. Diğer uygulamalardan farklı olarak Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulamasında, yatırım tutarı 500 milyon TL ve üzeri olan projelerin bina-inşaat harcamaları KDV İadesi teşvik aracından da faydalanmaktadır.

Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulamasını diğer uygulamalara göre avantajlı kılan diğer bir destek unsuru da, Vergi İndirimi yoluyla sağlanan yatırıma katkı tutarının altıncı bölgede %80'inden, diğer bölgelerde ise %50'sinden, yatırım tamamlanmadan önce faydalanılabiliyor olmasıdır.

Tablo 47: Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulamasında İşletme / Yatırım Döneminde Uygulanacak Yatırıma Katkı Tutarı

Bölgeler	Yatırım Dönemi	İşletme Dönemi
1, 2, 3, 4, 5. Bölgeler	%50	%50
6. Bölge	%80	%20

Kaynak: T.C. Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 13.06.2017.

Bu kapsamda projesi desteklenen yatırımcı, yatırımın bulunduğu bölgeye göre vergi indirimi desteğinin yukarıda Tablo 47'de yer alan oranlardaki kısmını yatırım döneminde, mevcut diğer tüm faaliyetlerinden elde ettiği kazançlar için kullanılabilir.

2.4.3.1. Stratejik Yatırımların Teşviki Kapsamında Desteklenecek Yatırımlar

Stratejik yatırım konuları bir liste şeklinde belirlenmemiştir. Uygulamanın amacına yönelik olarak tespit edilen koşulların tamamını sağlayan yatırım konuları stratejik yatırım olarak kabul edilmiştir. Bir yatırım projesinin Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulaması kapsamında desteklenebilmesi için aşağıda belirtilen koşulların tamamını karşılaması gerekmektedir:

- En az 50 milyon TL tutarında sabit yatırım tutarı,
- Yatırım konusu üretimle ilgili yurt içi üretim kapasitesinin aynı ürünün ithalatından az olması,
- Rafineri ve petrokimya yatırımları hariç diğer yatırım konularında yapılacak yatırımla asgari %40 katma değer sağlanması,
- Yatırım projesi tamamlandığında üretilcek olan (yurt içi üretimi olmayan ürünler hariç) ürünler için Türkiye'deki toplam ithalat değerinin son bir yıl itibariyle en az 50 milyon Amerikan Doları olması.

Bu uygulama kapsamında desteklenecek olan yatırımlar açısından önemli bir ön koşul olan arz açığının %50'nin üzerinde olması, yatırım projesi tamamlandığında üretilcek olan ürün ile ilgili bir yıllık yurt içi toplam üretim kapasitesinin, aynı ürünün aynı dönemdeki

ithalatından az olmasını ifade etmektedir. Başvuru sırasında yatırımcı tarafından hazırlanan fizibilite raporunda yer alması gereken, üretime konu ürünle ilgili yurt içi üretim kapasitesi ve ithalat bilgileri, Ekonomi Bakanlığı tarafından ilgili kurum ve kuruluşlardan teyit edilmektedir.

Diğer bir ön koşul olan %40 katma değer sağlanması ise yatırım sonucu üretilecek ürün için, toplam ürün satış tutarı ile ürün girdi maliyeti arasındaki farkın, toplam ürün girdi maliyetine oranı olarak değerlendirilmektedir.

2.4.4. Genel Teşvik Uygulamaları

Bölgesel, büyük ölçekli ya da stratejik yatırım teşvik uygulamalarından herhangi birinin destek kapsamında değerlendirilmeyen yatırımlar, teşvik edilmeyen yatırım konuları arasında yer almamak ve öngörülen sabit yatırım tutarını sağlamak koşuluyla tüm illerde genel teşvik uygulamaları kapsamında desteklenmektedir.

Yatırım projelerinin Genel Teşvik Uygulamalarından faydalanabilmesi için asgari yatırım tutarı; 1. ve 2. bölgeler için 1.000.000 TL, diğer bölgeler için 500.000 TL olması gerekmektedir.

Genel Teşvik Uygulamaları kapsamında desteklenen yatırımlar için KDV İstisnası ve Gümrük Vergisi Muafiyeti destekleri sağlanmaktadır. Ayrıca, yatırımın 6. Bölgede yer alması halinde yatırımcılar ilave olarak 10 yıl süreyle Gelir Vergisi Stopajı Desteğinden faydalanabilmektedirler.

2.4.4.1. Genel Teşvik Uygulamaları Kapsamında Desteklenecek Yatırımlar

Stratejik yatırım konuları bir liste şeklinde belirlenmemiştir. Desteklenen yatırım konuları şöyle özetlenmektedir:

- “Teşvik Edilmeyecek Yatırım Konuları” arasında yer almamalıdır.
- “Teşviki Belirli Şartlara Bağlı Yatırım Konuları” arasında yer alıyorsa, bu yatırım konusuna özel olarak belirlenen şartları sağlamalıdır.

2.5. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Arttırmaya Yönelik Başlıca Teşvikler

Yenilenebilir enerji kullanımı teşviki amacıyla birçok ülke çeşitli teknolojilerle farklı teşvik mekanizmaları uygulamaktadır. Üretim artışına dayalı incelemelere göre farklı teşvik mekanizmaları her ülkede farklı sonuçlar vermektedir. Teşvikler; devlet kanalıyla çeşitli

yöntemlerle sağladığı maddi ya da maddi olmayan destek, yardım, özendirme olarak tanımlanmaktadır (Şen, 2017: 64).

EWA (Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği) mekanizmaların tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi aşamasında yol gösterici 11 kriter tanımlamıştır. Bu kriterler teşvik mekanizmalarının sağlıklı biçimde yürütülmesi bakımından önem arz etmektedir (Deloitte, 2011: 2):

- Basit ve şeffaf uygulamalar ile yönetim maliyetinin azaltılması
- Birden çok uygulama ile teşvik mekanizmalarının çeşitliliğini arttırmak
- Yatırımcı güveninin tesis edilmesi
- Üretim maliyetlerinin düşürülmesini sağlamak
- Tüketici fiyatlarını azaltıcı etkisinin olması
- Piyasanın kalkındırılması ve geliştirilmesi
- Genel piyasa yapısı ve diğer düzenleyici mekanizmalarla uyumlu olması
- Mevcut sistemden kademeli ve kolay geçiş sağlanması
- Yerel olarak tüm yenilenebilir kaynakların faydasının hissedilmesine katkı sağlanması
- Yenilenebilir kaynaklara ilişkin kamuoyu oluşturulması
- Dışsal faktörlerin yok edilmesi

Destek ve teşvikler birçok ülkede düzenleyici ve mali teşvik mekanizmaları olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Mali düzenlemeler; vergi ile sağlanan muafiyet ve indirimler olarak ifade edilebilir. Düzenleyici teşvik mekanizmasının tamamlayıcı niteliğinde olan mali teşvikler üretim, yatırım gibi her alanda yer almaktadır. Karbon vergisi, enerji vergisi, KDV muafiyetleri, çevre vergisi istisnaları gibi teşvikler örnek gösterilebilir (Öztürk ve Kalaycı, 2012:1). Düzenleyici teşvik mekanizmalarında ise en fazla öne çıkan sabit fiyat garantisi (tarife garantisi) uygulamasıdır.

Sabit fiyat ve prim garantisi kamu harcamaları üzerinden; vergi teşvikleri ise kamu gelirleri üzerinde uygulanmaktadır. Zorunlu kota ve yeşil sertifika ise düzenleme olarak nitelendirilebilecek politikadır (Şen, 2017: 64). Dünya çapında yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik mekanizmaları; sabit fiyat garantisi, prim garantisi, zorunlu kota ve yeşil sertifika piyasası, ihale ve yatırım yönetimiyle teşvik ve vergi muafiyet, indirimleridir.

Düzenleyici Politikalar: Sabit Fiyat Garantisi, Kota Yükümlülükleri, Net Ölçüm Sistemi, Ulaşım Yükümlülüğü, Isı Yükümlülüğü; Mali Teşvikler: Sübvansiyonlar, Hibeler, İndirimler, Yatırım ve Diğer Vergi Kredileri, Satış, Enerji, Tüketim, KDV, CO₂ Vergilerde

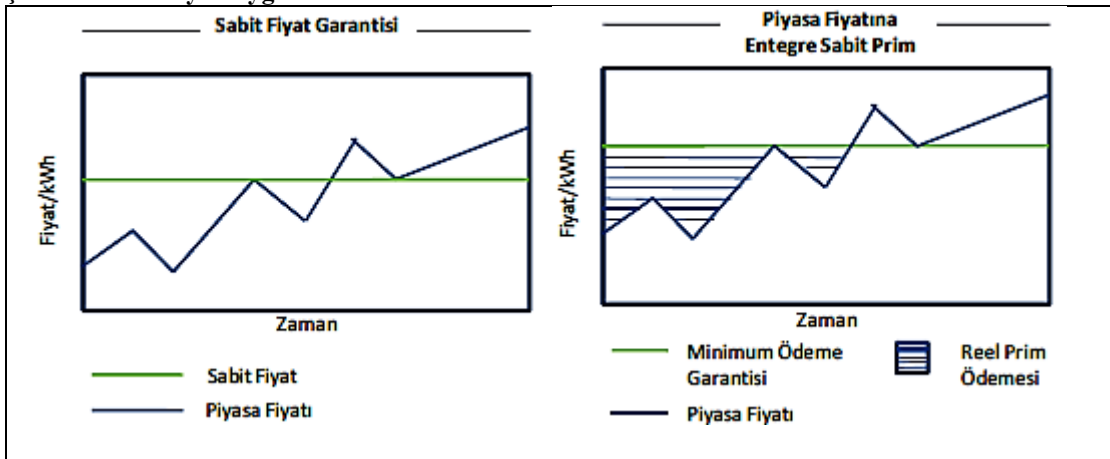
Azalma, Enerji Üretim Ödemeleri, Kamu Yatırımları, Krediler, Hibelerdir (REN 21: 2017: 130).

2.5.1. Sabit Fiyat Garantisi

Sabit fiyat garantisi, yenilenebilir enerjiden faydalanarak elektrik üretimi sağlayan üreticiye kWh başına sabit bir fiyat teklif ederek üretmiş olduğu elektriği değişkenlik gösteren piyasa aşamalarına bağlı olarak satın alacağı garantisi vermektedir. Tarife garantisi politikası; şebekeye giriş garantisi, sabit ve uzun dönemli satın alım anlaşması ve üretilen birim başına hesaplanan fiyat garantisi olmak üzere 3 ana esas barındırmaktadır. Almanya, İngiltere, İtalya, Fransa ve Çin bu sistemi en verimli şekilde kullanan ülkeler olarak öne çıkmaktadır (Abolhosseini ve Hesmati, 2014: 877).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi konusunda en önemli teşvik sabit fiyat garantisi olarak ifade edilebilir. Bu uygulama ile elektrik üreten işletmeler üretimlerini daha önceden belirlenmiş fiyatta satışını gerçekleştirmekte ve üretim fazlasını yine belirlenen sabit fiyat düzeyi baz alınarak dağıtım şirketlerine satabilmektedir (Eser ve Polat, 2015: 218). Sabit fiyat garantisinin gerçek bir teşvik olarak ifade edilebilmesi için üretici bakımından karlı olarak değerlendirilecek nitelikte olmalıdır. Sabit fiyat garantisi ülkeler açısından değişmekle birlikte genel olarak yenilenebilir üretim tesisinin faaliyete geçmesinden itibaren 10-20 yıl arası dönemi kapsamaktadır. Bu teşvik mekanizmasında kamu tarafından verilen destek tutarı; sabit fiyat düzeyinin toptan elektrik fiyatından farkı*yenilenebilir enerjiye dayalı üretilen ve bu garanti kapsamında satılan elektrik miktarı çarpımına eşittir.

Şekil 4: Sabit Fiyat Uygulamaları



Kaynak: Deloitte, 2011: 5.

Uzun vadede yatırımcının riskini azaltıp verimliliğini artırması, esnek, hızlı, uygulanması kolay ve kamu tarafından idaresi bakımından düşük maliyete sahip olması

nedeniyle yenilenebilir enerji yatırımlarını destekleme konusunda etkili bir araçtır. İyi kurgulanmış bir uygulama üreticiye %5-10 oranı arasında getiri sağlamaktadır.

2.5.2. Prim Garantisi

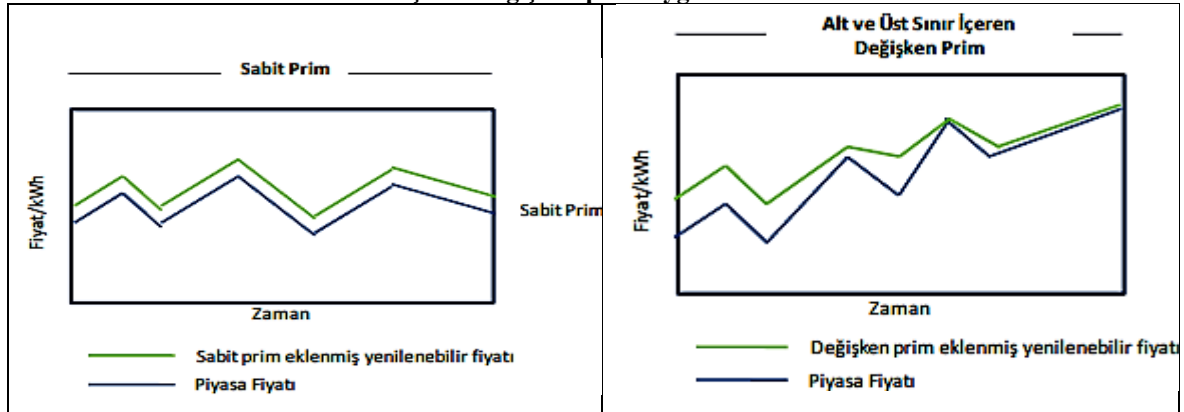
Prim garantisi ise genel anlamda sabit fiyat garantisine benzetmekle beraber yenilenebilir enerji üreticisine piyasa fiyatının biraz daha üzerinde ödeme yapacağının garantisini vermektedir. Yani yenilenebilir kaynakları kullanarak elektrik üreten üretici hem sattıkları enerjiden hem de prim garantisinden iki gelir kaynağı elde etmektedir. Piyasa fiyatının üzerine eklenecek tutar ya tüketiciden doğrudan alınır ya da kamu bütçesi tarafından fonlanabilmektedir. Bu tür garantide prim sabit olabileceği gibi piyasa fiyatına bağlı olarak da değişebilir.

Farklı ihtiyaçlara yönelik olarak genel anlamda üç yaklaşım mevcuttur:

Sabit prim: Piyasa tutarı ne olursa olsun yenilenebilir enerji üreticisine belirlenen dönem bazında prim miktarının piyasa fiyatına eklenmesiyle elde edilmektedir.

Alt ve üst sınır içeren değişken prim: Piyasa fiyatı arttığında yenilenebilir için eklenen prim azalmakta, piyasa fiyatı düştüğünde yenilenebilir enerji üreticisini korumak için prim arttırılmaktadır. Bu uygulama üreticinin minimumda karlılığını koruyacak biçimde fiyat alımını garanti etmektedir. Fiyatların yüksek olduğu dönemde primlerin finansmanını sağlayan taraflara yüklenen maliyeti de azaltmaktadır.

Şekil 5: Sabit Prim ve Alt ve üst sınır içeren değişken prim uygulamaları



Kaynak: Deloitte, 2011:5.

Piyasa fiyatına entegre sabit prim: Sabit fiyat ve prim garantisinin ortak özelliklerini yansıtan bir uygulama türüdür. Yenilenebilir enerji projelerine önceden belirlenmiş minimum bir toplam ödeme garantisi sunmaktadır. Birçok yönden sabit fiyat garantisine daha çok benzemesine rağmen temelde üreticiye ödeme tek bir sabit fiyattan yapılmamaktadır. Ödeme,

spot piyasa fiyatı ve garanti edilen minimum fiyat spot piyasa fiyatının altında kaldığı zaman aradaki fark kadar prim şeklinde 2 türdedir. Piyasa fiyatı, minimum garanti edilen fiyatın üzerinde gerçekleşmesi durumunda prim ödenmemektedir. Prim uygulamasında toplam destek miktarı; yenilenebilir enerjiye yönelik üretilen ve bu mekanizma altında satılan elektrik enerjisi miktarı arasında prim düzeyi çarpımına eşittir.

2.5.3. Zorunlu Kota ve Yeşil Sertifika Piyasası

Çoğu ülkede uygulanan ve ‘yeşil sertifika’, ‘yeşil etiket’, ‘yenilenebilir belgesi’ olarak da adlandırılan kota sistemi; tüketici ya da üreticilere, satış veya üretim portföylerinin belli bir yüzdesinin yenilenebilir kaynaklardan oluşması yönünde verilen kotaları kapsamaktadır. Kota uygulamasının işlerlik kazanabilmesi için, üretimin gerçekten ilgili yasal düzenlemeler baz alınarak yenilenebilir kaynaklara dayalı olarak gerçekleştirildiğinin resmi şekilde belgelendirilmesi gerekmektedir. Sertifikanın alınıp satılması;

- Kotasını dolduramayan tarafların sertifika satın alarak kotalarını gerçekleştirmelerine,
- Kotasının üzerinde gerçekleşme sağlayan veya elinde sertifika bulunan tarafların aradaki farka yönelik sertifikaları satarak ek gelir sağlamalarına imkan tanımaktadır.

Ülkeler arasında farklılık göstermesine rağmen genel olarak 1 MWh değerindeki yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretimi bir yeşil sertifikaya karşılık gelmektedir. Ancak bazı ülkelerde örneğin nehir tipi HES’lerin ürettiği 1 MWh elektriğin iki sertifikaya karşılık gelmesi gibi yaklaşımlara da rastlanmaktadır. Bu tarz yaklaşımların sonuçlarının uzun vadede çok etkili olmadığı ifade edilmektedir.

Bu tür uygulamanın piyasa açısından en büyük avantajı yenilenebilir enerji sektöründe dolaşımda bulunan para hacmini arttırmasıdır. Zorunlu kota ve yeşil sertifika ticareti en yoğun olarak ABD’de uygulanmakta olmasına rağmen, çok tecrübe edilmiş bir uygulama olmadığı için yatırımcılar temkinli yaklaşmaktadır. Yeşil sertifika piyasalarında oluşacak fiyatı tahmin etmek güç olduğu için yatırımcıda yüksek risk algısı oluşmaktadır. Bu uygulamanın sabit tarife ile desteklenmesi durumunda riskler azalmaktadır.

Zorunlu kota ve yeşil sertifika uygulamasının sağlıklı şekilde işleyebilmesi için, bu süreçte kotasına tutturamayan katılımcılara uzun vadede caydırıcı cezalar getirilmesi gerekmektedir.

2.5.4. Vergi Muafiyetleri ve Vergi İndirimleri

Yenilenebilir enerjiye yönelik vergi muafiyeti ya da indirimi söz konusu sektör, yatırımcılar için daha cazip hale gelmektedir. Ancak bu uygulama uzun vadede garanti sunmadığı için yatırımcılar için çok güvenli görülmemektedir. Aynı zamanda vergi kesintileriyle yürütülen her teşvik, kamu bütçesinden finanse ediliyor olması sebebiyle kamu finansmanı açısından sıkıntılara yol açabilir.

Teknolojiden bağımsız olan bu uygulama, yatırımcıları en düşük maliyete sahip teknolojiye yatırım yapmaya yönlendirmektedir. Her durumda yatırımcı doğrudan artı değer kazanacaktır. Bu süreçte tüm teknolojiler için aynı indirim ve muafiyetlerin uygulanması yerine gelişimi destekleyen teknolojilere vergi teşviki uygulanması daha etkilidir.

2.5.5. İhale Yöntemiyle Teşvik

Önemli ölçüde büyük projeler için başvuru ihale yöntemi; belirli kurulu güç ya da fizibilite yapılmış bir bölgeye tesis kurulması için düşük maliyet garantisi sunan, yatırımcıları teşvik edici nitelikte özendirici unsurlar sunan bir uygulamadır. İhaleyi kazanmış olan yatırımcıya üretim için yaklaşık 10-25 yıl arasında sabit fiyat garantisi sunmaktadır. İhale teşvikleri yatırımcıların ilgisini yenilenebilir enerji yatırımlarına çektiği için avantaj yaratmaktadır. Aynı zamanda ihalenin rekabetçi bir süreç içerisinde yapılmasından dolayı gerçekleştirilecek olan projelerin kalitesi yükselmektedir.

Uzun bir süre uygulaması devam etmiş olan ihale yöntemi şu anda Avrupa Birliği ülkelerinde devam etmemektedir. Bazı ülkelerde ise hala başvuru bir yöntem olarak sürekliliğini sağlamaktadır. Özellikle Kuzey Amerika gibi gelişmekte olan ülkelerde bu yöntemin başarılı örnekleri görülmektedir.

2.5.6. Yatırım Teşvikleri

Yenilenebilir enerji yatırımları için verilen sübvansiyonlar, düşük faizli krediler, yatırım dönemini kapsayan vergi avantajları yatırım teşvikleri kapsamında yer almaktadır. Bazı ülkelerde yatırım bedelinin %40'ına kadar sübvansiyon uygulanabilmektedir. Ancak vergi indirimi ve sübvansiyonlar kamu bütçesi kaynaklı olduğu için uzun vadede bu yük kamuya sıkıntı yaratabilmektedir.

2.6. Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Türkiye’de Uygulanan Teşvik Mekanizmaları

Türkiye’de yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesi amacıyla yasal çerçeveyi oluşturan destek mekanizması Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amacıyla Kullanımına Dair Kanun (5346 sayılı Kanun), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amacıyla Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (6094 sayılı Kanun) ile iyileştirilmiştir. Bu teşvik mekanizması yatırımcılara yenilenebilir enerji destek mekanizmasına (YEKDEM) dahil olma veya serbest elektrik piyasasına doğrudan satış yapma seçenekleri arasında tercih imkanı sağlamaktadır (Deloitte, 2014: 30).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerji adına yasal düzenleme gerekliliği kapsamında; 2005 yılından bu yana bu kaynakların kullanımını yaygınlaştırmak için mevzuat ve politika çalışmaları yürütülmektedir (Koç ve Hazman, 2017: 372). Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik sağlamak için ilk yasal düzenleme 2005 tarihinde yürürlüğe giren 5346 sayılı yenilenebilir enerji hakkındaki kanun olmakla birlikte, son 10 yıl içerisinde bu konuda birçok yasa yürürlüğe girmiştir (Tükenmez ve Demirelli, 2012:7).

Tarife garantisi etkinliği, elektriğin piyasa fiyatı ve tarife garantisinin değeri arasındaki farka göre değişim göstermektedir. İşletmelerin en önemli sorunu ürettiği mal ve hizmeti satabilmesidir. Bu yöntemde yatırımcıların öncelikle geleceğe yönelik riskleri azaltmaya çalışmalı ve fizibilite çalışmalarına önem vermelidir. Teşvik politikaları uygulanmaması durumunda üreticiler elektriği piyasa fiyatına bağlı olarak satacaktır. Tarife garantisinin en önemli avantajı bu belirsizliği ortadan kaldırarak üreticilere, ürettiği elektriği sabit fiyattan satma garantisi sunmaktır (Acar vd., 2015:14).

2.6.1. Sabit Fiyat Garantisi

Türkiye’de yenilenebilir enerjiye sağlanan teşvik sistemi tarife garantisidir. 2010 yılından itibaren tarife miktarlarının iyileştirilmesi ile yenilenebilir enerji yatırımları cazip hale gelmiştir. Ancak diğer OECD ülkeleri ile karşılaştırıldığında garanti miktarı az ve süre yetersizdir. Türkiye’de yenilenebilir enerji (YE) için özel bir vergi teşvik mekanizması bulunmamakta, YE de diğer yatırımlar gibi genel ve bölgesel teşvik mekanizmalarından yararlanmaktadır. Türkiye’nin ürettiği elektriğin $\frac{3}{4}$ ’ünü ithal ettiğini göz önüne alırsak YE için özel spesifik vergi ayrıcalıklarının sağlanması YE yatırımlarını arttırarak vergi kaybı kadar ekonomiye katkı sağlanacaktır. Türkiye’de hala YE için tek özel düzenleme biyodizelin ya da biyoetanolin %2’sinin ÖTV’den muaf tutulmasıdır (Çelikkaya, 2017: 19-20).

Türkiye’de sabit fiyat garantisi 5346 sayılı kanun ile 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. 2005 yılında 7 yıl olan destek süresi 2010 yılında çıkartılan bir kanun ile 10 yıla yükseltilmiştir. Uzun dönemli olan nitelendirilebilecek sabit fiyat garantisi teşvik mekanizması bazı ülkelerde 10-15 yıllık gibi ciddi bir sürece yayılabilmektedir. ABD\$ bazında belirlenmiş olan teşviktan, yalnızca yenilenebilir enerji kaynak belgesine sahip elektrik üretim lisansı sahipleri yalnızca ilk 10 yıl boyunca faydalanabilecektir. 31.12.2015 tarihinden öncesini kapsayan bu düzenleme 2015 yılı sonunda Bakanlar Kurulu kararıyla 2020 yılına kadar uzatılmıştır. Ayrıca sabit fiyat garantisine ilave, her enerji türü için farklı olacak şekilde yerli katkı ilavesi adı ile belirlenen teşvik miktarı sabit fiyat garantisine eklenecektir. Yerli katkı ilavesine destek süresi ise 5 yıl olarak belirlenmiştir.

Tablo 48: Türkiye’de Yenilenebilir Enerji İçin Uygulanan Sabit Fiyat Garantisi

Teknoloji	Teşvik (ABD cent/ kWh)
Rüzgar	7,3
Güneş	13,3
Hidroelektrik	7,3
Biyokütle	13,3
Jeotermal	10,5

Kaynak: Deloitte, 2014: 53.

Türkiye’de sabit fiyat garantisi alabilmek için uygulanan koşullar 6094 sayılı kanun ile değiştirilen 5346 sayılı kanununu 6. maddesinde açıklanmaktadır. 2011 yılı sonu itibariyle bu fiyat uygulaması işletmede 7 yılını doldurmamış olanlardan belirlenen fiyat uygulamasına göre satın alınmaktadır. Eğer aldıkları elektrik enerjisi miktarı belirtilen oran altında kalırsa bu orana ulaşmak için kalan gerekli miktarı, ikili anlaşmalar çerçevesinde Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatından yüksek olmamak şartıyla piyasa koşullarında satın alırlar.

Teknoloji bazında *rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerjinin* sabit alım fiyat garantisi ve yerli katkı Tablo 49 ve Tablo 50’de sunulmaktadır:

Hidrolik, rüzgar, PV güneş enerjisi, konsantre güneş enerjisi (CSP), biyokütle ve jeotermal enerji için farklı fiyatlar uygulanmaktadır.

Güneş enerjisi için de 2023 yılı için önemli bir hedef belirlenmiştir: 2023 yılı sonuna kadar yaklaşık 5.000 MW’lık kurulu güç kapasitesi hedeflenmektedir. Bununla birlikte, fotovoltaik (PV) teknolojisindeki gelişmeler sonucunda son yıllarda yatırım maliyeti düşmüştür. Bu sayede, Türkiye’de güneş ışınımının yüksekliği de düşünüldüğünde, orta vadede güneş enerjisi için PV teknolojisini teşvik etmek gerekmeyecektir.

Tablo 49: Rüzgar, Güneş PV, Güneş CSP Enerjisi Sabit Alım Garantisi ve Yerli Katkı İlavesi

Yurt içinde gerçekleşen imalat	Yerli katkı ilavesi (ABD Doları cent/ kWh)
Rüzgar Enerjisi	7,3
Kanat	0,8
Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
Türbin kulesi	0,6
Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik Aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
Güneş PV	13,3
PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
PV modülleri	1,3
PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
İnvertör	0,6
PV modülü üzerine güneş ışınımı odaklayan malzeme	0,5
Güneş CSP	13,3
Radyasyon toplama tüpü	2,4
Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
Güneş takip sistemi	0,6
Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
Kulede güneş ışınımı toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
Stirling motoru	1,3
Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6

Kaynak: ETKB, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014:54

Hidroelektrik ve jeotermal enerji için belirlenen mevcut sabit fiyat garantisi planı bu yatırımların uygulanabilirliği için uygundur.

Biyokütle enerjisi ülkede düşük bir yaygınlık düzeyine sahiptir ve gelişimi kısa vadede mevcut sabit fiyat garantisine ve teknoloji türüne bağlı olarak mevcut hammaddelerin uygulanabilir şekilde toplanabilmesine bağlıdır.

Tablo 50: Hidroelektrik, Jeotermal, Biyokütle Enerjisi Sabit Alım Garantisi ve Yerli Katkı İlavesi

Yurt içinde gerçekleşen imalat	Yerli katkı ilavesi (ABD Doları cent/ kWh)
Hidroelektrik	7,3
Türbin	1,3
Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
Jeotermal	10,5
Buhar veya gaz türbini	1,3
Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7
Biyokütle	13,3
Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
Buhar veya gaz türbini	2
İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
Kojenerasyon sistemi	0,4

Kaynak: ETKB, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014:54.

2.6.2. Lisanssız Üretim Hakkı

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Türkiye’de elektrik sektörü içinde faaliyet gösterebilmek için; üretim lisansı, otomatik üretim lisansı, otomatik üretim grup lisansı, iletim lisansı, dağıtım lisansı, toptan satış lisansı ve perakende satış lisansı vermektedir. Yenilenebilir enerji teşviki için bu kapsamda, lisans düzenleme otoriteleri toplam lisans ücretinin %1’ini ödeyecektir. Proje tamamlandıktan sonra 8 yıl sürecinde yıllık lisans ücreti ödemeyecektir. Kurulu kapasitesi 1 MW’yi bulan yapılar lisanssız üretim hakkı kazanmaktadır (Şimşek ve Şimşek, 2013:528).

Türkiye’de geçici kabulü gerçekleştirilen lisanssız elektrik üretim santrallerinin güçlerinin dağılımı şöyledir (Tutaşı, <https://tutasi.com/2015/01/11/35-lisanssiz-elektrik-uretim-raporu/>, 11.01.2015).

- 2014 Aralık Ayı itibariyle Türkiye’de geçici kabulü yapılan lisanssız enerji santrallerinin sayısı 113’tür.
- Bu 113 santral için toplam kurulu güç 48861,5 kWe’dir.
- En yüksek geçici kabul yapılan bölge 12078,6 kWe ile Toroslar Bölgesidir. Geçici kabulü yapılmamış 4 Bölge Aras, Çoruh, Trakya ve Yeşilırmak EDAŞ’tır.
- Balıkesir ilinde Uludağ Edaş bünyesinde Ser Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ye ait 250 kWe’lık Rüzgar Enerjisi tesisi Türkiye’de lisanssız rüzgâr sınıfındaki ilk geçici kabul niteliğinde rüzgar enerjisi santralidir.
- Lisanssız elektrik üretiminin üst sınırı olan 1 MW kapasitede kurulan santrallerin sayısı 7’dir ve bunların tamamı güneş enerjisine ayrılmıştır.
- Türkiye’de 30 ilde lisanssız elektrik üretim tesisinin geçici kabulü gerçekleşmiş, 51 ilde gerçekleşmemiştir. Geçici kabulü yapılmış santrallerin yoğun olarak bulunduğu iller sırayla İzmir, Kayseri, Ankara, Antalya, Konya’dır.

Yenilenebilir kaynakları teşvik etmek ve ekonomide aktif rol oynamasını sağlamak için geliştirilen teşvik sistemlerinin bir parçası olan lisanssız üretime yönelik ciddi miktarda talep artışı yaşamaktadır. Lisanssız üretimi daha yaygın hale getirmek için üreticiler daha fazla bilgilendirilmeli ve konuyla ilgili yasal kolaylıklar sağlanmalıdır (Bayraktar ve Kaya, 2016:448).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİNDE UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE TEŞVİKLER

Üçüncü bölümde ilk olarak diğer OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji gelişimi açıklanacaktır. Daha sonra her bir OECD ülkesi bakımından yenilenebilir enerji gelişimi, uygulanan politikalar ve teşvikler incelenecektir.

3.1. OECD Ülkeleri ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Gelişimi

OECD (Organization of Economic Cooperation and Development) demokratik yapılara ve piyasa ekonomisine sahip 34 ülkenin küreselleşmenin ekonomik, sosyal ve yönetim sorunlarını çözmek ve bu sürecin fırsatlarından faydalanmak üzere müştereken çalıştıkları bir örgüttür. 1948’de Marshall Planı uzantısı olarak kurulan örgüt 1961 yılında Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü olarak yeniden yapılandırılmıştır. 2010’da Estonya’nın da katılımı ile 34 üye ülkeye sahip olan örgütün Türkiye dahil 20 kurucu üyesi bulunmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, http://www.mfa.gov.tr/iktisadi-isbirligi_ve-gelisme-teskilati-oecd_tr.mfa, 11.11.2017).

Tablo 51’de OECD üyesi ülkeler ve katılım tarihleri listelendirilmektedir.

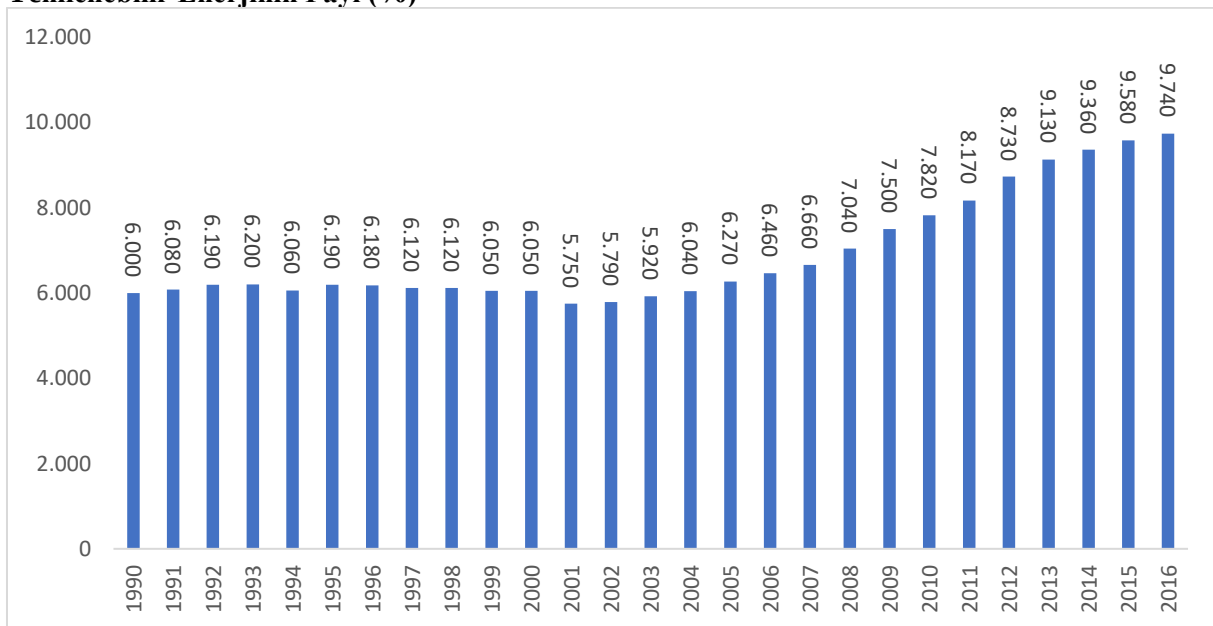
Tablo 51: OECD Ülkeleri

Türkiye	02 Ağustos 1961	Fransa	7 Ağustos 1961
İngiltere	02 Mayıs 1961	Lüksemburg	7 Aralık 1961
Kanada	10 Nisan 1961	İtalya	29 Mart 1962
A.B.D.	12 Nisan 1961	Japonya	28 April 1964
Hollanda	13 Kasım 1961	Finlandiya	28 Ocak 1969
Belçika	13 Eylül 1961	Avustralya	7 Haziran 1971
İrlanda	17 Ağustos 1961	Yeni Zelanda	29 Mayıs 1973
Almanya	27 Eylül 1961	Meksika	18 Mayıs 1994
Yunanistan	27 Eylül 1961	Çek Cumhuriyeti	21 Aralık 1995
İsveç	28 Eylül 1961	Macaristan	07 Mayıs 1996
İsviçre	28 Eylül 1961	Kore	12 Aralık 1996
Avusturya	29 Eylül 1961	Polonya	22 Kasım 1996
İspanya	3 Ağustos 1961	Şili	07 Mayıs 2010
Danimarka	30 Mayıs 1961	Slovak Cumhuriyeti	14 Aralık 2000
Portekiz	4 Ağustos 1961	Slovenya	21 Temmuz 2010
Norveç	4 Temmuz 1961	İsrail	7 Eylül 2010
İzlanda	5 Haziran 1961	Estonya	9 Aralık 2010

Kaynak: OECD, <http://www.oecd.org/about/membersandpartners/>, 09.10.2017.

Enerji politikalarını belirlerken giderek daha fazla sayıda hükümet, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmenin ve iklim değişikliğiyle mücadelenin önemini kabul etmektedir. Daha yüksek enerji kullanımı, yüksek sera gazı emisyonlarına ve bu gazların atmosferde daha yüksek yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Enerji portföyünü çeşitlendirirken sera gazı emisyonlarını azaltmanın bir yolu fosil yakıtların enerjisini yenilenebilir enerjilerle değiştirmektir. Veriler, OECD ülkelerinde ve gelişmekte olan ekonomilerde (Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Güney Afrika ve Rusya) toplam birincil enerji arzına yenilenebilir enerjilerin katkısına atıfta bulunmaktadır. Yenilenebilir enerjiler, hidrojenin birincil enerji eşdeğeri (pompalanan depolama hariç), jeotermal, güneş, rüzgar, gelgit ve dalga içermektedir. OECD ülkelerinde toplam yenilenebilir enerji arzı, 1971-2014 yılları arasında yılda ortalama %2,7 oranında büyümüştür. Hidrojende yıllık büyüme %1,1, jeotermal %4,9 ve biyoyakıtlar ve atıklar %2,9 gibi diğer yenilenebilir enerjilerden daha düşüktür. OECD bütün olarak, yenilenebilir enerjilerin enerji arzına katkısı 1971'de %4,8 iken 2014'te %9,2'ye yükselmiştir. Yenilenebilir enerjilerin katkısı ülkeye göre değişim göstermektedir. En üst seviyede, yenilenebilir enerji, İzlanda'daki enerji arzının %89,3'ünü, Norveç'te ise %43,5'ini temsil etmektedir. Japonya, Kore, Lüksemburg ve Hollanda yenilenebilir enerji arzına %5'den daha az katkı sağlamıştır. 2013'te enerji arzına yenilenebilir kaynaklar; Brezilya'da %40, Endonezya'da %34, Hindistan'da %26, Çin'de %11, Güney Afrika'da %11 ve Rusya'da %3 katkı oranı mevcuttur (OECD, 2016: 106).

Grafik 5: 1990-2016 Yılları Arasında OECD Ülkeleri Toplam Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerjinin Payı (%)



Kaynak: OECD Data, <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm>, 12.09.2017.

Grafik 5 incelendiğinde özellikle son 10 içerisinde OECD ülkelerinde toplam birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payı (%) ciddi oranda artış seyrindedir.

3.2. OECD Ülkelerinde Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Teşvikler

Dünya çapında yenilenebilir enerji kapasitesi ve üretim durumu incelendiğinde en iyi beş ülke kategorisinde OECD ülkeleri incelendiğinde; ABD'nin 2., Almanya'nın 4., Kanada'nın 5. sırada yer aldığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımları incelendiğinde ise; ABD 2., İngiltere 3., Japonya 4., Almanya ise 5. Sırada yer almaktadır (REN21, 2017: 25).

Çalışmanın bu bölümünde her bir OECD ülkesinin yenilenebilir enerji gelişimi güncel durum çerçevesinde ele alınacak, ülkelerin uyguladığı politika ve teşvikler açıklanacaktır. Ülkelerin sıralama ölçütü olarak yenilenebilir enerji kapasitesi ve yıllar itibariyle gelişimi baz alınmaktadır.

3.2.1. Almanya

Yenilenebilir enerji alanında dünyanın en önemli rol modeli ülkelerinden biri olan Almanya'da temel yenilenebilir kaynağı rüzgardır. Dünyadaki en yüksek güneş enerjisi kapasitesine sahiptir ve aynı zamanda rüzgar ve biyokütle kaynaklarına dayalı elektrik üretimini de giderek arttırmaktadır. Yenilenebilir kaynak teşviğine büyük derecede önem veren ülke, 1990'dan bu yana sabit fiyat garantisi uygulamaktadır. On-shore/off-shore (kara/deniz) rüzgar, fotovoltaik, biyokütle, hidro, çöp ve kanalizasyon gazı ile jeotermal için sabit fiyat garantileri uygulanmaktadır. Ayrıca DTA (Deutsche Ausgleichsbank) Çevre ve Enerji Verimliliği Programı ile büyük çapta sübvansiyonlu krediler de verilmektedir.

Almanya'da 2010 yılına kadar uygulanan sabit fiyat garantisi, Türkiye'deki YEK Destekleme Mekanizması bakımından benzer yapılara sahiptir. Bu uygulama tedarik şirketlere zorunlu yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik alımı getirmektedir. Ancak tedarik şirketleri bu elektrik enerjisinden ne kadar aldıklarını ve ne kadar ödeme yapmaları gerektiğini tahmin edememekte, fatura geldiği zaman öğrenebilmektedir. Birçok şirketin bu belirsiz durum sebebiyle zor durumda kalmasıyla 2010 yılı başı itibariyle bu uygulama tekrar düzenlenmiştir. Yeni düzenlemeye göre, sistem yöneticisi her dönem ne kadar miktar yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik enerjisi üretileceğini öngörmekte ve kendisi satın almaktadır. Daha sonra enerjinin tamamını fiyat bağımsız teklif ile Gün Öncesi Piyasası'na satmaktadır. Bu düzenleme ile tedarikçi şirketlerin yaşadığı sıkıntı ve belirsizlikler minimum düzeye indirilmiştir.

Almanya ayrıca 2009'da Yenilenebilir Enerji Isı Kanunu'nu yürürlüğe sokmuştur. Bu yasa ile birlikte Almanya, bina sahiplerine bina ısıtmasında yenilenebilir enerji kullanma zorunluluğu getirmiştir. Aynı zamanda bu teknolojilerin kullanımı aşamasında maddi destek sağlamıştır. Kombine Isı ve Güç Yasası tesis işleticisine 30 bin tam kapasite çalışma saati için alım garantisi ve bu tür yatırımlar için finansal teşvik sağlamaktadır. Yenilenebilir Enerji Yasası (EEG) sayesinde son yirmi senedir düzenli bir artış sergileyen Almanya, 2017 yılı ile birlikte güneşli ve rüzgarlı günlerde elektrik enerjisinin % 85'ini yenilenebilir kaynaklardan elde etmiştir.

Yenilenebilir elektrik sektöründe anahtar destek aracı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu'dur. Almanya'nın istikrarlı sabit fiyat tarifeleri rejimi (20 yıllık bir süre garantilidir), proje finansman risklerini azaltmaya yardımcı olmakta ve potansiyel olarak kurumsal yatırımcılar için girişleri cazip hale getirmektedir (IEA, 2013b: 114).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Almanya'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Isı zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları.
- Mali Teşvikler: Yatırım veya üretim vergi kredileri; Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye destekleri veya indirimler, Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler; Enerji üretim ödemeleridir.

3.2.2. Norveç

Norveç, sertifika ticareti planını içeren bir kota sistemi aracılığıyla yenilenebilir enerjiyi teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerjinin kullanımı için temel teşvik, kota yükümlülükleri ve bir sertifika ticaret sistemi açısından bir kota sistemidir. Elektrik Sertifikaları Yasası, elektrik tedarikçilerini ve bazı elektrik tüketicilerini, kendilerinin sağladığı elektriğin belli bir kotasının yenilenebilir kaynaklardan üretildiğini ispatlamasını zorunlu kılar. Bu kanıt, yenilenebilir enerji üreticilerine tahsis edilen ticarete açık sertifikalar vasıtasıyla sağlanacaktır. İsveç ve Norveç 1 Ocak 2012'de ortak bir elektrik sertifikası pazarını tanıtmıştır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/norway/>, 12.06.2017).

Yenilenebilir enerji toplam enerji tüketiminin üçte ikisini oluşturmakta ve bu pay artmaktadır. Norveç AB'nin yenilenebilir enerji direktifi uyarınca 2020 hedefine ulaşmak zorundadır. Yenilenebilir enerjinin bu yüksek payı, Norveç'i lider düşük karbonlu ülke kategorisine dahil etmektedir. Enerji üretiminin %96-98'i yenilenebilir kaynaklardan sağlandığından ve ısıtma sistemleri çoğunlukla elektrik enerjisidir, yeni yenilenebilir enerjide

daha fazla artış potansiyeli ağırlıklı olarak ulaştırma ve sanayi sektörlerinde mevcuttur. 2009/28 / EC Avrupa Birliği Direktifi uyarınca, Avrupa Birliğinin üye ülkeleri, 2020 yenilenebilir enerji hedeflerini karşılamalarını sağlayacak olan yolu açıklayan ulusal yenilenebilir eylem planlarını hazırlamak ve Avrupa Komisyonuna sunmakla yükümlüdürler. Direktif uyarınca gerektiği şekilde ölçülürse Norveç'in brüt nihai enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji payı, 2004'te %58, 2010'da %61, 2014'te %69'a yükselmiştir. Norveç, ulusal eylem planını Haziran 2012'de sunmuştur. Norveç'in 2020 yenilenebilir enerji hedefleri ise şöyledir (IEA, 2017e: 130):

- Genel olarak brüt nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payını %67,5 oranına yükseltmek.
- Enerji talebinin %10'unu yenilenebilir kaynaklardan sağlamak.

Norveç'in uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Elektrik hizmeti kullanımı kota yükümlülüğü, Ulaşım zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu Yatırımları, krediler, hibeler, sermaye, sübvansiyonlar veya indirimler, İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.3. İsveç

Elektriğin büyük bölümü yenilenebilir kaynaklarla üretilmekte ve Avrupa ülkeleri arasında Norveç ve Almanya'dan sonra 3. ülke konumundadır. Önceki dönemlerde düşük olan rüzgar enerjisine dayalı elektrik üretimi 2007 yılından bu yana artış göstermeye başlamıştır. 2003 yılından bu yana yeşil sertifika mekanizması uygulanmaktadır. 2007 yılında uygulamaya alınan "The Renewable Energy with Green Certificates Bill" mekanizması ile kota zorunluluğu tüketicilerden tedarikçilere geçmiştir. 2009 yılından bu yana ise prim garantisi geliştirmeye yönelik adımlar atılmaktadır. İsveç Krallığı, kota sistemi, vergi düzenleme mekanizmaları ve sübvansiyon projesi yoluyla yenilenebilir elektriği teşvik etmektedir. İsveç'te, yenilenebilir ısıtmayı desteklemek için uygulanan vergi muafiyetleri temel teşviklerdendir (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/>, 12.12.2017).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporuna göre İsveç'in yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Sabit fiyat garantisi, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları, Elektrik hizmeti kota yükümlülüğü.
- Mali Teşvikler: Yatırım veya üretim vergi kredileri.

3.2.4. İspanya

Rüzgar enerjisine dayalı elektrik üretiminde dünyada 3. sırada yer alan İspanya yenilenebilir enerji üretimi uygulamasında en iyi örneklerden biridir. Ülkede 1994 yılından beri sabit fiyat garantisi uygulanmaktadır. 2006'da getirilen yeni Teknik Yapı Yönetmeliği ile biyokütle, biyogaz, solar ısı elektrik destekleri arttırılmıştır. 2007 yılında ise tavan ve taban fiyat bazlı sabit prim uygulamasına geçilmiştir. Bu yeni sistem, elektrik fiyatındaki değişimleri saatlik olarak takip etme imkanı sağlamıştır. Elektrik fiyatı arttığında prim miktarı azaltılmakta, elektrik fiyatında düşüş olduğunda prim miktarı arttırılmaktadır. Elektrik fiyatı garanti edilen ödeme miktarı üzerine çıktığında ise prim miktarı sıfırlanmaktadır.

İspanya'da güneş enerjisine bağlı elektrik üretiminin çok hızlı şekilde artış göstermesi ve buna paralel olarak hedeflenenin üzerinde güneş santralinin devreye girmesiyle avantaj olarak düşünülen teşvikler ülke ekonomisini zarara uğratmıştır.

İspanya'da ana destek programı 2011 yılı sonuna kadar faaliyete geçmiş ve 2012 yılının başında askıya alınmıştır. Haziran 2014'te yeni bir destek programı (Régimen Retributivo Específico) kurulmuştur. Amaç, ana kara elektrik sisteminde bulunan yeni yenilenebilir enerji santralleri için belirli bir ücretlendirme rejimi uygulamaktır. Yönlendirilen özel ücretlendirme rejiminin tahsisine, Ekim 2017'den itibaren başlanmıştır. Güneş enerjisi ve ulaşımda biyoyakıtlar için bir vergi kredisi; ayrıca biyoyakıtlar için bir kota sistemi mevcuttur (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/en/search-by-country/spain/>, 12.12.2017).

İspanya'nın yenilenebilir enerji politikası AB 2020 hedefleriyle uyumludur. 2020 yılı için, nihai enerji tüketiminin %20'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından temin etme hedefi bulunmaktadır. İspanya'nın 2020 yılındaki yenilenebilir enerji hedefleri, bunları karşılama politikaları ve önlemleri ilk olarak 2010 yılında yayınlanan ve 2011'de revize edilen Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı 2011-2020'de (NREAP) düzenlenmiştir. İspanya, 2020 hedefini karşılamaya yardımcı olmak için iş birliği mekanizmalarına başvurabilir (IEA, 2015: 128).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre İspanya'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Isı zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları.
- Mali Teşvikler: Yatırım veya üretim Vergi kredileri; Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye destekleri veya indirimler, Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler; Enerji üretim ödemeleridir.

3.2.5. Danimarka

Ülke, bulunduğu coğrafi koşullar sebebiyle rüzgar enerjisi bakımından gelişmiştir. Temel yenilenebilir kaynakları rüzgar ve biyokütle olan ülke, hidro ve nükleer kaynaklarından yoksundur. Dünya elektrik üretimi dikkate alındığında rüzgar enerjisinin ağırlığının en fazla olduğu ülkedir. Off-shore (deniz) rüzgar santrali kapasitesi bakımından dünyada İngiltere'den sonra 2. sırada yer almaktadır. 1993 yılından bu yana sabit fiyat garantisi uygulanma konusunda en iyi uygulama örneği olarak Danimarka kabul edilmektedir. Rüzgar için sabit fiyat ve prim garantisi, katı biyokütle ve biyogaz için sabit tarife garantisi uygulamaktadır. Ayrıca off-shore (deniz) rüzgar santralleri için ihale sistemi bulunmaktadır. Yerli yenilenebilir üreticilere verilen teşvik ve destekler sayesinde, Danimarkalı şirketler dünya rüzgar türbinleri üretiminin neredeyse yarısına sahiptir.

Danimarka'da yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, esas olarak bir prim tarifesine ve net ölçme yoluyla yükseltilmektedir. Açık deniz rüzgar parkları için prim tarifesine ihale yoluyla verilir. Isıtma için yenilenebilir enerji kaynakları, enerji kaynaklarının üretimi, tedariki ve kullanımı ile ilgili vergi yükümlülüklerinden muaftır. Isıtma için biyogaz kullanımı doğrudan tarife ile desteklenmektedir. Taşımada yenilenebilir enerji kullanımının temel teşviği kota sistemidir. Nakliye amacıyla biyogaz satışı doğrudan tarife ile desteklenmektedir. RES tesisatlarının geliştirilmesi, kurulumu ve kullanımı için çeşitli politikalar mevcuttur (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/denmark/>, 27.12.2017).

2016 yılında IEA ülkelerinde elektrik üretimi için en yüksek rüzgar enerjisi payı olan ülke Danimarka'dır. Son on yılda ülke, elektrik ihtiyacının neredeyse 2/3'ünü yenilenebilir kaynaklardan temin etmiştir. 2020 yılına kadar, ülkenin nihai enerji tüketiminin %40'ının YE kaynakları üzerinden karşılamayı hedeflemektedir (IEA, 2017c: 150). REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Danimarka'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Net ölçüm, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları.
- Mali Teşvikler: Yatırım veya üretim vergi kredileri; Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye destekleri veya indirimler, Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler; Enerji üretim ödemeleridir.

3.2.6. İsviçre

İsviçre bol miktarda yenilenebilir enerji kaynağına sahiptir ve elektrik enerjisinin yarısından fazlasını hidro enerjiden üretmektedir. 2050'de enerji tüketiminin artacağı yönünde

beklenti yenilenebilir enerji gelişimini ve nükleer enerjiyi aşamalı olarak devre dışı bırakma kararını tetiklemiştir.

İsviçre'de, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile üretilen elektriğin üretimi tarife vergisi yoluyla yükseltilmektedir. Yenilenebilir enerji santrallerinin şebekeye erişimi genel enerji mevzuatına tabidir. Yenilenebilir enerji kaynaklı elektriklere öncelik bağlantısı verilmemektedir. 1 Mayıs 2008'den bu yana Enerji Yasası'nın kabulü ile, üreticilere yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği 25 yıla kadar bir süre için tarifeli vergilendirmektedir. Fonlama miktarı, kullanılan teknolojiye ve kurulu tesis kapasitesine göre değişmektedir (RES Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/switzerland/>, 14.11.2017).

2008 Elektrik Arzı Kanunu, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin 2030 yılına kadar 5,4 TWh artması gerektiğini öngörmektedir. İsviçre kanuni olarak yenilenebilir enerjinin diğer formlarının hacmi konusunda bağlayıcı nitelikte değildir ve yenilenebilir enerjinin payı için hedefleri yoktur. Bununla birlikte, 2007 Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payını 2020 yılına kadar %16'dan %24'e çıkarmaya yönelik gösterge niteliğinde bir hedef gösterilmektedir. 2050 Enerji Stratejisi, uzun vadede, elektrik üretimini 2050 yılına kadar 22,6 TWh arttırılacağı hedeflenmiştir (IEA, 2012b: 74).

İsviçre'nin uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Tarife garantisi/ Prim ödemesi, Isı zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı İndirim, Satış, Enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.7. Portekiz

Yenilenebilir enerji alanında son on yılda güçlü bir ilerleme kaydeden Portekiz, rüzgar ve mikro üretim gibi yenilenebilir enerji kaynakları (RES) kullanımında Avrupa'nın liderlerinden biri haline gelmiştir. Bilgi ve teknolojisini ihraç etme potansiyeline sahip olan ülke, yenilenebilir enerjileri uygulama alanında lider bir ülke konumundadır (IEA, 2016b: 63).

Portekiz'de, mevcut tesislerdeki yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik KDV tarifesi ile yükseltilmektedir. Ülkenin şu anda doğrudan destek mekanizması yoktur; biyoyakıt kota sistemi ve küçük biyoyakıt üreticilerine (PPD) vergi muafiyeti gibi dolaylı teşvikleri mevcuttur (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/portugal/> , 02.11.2017).

Portekiz yenilenebilir enerji kullanımı konusunda bir ilke imza atarak 7-11 Mayıs 2016 tarihleri arasında sadece güneş, rüzgar ve hidroelektrik santrallerinde üretilen enerjiyi

kullanmıştır. Sıfır emisyonla bir dönüm noktasına imza atan Portekiz 107 saat boyunca sadece yenilenebilir enerjiyi kullanarak enerji ihtiyacını karşılamıştır (IEA, 2016b: 65).

Ülkenin yenilenebilir enerji politikası AB 2020 hedefleriyle uyumludur. Bu bağlamda Portekiz'in, yenilenebilir enerji için 2020'ye kadar brüt nihai enerji tüketiminin %31'ine eşit bir bağlayıcı ulusal hedefi vardır. Ayrıca 2020'de ulaşım yakıt talebinin %10'unu yenilenebilir enerjiden karşılama hedefi de mevcuttur. Genel olarak, yenilenebilir enerji kaynakları için destek mekanizmaları, gümrük tarifeleri sistemleri, vergi avantajları ve az miktarda yatırım sübvansiyonlarına dayanmaktadır. Yenilenebilir elektriğin artırılması için başlıca araç, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen, vergiden muaf bir tarifiedir. 2012 yılında başlatılan ilk önlem paketinde, rüzgar enerjisi üretimi ve küçük hidro, gümrük vergileri ve ortak üretim için şartlar üzerine sabit fiyat tarifeleri üzerinde duruldu. İlk önlem paketi ile ilgili tasarrufların 2020'ye kadar 2 milyar avro olması öngörülmektedir. 2014 yılında Avrupa Komisyonu, 2020 yılına kadar tarife borcunu ortadan kaldırmak için uygulanan kira azaltma önlemlerinin ve sistemin sürdürülebilirliğini sağlamak için yetersiz kaldıkları sonucuna ulaşmıştır. Buna karşılık, enerji sektöründe kalan fazla kiralardan üstesinden gelmek, sektörün rekabet gücünü artırmak ve ekonomik fazlalığın farklı paydaşlar arasında daha dengeli dağılımını sağlamak için üçüncü bir önlem paketi sunulmuştur (IEA, 2016b: 70).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Portekiz'in yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Tarife garantisi, Prim ödemesi, Elektrik şirketi kota zorunluluğu, Isıtma zorunluluğu/direktif, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatları.
- Uygulanan mali teşvikler ise; Satış indirimi, KDV veya diğer vergiler, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimlerdir.

3.2.8. Avusturya

Avusturya, 28 AB üyesi ülke arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından dördüncü sırada yer almaktadır. Eurostat Raporu'na göre, Avusturya enerji ihtiyacının %32.6'lık oranı yenilenebilir enerjiden sağlamaktadır. Avusturya'nın enerji politikası, ekonomik büyümeyi, çevreyi korumayı ve enerji arzının dengeli şekilde dağılımını desteklemektedir. Arz güvenliği üzerine odaklanma petrolden doğal gazla, daha yakın zamanda ise elektriğe doğru genişlemektedir. Avusturya AB 2030 Enerji ve İklim paketi üzerinde enerji politikasının üç direğini baz almaktadır; rekabet edilebilirlik, hedeflerin sürdürülebilirliği ve

arz güvenliği. Ayrıca brüt nihai tüketim içerisinde yenilenebilir enerji payını arttırmak ve iç pazarları genişletmek bağlayıcı hedefler arasındadır (IEA, 2014a: 9).

Avusturya'nın yenilenebilir politikalarının odak noktası, hidroelektrik (pompa depolama dahil), rüzgar enerjisi, biyokütle ve fotovoltaiktir. AB Yenilenebilir Enerji Direktifi uyarınca Avusturya, 2005 temel yılındaki brüt nihai tüketim içindeki yenilenebilir enerji payını %23,3'den, 2020'de %34'e kadar arttırmakla yükümlüdür. Direktif, üye ülkeleri Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (NREAP) geliştirmeye zorlamaktadır. Avusturya NREAP, 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji payının %34'lük kısmının karşılanmasında iki temel koşulu baz almaktadır (IEA, 2014a: 100):

- Etkinlik senaryosunun başarılması için nihai enerji tüketiminin %13 oranında azaltılması gerekmektedir.
- Yenilenebilir enerji hacmi, 2008 yılına göre 2020 yılına kadar %18 oranında artırılmalıdır.

Avusturya'da, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrasyon bir katma fiyat tarifi ile desteklenmektedir. Verimli tarife için uygunluk süresi geçtikten sonra, belirli kriterler yerine getirilirse biyogaz tesisleri bir sonraki tarife için hak kazanır. Dahası, binalarda ve küçük veya orta büyüklükteki hidroelektrik santrallerindeki PV tesisatlarının inşası, sübvansiyonlarla desteklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ısıtma ve soğutma hem devlet seviyesinde hem de federal eyalet düzeyinde "Eyalet" farklı teşvik programları ile desteklenmektedir. Federal seviyedeki ana şema "Ulusal Çevre Teşviki"dir. Taşımada kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları için bir kota sistemi geçerlidir. RES girişimcileri için farklı kurumlar tarafından sunulan çeşitli uzmanlık programları, sayısız kalite standardı, kamu otoritelerinin örnek rolünü belirleyen anlaşma ve yenilenebilir ısıtmanın kullanılması için bir bina zorunluluğu vardır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/austria/>, 02.12.2017).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Avusturya'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Sabit fiyat garantisi, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları.
- Mali teşvikler ise; Yatırım veya üretim vergi kredileri, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimlerdir.

3.2.9. Avustralya

Avustralya yenilenebilir enerji üretiminde en iyi 4 ülke kategorisinde, rüzgar ve güneş enerjisinde 3. sırada yer almıştır. Avustralya, elektrik enerjisini, yüksek bir oranda yenilenebilir kaynaklardan üretme potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarımız, potansiyel olarak şu anda kullandığımız elektrik miktarının 500 katını bulma kapasitesine sahiptir. Fakat Avustralya, yenilenebilir elektrik üretiminde en düşük seviyelerinden birine sahiptir. Hidrojen ve rüzgar şu anda Avustralya'da yenilenebilir elektrik üretimine hakim olsa da, 2030'da güneş enerjisi, Avustralya'daki yenilenebilir elektriğin ana jeneratörü olması beklenmektedir. Avustralya, ev güneş PV'sinde dünya lideri konumundadır. Yüksek perakende elektrik fiyatları, rekabetçi fiyatlara sahip güneş paneli ve devlet teşvikleri, 1.5 milyondan fazla Avustralya hane halkının güneş PV panelleri kurmasına neden olmuştur (Climate Council, 2016: 14).

Tablo 52: Avustralya İklim Politikasının Temel Bileşenleri Özet Tablosu

Politika	Açıklama	Elektrik üretimiyle ilişkisi
YE Hedefi	Yenilenebilir Enerji İçin Küçük ve Büyük Sınır	Büyük ölçekli yenilenebilir enerji hedef 2020 yılına kadar 33.000 GWh olarak belirlendi. Mali teşvikler, hane halklarında, iş yerlerinde ve topluluklarda küçük ölçekli projeleri teşvik etmek için kullanılır.
Emisyon Azaltma Fonu	Kamu ve İşletmeler İçin Destekler	Program, elektrik sektörü için esas olarak elektrik verimliliği ile ilgili spesifik belirleyiciler de dahil olmak üzere tüm sektörlerde emisyon azaltımına katkıda bulunmak için tasarlandı.
Temiz Enerji Finans Kurumu	CEFC, emisyonları azaltmak amacıyla kurum ve işletmelere finansman sağlamak için kurulan bir hükümet organıdır.	CEFC, yenilenebilir enerji projeleri, enerji verimliliği projeleri ve düşük emisyon teknolojisi dahil bir dizi enerji sektörü projesine fon sağlamaktadır.
Ulusal Enerji Verimliliği Planı	Bu plan, 2015-2030 yılları arasında Avustralya'nın enerji verimliliğinin %40 oranında artırmak için hükümet tarafından yönetilen bir stratejidir.	NEPP, enerji maliyetlerini yönetmede onlara destek vererek enerji hizmeti sağlayıcılarını desteklemek üzere tasarlanmıştır.
Avustralya Yenilenebilir Enerji Ajansı	ARENA, Avustralya hükümeti için yenilenebilir kaynaklara yatırım planı enerji projeleri geliştirme ve yönetmeden sorumlu yasal makamdır.	Bu otoritenin temel amacı, yenilenebilir enerji ve arzın artmasını teşvik etmek ve verimli bir şekilde pazardaki rekabet gücünü artırmak.

Kaynak: Climate Council, 2016: 47.

Avustralya'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Net ölçüm, Elektrik hizmeti kota yükümlülüğü, Isı zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye, sübvansiyonlar veya indirimler.

3.2.10. Amerika Birleşik Devletleri

Hiçbir ulusal yenilenebilir enerji hedefine sahip olmayan Amerika Birleşik Devletleri'ndeki politika ortamı yenilenebilir enerjiyi geniş ölçüde desteklemektedir. 2009 dönemi başında, hükümet 2008 yılından itibaren rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklardan yenilenebilir elektriği ikiye katlama hedefini 2013'te başarmış ve 2020'ye kadar rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklardan elektrik üretimini iki katına çıkarma hedefini ilan etmiştir. Açık bir federal destek mekanizmasının yokluğunda, yenilenebilir enerji sertifikaları / kredileri, devlet düzeyinde net enerji ölçme politikaları ve federal üretim veya maddi teşvikler de dahil olmak birçok mekanizmayı yenilenebilir enerji dağıtımının temel itici gücü kullanmıştır (IEA, 2014d: 116).

Ülkenin en yaygın finansal teşvik mekanizması Federal Yenilenebilir Enerji Üretim Vergi Kredisidir (PTC)'dir. PTC, nitelikli yenilenebilir enerji kaynakları veya teknolojilerinden üretilen elektrik için, kilovat saat başına enflasyona göre ayarlanmış bir vergi kredisidir. Hak kazanan projeler, istisnalar dışında on yılda üretilen elektriğe enflasyona göre düzeltilmiş vergi kredisini alabilir. PTC'yi düzenleyen kurallar, kaynak ve tesis türüne göre değişir. Çeşitli zamanlarda, yenilenebilir enerjinin çeşitli biçimleri bu krediye uygun hale gelmiştir (IEA, 2014d: 117).

Federal Yenilenebilir Enerji Yatırım Vergi Kredisidir (ITC): ITC, bir diğer yenilenebilir enerji teşviğidir. PTC'yi almaya uygun ekipman (mülk) ve güneş enerjisi ve jeotermal kaynaklar, nitelikli yakıt hücresi enerji santralleri, sabit mikro türbinli santraller, jeotermal ısı pompaları, küçük elektrik enerjisi üreten tesisler için yatırım vergi kredisini alınabilir rüzgar santralleri, kombine ısı ve enerji santralleri bu kredi kapsamındadır. Konut Yenilenebilir Enerji Vergi Kredisidir (RTC) ise; güneş enerjisi sistemleri, güneş enerjili su ısıtıcıları, küçük rüzgar enerjisi tesisleri, jeotermal ısı pompaları ve nitelikli yakıt hücresi enerji santralleri gibi konut enerjisi mülkleri için kişisel bir vergi kredisini sunmaktadır (IEA, 2014d: 118).

Ülke düzeyinde net ölçme ve yenilenebilir portföy standartlarıyla birlikte çalışan federal yatırım vergisi kredileri, güneş enerjisi sektöründeki işlerin büyümesinin sürdürülmesine yardımcı olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde yenilenebilir enerji işleri %6 civarında artarken, petrol ve gaz çıkarma (destek faaliyetleri) %18 oranında azalmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde etanol ve biyodizel üretimindeki artışa rağmen istihdam %2 oranında azalmıştır. Rüzgar istihdamı ise %20 oranında artış göstermiştir. Rüzgar ve güneş enerjisiyle büyüyen ABD'de yenilenebilir enerji istihdamı, 2015 yılında %76 oranında artarak 769.000 iş gücüne ulaşmıştır. Güneş istihdamı, hızlı genişlemesini sürdürmüş ve 2015'te 209.000'e ulaşarak

neredeyse %22 oranında büyümüştür (IRENA, 2016: 13).

ABD'nin uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Sabit Fiyat/ Prim Ödemesi, Net Ölçüm, Isı Zorunluluğu, Alıp Satılabilir Yenilenebilir Enerji Ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye, Sübvansiyonlar veya İndirimler.

3.2.11. Şili

Şili, çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları için muazzam bir potansiyele sahiptir. Dünyanın en yüksek alanı olan Şili'nin Kuzeydeki Atacama Çölü, günde m² başına 9 kilovat saatten (kWh) daha fazla direkt normal ışıma değerine sahiptir. Aşırı güneyde Arjantin ile birlikte dünyanın en iyi rüzgar kaynağına sahiptir. Aynı zamanda hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, atık-enerji ve okyanus enerjisi için önemli bir potansiyele sahiptir. Tarihsel olarak, biyokütle en büyük yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi kaynakların ülkeye ekonomik ve sosyal faydalar getirmesi beklenmektedir. Şili'de yenilenebilir enerji önemlidir. Geçen on yıllar boyunca, yenilenebilir enerji toplam birincil enerji arzının yaklaşık %25-35'ini oluşturmuştur (IEA, 2018: 141).

Şili 2006 yılında 355 MW kurulu kapasite ile toplam enerji üretiminden %1 pay alan yenilenebilir enerji üretiminin 2017 yılı itibarıyla, toplam enerji üretimi içindeki payı %14.7'ye ulaşmıştır. Şili Yenilenebilir Enerji Birliği tarafından yapılan açıklamada, 2024 yılı itibarıyla, yenilenebilir enerjinin %43'ünün güneş ışığını elektriğe dönüştüren fotovoltaik paneller yoluyla sağlanacağı belirtilmiştir. Şili Enerji Bakanlığı, 2025 yılı itibarıyla geleneksel olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının toplam enerji tüketimindeki payını %10'dan %20'ye çıkarmayı hedeflemektedir (Ekonomi Bakanlığı, <https://www.ekonomi.gov.tr>, 20.04.2017).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Şili'nin yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Elektrik şirketi kota zorunluluğu / Yenilenebilir Enerji Portföyü Standartları, Net ölçüm, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvikler ise; Satış, enerji, KDV veya diğer vergilerde indirimler, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimlerdir.

3.2.12. Kanada

Kanada, işletmeler ve ailelere düşük fiyatlı elektrik tedarikini sağlayabilen yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle hidro ve rüzgar enerjisi ile donatılmıştır. 2009 yılından bu yana, hidroelektrik enerji, üretimde kullanılan yenilenebilir enerjinin aslan payını oluşturan baskın yenilenebilir enerji kaynağı olmaya devam ederken, rüzgar ve güneş enerjisi ile biyoyakıtlar sürekli büyüme göstermiştir. 2009-2013 boyunca rüzgar enerjisi, en etkileyici büyümeyi görmüş ve kapasitesini 2014 yılında 7.8 GW'a çıkarırken 3.3 GW'lık düşük seviyelerden kurtulmuş; güneş enerjisi PV'si 95 MW'dan 1.21 GW'a yükselmiştir. 2014 yılında Kanada, 8 milyar USD ile yenilenebilir enerji yatırımları açısından dünyada 6. sırada yer almıştır.

Federal hükümet, programlar ve politikalar karışımı, vergi teşvikleri, çevre düzenlemeleri ve bazı fonlama programları ve kredi garantileri ile yenilenebilir enerji yatırımlarıyla nispi ekonomisini geliştirmeyi hedeflemektedir.

Tablo 53: Yenilenebilir Enerji Politikaları Ve Girişimleri İl ve Bölgesel Örnekler

İl/Bölge	Yenilenebilir Enerji Politikası ve Önlemleri
Alberta	- Mikro üretim için net faturalandırma - Alberta Karbon Ofset Programı: Ofsetler yenilenebilir enerji üreticilerine MWh başına yaklaşık 0,6 ton oranında verilir ve ton başına 10 ila 14 CAD tutarında bir değere sahiptir. - Yenilenebilir enerji projelerinin finansmanı: İklim Değişikliği ve Emisyon Yönetimi Fonu; Alberta Yenilikler, Enerji ve Çevre Çözümleri; Alberta'nın Biyoenerji Programları (2011-2016).
Britanya Kolumbiyası	- Elektrik enerjisi karışımında %93'lük temiz enerji hedefiyle Temiz Enerji Yasası (2010) - Hidro'nun 15 MW'a kadar temiz enerji kaynakları için Daimî Teklif Programı - Hidro'nun Temiz Enerji Görüşmeleri (2006, 2008); Biyoenerji Çağruları ((2008, 2010) ve Topluluk Temelli Biyokütle Güç Araması (2010). - Net Ölçüm Programı (100 kW'a kadar) - Tüm yeni elektrik üretim projeleri sıfır net sera gazı emisyonuna sahip olacak
Northwest Territories	- Hidrojen, biyokütle ve güneş enerjisi stratejileri - Yenilenebilir Enerji Fonu, yenilenebilir enerji üretimini desteklemektedir.
Nunavut	- Ikumatiit bölgesel enerji stratejisi (2007), alternatif enerji kaynakları ve enerjinin verimli kullanılması üzerine odaklanmaktadır.
Prince Edward Island	- 2010 yılından bu yana, yükü değiştiren kamu hizmetleri için %15'lik bir yasal RPS uygulanmıştır.
Saskatchewan	- Saskatchewan Power Corporation (SaskPower), 2017 yılına kadar toplam enerji üretim kapasitesinin %9'una kadar rüzgar enerjisi kapasitesini ikiye katlamak için ticari bir hedefi vardır. - SaskPower, teklif taleplerini takiben projeleri ödüllendirir. - Küçük üreticiler için net ölçme.
Yukon	- Yukon Enerji Stratejisi yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmektedir.

Kaynak: IEA, 2017g: 220-221.

Kanada'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Net ölçüm, Ulaşım zorunluluğu, Elektrik hizmeti kota yükümlülüğüdür.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Yatırım veya üretim vergi kredileri, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye, sübvansiyonlar veya indirimler, İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.13. İrlanda

İrlanda 2020 ve sonrasında da enerji arzının büyüyen bir bileşeni olacak mükemmel yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Yenilenebilir enerji hayati bir rol oynamakta, İrlanda'nın ithal edilen yakıtlara bağımlılığını azaltarak enerji güvenliğini arttırmaktadır. Yenilenebilir Enerji Yönergesi uyarınca İrlanda, 2020 yılına kadar tüketilen tüm enerjinin en az %16'sını yenilenebilir kaynaklardan üretmeyi taahhüt etmektedir. Bu, yenilenebilir elektriğe %40, yenilenebilir ısıdan %12 ve yenilenebilir nakliye sektöründen %10 oranında karşılanacaktır. 2020'ye kadar yenilenebilir kaynaklardan tüketilen elektriğin %40'ına sahip olma hedefi dünyadaki en zorlu konulardan biridir.

İrlanda'nın dünyanın önde gelen yatırım fonu cazibe merkezlerinden biri olmasının yanı sıra ülkenin yeşil varlık yönetiminde de küresel bir merkez olması ülkeyi özellikle bu sektörde daha da cazip hale getirmektedir. Pek çok İrlandalı şirket yenilenebilir ve sürdürülebilir projeleri ve ilgili teknolojileri küresel ölçekte yıllardır başarıyla geliştirmiştir. Bu sayede İrlanda, yeşil yatırımları desteklemek için gereken uzmanlığa sahip benzersiz bir yetenek havuzu oluşturmayı başarmıştır. Bu iki unsur da İrlanda'yı ayrı bir yere koymaktadır.

İrlanda'da, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, 31 Aralık 2015 tarihine kadar ağırlıklı olarak bir tarife planı (REFIT) ile teşvik edilmiştir. Hala yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için mevcut bir destek planı bulunmamaktadır. Elektrik ve hibrid elektrikli araçların satın alınmasına yönelik olarak bir sübvansiyon ve iki vergi düzenleme mekanizması bulunurken nakliye yenilenebilir enerji kullanımı için teşvik, bir kota sistemiyle sağlanmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/ireland/>, 02.11.2017).

Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi, hükümetin genel enerji politikasının merkezinde yer almaktadır. İrlanda'nın yenilenebilir enerji hedefleri ve ilgili ulusal hedefler, Avrupa Birliği'nin Yenilenebilir Enerji Direktifi kapsamında enerji politikası hedefleri ile uyumludur. Hükümet Mayıs 2012'de yenilenebilir enerjiye olan bağlılığı güçlendiren bir Yenilenebilir

Enerji Stratejisi'ni yayınlamış ve iç pazarda ve ihracatta yenilenebilir enerji geliştirmek için somut adımlar atmıştır (IEA, 2012a: 90).

Yenilenebilir Enerji Tarife Garantisi (REFIT) programı bulunmaktadır. REFIT 2 programı kıyıdaki rüzgar tesislerine, küçük hidro enerji tesislerine ve çöp gazı tesislerine yöneliktir. 2015 yılı fiyatları REFIT 2 kapsamında şöyledir:

Tablo 54: İrlanda'nın Yenilenebilir Enerji Tarife Garantisi

Kategori	Fiyat
Kıyadaki rüzgar enerjisi tesisi (> 5 MW)	69,72 Euro/MWh
Kıyadaki rüzgar enerjisi tesisi (5 MW veya daha az)	72,167 Euro/MWh
Hidroenerji tesisi (5 MW veya daha az)	88,068 Euro/MWh
Biyokütle Çöp Gaz	85,622 Euro/MWh

Kaynak: KPGM, 2016: 40.

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre İrlanda'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Sabit fiyat garantisi, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Isı zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları.
- Mevcut mali teşvik politikası bulunmamaktadır.

3.2.14. Finlandiya

Finlandiya'nın yenilenebilir enerji politikası esasen AB politikaları tarafından yönlendirilmektedir. AB Yenilenebilir Enerji Direktifi uyarınca Finlandiya, 2005 temel yılındaki brüt nihai tüketimin %28,5'inden 2020'de %38'e kadar yenilenebilir enerji içindeki payını artırmakla yükümlüdür. Finlandiya'nın NREAP Raporu'nda 2020 hedefini karşılamak için 124 TWh'lik yenilenebilir enerji gerekecektir. Daha spesifik olarak ısıtma ve soğutma ve brüt nihai enerji tüketiminin %47'si ve elektrik tüketiminin %33'ü, 2020 yılında yenilenebilir kaynaklarla karşılanmalıdır. Ülkenin enerji karışımındaki yenilenebilir enerjinin payı son yıllarda istikrarlı bir şekilde artmakta ve hükümetin iç senaryosuna göre, Finlandiya şu anda yenilenebilir enerji arzı için 2020 hedeflerini karşılamak üzeredir (IEA, 2013c: 102).

Finlandiya, ülkenin enerji arzında geleneksel olarak önemli bir rol oynayan biyokütle ve hidro gibi bol miktarda yenilenebilir kaynağa sahiptir. AB Yenilenebilir Enerji Direktifi uyarınca kabul edilen yenilenebilir enerji hedefleri, önümüzdeki yıllarda hem biyokütle ısısının, hem elektrik enerjisinin hem de rüzgar enerjisinin genişlemesine neden olacak ve her ikisi de Finlandiya'da önemli bir potansiyel oluşturacaktır. 2011 yılından beri, rüzgar, biyogaz ve ahşap yakıt kullanan küçük CHP tesislerinden elektrik üretimi, pazara dayalı bir sabit prim ödemesi

ile desteklenmektedir (IEA, 2013c: 107).

Finlandiya'da, yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen elektrik, esasen bir prim tarife vasıtasıyla yükseltilmektedir. Tarife, rüzgar, biyokütle ve biyogazdan üretilen elektrik için geçerlidir. Buna ek olarak, RES yatırımları devlet sübvansiyonları ile desteklenmektedir. RES'lerden üretilen ısı için ana destek mekanizması, biyogaz ve odun yakıtı üzerinde çalışan CHP tesislerine tahsis edilen bir "ısı ikramiyesi" dir. Taşımada, yenilenebilir enerji kullanımı için ana teşvik, bir kota sistemidir. Finlandiya'daki mevcut destek planlarına ilişkin mevzuat birkaç yıldır büyük çapta revize edilmiştir. Kasım 2016'da Finlandiya Hükümeti, 2030 yılı için Ulusal Enerji ve İklim Stratejisi hakkında bir rapor sunmuştur. Bu rapor yenilenebilir enerjiyi geliştirmek için mevcut destek planlarını da değiştirecek kapsamdadır. En önemli değişiklik, rüzgar enerjisi üretimi için mevcut prim tarife sisteminin kaldırılması ve ihale sürecinin başlatılması olacaktır. Amaç gelecekte piyasa koşullarında yürütülen projeleri desteklemektir. Geçiş dönemi için, elektrik üretim sübvansiyonu yalnızca yenilenebilir elektrik üretiminde en uygun maliyetli ve rekabetçi yatırımlara ödenir. Biyogaz ve ahşap yakıtlı projeler 2018 yılının sonuna kadar destek için uygun olacaktır. Yani, geçici destek programı çerçevesinde 2018 ve 2019 yılları sonunda ayrı ihale turu düzenlenecek olan yeni destek programı Finlandiya Parlamentosu'nda hala tartışılmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/finland/>, 12.06.2017).

Finlandiya'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Tarife garantisi/ Prim ödemesi, Ulaşım zorunluluğu, Alıp Satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu Yatırımları, krediler, hibeler, sermaye, sübvansiyonlar veya indirimler, İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.15. Estonya

Estonya'da, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik, esas olarak prim tarife vasıtasıyla yükseltilmektedir. Buna ek olarak, belirli türdeki yenilenebilir enerji üretim teknolojileri için yatırım destekleri bulunmaktadır. Taşımada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı şu anda, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği kullanan elektrikli otomobillerin alımını teşvik eden bir destek planı ile teşvik edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik şebekesine elektrik erişimi, ayrımcılık yapılmama ilkesine dayanarak verilmektedir. Şebeke operatörü, tüm elektrik üreticileri için şebeke hizmetlerini garanti etmek ve şebekeye daha fazla elektrik santrali bağlayabilmek için şebekeyi geliştirmekle yükümlüdür.

Bir ısı üretim tesisinin şebekeye bağlantısı ihale temelinde olup ayrımcılık yapmama ilkesini takip etmektedir.

Tablo 55: Estonya Mevcut Yenilenebilir Enerji Politikalarına ve Önlemleri

ÖNLEM	ÖNLEM TÜRÜ	HEDEF SEKTÖR	HEDEF KİTLE
Sabit Prim	Düzenleyici	Elektrik	Elektrik üreticisi
Başlangıcın garantisi	Düzenleyici	Elektrik	Elektrik üreticisi
Biyoyakıt Karışım Yükümlülüğü	Düzenleyici	Biyoyakıtlar	Biyoyakıt üreticileri
Elektrik üretiminde rüzgar enerjisi uygulamaları için işletmelerin yatırımlarını desteklemek.	Finansal	Elektrik	Elektrik üreticisi
Biyoenjeri Üretimi için yatırım desteği	Finansal	Elektrik/ Isı/Biyogaz	Çiftçiler
Tarım dışı faaliyetlere yönelik çeşitlilik	Finansal	Biyoyakıtlar	Çiftçiler
Ormancılık ürünlerine değer katmada yatırıma destek.	Finansal	Biyoyakıtlar	Biyoyakıt üreticileri
Ulusal Enerji Teknoloji Programı	Finansal	Elektrik/Isı ve Ulaşım AR-GE	AR-GE Kurumları
Biyokütle ve Biyoenjeri Kullanımının Geliştirilmesi için Geliştirme Planı.	Finansal	AR-GE	AR-GE Kurumları

Kaynak: IEA, 2013a: 89.

Ayrıca, RES kurumlarının geliştirilmesi, kurulumu ve kullanımı için teşvik edilebilecek bir dizi yatırım destek sistemi bulunmaktadır. 2014-2020 dönemi için sübvansiyonların genel önlemleri yayınlandı, ancak bazı sübvansiyon koşulları şu anda geliştirilmektedir. 2014-2020 döneminde yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği ile ilgili projelere dağıtılan toplam finansal destek miktarı 490 milyon Euro'nun üzerindedir (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/estonia/> , 02.11.2017).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Estonya'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Tarife garantisi, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü
- Mali teşvikler ise: Enerji üretim ödemesi, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimlerdir.

3.2.16. Macaristan

Macaristan'ın 10 yılda enerji sistemi içerisinde yenilenebilir enerji payı önemli ölçüde artmış, ancak son yıllarda büyüme hızı kesilmiştir. Isı ve enerji üretimi için biyokütle kullanımı büyümenin ana itici gücünü oluşturmuştur. AB Yenilenebilir Enerji Direktifi (2009/28 / EC23) Macaristan'a 2020 yılına kadar enerji brüt nihai tüketiminde yenilenebilir enerji payını %13'e çıkarmayı ulusal hedef olarak belirlemiştir. Macaristan 2020 hedeflerini gerçekleştirmeye yardımcı olmak için yenilenebilir enerji alanında tarife sistemini Feed in Tariff (Şebekeye Satış

Tarifesi) olarak değiştirmiştir (IEA, 2017a: 85).

Macaristan, hedeflerine ulaşmak için KAT olarak bilinen bir tarife (FIT) planı geliştirmiştir. İlk kez 2003 yılında piyasaya çıkan KAT, yenilenebilir enerji gelişimini, piyasa fiyatlarının üstünde elektrik satın alarak uyar mıştır. KAT oranının ödenmesi gereken elektrik hacmi ve süre, proje geri ödeme süresi temelinde sınırlandırılmıştır. KAT desteğinin yaklaşık %70'i kombine ısı ve enerji (CHP) tesislerine; geri kalan %30'luk bir kısmı biyokütle ve rüzgar santrallerine harcanmıştır. CHP'nin sabit fiyat tarifesi 2011'de kaldırılmıştır. Katma tarife sistemi yoluyla alınan ek elektrik maliyetleri ise (FIT'nin değeri ile piyasa değeri arasındaki fark), evrensel hizmete tabi olmayan kendi elektrik satışlarıyla orantılı olarak piyasaya tahsis edilmektedir (IEA, 2017a: 85).

Tablo 56: Macaristan'da Her Yenilenebilir Enerji Teknolojisinden Toplam Katkı, 2014

Enerji Kaynakları	Ortalama Sabit Fiyat Garantisi	Kapasite (MW)	ıktı (GWh)
Hidro (ortalama)	22.06	57	228.3
Güneş PV	32.49	77	56.0
Kıyı Rüzgar	34.36	329	704.2
Katı biyokütle	34.20	467	1 702.0
Biyogaz	33.65	63	283.8

Kaynak: IEA, 2017a: 91.

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Estonya'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Tarife garantisi, Prim demesi, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, ihale.
- Mali teşvikler ise: İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler; Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimlerdir.

3.2.17. Yunanistan

Yunanistan hala büyük ölçüde enerji ihtiyacını ithal fosil yakıtlardan karşılayan bağımlı bir ülkedir. Yenilenebilir enerji projeleri için Avrupa Yeniden Yapılandırma ve Kalkınma Bankası (EBRD)'ndan 300 milyon Euro'ya kadar fon sağlayacaktır. Bu fon ile özellikle elektrik alanında yatırım yapmayı planlamaktadır.

2017'den itibaren, Yunanistan'daki yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik, ihale katılımı teşvik yoluyla yükseltilmektedir. Aralık 2016'da, sadece PV için bir pilot ihale gerçekleşmiştir. Isıtma amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları arasında, yeni bir vergi

düzenleyici mekanizma ve yasanın geliştirilmesine yönelik sübvansiyonlar ile gelir vergisi tahsilatı bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının temel teşviği, bir kota sistemidir. Buna ek olarak, Geliştirme Yasası kapsamında mevcut olan yeni bir vergi düzenlemesi mekanizması ve sübvansiyonlar bulunmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/greece/>, 12.06.2017).

Yunanistan, Avrupa Birliği (AB) Yenilenebilir Enerji Direktifi (2009/28 / EC Direktifi) kapsamında geliştirdiği politika ile 2020’de brüt nihai elektrik tüketiminin %18’ini yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi hedeflemektedir (IEA, 2017b: 101).

2011 tarihli ve 3908 sayılı kanun uyarınca aşağıdaki teşvikler sunulmaktadır (KPGM, 2016: 34):

- Vergi mevzuatına göre belirlenen ve vergi öncesi kârlara gelir vergisi muafiyeti getiren vergi indirimi. Sağlanan vergi indiriminin miktarı, aynı tutarda muaf bir rezerv olmaktadır.
- Yatırım projesinin masraflarının bir kısmını karşılayan, devlet tarafından sağlanan nakit hibeler.

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu’na göre Yunanistan’ın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Sabit fiyat garantisi, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Isı zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınım satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları., Elektrik hizmeti kota yükümlülüğü ve İhaledir.
- Mali teşvikler ise: Yatırım veya üretim Vergi kredileri; Satış indirimi, enerji, KDV veya diğer vergiler; Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimler.

3.2.18. İngiltere

İngiltere, temel enerji kaynağı fosil yakıtlar olan ve elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kıt olduğu bir ülkedir. 2003 yılından bu yana ROCS olarak adlandırılan yeşil sertifika uygulaması ile yenilenebilir kaynakların kullanım oranı arttırılmaya çalışılmaktadır. Bu uygulama kapsamında yer alan tedarikçiler tedarik edeceği elektriğin yenilenebilir oranını arttırmak zorundadır. Ayrıca yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üreten üreticiler, iklim değişikliğine ilişkin alınan vergiden muaf sayılmaktadır. 2008 yılında yürürlüğe konulan Enerji Kanunu ile en az 5 MW’lık yenilenebilir enerji için alım garantili tarifeler uygulanmaktadır.

İngiltere çıkardığı İklim Değişikliği Kanunu ile 2050 yılına kadar 1990 yılına kıyasla sera gazı emisyonunu %80 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda, özellikle ısı ve ulaştırma alanlarında yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını arttırmaya yönelik destek ve teşvikler yoğunlaştırılmıştır.

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre İngiltere'nin yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları., Elektrik hizmeti kota yükümlülüğü.
- Mali Teşvikler: Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler; Enerji Üretim Ödemeleri.

3.2.19. Çek Cumhuriyeti

Sabit Fiyat Garantisi uygulanan Çek Cumhuriyeti'nde, yenilenebilir enerji üreticilerine satış fiyatı için iki seçenek sunulmaktadır; minimumda sabit fiyattan dağıtım şirketine satmak ve piyasa fiyatına eklenen bir prim üzerinden yine dağıtım şirketine fiyatından satmak. Üreticinin her iki yöntemi uygulama seçeneği yoktur, sadece birini tercih etmek zorundadır. Seçilmiş olan yöntem yılda yalnızca bir sefer değiştirilebilmektedir. Biyokütle için ise sadece prim garantisi uygulanmaktadır.

Fiyatlar, düzenleyici otorite tarafından belirlenmekte ve fiyat düzeyleri belirlenirken aşağıdaki noktalar dikkate alınmaktadır:

- Farklı yenilenebilir kaynaklar için farklı tarifeler uygulanması,
- Tesisin ekonomik ömrü boyunca vergi sonrası nakit akışının ya da net bugünkü değerinin daima pozitif olması,
- 15 yıl boyunca MW başına belli bir gelir düzeyinin tutturulması.

Çek Cumhuriyeti özellikle güneş enerjisi bakımından ön plana çıkan; Almanya, İtalya, Japonya ve ABD'nin ardından dünyanın güneş enerjisine dayalı kurulu güçte 5. ülkedir. İlk kez 2007 yılında başlatılan güneş enerjisi yatırımları hızlı bir şekilde artmaktadır.

Çek Cumhuriyeti'nde yenilenebilir enerji, garanti edilen bir tarife veya piyasa fiyatının üstünde ödenen yeşil bonus ile desteklenmektedir. Fabrika operatörleri her iki seçeneği de kullanmakta serbesttirler. Hidroelektrik santrallerinin operatörleri, "Rekabet Edebilirlik için Girişimcilik ve İnovasyon" Operasyonel Programı kapsamında sübvansiyon alabilirler. Yenilenebilir enerji santrallerinin operatörleri şebekeye öncelikli bağlantı hakkına sahiptir. Ayrıca, yenilenebilir ısıtma tesisleri, emlak vergisinden muaftır. Çek Cumhuriyeti, yenilenebilir

ısıtmanın kullanımı ve kamu otoritelerinin örnek rolü için bir bina yükümlülüğü getirmiştir (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/czech-republic/>, 12.12.2017).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporuna göre Çek Cumhuriyeti'nin yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınıp satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları, Sabit Fiyat Garantisi, Prim ödemesi.
- Mali Teşvikler: Yatırım veya üretim Vergi kredileri; Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler; Enerji Üretim Ödemeleri, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimler.

3.2.20. Hollanda

Ülke elektrik üretmeye elverişli su kaynağına sahip olmadığı için elektrik üretiminde rüzgar ve ağırlıklı olarak biyokütle enerjisine yer vermektedir. 2007 yılından bu yana elektrik üretiminde biyokütle oranının düşürülmesi ile yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi yavaşlamış; ancak rüzgar enerjisine dayanan elektrik üretimi hızlı şekilde artış göstermiştir.

2003 yılında uygulaması başlatılan MEP kapsamında, kaynak bazında çeşitlilik gösteren prim garantisi mekanizması uygulanmıştır. Uygulanan bu sistem; sabit fiyat garantisi ve prim garantisi sistemlerinin bir karması olarak değerlendirilebilir. Spot piyasa fiyatının üzerine prim eklenmesi şeklinde yürütülmektedir. Devlet, yatırımcıya sabit minimum bir ödeme garantisi sunmaktadır. Ancak, bu sisteme ayrılan bütçenin yeterli olmaması sebebiyle 2006'dan itibaren tarifelerin birçoğunda prim uygulanamamış; küçük ölçekli biyokütle haricindeki tüm kaynaklara sıfır prim ödenmiştir.

2005 yılından bu yana ise, yenilenebilir kaynaklara dayalı üretimde vergi muafiyeti uygulanmaktadır. Ülkede uygulanan teşvik mekanizmaları şu şekilde maddelendirilebilir: Prim Garantisi, Kota-Yeşil Sertifika, Yatırım Teşviki, Vergi Muafiyeti/Avantajı.

Hollanda'da, yenilenebilir enerji için ana destek aracı prim garantisidir. Bu destek programı, elektrik, yenilenebilir gaz ve ısıtma amaçlı yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmektedir. Prim sistemine ek olarak, yenilenebilir enerji teknolojilerine yapılan yatırımlar, krediler ve çeşitli vergi avantajlarıyla desteklenmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan gelen ısı, prim tarife ve vergi avantajlarıyla yükseltilir. Hollanda, taşımacılık sektöründe enerji tüketiminin %10'una neden olan bir yükümlülük planını kabul etmiştir. Biyoyakıt ve hidrojen ile ilgili YE yatırımları için vergi kredileri bulunmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/netherlands/>, 12.12.2017).

Hollanda, özellikle elektrik tüketiminde, düşük seviyelerden başlayarak rüzgar enerjisinden ve biyoyakıtlardan beslenerek yenilenebilir enerjilerin (RES) payını iki katına çıkarmıştır. Rutte Asscher hükümeti ve Enerji Anlaşması uyarınca, yenilenebilir enerjinin 2020 yılına kadar kullanımını hızlandırmaya yönelik hükümler yer almaktadır. Zaman içinde yenilenen farklı sübvansiyon şemaları ile yenilenebilir enerji destek planında sık yapılan değişiklikler yatırımcıların görünürlüğüne zayıflatmıştır. Rutte Asscher hükümeti tarafından yenilenen politika taahhüdü ve 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjilerin %16'sına erişmek için yapılan Enerji Anlaşması, yatırımcıların güvenini kazanmak için gelecek yıllar için stratejik vizyon sağlamıştır (IEA, 2014b: 114).

REN21 2017 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu'na göre Hollanda'nın yenilenebilir enerji alanında uyguladığı politikalar (REN21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Nakliye zorunluluğu ve yükümlülüğü, Alınip satılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları, Sabit fiyat garantisi, Prim ödemesi, Net ölçüm.
- Mali Teşvikler: Yatırım veya üretim vergi kredileri; Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler; Enerji üretim ödemeleridir.

3.2.21. Lüksemburg

Lüksemburg'da, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, prim tarifesıyla ve aynı zamanda sübvansiyonlar yoluyla teşvik edilmektedir. Küçük güneş enerjisi tesisatları işleten özel kişiler, vergi avantajlarından yararlanma hakkına sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen ısı üretimi, dört farklı sübvansiyon şeması ile desteklenmektedir. Ulaştırma ise kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları için tek destek programı kota sistemidir. Lüksemburg'da, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe şebekeye erişmek, enerji yasasının genel hükümlerine tabidir. Yenilenebilir enerji kaynaklı elektriğe öncelik verilmez; ayrımcılık yasağı ilkesine göre verilecektir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi kaybı durumunda maliyet düşürme veya tercihli kullanımı gibi çeşitli ayrıcalıklar sağlanmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/luxembourg/>, 02.11.2017).

Avrupa Birliği üyesi bir devlet olan Lüksemburg'un yenilenebilir enerji politikası, 2009/28 / EC sayılı AB Yenilenebilir Enerji Yönergesine göre yenilenebilir enerji için yasal çerçeve tarafından yönlendirilmektedir. Direktif, her AB üyesi ülkenin payı artırmasını gerektirmektedir. Lüksemburg, brüt nihai enerji tüketiminde %11'lik bir yenilenebilir enerji payı elde etmenin yanı sıra, taşımacılık sektöründeki nihai enerji tüketiminde %10'dur.

Yenilenebilir enerjilerin maddi desteği arasında, gümrük tarifesi planı, dört yatırım sübvansiyonu programı (özel müşterilere yönelik küçük ve orta ölçekli işletmeler, endüstriler ve belediyeler), vergi teşvikleri ve nakliye sektörü için bir kota sistemi yer almaktadır. Yenilenebilir enerjilerin maddi desteği arasında, gümrük tarifesi planı, dört yatırım sübvansiyonu programı (özel müşterilere yönelik küçük ve orta ölçekli işletmeler, endüstriler ve belediyeler), vergi teşvikleri ve nakliye sektörü için bir kota sistemi yer almaktadır (IEA, 2014c: 108-109).

Tablo 57: Lüksemburg Katma Değer Tarife Dengeleme Mekanizmasının Toplam Maliyeti (EURO)

Teknoloji	2008	2009	2010	2011
Hidroelektrik	173. 168	61. 360	149 879	160 650
Rüzgar Gücü	1.261, 395	926. 104	921 225	1 355 276
Biyogaz	1.361, 443	2. 667, 291	2 758 316	3 194 033
Güneş	1. 073, 933	1. 279, 605	1 865 327	3 804 439

Kaynak: IEA, 2014c: 108-109.

1990'ların başından bu yana, Lüksemburg yenilenebilir enerjinin kullanımını teşvik etmek için bir dizi önlem uygulamıştır. Önlemler, elektrik satın alma garantisi, yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmak için yapılan sübvansiyonlar ve taşımada biyoyakıtlar için vergi muafiyetlerinden oluşmaktadır (IEA, 2008: 65).

Lüksemburg'un uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130);

- Düzenleyici politikalar: Tarife garantisi, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimlerdir.

3.2.22. Belçika

Belçika'da, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, esas olarak sertifika ticaretine dayalı bir kota sistemi ile desteklenmektedir. Genel olarak, yenilenebilir enerji yetki devredilir; sadece açık deniz rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerji, ulusal mevzuata tabidir. Isının ve soğutmanın ulusal olarak teşvik edilmesi konusunda, şirketler yatırım maliyetleri üzerinde vergi indirimi yapmak için uygundur. Ulaşım, Belçika'da federal yetki meselesidir. Taşımada kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları için ana destek programı ise bir kota sistemidir.

Belçika'da şebeke bağlantısı ve şebeke kullanımında yenilenebilir enerji kaynaklı elektriklere öncelik verilmektedir. Birkaç politika, Belçika'daki federal düzeyde RES kurulumlarının geliştirilmesi, kurulumu ve kullanımı için teşvik edilmesini amaçlamaktadır. Bunlara RES kurulumcuları için eğitim programları yanı sıra araştırma, geliştirme ve

demonstrasyon (RD & D) programları için dolaylı bir mali mekanizma dahildir. Ayrıca, kamu makamlarının örnek rolü, kamu federal binalarında enerji tasarruflu projelere ulaşma ve bunlardan finansman sağlama sorumluluğu bulunan bir kamu enerji hizmeti şirketi aracılığıyla sağlanmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/belgium/>, 02.11.2017).

Belçika'nın yenilenebilir enerji politikası AB 2020 hedefleriyle uyumludur. Belçika'nın 2020 yılındaki yenilenebilir enerji hedefleri ile bunları karşılama politikaları ve tedbirleri başlangıçta Kasım 2010'da yayınlanan Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı 2011-2020 hedeflerini ortaya koymuştur. Belçika 2020 hedefine doğru sağlam bir ilerleme kaydetmekte ve 2020'ye giden yolda geçici hedefleri aşmaktadır. Brüt nihai enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerjinin payı 2005'de %2.3 iken 2011'de %6.2'ye, 2012'de %7.2'ye, 2013 yılında %7,6 ve 2014'te %8 olarak gerçekleşmiştir. Bu oran, özellikle artan biyoyakıtlar elektrik, ısı üretimi ve nakliye için, aynı zamanda artan rüzgar ve güneş enerjisi kapasitesi ve 2010'dan beri nihai enerji tüketimini azaltmanın bir sonucu olarak kullanılmaktadır.

Belçika'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130);

- Düzenleyici politikalar: Elektrik hizmeti kota yükümlülüğü, Net ölçüm, Prim ödemesi, Nakliye zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimler; Satışlardaki düşüş, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.23. Japonya

Japonya'nın enerji politikası hedefleri bağlamında, yenilenebilir enerji hem stratejik bir fırsat hem de zorluk niteliğindedir. 2011 Büyük Doğu Japonya deprem ve tsunaminin ve ardından nükleer güç filosu kapanmış ve Japonya enerji ithalatı son derece yüksek bir ülke konumuna gelmiştir. Buna ek olarak, elektrik üretiminde nükleer enerjinin bıraktığı boşluğu kısa vadede fosil kaynaklarla doldurmak zorunda kalmıştır.

Japonya jeotermal, hidroelektrik, rüzgar ve güneş enerjisi ile biyokütle dahil olmak üzere çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Bununla birlikte, ülkenin yüksek nüfusu, yoğunluk ve dağlık coğrafya, mevcut ve iyi kaynakları nüfus merkezlerinden uzak yerlerde bırakarak, yenilenebilir enerji projeleri geliştirmek için kullanılan araziyi sınırlamaktadır. Buna ek olarak, Japonya'nın teknik ve düzenleyici yapısı elektrik sistemi bazen yenilenebilir elektrik dağıtımını zorlaştırmaktadır. 2012'de Fiyat Tarifesi sisteminin uygulanması, Japonya'daki yenilenebilir alanlar için bir dönüm noktası olmuştur. Büyük yatırımları hızlandırmak isteyen hükümet, yenilenebilir enerji kaynakları lehine cömert teşvikler geliştirmiştir. Bununla birlikte, uzun süren çevresel onay süreçleri gibi ekonomik olmayan engeller, güneş fotovoltaikleri

haricinde birçok kaynağın alımını sınırlandırmıştır. Sonuç olarak güneş PV kapasitesinde hızlı bir artış oldu ve etki alanı yerel olarak yüksek seviyelere ulaşmıştır (IEA, 2016d: 119).

Yenilenebilir enerjilere yönelik politikaların ve önlemlerin amacı, Japonya'nın genel enerji stratejisi doğrultusunda kullanımlarını yönlendirmektir. Bu stratejinin en son hali, Nisan 2014'te yayınlanan SEP'de anılmaktadır. Gözden geçirilen plan, Tokyo Elektrik Enerjisi Şirketi'nin, Fukushima Daiichi nükleer santralinde meydana gelen kazayı takiben enerji sektöründe reform yapılması için bir yol haritası sağlamaktadır. Plan, esas olarak 2018-2020 yılları arasındaki zaman aralıklarına yönelik önlemlere odaklanmakta ve 2012'de FIT sistemini başlatmaktadır. Plan hedefleri; yenilenebilir enerji kaynaklarının daha çeşitlendirilmiş bir şekilde evrimi (özellikle rüzgar ve jeotermal enerjiyi güçlendirme önlemleri sayesinde), dağıtılan yenilenebilir enerji kaynaklarının (biyokütle, orta / küçük hidroelektrik, güneş enerjisi ve yenilenebilir ısı); FIT sisteminin reformu ve yenilenebilir enerji endüstrisinin merkezi olarak Fukushima'nın kurulmasıdır. Stratejik Enerji Planı, Temmuz 2015'te yayınlanan Uzun Vadeli Enerji Arzı ve Talep Görünümü ile desteklenmiştir. Görünüm, birincil enerji arzında yenilenebilir enerjilerin payının %13 ila %14'üne ulaşması ve kendi başına yenilenebilir enerji kullanımının yeniden başlatılmasıyla yeterlilik oranının %24'ün biraz üzerine çıkacağını öngörmektedir (IEA, 2016d: 123).

Tablo 58: Japonya Tarife Alış Fiyatları 2012-2016 Yılları Arası

Teknoloji	Boyut	Uygunluk dönem (Yıl)	Satın Alma Fiyatları (vergi hariçtir) (JPY / kWh)				
			FY2012	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016
Güneş	<10 kW	10	42	38	37	33-35	31-33
	<10 Kw ve fazlası	20	40	36	32	29-27	24
Rüzgar Kıyı	<20 kW	20	55	55	55	55	55
	<20 Kw ve fazlası	20	22	22	22	22	22
Rüzgar Açık		20	-	-	36	36	36
Jeotermal	<50 kW	20	40	40	40	40	40
	<50 Kw ve fazlası	20	26	26	26	26	26
Hidro-Yeni Tesisler	<200 kW	20	34	34	34	34	34
	200-1000 kW	20	29	29	29	29	29
	1-30 MW	20	24	24	24	24	24
Hidro-Mevcut Tesisler	<200 kW	20	-	-	25	25	25
	200-1000 kW	20	-	-	21	21	21
	1-30 MW	20	-	-	14	14	14
Biyogaz		20	39	39	39	39	39

Kaynak: IEA, 2016d: 124.

Japonya'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: İndirim, Satış, Enerji, KDV veya Diğer Vergiler, Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye, Sübvansiyonlar veya İndirimler.

3.2.24. Fransa

Fransa, brüt nihai enerji tüketiminde yenilenebilir paydanın istikrarlı bir şekilde büyümesine tanık olmuştur. 2010 Ulusal Eylem Planı yenilenebilir enerji üretimini desteklemek 2020 hedeflerine yönelik ara hedefler belirlemiştir. Bu hedefler Nisan 2016'da revize edilerek 2010'dan bu yana her teknolojinin geliştirilmesi ve engeller tespit edilmiştir.

2005 yılından bu yana her ikisi de yenilenebilir enerji paylaşımının %36'sından fazlasını oluşturan güneş PV ve biyokütle için hedeflere ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji üretiminin geliştirilmesi, Fransız yetkililerinin oluşturduğu destek planları teşvik edilmektedir. Bazıları hem KDV, vergi kredisi ve araştırma ve geliştirmenin eş finansmanı (hibeler, geri ödenebilir sübvansiyonlar veya girişim sermayesi) gibi hem elektrik hem de ısı üretimi için ortaktır. Fransa'da, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektriği, tarifeli gümrük tarifesini ve prim tarife seviyesinin tanımlanması için verilen teklifler vasıtasıyla teşvik edilmektedir. Ayrıca, vergi avantajları da mevcuttur. 2016'da hükümet, yenilenebilir enerjinin 2014 yılına ait AB yönergelerine, CSPE reformuna ve Geçiş Yasası'nın gereklerine uygun olarak yenilenebilir enerjinin güç sistemine entegrasyonunu teşvik edecek yenilenebilir destek planını sunmuştur. Ülkede prim sistemi, piyasa sinyallerine ve dinamiklerine cevap vererek yenilenebilir enerjiden gelen elektriğin piyasaya entegre olmasını sağlar (IEA, 2016e: 159).

Fransa'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Ulaşım zorunluluğu, Isı zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Yatırım veya üretim vergi kredileri, Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye, sübvansiyonlar veya indirimler, İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.25. İtalya

İtalya'da yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, çoğunlukla prim tarifeleri, tarifeli tarifeler ve ihale planları kombinasyonu yoluyla yükseltilir. Yenilenebilir enerji kaynakları

tesislerindeki yatırımlar için vergi düzenlemeleri mekanizmaları da bulunmaktadır. Ayrıca, GSE- Elektrik Hizmetleri Müdürlüğü talep üzerine yenilenebilir enerjinin satışını yönetecek ve ilgili taraflar net ölçümden faydalanabilecektir. Biyoyakıtlar, 2020 yılına kadar biyoyakıt tüketiminde %10 hedefine ulaşabilmek için temel araçlardan biri olan kota sisteminden yararlanabilecektir. Şu anda, bütçe bittiğinden ve 2017 yılı için herhangi bir finansman öngörülmediğinden, araştırma, geliştirme ve yeni RES tesislerini desteklemek için yatırım kredileri kullanılamamaktadır. Eğitim programları bölgesel düzeyde geliştirilmektedir. Kurulu tesislerin sertifikalandırılması zorunludur (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/en/search-by-country/italy/>, 02.11.2017).

Yeşil sertifika mekanizması, 1999 ve 2012 yılı sonlarında yeni kaynaklar için mevcuttur. Bu plan, yenilenebilir olmayan elektrik üreticilerinin ve ithalatçıların, her sene yenilenebilir elektrik enerjisi için minimum kota kontratını enjekte etmesini zorunlu kılan mevzuata dayanmaktadır.

Tablo 59: İtalya, Yeşil Sertifikalar, Yıllık Zorunlu Kota, 2010-15

Referans Yıl	Zorunlu Kota	Uygulama Yılı
2010	%6.50	2011
2011	%6.80	2012
2012	%7.55	2013
2013	%5.03	2014
2014	%2.52	2015
2015	%0.00	2016

Kaynak: IEA, 2016c:86

Tarife garantisi, 31 Aralık 2012 tarihine kadar görevlendirilen tüm tesisler için sabit bir oranda ve şebekeye verilen elektrik miktarına bağlı olarak 15 yıllık bir süre boyunca verilir. Bu destek biçiminden yararlanmak için üreticiler öncelikle kaynaklarını yenilenebilir olarak nitelendirmek zorundadır.

Tablo 60: İtalya Tarife Oranları

Kaynak	Tarife Garantisi (EUR/kWh)
Rüzgar (P < 200 kW)	0.3
Jeotermal	0.2
Dalga ve Gelgit	0.34
Hidro	0.22
Yönetmelik No: 73/2009'ye uyan biyokütle, biyogazlar ve biyolojik sıvılar	0.28
Atık gaz, kanalizasyon arıtma tesisi için gaz, biyogazlar ve biyolojik sıvılar, 73/2009 / EC sayılı Tüzüğü	0.18

Kaynak: IEA, 2016c:87

Tablo 61: İtalya'nın 6 Temmuz 2012 Bakanlar Kurulu Kararı Uyarınca Destek Seviyeleri

Kaynak	Tip	Güç Kw	Genel Kullanım Süresi (Yıl)	Baz Tarife EUR/MWh
Rüzgar	Kıyı	1<P≤20	20	291
		20<P≤200	20	268
		200<P≤1000	20	149
		1000<P≤5000	20	135
		P>5 000	20	127
	Açık Deniz	1<P≤5000	25	176
		P>5 000	25	165
Hidrolik	Akar su	1<P≤20	20	257
		20<P≤500	20	219
		500<P≤1000	20	155
		1000<P≤10000	25	129
		P>10 000	30	119
	Havza veya Depo	1<P≤10000	25	101
		P>10 000	30	96
Okyanus (gelgit ve dalga enerjisi dahil)		1<P≤5 000	15	300
		P>5 000	20	194
Jeotermal		1<P≤1 000	20	135
		1000<P≤20 000	25	99
		P>20 000	25	85
Biyogaz	A. Biyolojik kökenli ürünler	1<P≤300	20	180
		300<P≤600	20	160
		600<P≤1 000	20	140
		1000<P≤5 000	20	104
		P>5 000	20	91
	B. Atıklardan biyolojik kökenli yan ürünler	1<P≤300	20	236
		300<P≤600	20	206
		600<P≤1 000	20	178
		1000<P≤5 000	20	125
		P>5 000	20	101
Biyokütle	A. Biyolojik kökenli ürünler	1<P≤300	20	229
		300<P≤1 000	20	180
		1000<P≤5 000	20	133
		P>5 000	20	122
		1<P≤300	20	257
	B. Atıklardan biyolojik kökenli yan ürünler	300<P≤1000	20	209
		1000<P≤5 000	20	161
		P>5 000	20	145
		1<P≤5 000	20	174
		P>5 000	20	125

Kaynak: IEA, 2016c: 84-85.

İtalya'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130);

- Düzenleyici politikalar: Tarife garantisi, Prim ödemesi, Net ölçüm, Nakliye zorunluluğu/yükümlülüğü, Isı zorunluluğu/yükümlülüğü.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu yatırımları, krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonlar veya indirimler; Satış indirimleri, enerji, KDV veya diğer vergiler.

Temel ücret seviyeleri yukarıda Tablo 61'de sunulmaktadır. Destek seviyeleri, küçük ve orta ölçekli kuruluşlar için idari olarak belirlenir. Açık artırmalar için, temel tarife destek için bir üst limit oluşturur ve açık artırma katılımcıları %2 ila %30 aralığında tarife indirimi önerebilir.

3.2.26. Yeni Zelanda

Yeni Zelanda'daki enerji piyasaları ve politika ortamı, 2010'dan bu yana hızlı değişim göstermiştir. Yeni Zelanda, sadece enerji açısından verimli bir pazara sahiptir. Etkili çalışmaya devam eden, iyi işleyen bir elektrik piyasasının dünya liderliğindeki bir örneğidir. Ülke, yenilenebilir kaynaklar olmak üzere çok çeşitli enerji kaynakları ile donatılmış durumdadır. Ülkede önemli ölçüde jeotermal ve hidrojen enerjisi hakimdir. Herhangi bir doğrudan sübvansiyon veya kamuoyu olmaksızın maliyet açısından rekabetçi olan jeotermal ve hidrojen ile rüzgar enerjisi için sağlanan iyi koşulların bir sonucu olarak elektrik ve ısı arzındaki payları son yıllarda artış göstermiştir (IEA, 2017d: 13).

Geçtiğimiz yıllar boyunca, elektrik santralinde yenilenebilir elektriğin payı daha da artmış ve 2015 yılında %80,2'ye ulaşmıştır. Yeni Zelanda hükümeti, 2008 yılında, 2025 yılına kadar %90 oranında yenilenebilir elektrik üretimi hedefi getirmiştir 2025 yılı için %90 yenilenebilir elektrik hedefine ulaşılmasına yardımcı olmak için doğrudan hükümet müdahalesi ya da maddi destek yoktur. Hükümet, yenilenebilir enerjiler yeni nesil için en düşük maliyetli seçeneklerden bazılarını sağlayabileceğinden, piyasanın mali destek almadan gerekli yenilenebilir üretim kapasitesini sunabilmelerini beklemektedir (IEA, 2017d: 109).

Yeni Zelanda'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Net Ölçüm Sistemi.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye, Sübvansiyonlar veya İndirimler.

3.2.27. Polonya

Polonya Cumhuriyeti'nde, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, bir tarife fiyatının veya prim, vergi indirimi ve sübvansiyonu ve kredi planlarının destek seviyesinin tanımlanması için ihale yoluyla desteklenir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan ısı üç destek sistemi ve bir kredi programı ile desteklenmektedir. Taşımada yenilenebilir enerji, biyoyakıt kotası yükümlülüğü ile yükseltilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından şebekeye elektrik erişimi öncelikli olarak verilecektir. Ayrıca, şebeke operatörleri, yenilenebilir kaynaklardan iletim önceliğinden elektrik vermelidir. Tesis operatörleri şebekenin geliştirilmesine yetkili değildir. Polonya Cumhuriyeti'nde, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, ağırlıklı olarak bir gümrük tarifesi veya prim desteğinin tanımlanması için bir ihale sistemi vasıtasıyla yükseltilmektedir. 1 Temmuz 2016'dan önce başlatılan kurulumların ihale ve kota sistemi arasında seçim yapmasına izin verilir. Ayrıca, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, bir vergi indirimi ve ayrıca Çevre Koruma ve Su Yönetimi Ulusal Fonu'ndan (NFOSİGW) kredi ve sübvansiyon planları ile desteklenmektedir. (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/poland/>, 12.06.2017).

2017'de yeni bir enerji stratejisi ile yer değişmesi beklenen Polonya'nın 2030 Enerji Politikası, Polonya hükümeti tarafından 10 Kasım 2009'da kabul edildi ve yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kullanımı için destek vurgulanmıştır. Hedeflere ulaşmak için Polonya, aşağıdaki tabloda özetlenen bir dizi iç politika ve önlem geliştirmiştir (IEA, 2016d: 101):

2005 yılından beri, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimini ve kullanımını teşvik etmek için kamu hizmetleri için zorunlu kotalar ve bir sertifika sistemi kullanılmıştır. Enerji Kanunu, son kullanıcılara, belirli bir yıllık yenilenebilir elektrik kotasını yerine getirmeleri için elektrik sağlayan jeneratörleri ve tedarikçileri zorunlu kılmaktadır.

1 Temmuz 2016'da, bu kota sistemi 3 kW ila 10 kW kapasiteli tesisatlar için bir açık artırma sistemi ile değiştirilmiştir. Yeni destek planı uyarınca, elektrik dağıtım şirketleri, bir önceki çeyrekte ortalama pazar fiyatının %100'ü için 40 kW'a kadar kurulu gücü olan mikro jeneratörler tarafından üretilen fazla enerji satın almakla yükümlü olacaktır. Bu yükümlülük, 31 Aralık 2035 tarihine kadar yenilenebilir üretim başlangıcından itibaren 15 yıl sürecektir (IEA, 2016d: 104).

Tablo 62'de Polonya'da uygulanan yenilenebilir enerjiyi destekleme politikaları ve önlemleri özetlenmektedir:

Tablo 62: Polonya'da Yenilenebilir Enerjiyi Destekleme Politikaları ve Önlemleri

Önem	Önem Türü	Beklenen Sonuç	Hedeflenen grup ve / veya aktivite	Başlangıç-Bitiş Tarihi
Mikro kuruluşların elektrik şebekesine bağlanma sürecinin kolaylaştırılması.	Düzenleyici	Mikro tesisat sayısını artırmak	40 kilovata (kW) kadar kurulu güçle yenilenebilir enerjinin mikro jeneratörleri.	2013'den beri
Mikro kuruluşlardan üretilen elektriği satın almanın zorunlu hale getirilmesi.	Finansal	Mikro tesisat sayısını artırmak.	Kurulu gücü kadar yenilenebilir enerjinin mikro jeneratörleri 40 kW.	2013'den beri
Mikro ve küçük ölçekli montajcılar için sertifikasyon planları sağlamak kuruluşlar ve eğitim sağlayıcılarının akreditasyonu.	Düzenleyici	2009/28 / EC sayılı Yönerge hükümlerinin uygulanması ve kurulu mikro ve küçük ölçekli tesislerin kalitesinin iyileştirilmesi ve sağlanan eğitim kalitesi.	Mikro ve küçük ölçekli sistemler ve eğitim sağlayıcıları kurma alanında faaliyet gösteren kuruluşlar.	2013'den beri
Ortak projelerin ve istatistiksel transferlerin uygulanması için usullerin oluşturulması	Düzenleyici	2009/28 / EC sayılı Direktif hükümlerinin uygulanması. Enerji şirketlerinin, YE arzı ile ilgili ortak projelere katılmalarını sağlamak için tedbirler almak ve YE kaynaklardan istatistiksel olarak enerji transferleri yapmak.	Enerji şirketleri	2013'den beri
YE kaynaklarından enerji elde etme imkânının tanıtılması	Düzenleyici	2009/28 / EC sayılı Direktif hükümlerinin uygulanması.	Enerji şirketleri ve Enerji tüketicileri	2013'den beri
Bazı tedarikçilere, bir jeneratör elektriğinin ürettiği artı elektriği yenilenebilir enerjiden satın almak yükümlülüğü getirmek	Finansal	Yenilenebilir enerji dağıtımının artması	40 kW'a kadar kurulu güçle yenilenebilir enerjinin mikro jeneratörleri.	2016'dan beri

Kaynak: IEA, 2016d: 101

Polonya'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Elektrik hizmeti kullanımı kota yükümlülüğü, Ulaşım zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvikler: Kamu Yatırımları, krediler, hibeler, sermaye, sübvansiyonlar veya indirimler, İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.28. İzlanda

İzlanda'da, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, enerji kaynaklarının kullanımı için, orijinal ekipman, ekipmanın tasarımı, inşası ile ekonomik enerji kullanımı alanındaki özel projeler için yürütülen sübvansiyonlarla desteklenmektedir. Yenilenebilir enerji santrallerine erişim, genel enerji mevzuatına tabidir. İzlanda'daki elektrik tüketiminin %100'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search->

[by-country/iceland/](#), 11.07.2017)

İzlanda, ekonomik enerji kullanımı alanında özel projelerin yanı sıra enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanılması için orijinal alet ve ekipmanların tasarımı veya yapımı için sübvansiyonlar sağlar. İzlanda Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'nı, özellikle ulaştırmada yenilenebilir enerjinin payının artırılması açısından 2020 için stratejiyi özetleyen 2009/28 / EC sayılı Direktif uyarınca 2012'de yayınlamıştır. Jeotermal enerji kapasitesi bakımından ilk 5 ülke içerisinde ilk sırada yer almaktadır (REN21, 2017: 25).

3.2.29. Slovenya

Slovenya'da yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, alıcıyı ve destek seviyesini belirleyen iki türlü bir ihale süreci ile desteklenmektedir. 22 Eylül 2014'ten önce şebekeye bağlı olan tüm üretim tesisleri yıllık olarak yayınlanan kamuya açık çağrıda yer alabilirken, 22 Eylül 2014 tarihinden önce şebekeye bağlı olan yenilenebilir enerji santralleri operatörleri elektriklerini Slovenya'nın enerji piyasası "üniform yıllık fiyat", örneğin gümrük tarifesi ya da alternatif olarak prim tarifesini seçebilirler. Ayrıca, Slovenya'da devlet tarafından sübvansiyon başvurusu talep edilmekte ve yenilenebilir enerji alanında projeler için krediler sağlanmaktadır. Isıtma amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları başlıca krediler ve sübvansiyonlarla desteklenmektedir. Taşımada yenilenebilir enerji kullanımının ana teşviği, vergi muafiyetleri ve kredi olanaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından şebekeye elektriğe erişim, YE tesisatları için öncelikli olarak verilecektir. Şebekenin kullanımı ile ilgili olarak, yenilenebilir enerjiye öncelik verilecektir. İzgara geliştirmesi ızgara operatörünün bir konusudur ve doğrudan uygulanamaz. YE kurumlarının geliştirilmesi, kurulumu ve kullanımı için teşvik edici politikalar vardır (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/en/search-by-country/slovenia/>, 11.12.2017).

Slovenya'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Alıp Satılabilir Yenilenebilir Enerji Ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Yatırım veya Üretim Vergi Kredileri; Yatırım Veya Üretim Vergi Kredileri; Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye, Sübvansiyonlar veya İndirimler; İndirim, Satış, Enerji, KDV veya Diğer Vergiler.

3.2.30. Slovak Cumhuriyeti

Slovak Cumhuriyeti'nde, yenilenebilir kaynaklardan gelen elektrik, bir tarife uygulamasıyla yükseltilmektedir. Enerji şirketleri, şebekeye ihraç edilen elektriği satın almak

ve ödememekle yükümlüdür. PV ve rüzgar enerjisi tesisatlarının operatörleri Çevre Operasyonel Programı Kalitesi kapsamında sübvansiyon alabilirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, tüketim vergisinden istisna olarak teşvik edilmektedir. Yenilenebilir enerji santralleri operatörleri, ERDF tarafından finanse edilen Çevre Operasyonel Programı Kalitesi kapsamında sübvansiyon alabilirler (Res Regal, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/slovakia/>, 12.06.2017).

Slovak yenilenebilir enerji politikası, başta biyokütle olmak üzere, düşük maliyetli teknolojilere öncelik vermektedir. Ülkenin 2020 hedefleri ise şöyledir:

Tablo 63: Slovak Cumhuriyeti 2020'ye Kadar Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Ulusal Hedefler

Yıllar	2015	2016	2017	2018	2019	2020
YE- ısıtma ve soğutma (%)	10.9	11.7	12.5	13.3	14.1	14.6
YE- Elektrik Üretimi (%)	23.0	23.3	23.3	23.7	23.9	24.0
YE- Ulaşım (%)	6.0	6.3	6.8	8.3	8.5	10.0
Toplam Enerji Arzında YE Payı (%)	10.0	10.0	11.4	11.4	13.2	14.0

Kaynak: IEA, 2012c: 67.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen elektriği desteklemenin temel mekanizması, 2006 yılında başlatılan ve 2009 ve Aralık 2010'da değiştirilen tarifeler sistemidir.

Tablo 64: Slovak Cumhuriyeti Sabit Fiyat Garantisi

Hidroelektrik kaynaklı elektrik üretim tesisinin kurulu toplam elektrik kapasitesi	1 MW'a kadar	109.08 EUR/MWh
	1 MW'dan 5 MW'a kadar	97.98 EUR/MWh
	5 MW'dan fazla	61.72 EUR/MWh
Elektrik üreticisinin tesisinin toplam kurulu elektrik kapasitesi ile güneş enerjisinden	100 kW'a kadar	259.17 EUR/MWh
Rüzgar Enerjisinden	79.29 EUR/MWh	
Jeotermal Enerjiden	195.84 EUR/MWh	
Devam Eden Sabit Fiyat Garantisi		
Yanma İle	Atık su veya kanalizasyon suyundan kaynaklanan gaz arıtma tesisi.	93.08 EUR/MWh
	Anaerobik tarafından üretilen biyogaz fermantasyon teknolojisi toplam tesisin 1 MW'a kadar elektrik kapasitesi	145.00 EUR/MWh
	Anaerobik biyogaz üretimi fermantasyon teknolojisi toplam tesisin daha fazla elektrik kapasitesi 1 MW'dan daha	129.44 EUR/MWh
	İçinde termokimyasal gazlaştırma gazlaştırma jeneratörü	159.85 EUR/MWh

Kaynak: IEA, 2012c: 68-69.

Slovak Cumhuriyeti'nin uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Sabit fiyat garantisi/ Prim ödemeleri, Ulaşım zorunluluğu, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: İndirim, satış, enerji, KDV veya diğer vergiler.

3.2.31. Meksika

Meksika, temiz enerji kaynaklarının kullanımını vurgulayan kapsamlı enerji reformu kapsamında yenilenebilir enerji kullanımında yeni bir aşamaya girmiştir. 2014-2018 Yenilenebilir Enerjinin Kullanımı Özel Programı (PEAER) Nisan 2014'te yayınlanmıştır. Meksika'nın Yenilenebilir Enerjiler Danışma Konseyi (CCER) uyarınca hedeflediği 5 temel amacı vardır (IEA, 2017f: 171):

- Güç kapasitesini artırmak ve yenilenebilir enerjilerden üretmek.
- Enerji üretiminde kamu ve özel sektör yatırımlarını artırmak ve ara bağlantı altyapısını güçlendirmek.
- Yerli enerji matrisinde biyoyakıt kullanımını arttırmak.
- Teknoloji geliştirme, kapasite geliştirme ve yenilenebilir enerji değeri zincirlerini artırmak.
- Kırsal alan elektrifikasyon projeleri için yenilenebilir enerjilere erişimi sağlamak.

Meksika'da ayrıca, yenilenebilir enerji ve diğer temiz enerji teknolojileri için iş ortamını kolaylaştırmaya yönelik birçok girişim bulunmaktadır. Bunlar arasında şunlar bulunur (IEA, 2017f: 171-172):

Ulusal Temiz Enerjiler Envanteri: Meksika'da yenilenebilir enerji potansiyelini ve operasyonel projeleri gösteren istatistiki ve coğrafi referanslı bir hizmettir. Yani bugüne kadar rüzgar, güneş, jeotermal, hidro, biyoenerji ve okyanus kaynakları için bir kaynak ve bir proje veritabanı içermektedir.

Temiz Enerji Dağıtımı için Potansiyel Bölgeler Ulusal Atlası: Atlas, yenilenebilir enerji ve diğer temiz enerji teknolojilerinden elektrik üretimi için potansiyel bölgeler hakkında bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Teknik, çevresel ve sosyal kısıtlamaları temel alan dışlama bölgelerini içeren bir araçtır. Aynı zamanda, ulusal transmisyonun genişlemesini planlamaya yardımcı olmak için verilmektedir.

Yenilenebilir Enerji Projeleri için Elektronik Tekli Duraklatma Penceresi: Yenilenebilir bir enerji projesinin lisanslanması, izin verilmesi ve inşa edilmesi için gereken

gün sayısı ortalaması olarak 620'den 465'e düşürülmektedir.

Elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin gelişimini destekleyen temel araç, yeni tanıtılan temiz enerji sertifikalarıdır. Kontenjan uyum süresinden üç yıl önce ilan edilir. Meksika'nın uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Net Ölçüm.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Yatırım veya Üretim Vergi Kredileri.

Tablo 65: Meksika 2014-18 Yenilenebilir Enerji Kullanımına Yönelik Özel Programdaki Ana Göstergeler

Göstergeler	2014	2018 Hedef
Toplam kurulu güç kapasitesinde YE payı	%27.7	%34.6
Toplam kurulu güç kapasitesinin bir payı olarak yenilenebilir enerji	%25.0	%32.8
Toplam elektrik üretiminin payı olarak yenilenebilir enerji	%18.0	%24.9
Lisanslama için gerekli olan idari prosedürlerin optimizasyonu ve yenilenebilir enerji projelerine izin vermek	620	465
Biyoyakıtlarla artan enerji üretimi (GWh / yıl)	1.379	2.142
Yenilenebilir enerji işleri (Büyük hidro projeler dahil)	6.606	8.150
Kırsal alan elektrifikasyon projelerinde yenilenebilir enerjinin payı.	%4.16	≥ %8
Etkin kojenerasyon ile artan güç üretim kapasitesi projeler (MW)	218	1.480

Kaynak: IEA, 2017f: 172.

3.2.32. İsrail

İsrail'in girişim sermayesi piyasası, sermaye yatırımları açısından dünyanın en büyüklerinden biridir. Buna rağmen 2014 yılında, İsrail'de 83 girişim sermayesi şirketinden sadece 5'i yenilenebilir enerji amaçlı yatırım gerçekleştirmiştir. Firmaların yenilenebilir enerji için finansman yaratmamasının nedenleri şu şekilde özetlenebilir (Blum, 2015:1):

- Düşük yatırım getirisi,
- İkincisi İsrail hükümetinin düzenleme konusunda belirsizliği,
- Girişimcilerin yenilenebilir enerji konusunda bilgi eksikliği.

İsrail'de birkaç yenilenebilir enerji şirketine yatırım yapılması, coğrafi olarak uzak ülkelerden gelen ithal fosil yakıtlara sürekli bağlı kalmasıdır.

İsrail'in yenilenebilir enerji sektöründeki nispi avantajları, özellikle endüstrinin emek olması nedeniyle geliştirilmesi gereken bir potansiyeldir. Güneş teknolojilerini benimseyen ilk ülke olan İsrail, güneş enerjisi bakımından ciddi bir potansiyele sahiptir. Biyokütle ve rüzgar ise kullandığı yenilenebilir enerji çeşitlerindendir. Ülkenin 2015 de %3 olan yenilenebilir enerjiden elektrik payını, 2020'de %10, 2030'da %17 seviyesine taşımayı hedeflemektedir (REN 21, 2017: 192).

2009'da İsrail hükümeti, 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımını %10 oranında arttırmaya karar vermiştir. Kyoto Protokolü, İsrail'in öncelikli düzenleme ve uyum politikasıdır. Şubat 2001'de hükümet, ülkenin Kyoto yükümlülüklerine uygun olarak, sera gazı emisyon hedeflerini ve parasal destek mekanizmalarını belirlemiştir. İsrail, Şubat 2004'te Kyoto Protokolü'nü onaylamıştır (Karakosta vd., 2010: 2458).

İsrail'in uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar: Sabit Fiyat/ Prim Ödemesi, Elektrik Hizmeti Kota Yükümlülüğü, Net Ölçüm ve Isı Zorunluluğu.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Yatırım veya Üretim Vergi Kredileri; Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye, Sübvansiyonlar veya İndirimler.

3.2.33. Kore

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Kore'deki toplam birincil enerji arzına katkısı OECD içindeki en düşük seviyededir. Yeni ve Yenilenebilir Enerji için Üçüncü Temel Plan'a göre Kore, 2030 yılına kadar yeni ve yenilenebilir enerji kullanımını %11'e çıkarmayı hedeflemektedir. Yeşil büyüme politikasının ilanından sonra Aralık 2008'de kurulan bu üçüncü temel plan, yeni ve yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve dağıtılması için orta ve uzun vadeli hedefler belirlemekte, eylem planları ve temel stratejiler sağlamaktadır. Enerji arzını iyileştirmek ve bölgeye özgü yeni ve yenilenebilir enerjiler sağlayarak bölgesel ekonomileri artırmak için hükümet, yerel yönetimler tarafından yürütülen çeşitli projeleri desteklemek üzere tasarlanmış bir bölgesel dağıtım sübvansiyon programı geliştirmektedir. PV ve rüzgar enerjisi gibi yeni ve yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulması için yapılan sübvansiyon yatırım harcamalarının %50'sini desteklemektedir. Hükümet, yeni ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin maliyetleri ile yenilenebilir kaynakların üretimini ve kullanımını teşvik etmek için fosil yakıtlı termik üretim arasındaki farklar konusunda üreticileri bilgilendirmiştir. Sabit fiyat garantisinin temel özellikleri dönem ve hacim ile ilgilidir. Bu garanti sistemi, tüm yeni ve yenilenebilir elektrik tesislerine 15 yıllık bir destek sağlamaktadır (IEA, 2012d: 94).

2002 yılından bu yana Kore, yeni ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriği bir katma fiyat tarifi programı ile desteklemiştir. Prim tarifesini, çeşitli yeni ve yenilenebilir enerji teknolojileri türleri için elektrik üretim maliyeti ve satış fiyatları arasındaki farkı hesaba katmak için farklılaştırılmıştır (IEA, 2012d: 97).

Kore'nin uyguladığı yenilenebilir enerji destek politikaları (REN 21, 2017: 130):

- Düzenleyici politikalar; Net ölçüm, Ulaşım ve Isı zorunluluğu; Elektrik hizmeti kota yükümlülüğü, Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatlarıdır.
- Mali teşvik ve kamu finansmanı: Yatırım veya üretim vergi kredileri; Enerji üretimi ödeme.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİNDE UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİKLERİNİN MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: 1995-2014 DÖNEMİ EKONOMETRİK ANALİZLER

Çalışmanın dördüncü bölümünde, önceki üç bölümde işlenen gözlemsel bulgulara dayalı araştırmaya yer verilmektedir. OECD ülkelerinin yenilenebilir enerjiye yönelik uyguladığı teşviklerin etkilediği makroekonomik değişkenler arasında bağımlılık ortaya konulacaktır.

4.1. Literatür Taraması

Sadorsky (2009), G7 ülkelerindeki gelir, CO₂ kişi başına düşen petrol ve petrol fiyatlarının yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. 1980-2005 yılları arasında belirtilen değişkenler dahilinde panel veri seti yöntemi ile ekonometrik bir analiz gerçekleştirmektedir. Analiz sonuçlarına göre kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ ve kişi başına gelir tarafından desteklenmektedir. Regresyon sonuçlarına göre; uzun vadede gerçekte kişi başı GSYİH ve CO₂ emisyonunda %1'lik bir artış, kişi başına yenilenebilir enerji tüketimini sırasıyla %8,44 ve %5,23 arttırmaktadır.

Chang, Huang ve Lee (2009), 30 OECD ekonomisi üzerinde 1997-2006 yılları arasında baz alan çalışmada panel veri seti yöntemini kullanarak literatüre farklı bir bakış açısı kazandırmışlardır. Yıllık ekonomik büyümenin ve TÜFE, yenilenebilir enerjilerin enerji arzına yıllık katkısı üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Büyüme oranının yenilenebilir enerji üzerine herhangi bir etkisi olmadığı, enerji tüketim malları TÜFE'nin toplam enerji arzına yenilenebilir enerji katkısı ile pozitif bir ilişkiye sahip olduğunu iddia etmektedirler. Onlar, TÜFE'nin düşük büyüme rejimlerinde, yenilenebilir enerji arzı üzerinde önemsiz ve olumsuz bir şekilde etkili olduğu sonucuna varmaktadırlar. Eğer büyüme oranı %4,13'ten küçük olan ülkeler keskin fiyat artışlarıyla karşılaşırse yenilenebilir enerji gelişimini güçlendirerek yükselen fiyatlara cevap veremezler; çünkü YE'yi dağıtmak için fazla bir ekonomik fazlalıkları yoktur. Bu sonuç literatürde yenidir ve politika yapımcılar için değerlidir. Çünkü yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmaya karar vermeden önce ülkelerinin büyüme seviyesini düşünmelerini sağlamaktadır.

1960 ve 2007 yılları arasında ABD'de CO₂ emisyonları, yenilenebilir ve nükleer enerji tüketimi arasındaki nedensel ilişkileri bir Granger Nedensellik Testi kullanarak araştıran

Menyah ve Rufael (2010), CO₂ emisyonlarından yenilenebilir enerjilere doğru yönelen tek yönlü nedenselliğin varlığını ortaya çıkarmaktadırlar.

Marques ve Fuinhas (2011), 24 Avrupa ülkesi için yenilenebilir enerjilerin toplam enerji arzına katkısı üzerine çeşitli bağımsız değişkenlerin etkilerini araştırdılar. Çalışmada 1990-2006 yılları arasını baz alarak panel veri seti yöntemi ile ekonometrik bir analiz gerçekleştirmektedir. Karbon dioksit emisyonları (kişi başına), toplam enerji tüketimi (kişi başına), gayri safi yurtiçi hasıla (kişi başına düşen gelir olarak), elektrik üretimi için fosil kaynakların ve nükleer enerjinin katkısı, enerji ithalatına bağımlılık, fosil yakıtların fiyatları ve yenilenebilir enerjinin bir önceki yıldaki toplam enerji arzına katkısı kullanılan değişkenlerdir. CO₂ emisyonları ve artan enerji ithalatına bağımlılık YE kalkınmasını teşvik etmemektedir. Benzer şekilde, fosil yakıtlar için olan gelir ve fiyatlar, yenilenebilir enerjiye olan bağımlılık ile beklenmedik bir ilişki ortaya koymakta; bu artış, yenilenebilir enerjilerin payında bir artışa neden olmamaktadır. Ayrıca yenilenebilir kaynaklardaki fiyatların teknolojik gelişmelerle düşmesi ve geleneksel enerji kaynaklarının fiyatıyla rekabet halinde olması durumunda bu durumun tersine çevrilebileceği iddia edilmektedir.

Salim ve Rafiq (2012), 1980 ve 2006 yıllarını kapsayan çalışmada, 6 büyük gelişmekte olan ülkenin (Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Filipinler ve Türkiye) reel GSYİH (gelir), karbon emisyonu ve reel petrol fiyatlarının YE tüketimine olan etkileri üzerinde incelemelerde bulunmuştur. Panel eş bütünleşme tekniklerini kullanarak GSYİH ve CO₂ emisyonlarındaki %1'lik artışın, yenilenebilir enerji tüketiminde sırasıyla %1,228 ve %0,033'lük bir artışa neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Romano ve Scandurra (2013), OPEC ülkelerinde 1980-2009 yıl aralığında, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımı teşvik eden faktörleri incelemiştir. Panel Veri Analizi uygulanan çalışmada, yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumunu teşvik etmek için hibe ve teşviklerden yararlanılmasının ülkenin sürdürülebilir kalkınması için önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Yenice ve Bejleri (2013), ABD'de 1949 ve 2011 yıl aralığında yenilenebilir enerji tüketimi, GSYH, CO₂ emisyonu ve fosil yakıt fiyatları arasındaki nedensel ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Johansen Eşbütünleşme Yöntemi, Vektör Hata Düzeltme Metodu ve Granger Nedensellik Analizi uygulanmıştır. Sonuçlar; fosil yakıt fiyatının, CO₂ ve yenilenebilir enerji tüketimi ile uzun vadeli bir ilişkisi olduğunu göstermektedir. Kısa vadede, CO₂ emisyonları ve fosil yakıt fiyatları arasında çift yönlü nedensellik bulunmuştur. Fakat fosil yakıt fiyatları ve yenilenebilir enerji haricinde uzun dönemde GSYH ile tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığına ulaşılmıştır.

Ulucak ve Ulucak (2014) tarafından, kamu harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki Türkiye için, 1950-2011 dönem aralığında araştırılmaktadır. Hacker-Hatemi J. Bootstrap Nedensellik Analizi kullanılarak analizi gerçekleştirilen çalışmada ampirik olarak herhangi bir nedensellik ilişkisine ulaşamamıştır.

Kılınç Ata (2016) çalışmada, 27 AB ülke ve 50 ABD eyaletindeki ülkelerin yenilenebilir enerji dağıtım teşviğinde, gümrük tarifeleri, kotalar, ihale ve vergi teşvikleri gibi politika araçlarının, 1990-2008 yılları arasını baz alarak panel veri seti yöntemi ile ekonometrik bir analiz gerçekleştirmektedir. Elde edilen sonuçlar, yenilenebilir enerji politikaları araçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesinde önemli bir rol oynadığını, ancak etkinliklerinin yenilenebilir enerji politikası araçlarının türüne göre farklılık gösterdiğini göstermektedir. Bulgular, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik dağıtım kapasitesini artırmak için tarife garantisi, ihale teklifleri ve vergi teşviklerinin etkili mekanizmalar olduğunu ortaya koyarken, kotanın etkili araç olmadığı sonucuna varmıştır.

Telek ve Telek (2016) 1998-2015 dönemi üçer aylık verileri kullanılarak Türkiye’de kamu harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Çalışmada VAR analizi, Etki-Tepki Analizi, Varyans Ayırıştırma Analizi ve Granger Nedensellik Testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre kamu harcamalarından ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmuş, yani incelenen dönemde Türkiye ekonomisi için Keynes Hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Koengkan (2017), çalışmada mali teşvik politikalarının yenilenebilir enerjinin kurulu gücü üzerindeki etkisi, 1980- 2014 yılları aralığında 13 Latin Amerika ülkesi için incelemiştir. ARDL metodolojisi, maddi teşvik politikalarının toplam kurulu gücü üzerindeki etkisini kısa ve uzun vadeli bileşenlerinde ayrı ayrı incelemek için kullanılmıştır. Sonuçlar, kısa vadede mali teşvik politikalarının, bu politikaların olası verimsizliğinden ötürü yenilenebilir enerjinin kurulu gücü üzerinde hiçbir etkiye neden olmadığını ortaya koyarken, uzun vadeli mali teşvikler, yenilenebilir enerji yatırımlarını %0.8977 oranında teşvik arttırılmıştır. Latin Amerika ve Çin’de ekonomik büyüme kısa dönemde sırasıyla %3.1564 ve %5.2724'lük bir pozitif etki; uzun dönemde ise %2.4934 ve %1.0498'lik bir pozitif etki ortaya koymaktadır. Sonuçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımları teşvik etmek, ülkelerin veya belirli bölgelerin ekonomisini teşvik etmek ve gelir elde etmek için daha fazla mali teşvik politikası oluşturmak ve alternatif kaynakların tüketimini artırmak gerektiğini göstermektedir.

Timur ve Albayrak (2017), Wagner Kanununu, Türkiye ekonomisi için 1998-2015 dönemlerini iki farklı spesifikasyon çerçevesinde test etmektedir. Bulgulara göre, kamu harcamaları ve GSYH arasında çift yönlü olmak üzere bir nedensellik ilişkisine ulaşamamıştır.

4.2. Veri Seti, Kullanılan Yöntem ve Değişkenler

Çalışmada 1995-2014 yılları arasında Türkiye'nin de dahil olduğu 34 OECD ülkesinin birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payının seyrini etkileyen değişkenler arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler, Dünya Bankası, OECD ve Ulusal Enerji Ajansı veri tabanlarından derlenerek, 1995-2014 yılları arasında yer alan verilere ulaşılarak veri seti oluşturulmuştur. Çalışmada OECD ülkelerinde birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin payı ve yenilenebilir enerji teşviklerinin etkilediği değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için "Granger Nedensellik Testi" ve değişkenlerin kendinde ve diğer değişkenler üzerinde meydana getirdiği şokların kaynaklarını belirleyebilmek için "Varyans Ayrıştırması" uygulanmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen analizlerin ilk aşamasında, Granger Nedensellik Testi ve Varyans Ayrıştırma Yöntemi uygulayabilmek için değişkenlere ait serilerin durağan olması gerektiği için öncelikle birim kök testleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 66: Modelde Kullanılan Değişkenler

Modelde İfade Edilen Simge	Kullanılan Değişken Tanımı
y	Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerjinin Payı
x ₁	Kamu Harcamaları
x ₂	Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Kira Bedeli
x ₃	Enerji İthalatı
x ₄	Kömür, Petrol ve Doğal Gazdan Elektrik Üretimi
x ₅	Tüketici Fiyat Endeksi (Enerji)
x ₆	Kişi Başına Düşen GSYH
x ₇	Yenilenebilir Enerji Tüketimi
x ₈	CO ₂ Emisyonları
x ₉	Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politika Sayısı

Bu değişkenlerin kullanıldığı model ise şu şekildedir.

$$\Delta y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \varepsilon_t \quad (1)$$

4.3. Ekonometrik Metodoloji

Bu kısımda öncelikle Augmented-Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi, Levin, Lin ve Chu (2002) Panel Birim Kök Testi ve Breitung Birim Kök Testi uygulanacaktır. Devamında ise model, Varyans Ayrıştırma ve Granger Nedensellik Analizi ile test edilecektir.

4.3.1. Birim Kök Testi

Durağanlık; zaman serisi verilerinin belirli bir zaman sürecinde sürekli artma veya azalmanın olmadığı, verilerin zaman boyunca bir yatay eksen boyunca dağılım gösterdiği biçimde tanımlanır (Emeç, 2017: 5). Eğer seri güçlü durağan ise serinin dağılım fonksiyonu zaman içinde değişmemeli, yani; $F(zt_1, zt_2, \dots, zt_T) = F(zt_1+k, zt_2+k, \dots, zt_T+k)$ eşitliği sağlanmalıdır. Burada k gecikme sayısını göstermektedir (Emeç, 2018: 63).

Granger ve Newbold 1974 yılında gerçekleştirdiği çalışmalarında durağan olmayan zaman serilerinin uzun dönemde sapmalı standart hata ürettiği ve bu nedenle değişkenlerin durağan yapıya sahip olması gerektiğini ileri sürmüştür (Granger ve Newbold, 1974: 113).

Durağan ve durağan olmayan seriler arasındaki temel farklar şöyle özetlenebilir (Kutlar, 2007: 324)

Durağan serilerde;

- Seri, uzun dönemde dalgalanmalar olsa bile aynı ortalamayı korur.
- Zamana bağlı olarak değişmeyen bir sonlu varyansa sahiptir.
- Gecikme zamanı uzadıkça, korelogram gittikçe sifıra yaklaşır ve sıfır olur.

Durağan olmayan serilerde;

- Serinin uzun sürede döneceği bir ortalama değeri bulunmamaktadır.
- Zaman sonsuza yaklaştığında, varyans zamana bağlı olduğu için o da sonsuza yaklaşır.
- Teorik korelogram hemen bitmez, yavaş yavaş azalır.

Durağan olmayan serilerde durağanlık sağlamak için serilerin farkları, logaritmaları, logaritmaların birinci farkları gibi işlemler uygulanmaktadır. Fark alma işlemi, değişkenin geçmiş dönemlerde maruz kaldığı kalıcı şokların etkisini yok ederken, uzun dönemli ilişkileri de ortadan kaldırmaktadır. Bu şekilde uzun dönemli bilgilerin yok edilmesi sebebiyle, araştırılan regresyon uzun dönemli denge ilişkisi vermez (Tarı, 1999: 370).

Bu nedenle durağanlığı bu şekilde sağlamaya çalışmadan önce eşbütünleşme analizi yapmak gerekir. Çünkü söz konusu seriler eşbütünleşik ise bu regresyonun gerçek olduğunu gösterir ve seriyi durağanlaştırmaya gerek kalmaz (Uzgören ve Uzgören, 2005:2). Durağanlık testi genellikle birim kök testi ile gerçekleştirilmektedir.

Bir serinin uzun dönemde sahip olduğu özellik, bir önceki dönemde değişkenin aldığı değeri, bu dönemi hangi şekilde etkilediğinin belirlenmesiyle ortaya konulabilir. Bu nedenle, serinin nasıl bir süreç geçirdiğini anlayabilmek için, serinin her dönemde aldığı değerin daha önceki dönemde aldığı değeriyle regresyonunun bulunması gerekir. Bunu için birçok değişik yöntem olmakla birlikte, ekonometride *birim kök analizi* yapılarak serinin durağan olup

olmadığı belirlenmektedir (Tarı, 2006: 393).

Son yıllarda durağanlığı test etmek için çoğunlukla birim kök sınaması yapılmaktadır. Bu testi açıklama için aşağıdaki modelden yararlanabiliriz:

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

(2) nolu denklemde u_t ortalaması sıfır, ardışık bağımlı olmayan bir olasılıklı hata terimidir. Denklemde t dönemindeki Y 'nin $(t-1)$ dönemindeki kendi değerine göre regresyonudur. Eğer Y_{t-1} katsayısı 1'e eşit ise birim kök (durağan olmama) sorunu yaşanmaktadır.

$$Y_t = pY_{t-1} + u_t \quad (3)$$

(3) nolu denklemde regresyonun hesaplanması sonucu $p=1$ elde edilirse, Y_t olasılıklı değişkenin bir birim kökü olacaktır. Birim kökü olan zaman serilerine *rassal yürüyüş zaman serisi* denir. Rassal yürüyüş söz konusu ise zaman serisi durağan değildir. Örneğin, hisse senetlerinin fiyatları rassal yürüyüş izler. Yani durağan değildir (Başoğlu ve Parasız, 2003: 194).

Yukarıdaki (3) nolu denklemin sağ ve sol tarafından Y_{t-1} çıkarılarak;

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = u_t \quad (4)$$

ilişkisi elde edilmektedir. Burada $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ (birinci fark) dir. $(P-1)$ de δ olarak ifade edilirse ilişki;

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

olarak ifade edilebilir.

$P=1$ olduğunda $\delta=0$ olduğunda da

$$\Delta Y_t = (Y_t - Y_{t-1}) = u_t \quad (6)$$

olacak ve dolayısıyla Y_t (birinci fark) durağan olacaktır. Böylece orijinal bir serinin birinci farkı durağan ise orijinal seriye birinci dereceden entegre olmuş denir ve $I(1)$ olarak ifade edilir. Eğer seriyi durağan yapmak için iki sefer fark almak gerekirse $I(2)$ ve d defa fark almak gerekirse $I(d)$ olarak yazılır. Durağan olmayan seri bu şekilde farkları alınarak durağan hale getirilebilir. Bu işlem, serinin içerdiği kalıcı şokun etkisinin yok edilmesini ve durağan yani belli bir değere yaklaşan geçici şokların kalkmasını, serinin durağan hale gelmesini sağlamaktadır.

Bir serinin durağan olup olmadığı birim kök testiyle şu işlemle araştırılmaktadır:

Bu testte hipotez (2) nolu denkleme göre $H_0: P = 1$ ve (4) nolu denklem $H_0: \delta = 0$ olup, serinin durağan olmama durumunu gösterir. $P=1$ sıfır hipotezi ile geleneksel yolla hesaplanan t istatistiği kullanılamayacağından bunun yerine τ (tau) istatistiği kullanılır. Çünkü H_0 hipotezi altında, t istatistiğinin tutarlı olabilmesi için serilerin durağan olması gerekir. Bu durumda t testi kullanılamıyor. Kullanılamamasının sebebi ise, t testinin 0 etrafında dağılmıyor olmasıdır. Bu durumda Dickey-Fuller (1979) makalesinde kullanılan τ istatistiklerinin kullanılması gerekmektedir. Bunun kritik değerleri Dickey-Fuller tarafından Monte Carlo benzetmesiyle tablolaştırılmıştır. Literatürde Tau Testi bunların adından dolayı DF Testi olarak bilinir. Eğer $P=1$ sıfır hipotezi reddedilip zaman serisi durağan bulunursa, bilinen t testi kullanılabilecektir.

4.3.1.1. Augmented-Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi

Bu testlerden en eskisi ve en çok kullanılanı ADF Testi'dir. Ardından çıkan birim kök testleri, kendisinden önce gelen testlerdeki sorunları ya da bu testlerdeki eksikleri gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Bu birim kök sınaması yazarların soyadının baş harfi DF ile anılmıştır ve en yaygın kullanıma sahip birim kök testidir.

Dickey-Fuller birim kök sınaması için üç model kullanılır.

A. Pür Rassal Yürüyüş Modeli: Modelde trend ve sabit yer almamakta, sabitin ve deterministik trendin hiçbir etkisi olmadığı varsayılmaktadır (Emeç, 2017: 33):

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

$H_0: \rho \geq 1$ veya $H_0: \delta \geq 0$ (Seri durağan değildir, birim kök vardır).

$H_0: \rho < 1$ veya $H_0: \delta < 0$ (Seri durağandır).

B. Sabitin Yer Aldığı Rassal Yürüyüş Modeli: Modelde sabit yer almakta, deterministik trendin etkisinin olmadığı varsayılmaktadır (Emeç, 2017: 34):

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (8)$$

$H_0: \rho \geq 1$ veya $H_0: \delta \geq 0$ (Seri durağan değildir, birim kök vardır).

$H_0: \rho < 1$ veya $H_0: \delta < 0$ (Seri durağandır).

C. Trend ve Sabitin Yer Aldığı Rassal Yürüyüş Modeli: Eşitliğin sağ tarafında sabit ve deterministik trend birlikte yer almakta; yani model tüm deterministik bileşenleri ve stokastik kısmı içermektedir (Emeç, 2017: 35):

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

$H_0: p \geq 1$ veya $H_0: \delta \geq 0$ (Seri durağan değildir, birim kök vardır).

$H_0: p < 1$ veya $H_0: \delta < 0$ (Seri durağandır).

Tablo 67: ADF Birim Kök Analizi Sonuçları

	DÜZEYDE			1. FARK		
	SABİTLİ	SABİTLİ VE TRENDLİ	SABİTSİZ VE TRENDLİ	SABİTLİ	SABİTLİ VE TRENDLİ	SABİTSİZ VE TRENDLİ
Y	39.3293 (0.9979)	67.7611 (0.4854)	104.701 (0.0028)	394.437 (0.0000)	361.231 (0.0000)	505.766 (0.0000)
X ₁	77.5978 (0.1994)	88.4894 (0.0482)	28.9496 (1.0000)	297.353 (0.0000)	229.102 (0.0000)	465.128 (0.0000)
X ₂	116.804 (0.0002)	138.361 (0.0000)	63.8257 (0.6210)	459.014 (0.0000)	326.538 (0.0000)	648.233 (0.0000)
X ₃	64.1827 (0.6088)	87.8273 (0.0532)	78.9356 (0.1715)	364.344 (0.0000)	323.599 (0.0000)	459.423 (0.0000)
X ₄	44.3620 (0.9883)	91.9834 (0.0280)	134.267 (0.0000)	355.465 (0.0000)	326.966 (0.0000)	433.493 (0.0000)
X ₅	9.59382 (1.0000)	94.3310 (0.0190)	1.88159 (1.0000)	347.225 (0.0000)	249.049 (0.0000)	296.928 (0.0000)
X ₆	11.0661 (1.0000)	79.7006 (0.1569)	0.68969 (1.0000)	314.415 (0.0000)	249.920 (0.0000)	152.161 (0.0000)
X ₇	22.5090 (0.0000)	49.1239 (0.9591)	21.4858 (1.0000)	323.999 (0.0000)	335.916 (0.0000)	334.298 (0.0000)
X ₈	40.6766 (0.9965)	73.3898 (0.3060)	100.221 (0.0067)	396.878 (0.0000)	375.516 (0.0000)	525.310 (0.0000)
X ₉	32.1599 (0.9999)	64.8365 (0.5863)	8.85170 (1.0000)	271.700 (0.0000)	254.075 (0.0000)	297.247 (0.0000)

Yukarıdaki Tablo 67’de ADF Genişletilmiş Dickey Fuller birim kök testinden yararlanılarak durağanlık analizleri gerçekleştirilmiştir. Serilerin düzey değerleri incelendiğinde olasılık değerleri %5’ten büyük çıkan değişkenler olduğu görülmekte ve birim kök içerdikleri tespit edilmektedir. Bu nedenle serilerin birinci farkları alınarak durağanlıkları test edildiğinde serilerin aynı düzeyde durağan oldukları sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3.1.2. Levin, Lin ve Chu (2002) Panel Birim Kök Testi

LLC testinde ortak birim kök vardır ve sıfır hipotezi test edilmektedir. Bu yöntem, kernel seçimlerini ve her bir yatay kesit ADF regresyonunda kullanılan gecikme sayılarının

belirlenmesini gerektirmektedir. Test denkleminde dışsal değişken kullanılmamakta ama bireysel sabit terimler (sabit etkiler) ya da bireysel sabitler ve trendler kullanılabilmektedir (Egeli ve Egeli, 2007: 108). Levin, Lin ve Chu (2002) testi bireysel sabitler ve zaman trendlerini göz önüne almakta; bu testte birimler arası hata varyansı ve daha yüksek sıradan seri korelasyonun serbest değişmesine izin verilmektedir (Levin, Lin ve Chu, 2002: 5):

Levin, Lin Chu (2002) geliştirdikleri bu testi üç farklı model üzerine kurmuşlardır (Levin, Lin ve Chu, 2002: 4):

$$\text{Sabitsiz Model:} \quad \Delta y_{it} = \delta y_{it-1} + u_{it} \quad (10)$$

$$\text{Sabitli Model:} \quad \Delta y_{it} = \alpha_0 i + \delta y_{it-1} + u_{it} \quad (11)$$

$$\text{Sabitli ve Trendli Model:} \quad \Delta y_{it} = \alpha_0 i + \alpha_1 t + \delta y_{it-1} + u_{it} \quad (12)$$

Burada u_{it} ile gösterilen hata süreci, durağan çevrilebilir ARMA sürecini takip etmekte ve birimler boyunca korelasyonludur.

Tablo 68: Levin, Lin ve Chu (2002) Panel Birim Kök Analizi Sonuçları

	DÜZEYDE			1. FARK		
	SABİTLİ	SABİTLİ VE TRENDLİ	SABİTSİZ VE TRENDLİ	SABİTLİ	SABİTLİ VE TRENDLİ	SABİTSİZ VE TRENDLİ
Y	5.78928 (1.0000)	-1.47285 (0.0704)	-4,98220 (0.0000)	-17.7604 (0.0000)	-15.2765 (0.0000)	-20.0552 (0.0000)
X1	-3.02584 (0.0012)	-2.78574 (0.0027)	1.86151 (0.9687)	-15.9105 (0.0000)	-14.7004 (0.0000)	-20.1747 (0.0000)
X2	-4.54738 (0.0000)	-7.81509 (0.0000)	-2.85076 (0.0022)	-22.4197 (0.0000)	-17.0578 (0.0000)	-26.7941 (0.0000)
X3	1.44172 (0.9253)	-1.69975 (0.0446)	-2.61102 (0.0045)	-18.0070 (0.0000)	-16.8624 (0.0000)	-19.8638 (0.0000)
X4	7.13468 (1.0000)	-0.61490 (0.2693)	-3.67449 (0.0001)	-15.2759 (0.0000)	-13.7425 (0.0000)	-18.2788 (0.0000)
X5	1.78928 (0.9632)	-5.18366 (0.0000)	14.8713 (1.0000)	-16.9691 (0.0000)	-11.7161 (0.0000)	-11.6047 (0.0000)
X6	2.76040 (0.9971)	-2.20910 (0.0136)	26.6464 (1.0000)	-15.6440 (0.0000)	-13.9338 (0.0000)	-7.06539 (0.0000)
X7	11.5808 (1.0000)	0.71075 (0.7614)	7.64840 (1.0000)	-13.1096 (0.0000)	-16.2339 (0.0000)	-10.4992 (0.0000)
X8	4.72177 (1.0000)	-2.24370 (0.0124)	-4.84533 (0.0000)	-18.1148 (0.0000)	-15.8719 (0.0000)	-21.2011 (0.0000)
X9	-0.15222 (0.4395)	-0.32584 (0.3723)	7.76071 (1.0000)	-14.5374 (0.0000)	-14.6729 (0.0000)	-13.9577 (0.0000)

Bu testin hipotezleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Tatoğlu, 2012: 200):

$H_0: \delta\dot{I} = \delta = 1$ (Seride genel bir birim kök vardır)

$H_1: \delta\dot{I} = \delta < 1$ (Seride genel bir birim kök yoktur)

Yukarıdaki Tablo 68’de LLC birim kök testinden yararlanılarak durağanlık analizleri gerçekleştirilmiştir. Serilerin düzey değerleri incelendiğinde olasılık değerleri %5’ten büyük çıkan değişkenler olduğu görülmekte ve birim kök içerdikleri tespit edilmektedir. Bu nedenle serilerin birinci farkları alınarak durağanlıkları test edildiğinde serilerin aynı düzeyde durağan oldukları sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3.1.3. Breitung Birim Kök Testi

Breitung (2000), standart t istatistiklerinin kullanılabilmesi için regresyonlar hesaplanmadan önce veri dönüştürerek diğer panel birim kök testlerinden ayrılmaktadır (Atay Polat, 2014: 124).

Breitung (2000) panel birim kök testi aşağıdaki gibidir:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \sum_{k=1}^{p+1} \beta_{ik} X_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

Breitung panel birim kök testinde de tüm birimlerin sabit bir otoregresif parametreye ($p_i = p$) sahip olduğu varsayılmaktadır. Breitung (2000) boş hipotezi ve alternatif hipotez aşağıdaki gibi kurulmaktadır:

$$H_0 : \rho_i \equiv \sum_{k=1}^{p+1} \alpha_{ik} - 1 = 0 \text{ (Fark Durağanlıktır)} \quad (14)$$

$$H_1 : \rho_i \equiv \sum_{k=1}^{p+1} \alpha_{ik} - 1 < 0 \text{ ((Trend) Durağandır- tüm i'ler için)} \quad (15)$$

Panel birim kök sınavasında kullanılan ve standart normal dağılımın olduğunu gösteren test istatistiği aşağıdaki gibidir:

$$\lambda_B = \frac{\sum_{i=1}^N \sigma_1^{-2} Y_i^{*1} X_i^{*1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2 X_i^{*1} A^1 A X_i^{*1}}} \quad (16)$$

Tablo 69: Breitung Birim Kök Analizi Sonuçları

	DÜZEYDE	1. FARK
	SABİTLİ VE TRENDLİ	SABİTLİ VE TRENDLİ
Y	7.71819 (1.0000)	-9.27823 (0.0000)
X ₁	-2.17179 (0.0149)	-10.0790 (0.0000)
X ₂	-1.98099 (0.0238)	-13.5402 (0.0000)
X ₃	5.99725 (1.0000)	-5.37979 (0.0000)
X ₄	8.35747 (1.0000)	-3.83007 (0.0001)
X ₅	-1.06077 (0.1444)	-4.46307 (0.0000)
X ₆	-0.82685 (0.2042)	-12.4996 (0.0000)
X ₇	8.87286 (1.0000)	-2.28180 (0.0113)
X ₈	5.96591 (1.0000)	-10.4376 (0.0000)
X ₉	1.87461 (0.9696)	-8.04821 (0.0000)

Tablo 69’da Breitung birim kök testinden yararlanılarak durağanlık analizleri gerçekleştirilmiştir. Serilerin düzey değerleri incelendiğinde olasılık değerleri %5’ten büyük çıkan değişkenler olduğu görülmekte ve birim kök içerdikleri tespit edilmektedir. Bu nedenle serilerin birinci farkları alınarak durağanlıkları test edildiğinde serilerin durağanlaştığı görülmektedir.

4.3.2. Varyans Ayrıştırma

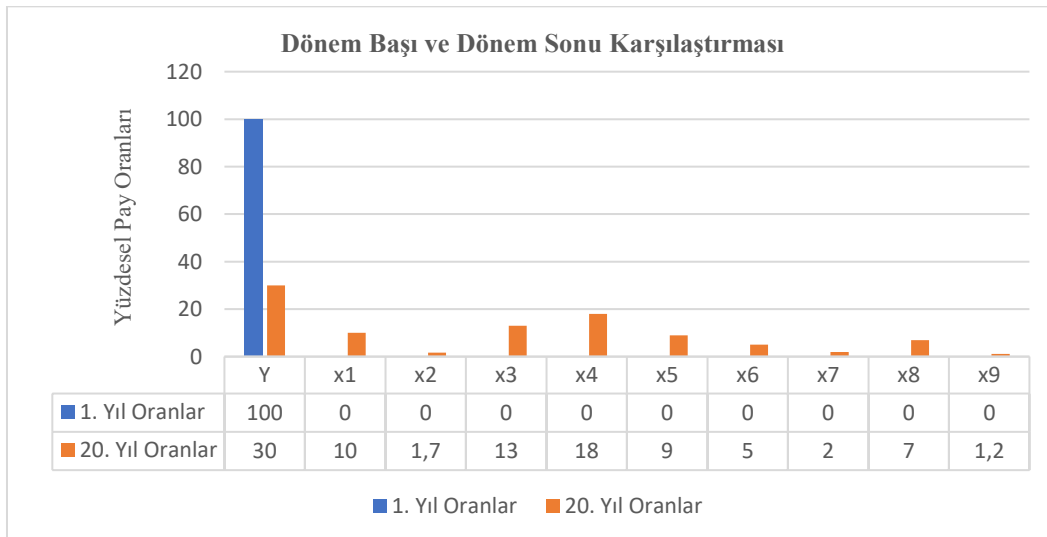
Varyans ayrıştırması tüm değişkenlerin kendinde ve diğer değişkenler üzerinde meydana getirdiği şokların kaynaklarını yüzdesel olarak ifade etmektedir. Modelde kullanılan bir değişkende oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Değişkende meydana gelen bu değişimin büyük kısmı kendisinden kaynaklı ise söz konusu değişken dışsal hareket ettiği sonucuna varılabilir. Aynı zamanda varyans ayrıştırması değişkenler arasında meydana gelen nedensellik ilişkisinin derecesini hakkında da bilgi vermektedir (Enders, 1995: 311). Bu yöntem, değişkenler arasındaki ilişkileri meydana çıkarmayı sağlamaktadır (Tarı, 2015: 469). Ayrıca bir makroekonomik büyüklüğün üzerinde en etkili olan değişkenin bulunmasına da imkan tanımaktadır (Muratoğlu, 2011: 74).

Tablo 70: Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Payı İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	100.0000	73.44809	25.35940	36.15436	30.05466
x ₁	0.000000	3.708437	7.120831	3.549764	10.86313
x ₂	0.000000	1.751142	0.651454	1.730188	1.703041
x ₃	0.000000	3.426611	14.36699	15.06929	13.09027
x ₄	0.000000	7.325639	17.30679	10.71839	18.44267
x ₅	0.000000	1.018014	2.094759	9.322278	9.125256
x ₆	0.000000	0.910359	7.671729	13.48473	5.320342
x ₇	0.000000	1.909509	3.539648	1.995378	2.162151
x ₈	0.000000	6.117103	17.74316	6.182019	7.989854
x ₉	0.000000	0.385091	4.145242	1.793608	1.248626

Tablo 70’de görüldüğü gibi birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı için 5’er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde y değişkeninin varyansının %100’ü kendisi tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde bu oranının %30,06 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda y değişkeni varyansının; %10,86’sı x₁, %1,70’i x₂, %13,09’u x₃, %18,44’ü x₄, %9,12’si x₅, %5,32’si x₆, %2,16’sı x₇, %7,98’i x₈, %1,24’ü x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 6 ‘da modelde kullanılan y (Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Payı) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

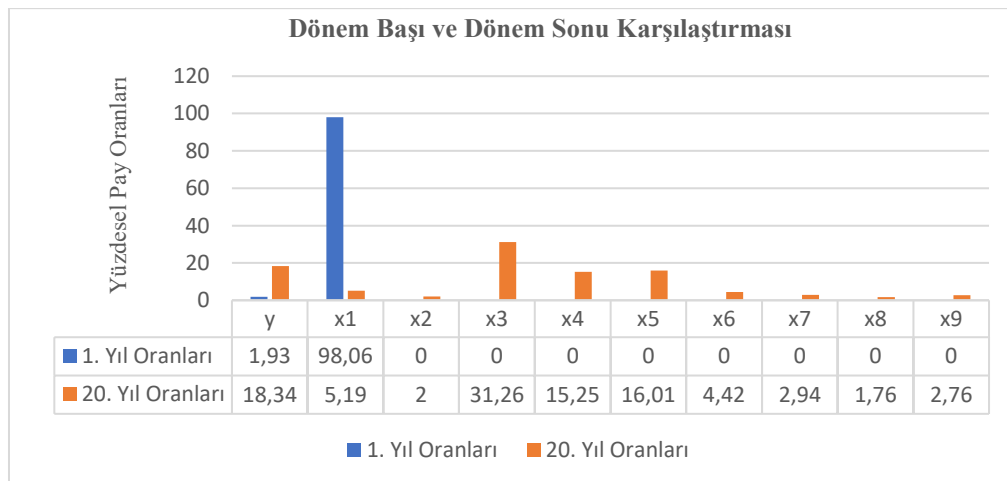
Grafik 6: Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Payı İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 71: Tablo: Kamu Harcamaları İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	1.938406	4.261082	45.10842	13.05533	18.34337
x ₁	98.06159	38.85561	10.05890	11.15980	5.198345
x ₂	0.000000	1.325143	3.369992	1.373975	2.003920
x ₃	0.000000	6.889790	10.20399	16.27083	31.26909
x ₄	0.000000	12.53759	7.951991	31.73251	15.25838
x ₅	0.000000	29.72189	10.56785	8.443478	16.01856
x ₆	0.000000	1.606646	0.913951	6.066430	4.426694
x ₇	0.000000	1.017093	1.368611	4.086914	2.949316
x ₈	0.000000	1.187794	6.294732	6.693283	1.769616
x ₉	0.000000	2.597358	4.161570	1.117455	2.762713

Tablo 71'e göre kamu harcamaları için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₁ değişkeninin varyansının %98,06'sı kendisi tarafından, %1,93'ü y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde bu oranının %5,19 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₁ değişkenin varyansının; %18,34'ü y, %2,00'si x₂, %31,26'sı x₃, %15,25'i x₄, %16,01'i x₅, %4,42'si x₆, %2,94'ü x₇, %1,76'sı x₈, %2,76'sı x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 7 'de, modelde kullanılan x₁ (kamu harcamaları) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

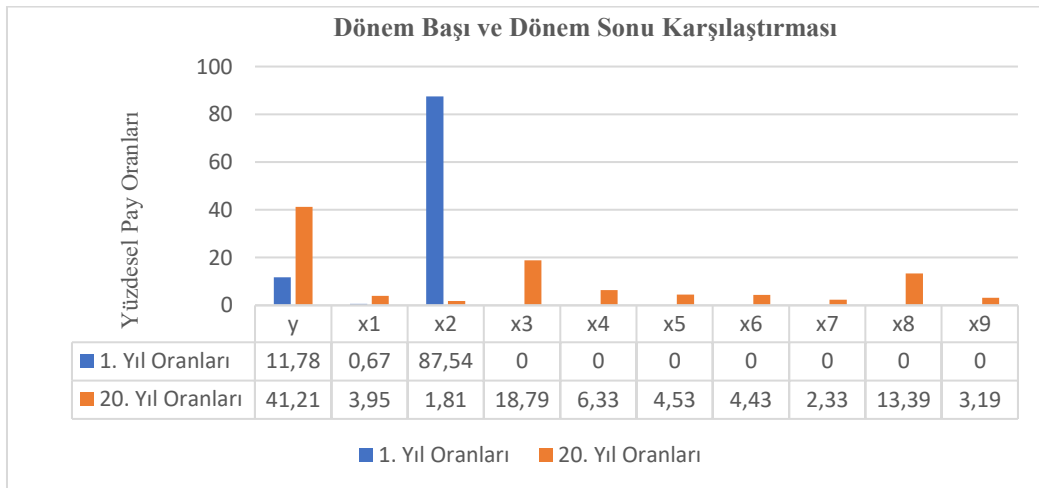
Grafik 7: Kamu Harcamaları İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 72: Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Kira Bedeli İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	11.78387	3.810746	10.34984	12.30286	41.21965
x ₁	0.674183	5.974261	6.638234	5.085253	3.951015
x ₂	87.54195	30.14034	11.06523	2.744311	1.817493
x ₃	0.000000	9.695238	12.90407	35.80436	18.79161
x ₄	0.000000	32.01987	34.17669	14.74795	6.330945
x ₅	0.000000	5.325576	2.500547	3.012894	4.533727
x ₆	0.000000	3.539746	10.16332	12.42900	4.437720
x ₇	0.000000	4.171423	3.296421	3.151791	2.331379
x ₈	0.000000	4.409548	5.045496	4.404379	13.39195
x ₉	0.000000	0.913248	3.860149	6.317195	3.194514

Tablo 72’de doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli için 5’er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₂ değişkeninin varyansının %87,54’ü kendisi tarafından, %0,67’si x₁, %11,78’i y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₂ değişkeni için bu oranının %1,81 oranına gerileyerek ciddi bir azalma yaşadığı görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₂ değişkenin varyansının; %41,21’i y, %3,95’i x₁, %18,79’u x₃, %6,33’ü x₄, %4,53’ü x₅, %4,43’ü x₆, %2,33’ü x₇, %13,39’u x₈, %3,19’u x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 8 ‘de, modelde kullanılan x₂ (Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Kira Bedeli) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

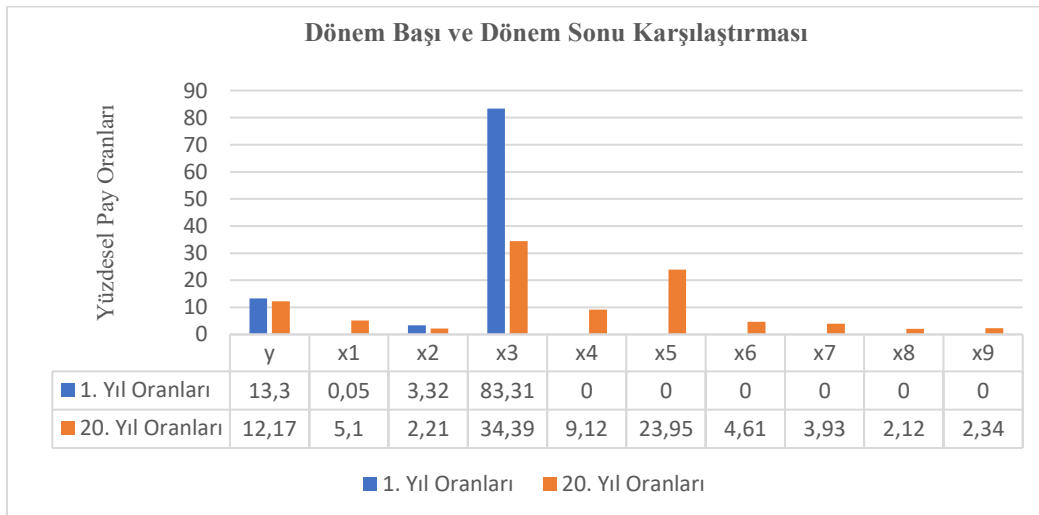
Grafik 8: Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Kira Bedeli İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 73: Enerji İthalatı İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	13.30169	34.79049	61.76906	44.08104	12.17671
x ₁	0.051745	4.138348	2.560840	3.071878	5.101803
x ₂	3.328349	7.141982	0.876177	1.162760	2.215756
x ₃	83.31821	30.78448	14.33008	11.99250	34.39576
x ₄	0.000000	2.032768	8.492039	7.584971	9.127241
x ₅	0.000000	0.761943	5.393698	9.615921	23.95408
x ₆	0.000000	12.02974	2.357158	11.80673	4.617801
x ₇	0.000000	0.769105	0.915367	1.336738	3.937550
x ₈	0.000000	5.694210	2.761358	6.074886	2.125045
x ₉	0.000000	1.856936	0.544224	3.272576	2.348255

Tablo 73'e göre enerji ithalatı için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₃ değişkeninin varyansının %83,31'i kendisi tarafından, %0,05'i x₁, %3,32'lik kısmı x₂ ve %13,30'u y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₃ değişkeni için bu oranının %34,39 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₃ değişkeni varyansının; %12,17'si y, %5,10'u x₁, %2,21'i x₂, %9,12'si x₄, %23,95'i x₅, %4,61'i x₆, %3,93'ü x₇, %2,12'si x₈, %2,34'ü x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 9 'da, modelde kullanılan x₃ (Enerji İthalatı) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

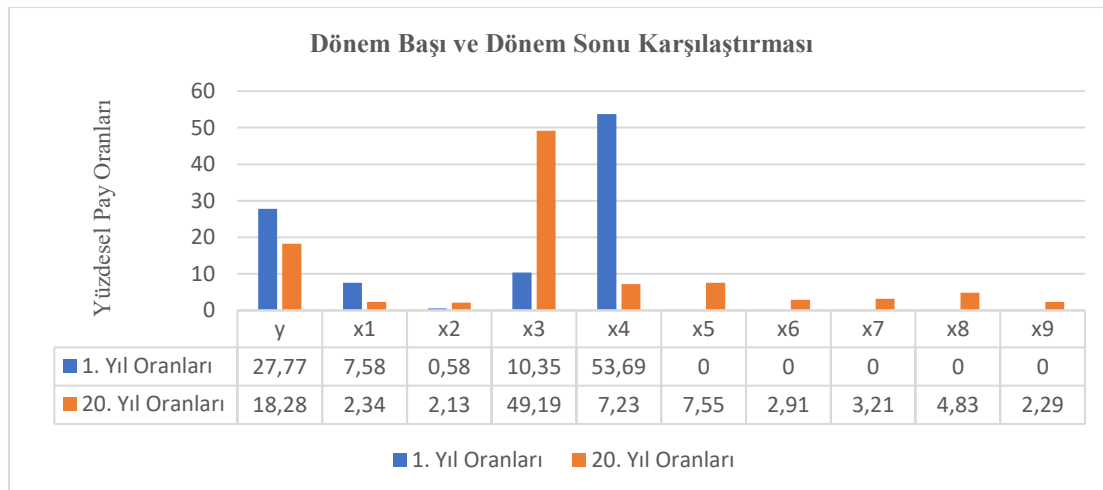
Grafik 9: Enerji İthalatı İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

Tablo 74: Kömür, Petrol ve Doğal Gazdan Elektrik Üretimi İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	27.77488	25.38209	17.82386	15.22272	18.28216
x ₁	7.589615	8.924696	5.350773	3.200863	2.348651
x ₂	0.587258	1.922880	3.011409	1.444403	2.134288
x ₃	10.35595	8.861167	16.83421	39.90829	49.19045
x ₄	53.69230	41.15446	23.20201	12.49547	7.231871
x ₅	0.000000	2.935292	8.286781	18.20519	7.558253
x ₆	0.000000	2.005685	6.824859	2.465800	2.910404
x ₇	0.000000	2.677946	2.786097	2.952159	3.214449
x ₈	0.000000	4.797125	9.289532	1.835801	4.833587
x ₉	0.000000	1.338655	6.590460	2.269304	2.295884

Tablo 74'e göre birincil enerji kaynaklarından (kömür, petrol, doğal gaz) elektrik üretimi için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₄ değişkeninin varyansının %53.69'u kendisi tarafından, %7,58'i x₁, %0,58'lik kısmı x₂, %10,35'i x₃ ve %27,77'si y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₄ değişkeni için bu oranının %7,23 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₄ değişkeni varyansının; %18,28'si y, %2,34'ü x₁, %2,13'ü x₂, %49,10'u x₃, %7,55'i x₅, %2,91'i x₆, %3,21'i x₇, %4,83'ü x₈, %2,29'u x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 10 'da, modelde kullanılan x₄ (Kömür, Petrol ve Doğal Gazdan Elektrik Üretimi) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

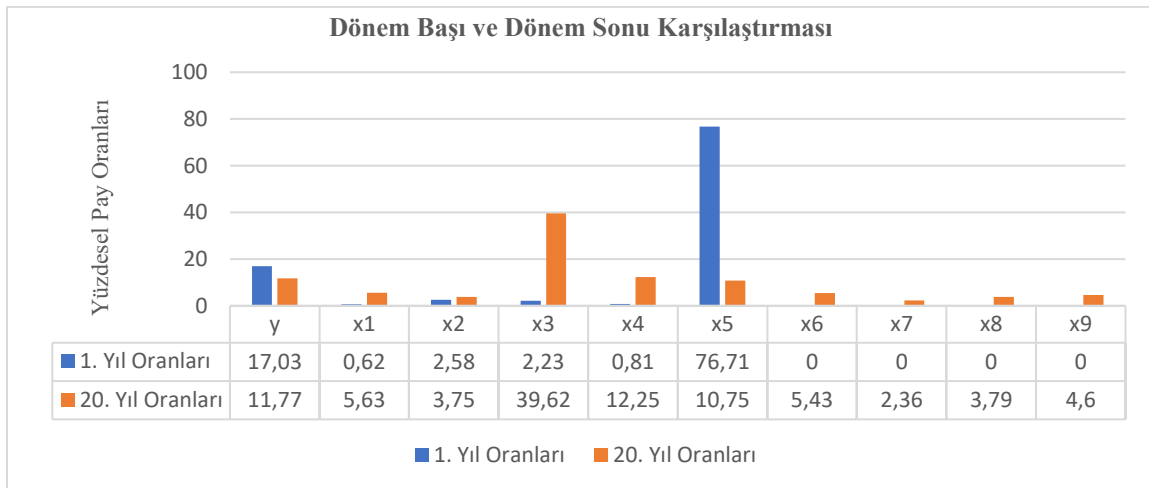
Grafik 10: Kömür, Petrol ve Doğal Gazdan Elektrik Üretimi İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 75: Tüketici Fiyat Endeksi (Enerji) İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

Değişkenler	Yıllık Oranlar				
	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	17.03271	11.05449	27.36418	18.65862	11.77244
x ₁	0.626140	1.046764	4.351838	6.973827	5.635454
x ₂	2.581090	2.717879	1.678403	1.299650	3.757560
x ₃	2.230643	2.462024	14.64510	35.08464	39.62268
x ₄	0.811978	5.856369	18.92933	18.14213	12.25628
x ₅	76.71744	53.89984	17.74564	5.809179	10.75426
x ₆	0.000000	6.959867	3.133504	7.376746	5.434926
x ₇	0.000000	0.998226	4.376870	2.425457	2.365749
x ₈	0.000000	12.63124	6.026715	2.864921	3.794147
x ₉	0.000000	2.373311	1.748421	1.364828	4.606517

Tablo 75'e göre tüketici fiyat endeksi (enerji) için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₅ değişkeninin varyansının %76,71'i kendisi tarafından, %0,62'si x₁, %2,58'lik kısmı x₂, %2,23'ü x₃, %0,81'i x₄ ve %17,03'ü y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₅ değişkeni için bu oranının %10,75 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₅ değişkeni varyansının; %11,77'si y, %5,63'ü x₁, %3,75'i x₂, %36,62'si x₃, %12,25'i x₄, %5,43'ü x₆, %2,36'sı x₇, %3,79'u x₈, %4,60'ı x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 11 'de, modelde kullanılan x₅ (Tüketici Fiyat Endeksi) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

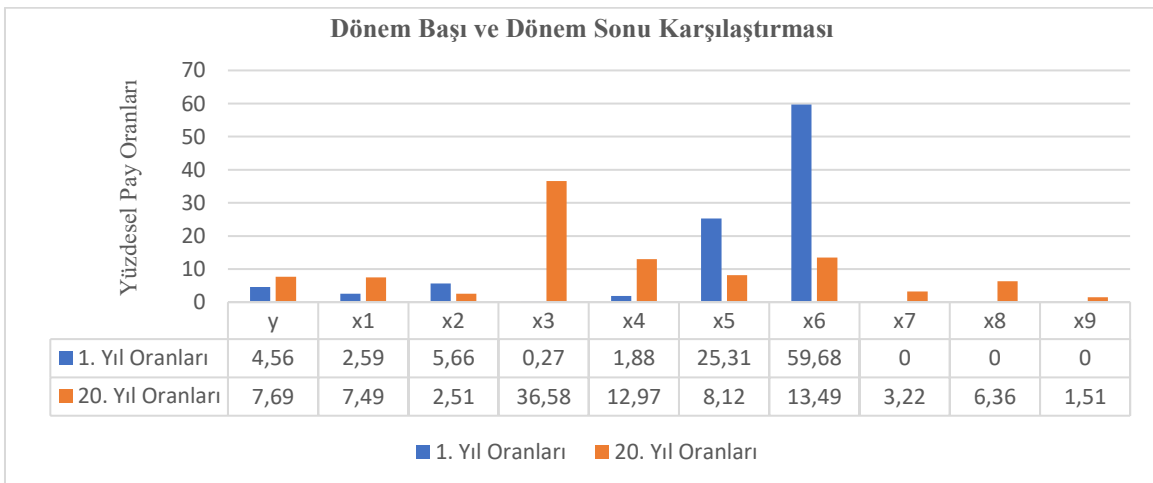
Grafik 11: Tüketici Fiyat Endeksi (Enerji) İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 76: Kişi Başına Düşen GSYH İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	4.568825	19.77785	5.543550	23.15243	7.695970
x ₁	2.598792	2.413779	1.690045	3.594162	7.494052
x ₂	5.664349	5.430910	3.100373	0.843350	2.512096
x ₃	0.276458	13.42327	17.45770	26.54494	36.58489
x ₄	1.889248	6.737458	10.19351	9.139456	12.97968
x ₅	25.31260	16.33224	29.43900	14.04094	8.126461
x ₆	59.68973	25.58816	24.46973	6.982589	13.49401
x ₇	0.000000	0.597274	1.273585	2.212528	3.226566
x ₈	0.000000	5.883015	4.680921	11.61202	6.369381
x ₉	0.000000	3.816040	2.151589	1.877591	1.516890

Tablo 76’da görüldüğü gibi kişi başına düşen gsyh için beşer yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₆ değişkeninin varyansının %59,68’i kendisi tarafından, %2,59’u x₁, %5,66’lık kısmı x₂, %0,27’si x₃, %1,88’i x₄ ve %25,31’i x₅ ve %4,56’sı y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₆ değişkeni için bu oranının %13,49 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₆ değişkeni varyansının; %7,69’u y, %7,49’u x₁, %2,51’i x₂, %36,58’si x₃, %12,97’si x₄, %8,12’si x₅, %3,22’si x₇, %6,36’sı x₈, %1,51’i x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 12 ‘de, modelde kullanılan x₆ (Kişi Başına Düşen GSYH) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

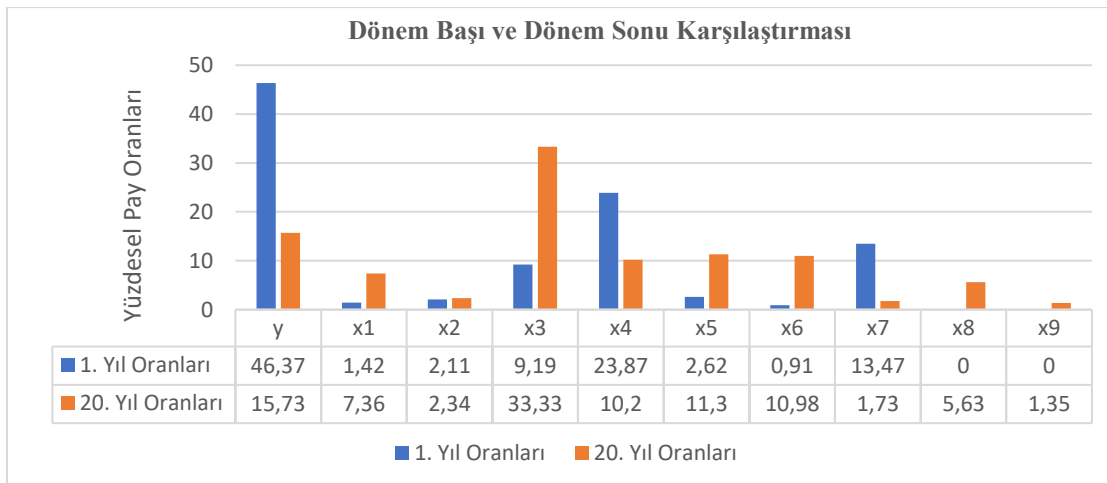
Grafik 12: Kişi Başına Düşen GSYH İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 77: Yenilenebilir Enerji Tüketimi İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

Değişkenler	Yıllık Oranlar				
	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	46.37300	38.09348	18.84179	29.04607	15.73211
x ₁	1.427314	9.074226	11.55440	5.271166	7.364121
x ₂	2.112577	1.851970	2.618092	1.828007	2.344834
x ₃	9.192978	8.987643	10.45389	13.64780	33.33523
x ₄	23.87493	27.36712	32.98231	12.94876	10.20704
x ₅	2.625536	2.662650	9.023899	25.18510	11.30546
x ₆	0.917940	1.110977	3.005689	3.191363	10.98902
x ₇	13.47573	9.828456	6.708341	2.435036	1.731425
x ₈	0.000000	0.711925	2.806220	5.078047	5.632774
x ₉	0.000000	0.311552	2.005371	1.368647	1.357984

Yenilenebilir enerji tüketimi için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₇ değişkeninin varyansının %13,47'si kendisi tarafından, %1,42'si x₁, %2,11'lik kısmı x₂, %9,19'u x₃, %23,87'si x₄ ve %2,62'si x₅, %0,91'i x₆ ve %46,37'si y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₇ değişkeni için bu oranının %1,73 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₇ değişkeni varyansının; %15,73'ü y, %7,36'sı x₁, %2,34'ü x₂, %33,33'ü x₃, %10,20'si x₄, %11,30'u x₅, %10,98'i'si x₆, %5,63'ü x₈, %1,35'i x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır (Tablo 77).

Grafik 13 'de, modelde kullanılan x₇ (Yenilenebilir Enerji Tüketimi İçin Varyans Ayrıştırması) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

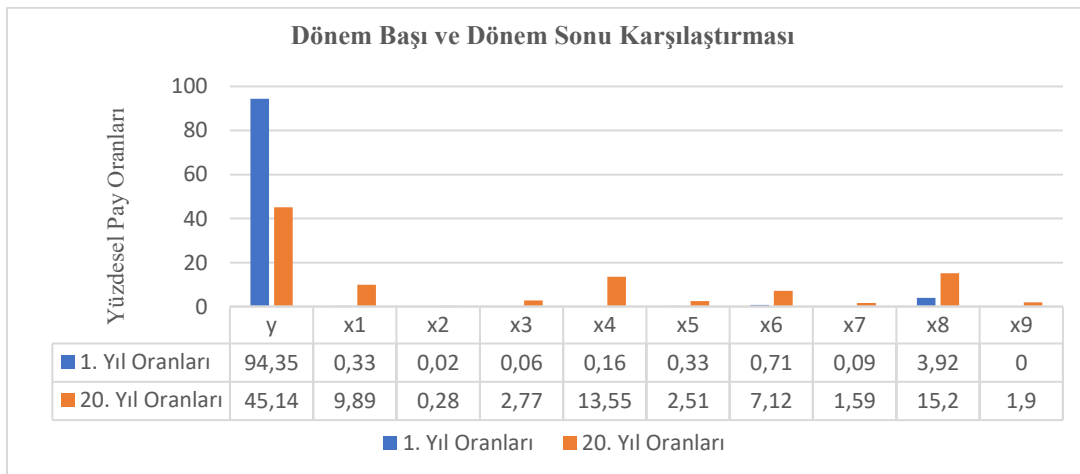
Grafik 13: Yenilenebilir Enerji Tüketimi İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 78: CO₂ Emisyonları İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	94.35525	60.93216	15.26845	56.05919	45.14570
x ₁	0.332953	5.799502	8.789168	2.644725	9.894091
x ₂	0.022914	1.572047	0.319361	0.728597	0.283235
x ₃	0.061114	2.975299	7.485215	4.410692	2.773490
x ₄	0.160121	10.12022	20.33944	7.633129	13.55216
x ₅	0.330498	0.227504	3.919670	5.783528	2.513318
x ₆	0.713563	2.295095	12.97313	11.67594	7.125399
x ₇	0.097819	3.102676	3.783261	1.541799	1.597302
x ₈	3.925765	12.18138	22.50680	7.092816	15.20850
x ₉	0.000000	0.794128	4.615514	2.429586	1.906810

Tablo 78'e göre CO₂ emisyonları için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₈ değişkeninin varyansının %3,92'si kendisi tarafından, %0,33'ü x₁, %0,02'lik kısmı x₂, %0,06'sı x₃, %0,16'sı x₄, %0,33'ü x₅, %0,71'i x₆ ve %0,09'u x₇ ve %94,35'i y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₈ değişkeni için bu oranının %15,20 oranına yükseldiği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₈ değişkeni varyansının; %45,14'ü y, %9,89'u x₁, %0,28'i x₂, %2,77'si x₃, %13,55'i x₄, %2,51'i x₅, %7,12'si x₆, %1,59'u x₇, %1,90'ı x₉ değişkeni tarafından açıklanmaktadır.

Grafik 14 'te, modelde kullanılan x₈ (CO₂ Emisyonları) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

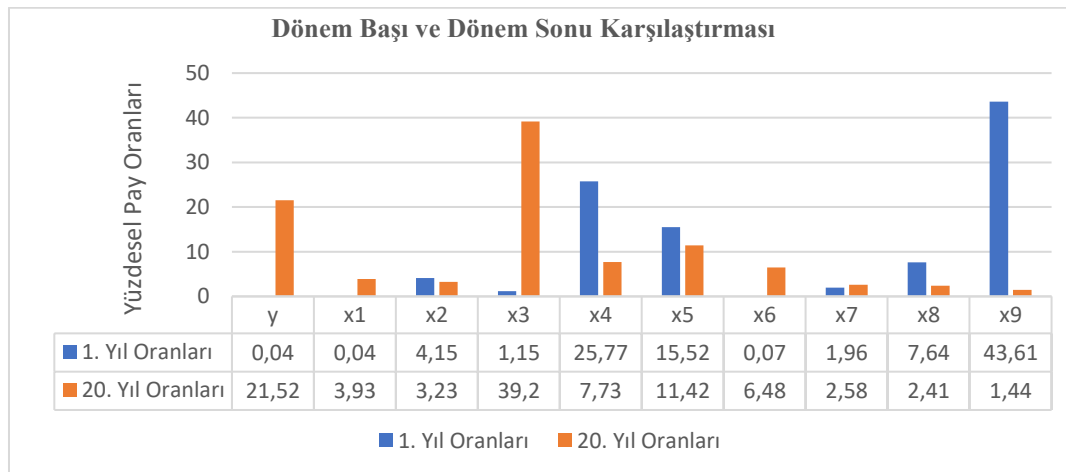
Grafik 14: CO₂ Emisyonları İçin Varyans Ayrıştırması

Tablo 79: Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politika Sayısı İçin Varyans Ayrıştırması Tablosu

	Yıllık Oranlar				
Değişkenler	1. Yıl	5. Yıl	10. Yıl	15. Yıl	20. Yıl
y	0.040354	40.38803	65.28030	17.85439	21.52434
x ₁	0.042949	5.230597	1.085524	2.566093	3.939679
x ₂	4.152718	1.329440	0.900195	1.220552	3.237746
x ₃	1.156977	3.886772	10.51379	34.11055	39.20392
x ₄	25.77512	4.140430	5.085482	8.061071	7.736036
x ₅	15.52527	2.513299	5.368177	16.15531	11.42951
x ₆	0.070940	13.77390	3.721893	2.119004	6.482972
x ₇	1.967577	1.288549	0.606099	5.074934	2.585978
x ₈	7.649203	14.13021	3.218393	10.89592	2.418679
x ₉	43.61889	13.31877	4.220141	1.942176	1.441138

Uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı için 5'er yıllık dönemler şeklinde incelenen varyans ayrıştırma analiz sonuçlarına göre ilk dönemde x₉ değişkeninin varyansının %43,61'i kendisi tarafından, %0,04'ü x₁, %4,15'lik kısmı x₂, %1,15'i x₃, %25,77'si x₄, %15,52'si x₅, %0,07'si x₆ ve %1,96'sı x₇, %7,64'ü x₈ ve %0,04'ü y değişkeni tarafından açıklanmaktadır. 20. yıl sonu incelendiğinde x₉ değişkeni için bu oranının %1,44 oranına gerilediği görülmektedir. Yine 20. yıl sonunda x₉ değişkeni varyansının; %21,52'si y, %3,93'ü x₁, %3,93'ü x₂, %3,23'ü x₃, %7,73'ü x₄, %11,42'si x₅, %6,48'si x₆, %2,58'i x₇, %2,41'i x₈ değişkeni tarafından açıklanmaktadır (Tablo 79).

Grafik 15 'te, modelde kullanılan x₉ (Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politika Sayısı) değişkeni için, dönem başı ve dönem sonu oranları bazında oluşan değişimin yüzde kaçının kendisinden ve yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı sunulmaktadır.

Grafik 15: Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politika Sayısı İçin Varyans Ayrıştırması

4.3.3. Granger Nedensellik Analizi

Granger nedensellik testi değişkenler arasındaki ilişkinin nedensel varlığını ve yönünü test etmek için kullanılmaktadır. İki değişken arasında zamana bağlı olarak gecikmeli ilişki söz konusu ise Granger Nedensellik Testi ile ilişkinin nedensellik yönü istatistiki açıdan belirlenebilmektedir. Kavramsal bakımdan nedenselliğin tanımlanmasında çeşitli görüşler olsa da, bu kavramın neden sonuç ilişkisi kurduğu görüşünde birleşmiştir (Ekolar.com, http://www.ekolar.com/ekonometri_ders_notlari.php, 01.01.2018). Granger nedenselliği şu şekilde tanımlamıştır “Y’nin öngörüsü, X’in geçmiş değerleri kullanıldığında, X’in geçmiş değerleri kullanılmadığı duruma göre daha başarılı ise X, Y’nin Granger nedenidir”. Değişkenler arasında nedensellik ilişkisi $X \rightarrow Y$ şeklinde ifade edilebilir (Gujarati, 2009: 620).

Aşağıdaki denklemlerle değişkenlerin nedenselliğini çift yönlü incelenebilmektedir:

$$Y_t = \sum_{i=1}^m \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (17)$$

$$X_t = \sum_{i=1}^m \theta_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^m \gamma_i Y_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (18)$$

Denklemlerde α_i , β_i , γ_i gecikme katsayılarını ifade etmektedir.

Tablo 80: Granger Nedensellik Analizi Sonuçları

Değişkenler	Nedensellik Yönü	Sonuç
$x_1 - y$	$\longrightarrow$	y x_1 ’in nedenidir.
$x_1 - x_2$	$\longleftrightarrow$	x_2 x_1 ’in, x_1 x_2 ’nin nedenidir.
$x_1 - x_3$	$\longrightarrow$	x_3 x_1 ’in nedenidir.
$x_1 - x_5$	$\longrightarrow$	x_5 x_1 ’in nedenidir.
$x_1 - x_7$	$\longrightarrow$	x_7 x_1 ’in nedenidir.
$x_1 - x_8$	$\longrightarrow$	x_8 x_1 ’in nedenidir.
$x_1 - x_9$	$\longleftrightarrow$	x_9 x_1 ’in, x_1 x_9 ’un nedenidir.
$x_2 - y$	$\longrightarrow$	y x_2 ’nin nedenidir.
$x_2 - x_3$	$\longleftrightarrow$	x_3 x_2 ’nin, x_2 x_3 ’ün nedenidir.
$x_2 - x_4$	$\longrightarrow$	x_4 x_2 ’nin nedenidir.
$x_2 - x_5$	$\longrightarrow$	x_5 x_2 ’nin nedenidir.
$x_2 - x_7$	$\longrightarrow$	x_7 x_2 ’nin nedenidir.
$x_2 - x_8$	$\longrightarrow$	x_8 x_2 ’nin nedenidir.
$x_2 - x_9$	$\longleftrightarrow$	x_9 x_2 ’nin, x_2 x_9 ’un nedenidir.
$x_3 - x_6$	$\longrightarrow$	x_6 x_3 ’ün nedenidir.
$x_9 - y$	$\longrightarrow$	y x_9 ’un nedenidir.
$x_9 - x_3$	$\longrightarrow$	x_3 x_9 ’un nedenidir.
$x_9 - x_6$	$\longrightarrow$	x_6 x_9 ’un nedenidir.
$x_9 - x_8$	$\longrightarrow$	x_8 x_9 ’un nedenidir.

Tablo 80’de izleneceği gibi; birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı (y) ile kamu harcamaları(x_1), doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Kamu harcamaları ile, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli (x_2), uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı (x_9) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunurken; enerji ithalatı (x_3), tüketici fiyat endeksi (enerji) (x_5), yenilenebilir enerji tüketimi (x_7) ve karbon emisyonları (x_8) arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli (x_2) ile, enerji ithalatı (x_3) ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı (x_9) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunurken; birincil kaynaklardan elektrik üretimi (x_4), tüketici fiyat endeksi (enerji) (x_5), yenilenebilir enerji tüketimi (x_7) ve karbon emisyonları (x_8) ile tek yönlü nedensel ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Enerji ithalatı (x_3) ile kişi başına düşen GSYH (x_6) ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı (x_9) arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı (x_9) ile kişi başına düşen GSYH (x_6) ve karbon emisyonları (x_8) arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 80’de yer alan diğer değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisine ulaşılamamaktadır.

SONUÇ

Enerji insanlık tarihi boyunca en temel ihtiyaçlardan biri olarak rol almıştır. Sınırsız, düşük maliyetli, ekolojik ve kalkınmayı destekler nitelikli yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünya gündeminde ilgiyle karşılanmakta ve desteklenmektedir. Fosil yakıtlarının ömrünün azalması ve yok olması, çevre ve canlılar üzerinde yarattığı olumsuz etki gibi birçok sebepten dolayı teknolojik gelişim ile birlikte yenilenebilir kaynaklara verilen önem artmıştır. Özellikle 1973 petrol krizinden sonra yenilenebilir kaynakların önemi daha çok anlaşılmış ve ülkeler bu konuda özellikle 2000’li yıllardan sonra ciddi adımlar atmıştır. Bu doğrultuda son yıllarda politika yapıcılar, yenilenebilir enerji kaynaklarını genişletmek için çeşitli teşvikler ve politikalar oluşturmaya başlamıştır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji gelişimi ve uygulanan politikalar arasında ilişki değer ifade etmeye başlamıştır.

Türkiye yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından zengin bir coğrafi konuma sahiptir. Ancak teşvik mekanizmalarının ve politikaların yetersiz oluşu, maliyetler ve teknolojik imkansızlıklar yenilenebilir kaynakların gelişimi önünde engeldir. Ancak 2016 yılı sonu itibarıyla toplam elektrik üretiminin %35’ini yerli kaynaklardan karşılayarak başta hidrolik enerji alanında gelişmeler kaydetmiştir. Yenilenebilir enerji üretimindeki toplam kurulu güç kapasitesi 2009 yılında 15,5 GW iken 2016 yılında 34,2GW’a yükselmiştir. Özellikle 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji alanında gelişmeler kaydettiği görülsede, rüzgar ve güneş enerjisi üretiminde istenilen seviyeye ulaşamamıştır. 2015’de 1,9 milyar dolar yenilenebilir enerji yatırımıyla; İngiltere, Fransa ve Hollanda ile birlikte 1 milyar dolar eşliğini aşan Avrupa ülkeleri arasına girmiştir.

Türkiye enerji ihtiyacının çoğunu ithal eden gelişmekte olan ülke konumundadır. 1900’lü yıllara dayanan sanayileşme ile birlikte karbon miktarı yüksek olan ve ülke dışından temin edilen fosil kaynakların kullanımı artış göstermiştir. Fosil kaynakların insan sağlığına ve çevreye verdiği tahribat, toplumsal bilincin artmasıyla hükümeti bu alanda politika ve yenilik yapmaya sevk etmiştir. 1985 yılında beşinci kalkınma planı ile bu soruna çözüm arayışına gidilmiş, ancak 2000’li yıllarda özellikle dokuzuncu kalkınma planı ile ilk ciddi adımlar atılmaya başlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını arttırmak için 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ilk defa Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda yasalaşmıştır. En önemli adım ise 2001 yılında EPDK kuruluşudur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2014 yılında çıkarılan ‘‘Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Planı’’ çerçevesinde

2023 yılına kadar, toplam elektrik üretiminin %30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi hedeflenmektedir Türkiye, 2023 hedefleri çerçevesinde yenilenebilir enerji konusuna ayrı önem vermektedir. Bu hedef elinde bulunan potansiyeli daha etkin ve verimli biçimde kullanıp geliştireceğinin kanıtıdır. Türkiye'de uzun vadede dışa bağımlılıktan kurtaracak olan bu hedef, milli geliri yükselterek ve yatırım ortamında çeşitlilik yaratarak istihdamı arttıracak ve ülkeye katkı sağlayacaktır. Enerjide dışa bağımlılık oranı %70 civarında olan Türkiye, yenilenebilir kaynakları teşvik eden daha fazla politika ve maddi desteklere, indirimlere yer vermelidir. Türkiye'nin önümüzdeki uzun vadede yenilenebilir enerji potansiyellerini hızlı bir biçimde ekonomiye kazandırması gerekmektedir. Bu konuda başta ETKB olmak üzere enerji alanı kapsamında faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlara, kanuni teşvik mekanizmalarını kullanarak büyük görevler düşmektedir.

Üçüncü bölümde detaylandırılan OECD ülkeleri incelendiğinde, genel olarak yenilenebilir kaynakların üretiminde, kullanımında, sağlanan destek ve teşviklerde son yıllarda artış olduğu gözlemlenmiştir. 1994 yılından beri sabit fiyat garantisi uygulayan, rüzgar enerjisine dayalı elektrik üretiminde dünyada 3. sırada yer alan İspanya ve 1990'dan beri sabit fiyat garantisi uygulayan, dünyadaki en büyük güneş enerjisi kapasitesine sahip olan Almanya, yenilenebilir enerji alanında en iyi OECD ülkelerindendir. Dünya elektrik üretimi baz alındığında rüzgar enerjisinin ağırlığının en fazla olduğu ülke olan Almanya, hidro ve nükleer kaynaklardan yoksundur. İsviçre de yenilenebilir kaynaklardan bakımından zengin bir diğer ülkedir. Çok fazla yerli kaynağa sahip olan ülke elektrik enerjisinin yarısından fazlasını hidro enerjiden temin edebilmektedir. Elektrik piyasası alanında dünya liderlerinden olan Yeni Zelanda da yenilenebilir enerji konusunda öncü rol alan ülkelerden biridir. Özellikle jeotermal ve hidrojen enerjisi bakımından oldukça zengin bir potansiyel ve rezerve sahiptir. İrlanda, Avustralya, İsveç ciddi yenilenebilir enerji potansiyeline sahip OECD ülkelerindendir. ABD ise geniş bir yenilenebilir enerji politika ortamına sahiptir. Hükümet rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklardan yenilenebilir elektriği ikiye katlama hedefini 2013'te başarmış; 2020 için ise aynı yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini tekrar ikiye katlama hedefi belirlemiştir. Hidroelektrik, rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisi başta olmak üzere çok geniş yenilenebilir kaynaklara sahip olan Japonya, 2011 yılında yaşadığı deprem ve tsunami ile enerji ithalatı yükselmiştir. Aynı zamanda ülkedeki nüfusun yüksekliği, dağlık coğrafi konumu yenilenebilir enerji projelerini sınırlamaktadır. Yunanistan ve İngiltere ise enerji ihtiyacının büyük kısmını, yenilenebilir kaynakları yeterli olmadığı için fosil kaynaklardan karşılamaktadır. İngiltere elektrik üretiminde, elverişli su kaynağına sahip olmaması sebebiyle az oranda da olsa rüzgar ve biyokütle enerjisini kullanmaktadır. İtalya ise bütçe ve politika yetersizliği nedeniyle

yenilenebilir enerji alanında yatırım gerçekleştirememektedir. İsrail, İtalya'nın tam tersi olarak yeterli bütçeye sahip olmasına rağmen, girişimcilerin yenilenebilir enerji konusunda tam bilgi ve donanıma sahip olmaması nedeniyle yatırım yapmamaktadır. Birincil enerji arzı içinde yenilenebilir katkısı en az olan OECD ülkesinin, istatistiksel veriler incelendiğinde Kore olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji gelişimi, bu gelişime katkı sağlayan faktörler ve bu alanda sağlanan kamu politikaları ve teşviklerinin etkili olduğu değişkenlerin nedensellik ilişkisi ve değişkenlerin dönemler itibarıyla değişiminde birbirini açıklama güçleri test edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, deniz kökenli enerjiler ve hidrojen enerjisi detaylandırılmaktadır. Bu yenilenebilir kaynaklar için başta Türkiye olmak üzere 34 OECD ülkesinde, hükümetler teşvik ve politika attırma yoluna gitmiştir. Ülkeler genel olarak değerlendirildiğinde tarife garantisi ve prim ödemesi gibi fiyat bazlı teşviklerin ağırlıklı olarak tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın ana temelini oluşturan iki başlıca değişkenler olan kişi başına düşen GSYH ve birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı arasında, yapılan ekonometrik analiz sonucunda herhangi bir nedensellik ilişkisi saptanamamaktadır. Fosil kaynaklara göre daha fazla mali teşvik gerektirmesi, kurulum ve işleme maliyetlerinin yüksek olması Almaya, İsveç, Danimarka gibi gelişmiş ülkelerde desteklenebiliyor olmasına rağmen Türkiye, Meksika, Şili gibi gelişmekte olan OECD ülkeleri bu alanda yetersiz kalmaktadır. Modelde yer alan diğer değişkenlerin nedensellik ilişkisi incelendiğinde ise Birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı ile kamu harcamaları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı arasında tek yönlü ilişki tespit edilmiştir. Kamu harcamaları ile, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Yani belirtilen tüm değişkenler birbirini doğrusal yönde etkilemektedir. Yine kamu harcamaları ile enerji ithalatı, tüketici fiyat endeksi (enerji), yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, enerji ithalatı ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı ise karşılıklı nedensellik ilişkisi içindedir. Ancak doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli; birincil kaynaklardan elektrik üretimini, tüketici fiyat endeksini, yenilenebilir enerji tüketimini ve karbon emisyonlarını tek yönlü olarak açıklamaktadır. Enerji ithalatı ise kişi başına düşen GSYH ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısını tek taraflı olarak açıklamaktadır. Granger Nedensellik Analizi ile incelenen son değişken olan uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı ise ile kişi başına düşen GSYH ve karbon emisyonlarını tek taraflı olarak açıklamaktadır.

Birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı için analiz sonuçlarına göre ilk dönemde modelde oluşan değişimin tamamı kendisinden kaynaklanırken, dönem sonunda bu oran azalmıştır. Dönem sonunda yenilenebilir enerji payının açıklayıcı değişkenleri en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; birincil kaynaklardan elektrik üretimi, enerji ithalatı, kamu harcamaları, tüketici fiyat endeksi, CO₂ emisyonları, kişi başına düşen GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısıdır.

Kamu harcamaları için incelenen araştırma sonuçlarına göre dönem başında modelde oluşan değişimin neredeyse tamamı kendisi tarafından, çok az bir oran ise birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı ile açıklanmaktadır. Dönem sonunda kamu harcamaları için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; enerji ithalatı, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, tüketici fiyat endeksi, birincil kaynaklardan elektrik üretimi, kamu harcamaları, kişi başına düşen GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına düşen GSYH, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve CO₂ emisyonlarıdır.

Doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli için analiz sonuçlarına göre dönem başında, modelde oluşan değişim büyük oranda kendisinden kaynaklanırken, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı ve kamu harcamaları da çok az pay sahibidir. Dönem sonunda doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; yenilenebilir enerji payı, enerji ithalatı, CO₂ emisyonları, birincil kaynaklardan elektrik üretimi, tüketici fiyat endeksi, kişi başına düşen GSYH, kamu harcamaları, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğal kaynaklardan kira bedeli olarak ifade edilebilir.

Enerji ithalatı için araştırılan analiz bulgularına göre ilk dönemde modelde oluşan değişimin kaynağı büyük oranda kendisi iken, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve kamu harcamaları da pay sahibidir. Dönem sonunda enerji ithalatı için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru; enerji ithalatı, tüketici fiyat endeksi, yenilenebilir enerji payı, birincil kaynaklardan elektrik üretimi, kamu harcamaları, kişi başına düşen GSYH, yenilenebilir enerji tüketimi, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve CO₂ emisyonları olarak sıralanmaktadır.

Birincil enerji kaynaklarından (kömür, petrol, doğal gaz) elektrik üretimi için analiz sonuçları incelendiğinde ilk dönemde modelde oluşan değişimin ortalama olarak yarısı kendisi tarafından açıklanırken, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, enerji ithalatı, kamu

harcamaları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli de pay sahibidir. Dönem sonunda birincil enerji kaynaklardan elektrik üretimi için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; enerji ithalatı, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, tüketici fiyat endeksi, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına düşen GSYH, kamu harcamaları, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı ve doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli olarak ifade edilebilir.

Tüketici fiyat endeksi için analiz sonuçları incelendiğinde ilk dönemde modelde oluşan değişimin önemli pay kısmı kendisi tarafından açıklanırken; birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, enerji ithalatı, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi ve kamu harcamaları da pay sahibidir. Dönem sonunda tüketici fiyat endeksi için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; enerji ithalatı, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, kamu harcamaları, tüketici fiyat endeksi, kişi başına düşen GSYH, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı, CO₂ emisyonları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli ve yenilenebilir enerji tüketimi olarak ifade edilebilir.

Kişi başına düşen GSYH için analiz sonuçları incelendiğinde ilk dönemde modelde oluşan değişimin ortalama olarak yarısı kendisinden kaynaklanırken; aynı dönem için tüketici fiyat endeksi, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, kamu harcamaları, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi ve enerji ithalatı da pay sahibidir. Dönem sonunda kişi başına düşen GSYH için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; enerji ithalatı, kişi başına düşen GSYH, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, tüketici fiyat endeksi, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, kamu harcamaları, CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısıdır.

Yenilenebilir enerji tüketimi için araştırılan analiz sonuçları incelendiğinde ilk dönemde modelde oluşan değişimin çok az bir oranı kendisi tarafından açıklanırken, sırasıyla birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, enerji ithalatı, tüketici fiyat endeksi, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, kamu harcamaları ve kişi başına düşen GSYH da pay sahibidir. Dönem sonunda yenilenebilir enerji tüketimi için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru sırasıyla; enerji ithalatı, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, tüketici fiyat endeksi, kişi başına düşen GSYH, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, kamu harcamaları,

CO₂ emisyonları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, yenilenebilir enerji tüketimi ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı olarak ifade edilebilir.

CO₂ emisyonları için analiz sonuçlarına göre ilk dönemde modelde oluşan değişimin etkisiz olarak nitelendirilecek kadar küçük oranı kendisinden kaynaklanırken, aynı dönemde sırasıyla; birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, kişi başına düşen GSYH, kamu harcamaları, tüketici fiyat endeksi, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, yenilenebilir enerji tüketimi, enerji ithalatı, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli de açıklayıcı değişkenler olarak pay sahibidir. Dönem sonunda yenilenebilir enerji tüketimi için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru; birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, CO₂ emisyonları, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, kamu harcamaları, kişi başına düşen GSYH, enerji ithalatı, tüketici fiyat endeksi, uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli olarak sıralanmaktadır.

Uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı için analiz sonuçlarına göre ilk dönemde modelde oluşan değişimin ortalama olarak yarısı kendisinden kaynaklanırken, aynı dönemde sırasıyla; birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, tüketici fiyat endeksi, CO₂ emisyonları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, yenilenebilir enerji tüketimi, enerji ithalatı, kişi başına düşen GSYH, kamu harcamaları, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı da oran sahibidir. Dönem sonunda yenilenebilir enerji tüketimi için açıklayıcı değişkenler en yüksek paya sahip değişkenden, en düşük paya sahip değişkene doğru; enerji ithalatı, birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payı, tüketici fiyat endeksi, birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi, kişi başına düşen GSYH, kamu harcamaları, doğal kaynaklardan elde edilen kira bedeli, yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonları ve uygulanan yenilenebilir enerji politika sayısı olarak sıralanmaktadır.

Ülkelerin enerji politikaları mevcut kaynak potansiyeli, teknolojik yeterlilik ve teşvikler göz önünde bulundurularak sağlam ve gerçekçi temeller üzerine kurulmalıdır. Almanya ve Danimarka gibi bu alanda başarılı projeler ve planlar geliştiren OECD ülkeleri örnek alınması ve diğer ülkelere uyarlanması önemli bir adım olabilir. Özellikle sabit fiyat garantisi fiyatlandırmaları, yenilenebilir kaynaklara yapılacak yatırımları cazip hale getirecek şekilde arttırması gerekli olabilir. Bu kaynakları kullanmaya elverişli bölgelerde yenilenebilir enerji kullanımını zorunlu hale getiren politika ve yasaların geliştirilmesi gerekebilir. Ayrıca ithal edilen teknolojik araçların yerli üretimine ağırlık verilmeli ve güneş panelleri, rüzgar türbinlerinin ülkede üretimi sağlanması ve bu konuda teşvikler arttırılması kanaatimizce önemlidir. Medya vb. araçlar vasıtasıyla yenilenebilir kaynakların önemi ve değerinin

vurgulanması, kısa metrajlı film ve reklamlarla fosil kaynakların insan sağığına ve çevreye verdiği zararların ve uzun süreçte yaratacağı olumsuzlukların görsel şekilde halka sunulması önemli bir araç olabilir. Uzun vadeli hedefler geliştirilmeli ve siyasal istikrar ortamı oluşturulmalıdır. Böylece yenilenebilir enerji kapsamında yatırım yapacak olan yatırımcıların, beklentilerini net şekilde görmesi sağlanabilir. Bu konunun eğitim kurumlarına da yansıtılması gerekmekte olup lisans programlarında yenilenebilir enerji alanında dersler eklenmesi ve nitelikli iş gücü hazırlanması gelişim açısından uygun olabilir. Aynı zamanda ses ve görüntü kirliliğı yaratan rüzgar türbinleri mümkün olduğunca yerleşim yerlerinde uzak yerlerde faaliyet göstermelidir. Bunun için de ABD, Almanya, Japonya gibi OECD ülkeleri örnek alınarak mobil elektrik gibi teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılması önemlidir. Böylece üretilen enerji ihtiyaç dahilinde kullanılacak, geriye kalan enerji ise depolanabilecektir.



KAYNAKÇA

Kitaplar

- Acaroğlu, Mustafa. **Alternatif Enerji Kaynakları**, Genişletilmiş 2. Baskı, Nobel Yayıncılık, Konya, 2007.
- Akova, İsmet. **Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2002.
- Aruoba, Çelik ve Cem Alpar. **Türkiye Ekonomisi Sektörel Gelişmeler**, Özyurt Matbaacılık, Ankara, 1992.
- Başoğlu, Ufuk ve İlker Parasız. **İktisadi Verilerin Analizi ve Temel Öngörü Yöntemleri**, 2003, Bursa, Ekin Kitapevi.
- Charlier, Roger H. and Charles W. Finkl. **Ocean Energy**, Springer Science and Business Media LLC. Publication, Germany, 2009, e.-ISBN: 978-3-540-77932-2.
- Canik, Baki, Mehmet Çelik ve Zafer Arıgün. **Jeotermal Enerji**, A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları No:59, Ankara, 2000.
- Dickson, H. Mary and Mario Fanelli. **Geothermal Energy**, John Wiley & Sons Ltd, England, 1995.
- Doğanay, Hayati. **Enerji Kaynakları**. Atatürk Üniv. Yay. No:707, Kazım Karabekir Eğitim Fak. Yay. No:18, Ders Kitapları Serisi No:13, Erzurum, 1991.
- Fanchi, R. John. **Energy in the 21st Century**. World Scientific Publishing Company, London, 2005.
- Fornasiero, Paolo and Mauro Graziani. **Renewable Resources And Renewable Energy**, Taylor & Francis Group, LLC, New York, 2007
- Gujarati, D. N. **Temel Ekonometri**. (Cev. Şenesen, U. Ve Şenesen, G.G.). Literatür Yayıncılık. İstanbul, 2009.
- Gürsoy, Umur. **Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Birinci Baskı, Türk Tabipleri Birliği Yayınları, Ankara, 2004. ISBN 975-6984-69-4.
- Kaltschmitt, Martin, Wolfgang Streicher and Andreas Wiese. **Renewable Energy: Technology, Economics and Environment**, Springer Berlin Heidelberg, New York, 2007.
- Karadereli, Selçuk. **Rüzgar Enerjisi**, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara.
- Karabulut, Yalçın. **Enerji Kaynakları**, Ankara Üniversitesi Basım Evi, Ankara, 1999.
- Kutlar, Aziz. **Ekonometriye Giriş**, Nobel Yayın Dağıtım, Nobel Yayın No: 1236, Ankara, 2007, ISBN: 978-605-395-032-5.
- Maczulak, E. Anne. **Renewable Energy: Sources and Methods**, Infosabe Publish, New York, 2009.
- Michaelides, E. Efstathios. **Alternative Energy Sources**, Springer Vellag, Berlin, 2012. e-ISSN: 1865-3537.

- Pimentel, David. **Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems**, Science+Business Media B.V., USA, 2008. e-ISBN: 978-1-4020-8654-0.
- Romm, J. Joseph. **The Hype About Hydrogen: Fact and Fiction in the Race to Save the Climate**, Island Press, London, 2004.
- Seifried, Dieter and Walter Witzel. **Renewable Energy The Facts**, London, Earthscan, 2010. ISBN: 978-1-84971-159-3.
- Smith, A. Zachary and Katrina D. Taylor. **Renewable and Alternative Energy Resources**, ABC-CLIO, California, 2008.
- Tarı, Recep. **Ekonometri**, 1999, İstanbul:Alfa Yayınları-609, İktisat Dizisi No:032.
- Tarı, Recep. **Ekonometri** (4. Baskı), 2006, İzmit, Kocaeli Üniversitesi Yayın No: 172, ISBN: 975-8047-49-3.
- Tarı, Recep. **Ekonometri** (11. Baskı), 2015, İzmit, Kocaeli Üniversitesi Yayın No: 172, ISBN: 975-8047-49-3.
- Tatoğlu, Ferda Yerdelen. **İleri Panel Veri Analizi-Stata Uygulamalı**, İstanbul, 2012, Beta Basım Yayın.
- Quaschnig, Volker. **Renewable Energy and Climate Change**. (H. Jourdan, Çev.), A John Wiley & Sons, Ltd. Publication., Germany, 2010.
- Enders, Walter. **Applied Econometric Time Series**, 4. Baskı, New York, 1995.
- Wrixon, T. Gerard, Anne-Marie E. Rooney and Wolfgang Palz. **Renewable Energy-2000**, Springer Vellag, New York, 2000. ISBN: 978-3-642-52347-2 (eBook).

Makaleler ve Bildiriler

- Abolhosseini, Shahrouz and Almas Heshmati. “ The main support mechanisms to finance renewable energy development”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume:40, 2014, pp.876-885.
- Açıkgöz, Volkan. “Geleceğin Enerjisi: Hidrojen (H₂)”, Ambalaj 2009 Sempozyumu, **Kimya Mühendisliği Dergisi**, Sayı:173, İzmir, ss.34-36.
- Altuntaşoğlu Taç, Zerrin. “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar”, **Mühendis ve Makina**, Cilt:52, Sayı:617, 2011, ss.56-63.
- Apak, Sudi, Erhan Atay ve Güngör Tuncer. “ 21’inci Yüzyılda Ülkemizde Yenilenebilir Hidrojen Enerjisi Ve Enerji Verimliliği”, **Ulusal Hidrojen Teknolojileri Kongresi (UTHEK)**, İstanbul, 2015, ss.45-49. ISBN: 978-605-66381-0-7.
- Arslan, Sinan, Mustafa Darıcı ve Çetin Karahan. “Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”, **Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri Ve Tasarımı Seminer Kitabı**, MMO Yayın No: MMO/2001/270, İzmir, 2001.

- Aslan, Hasan ve Şeref Soğuksulu. ‘‘Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri (NT-HES)’nin Neden Olduğu Sorunlar ve Rehabilitasyon Çalışmaları: Trabzon Örneği’’, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi**, Cilt:20, Sayı:1, 2017, ss.67-74, DOI:10.18016/ksujns.86536.
- Bahar, Ozan. "Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme", **Muğla Üniversitesi SBE Dergisi**, Sayı:14, 2005, ss.35-59.
- Balat, Mustafa. ‘‘ Use of biomass sources for energy in Turkey and a view to biomass potential’’, **Biomass and Bioenergy**, Volume:29, Issue:1, 2005, pp:32-41.
- Balo, Figen ve Lutfu Sagbansua. ‘‘ Wave Energy Potential and Applicability on Turkish Coasts’’, **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, Volume:41, Issue:7, 2016, pp.360-364.
- Bayraç, Naci. ‘‘Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları’’, **Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt:30, Sayı:1, 2011, ss.37-57.
- Bayraktar, Yüksel ve Halil İbrahim Kaya. ‘‘Kamu Teşviklerinin Yenilenebilir Enerji Yatırımları Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği’’, **Uluslararası Politik, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Kongresi**, İstanbul, 2016, ss.429-452.
- Blum, David. ‘‘Exploring Israeli Venture Capital Investing In Renewable Energy’’, **Journal of International Energy Policy**, Cilt:4, Sayı:1, pp.1-10.
- Bobat, Alaeddin ve Necmi Özdemir. ‘‘Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikaları Yenilenebilir Enerjide Yeniden Yapılanma’’, **Electronic Journal of Vocational Colleges**, Cilt:6, Sayı:4, ss.148-158.
- Bozkurt, Süleyman ve Rıfat Tür. ‘‘ Dünyada ve Türkiye’de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme’’, **4. Su Yapıları Sempozyumu**, İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi, Antalya, 2015, ss.322-330.
- Chang, Ting-Huan, Chien-Ming Huang and Ming-Chih Lee. ‘‘ Threshold effect of the economic growth rate on the renewable energy development from a change in energy price: Evidence from OECD countries’’, **Energy Policy**, Volume.37, Issue:12, 2009, pp. 5796-5802.
- Çakır, Mutlu Tarık. ‘‘Türkiye’nin Rüzgar Enerji Potansiyeli ve AB Ülkeleri İçindeki Yeri’’, **Politeknik Dergisi**, Cilt:13, Sayı:4, 2010, ss.287-293.
- Çalışkan, Şadan. ‘‘Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu ’’, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı:25, 2009, ss.297-310.
- Çanka Kılıç, Fatma. ‘‘Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri’’, **Mühendis ve Makina**, Cilt:56, Sayı:671, 2015, ss.28-40.
- Çanka Kılıç, Fatma. ‘‘ Recent renewable energy developments, studies, incentives in Turkey’’, **Energy Education Science and Technology**, Volume:28, Issue:1, 2011, pp.37-54.
- Çanka Kılıç, Fatma ve Mehmet Keskin Kılıç. ‘‘Jeotermal Enerji ve Türkiye’’, **Mühendis ve Makina**, Cilt:54, Sayı:639, 2013, ss.45-56.

- Çelikkaya, Ali. "Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerde Yenilenebilir Enerjiye Sağlanan Teşvikler Üzerine Bir İnceleme", **Sayıştay Dergisi**, Sayı:104, 2017, ss.1-26.
- Çolak, İlhami, Ramazan Bayındır ve Mehmet Demirtaş. "Türkiye'nin Enerji Geleceği", **Türk Bilim Araştırma Vakfı (TUBAV) Bilim Dergisi**, Cilt:1, Sayı:2, ss.36-44.
- Dağdaş, Ahmet. "Jeotermal Enerjiden Yararlanmada Türkiye'nin Dünyadaki Konumu ve Potansiyeli", **Tesisat Mühendisliği**, Sayı:80, 2004, ss.38-48.
- Day, Sibel ve Özer Kolsarıcı. "Biyokütle Enerjisinin Önemi Ve Yan Ürünlerin Değerlendirilmesi", **2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu**, Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Sti, Samsun, 2016, ss.101-106.
- Dell, M. Ronald and David A.J. "Rand. The hydrogen economy: a threat or an opportunity for lead-acid batteries", **Journal of Power Sources**, Volume:144, Issue:2, 2005, pp.568-578.
- Demir, İlknur ve Cem Emeksiz. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Potansiyeli ve Kullanımı", **EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu**, Tokat, 2016.
- Dağdaş, Ahmet. "Jeotermal Enerjiden Yararlanmada Türkiye'nin Dünyadaki Konumu ve Potansiyeli", **Tesisat Mühendisliği**, Sayı:80, 2004, ss.38-48.
- Darıcı, Bülent, Mahmut Sami Büker ve Emre Esat Topaloğlu. "Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Ekonomiye Etkisi", **Uluslararası 9. Bölge, Ekonomi ve Yönetim Kongresi**, Saraybosna, 2011, ss.1934-1947.
- Demir, Murat. "Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi, Var Analizi İle Türkiye Üzerine Bir İnceleme", **Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi**, Cilt:5, Sayı:9, 2013, ss.2-27.
- Egeli, Hüseyin Avni ve Pınar Egeli. "İhracat-Milli Gelir İlişkisi: Asya Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi", **Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi**, Ankara, ss.101-118.
- Elibüyük, Ufuk ve İbrahim Üçgül. "Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi", **Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt:9, Sayı:1, 2016, ss.87-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.18185/eufbed.08505>.
- Elibüyük, Ufuk ve İbrahim Üçgül. "Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri", **Süleyman Demirel Üniversitesi Yekarum e-Dergi**, Cilt:2, Sayı:3, 2014, ss.1-14.
- Ercan, Murat. "Avrupa Birliği'nin Enerji Politikasında Türkiye'nin Önemi", **Akademik Bakış Dergisi**, Sayı:25, 2011, ss.1-11. ISSN:1694-528X.
- Ersoy, Ahmet Yağmur. "Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi", **Akademik Bakış Dergisi**, Sayı:20, 2010, ss.345-376. ISSN: :1694-528X.
- Ertuğrul, Ömer Faruk ve M. Bahattin Kurt. "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir YEK Uygulamaları", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 2009**, Diyarbakır, 2016, ss.37-41.

- Eser, Levent Yahya ve Sedat Polat. “ Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımına Yönelik Teşvikler: Türkiye ve İskandinav Ülkeleri Uygulamaları”, **Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi**, Cilt:6, Sayı:12, 2017, ss.201-226.
- Gençoğlu, Muhsin Tunay ve Mehmet Cebeci. “Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi”, **YEKSEM 2001 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, İzmir, 2001.
- Gülşen, Habibe Elif, Halil Kumbur ve Gamze Koyuncu. “ Hidrojen Enerjisi, Üretim Mekanizmaları ve Çevresel Önemi”, **Akademik Platform**, 2. Uluslararası Mühendislik ve Bilimde Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ITES), 2014, ss. 1333-1343.
- Güvenek, Burcu ve Volkan Alptekin. “ Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi”, **On Dokuzuncu Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma-Yönetişim ve Kurumsal Değişim Güncel Sorunları Konferansı**, Opole-Poland, 2010, ss.172-193.
- Gökdemir, Murat, Murat İhsan Kömürcü ve Taylan Ulaş Evcimen. “ Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış”, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, Sayı:471, 2012, ss.18-26.
- Granger, C.W.J and P. Newbold. “ Spurious Regressions İn Econometrics”, Journal of Econometrics, Volume:2, Issue:2, 1974, pp.111-120.
- Hayli, Selçuk. “Rüzgar Enerjisinin Önemi, Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu”, **Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt: 11, Sayı:1, 2001.
- İşıksoluğu, Mehmet, Mehmet Kurban, Emrah Dokur. “ Jeotermal Enerji Santrallerinin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi”, **ELECO '2012 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu**, Bursa, 2012.
- İder, Sıtkı Kemal. “Hidrojen Enerji Sistemi”, **Metalurji Dergisi**, Sayı:134, 2013, ss.1-8.
- İlkılıç, Cumali. “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı”, **Mühendis ve Makine**, Cilt:50, Sayı:596, 2009, ss.26-32.
- İzci, Ferit ve Fikret Mazı. “Küresel Isınmayla Mücadelede Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, **EKEV Akademi Dergisi**, Sayı:20, 2014, ss.35-44.
- Kapluhan, Erol. “Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”, **Marmara Coğrafya Dergisi**, Sayı:30, 2014b, ss.97-125. ISSN:1303-2429.
- Kapluhan, Erol. “ Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Dalga Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”, **Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:5, Sayı:17, 2014c, ss.65-86.
- Kapluhan, Erol. “ Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”, **Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi**, Cilt:7, Sayı:31, 2014a, ss.813-825.

- Karagöl, Erdal Tanas ve İsmail Kavaz. ‘‘Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji’’, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı (SETA), **Analiz**, Sayı:197, 2017.
- Karakosta, Charikleia, Haris Doukas and John Psarras. ‘‘EU–MENA energy technology transfer under the CDM: Israel as a frontrunner?’’ **Energy Policy**, Cilt:38, Sayı:5, 2010, pp.2455-2462.
- Kılınç Ata, Nurcan. ‘‘ The Evaluation Of Renewable Energy Policies Across EU Countries and US States: An Econometric Approach’’, **Energy for Sustainable Development**, Volume:31, 2016, pp.83-90.
- Koçer, Abbas Alpaslan ve Murat Öztürk. ‘Temiz Çevre Ve Sürdürülebilir Kalkınma İçin Hidrojen Üretim, Depolama ve Dağıtım Teknolojilerinin İncelenmesi, **Ulusal Hidrojen Teknolojileri Kongresi (UTHEK)**, İstanbul, 2015, ss.149-158. ISBN: 978-605-66381-0-7.
- Koç, Erdem ve Kadir Kaya. ‘‘Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu’’, **Mühendis ve Makina**, Cilt:56, Sayı:668, 2015, ss.36-47.
- Koçar, Günnur, Ahmet Eryaşar, Özben Ersöz, Şefik Arıcı ve Asiye Gül Barakçı. ‘‘Biyokütle Enerjisine Sektörel Yaklaşım: İzmir Örneği’’, **Mühendis ve Makina**, Cilt:54, Sayı:639, 2013, ss.78-85.
- Koengkan, Matheus. ‘‘ Do fiscal incentive policies impact the installed capacity of renewable energy? An empirical evidence from Latin American countries’’, **Revista de Estudos Sociais**, 2017, pp.1-25.
- Koç, Senem ve Gülsüm Gürler Hazman. ‘‘ Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Piyasasında Uygulanan Teşvik Mekanizmalarının Yatırımcı Gözüyle Etkinliği’’, **Uluslararası Enerji, Ekonomi ve Güvenlik Kongresi**, 2017, ss.368-382, İstanbul: Umuttepe Yayınları.
- Kurtuluş, Gülbahar, F. Öznur Tabakoğlu ve İ. Engin Türe. ‘‘Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Çalışmaları ve Unıdo-Ichet’’, **Türkiye 10. Enerji Kongresi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi**, İstanbul, 2010, ss.459-466.
- Kuşkaya, Sevdâ ve Pelin Gençoğlu. ‘‘Yenilenebilir Enerji Tüketimi: Seçilmiş Avrupa Ülkelerinin Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi İle Karşılaştırılması’’, **Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi**, Sayı:44, 2017, ss.552-566.
- Külekçi, Özlem Candan. ‘‘Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi’’, **Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi**, Cilt:1, Sayı:2, 2009, ss.83-91. DOI: 10.1501/Csaum_0000000017.
- Lewin, Andrew, Chien-Fu Lin and Chia-Shang James Chu, ‘‘ Unit Root Tests İn Panel Data: Asymptotic and "Nite-Sample Properties’’, **Journal of Econometrics**, Volume:108, Issue:1, 2002, pp.1–24.
- Marques, António Cardoso and José Alberto Fuinhas. ‘‘ Drivers Promoting Renewable Energy: A Dynamic Panel Approach’’, **Renewable and Sustainable Reviews**, Volume:15, Issue:3, 2011, pp.1601-1608.

- Menyah, Kojo and YemaneWolde-Rufael. "CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US.", **Energy Policy**, Volume:38, Issue:6, 2010, pp. 2911-2915.
- Midilli, A., M. Ay, I. Dincer and M. A. Rosen. "On Hydrogen and Hydrogen Energy Strategies II: Future Projections Affecting Global Stability and Unrest", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume:9, Issue:3, 2005, pp. 255-271.
- Oğuz, Selami. "Yenilenebilir Enerji ve Küçük Hidroelektrik Santraller", **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu UTES'2008**, İstanbul, 2008, ss.479-492.
- Oral, Erdal ve Veli Çelik. "Hidrojen Yakıtlı Motor Teknolojisi", **Mühendis ve Makine**, Cilt:46, Sayı:540, 2005, ss.30-40.
- Oskay, Cansel. "Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgâr Enerjisinin Önemi Ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler", **Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt:7, Sayı:1, 2014, ss.76-94.
- Önal, Eylem ve Rahmiye Zerrin Yarbay. "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Sayı: 18, 2010, ss.77-96.
- Özcan, Evren Can, Sultan Ünlüsoy ve Tamer Eren. "Anp ve Topsis Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi" **Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi**, Cilt:5, Sayı:2, 2017, ss.204-219, ISSN: 2147-9364 (Electronic), DOI: 10.15317/Scitech.2017.82.
- Özdamar, Aydoğan. "Dünya ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma", **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt:6, Sayı:2-3, 2000, ss.133-145.
- Özen, Ahmet, Mahmut Ünsal Şaşmaz ve Ercan Bahtiyar. "Türkiye'de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi", **KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, Cilt:17, Sayı:28, 2015, ss.85-93. ISSN: 2147 – 7833.
- Öztürk, Derya Ezgi ve Erkan Kalaycı. "Türkiye Enerji Piyasası İçin Yenilenebilir Enerji Sertifikalarının Değerlendirilmesi", Türkiye 12. Enerji Kongresi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, 2012.
- Öztürk, H. Hüseyin ve Kamil Ekinci. "Türkiye'de Biyokütleden Elektrik Üretimi: Mevcut Durum ve Beklentiler", **2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu**, Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Sti, Samsun, 2016, ss.17-26.
- Polat, Cihan ve Nurcan Kılınç. "Dünya'da Ve Türkiye'de Yeni Bir Pazarın Doğuşu, Gelişimi ve Paylaşımı: "Hidrojen Enerjisi ve Hidrojen Teknolojisi Ürünleri" Pazarı", **Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi**, Cilt:4, Sayı:2, 2007, ss.1-29. ISSN: 1303-5134.
- Romano, A. Antonio and Giuseppe Scandurra. "Investments In Renewable Energy Sources In OPEC Members: A Dynamic Panel Approach", **Munich Personal RePEc Archive**, 2013, pp.1-11.

- Satman, Abdurrahman. “Dünyada ve Türkiye’de Jeotermal Enerji”, **11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir, ss.3-21, Oda Yayın No: E/2013/601-3.
- Sağlam, Mustafa ve Tanay Sıdkı Uyar. “ Dalgı Enerjisi ve Türkiye’nin Dalgı Enerjisi Teknik Potansiyeli”, **III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Elektrik Mühendis Odası Mersin Şubesi (YEKSEM), Mersin, 2005.
- Sadorsky, Perry. “ Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions And Oil Prices İn The G7 Countries”, **Energy Economics**, Volume:31, Issue:3, 2009, pp.456-462.
- Salim, A. Ruhul and Shuddhasattwa Rafiq. “ Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy?”, **Energy Economics**, Volume:34, Issue: 4, 2012, pp. 1051-1057
- Selam, Ayşe Ayçim, Semih Özel ve M. Övöl Arıoğlu Akan. “ Yenilenebilir Enerji Kullanımı Açısından Türkiye’nin Oecd Ülkeleri Arasındaki Yeri”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi EYİ 2013 Özel Sayısı**, XIV. Ekonometri Yöneylem Araştırması Ve İstatistik Sempozyumu, Kütahya, ss. 317-334.
- Sözen, Eser, Gökhan Gündüz, Deniz Aydemir ve Ersin Güngör. “Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi”, **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt:19, Sayı:1, 2017, ss.148-160. DOI: 10.24011/barofd.306215.
- Şen, Semih. “ Yenilenebilir Enerji Üretiminde Maliye Politikası Aracı Olarak Teşvikler: Seçilmiş Bazı Avrupa Ülkelerinin Deneyimleri ve Türkiye”, **Journal of Life Economics**, Sayı:11, 2017, ss.59-76. Doi:10.15637.
- Şimşek, Eyüp, Ünal Şen, Muhsin İder, Ali Ata. “ Hidrojen Depolayıcısı Gerek Sosdyum Borhidrür Kullanımı”, **III. Ulusal Hidrojen Enerjisi Kongresi Bildiri Kitabı**, 2006, s.81-85.
- Şimşek, Hayal Ayça ve Nevzat Şimşek. “ Recent incentives for renewable energy in Turkey”, **Energy Policy**, Volume:63, 2013, pp.521-530.
- Şimşek, N. Esra. “Deniz Akımları Enerjisi Ve Türbinleri”, **III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Elektrik Mühendis Odası Mersin Şubesi (YEKSEM), Mersin, 2005.
- Teke, Orkun. “Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Ar-Ge Stratejilerinin Değerlendirilmesi”, **Mühendis ve Makina**, Cilt:54, Sayı:640, 2014, ss.54-62.
- Telek, Cebail ve Ali Telek. “ Kamu Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Wagner ve Keynes Hipotezi Çerçevesinde İncelenmesi”, 3. Uluslararası Muhasebe Ve Finans Araştırmaları Kongresi (Icafr 16) Özel Sayısı, 2016, ss.628-642.
- Timur, Mustafa Caner ve Nilcan Albayrak. “, Kamu Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki ilişki: WAGNER Kanunu”, 2016 Aralık ICOMEP Özel Sayısı, International Congress of Management Economics and Policy Kongre Bildirisi, 2016, ss.803-813.

- Tutar, Filiz ve Mehmet Vahit Eren. “ Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi Ve Türkiye”, **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, Sayı:6, 2011, ss.1-6, ISSN 1307-9832.
- Tükenmez, Mine ve Erhan Demireli. “ Renewable energy policy in Turkey with the new legal regulations”, **Renewable Energy**, Volume:39, Issue:1, 201, pp.1-9.
- Uluatam, Ela. “Türkiye’de Hidroelektrik Politikaları ve Yatırımlarına Bakış’, **Ekonomik Forum Dergisi**, 2011, ss.62-73.
- Uluatam, Ela. “Yenilenebilir Enerji Teşvikleri”, **Ekonomik Forum Dergisi**, 2010, ss.34-41.
- Ulucak, Recep ve Zübeyde Ş. Ulucak. “ Kamu Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik: Türkiye Örneği”, **İşletme Dergisi**, Cilt 10, Sayı 23, 2014, ss.81-97.
- Ural, Tolga ve Gülşah Karaca. “Hidrojen Ekonomisi”, **Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi**, Cilt:3, Sayı:2, 2016, ss.145-154.
- Uygur, İlyas, Recep Demirci, Hamit Saruhan, Arif Özkan ve İbrahim Belenli. “ Batı Karadeniz Bölgesindeki Dalga Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt:12, Sayı:1, ss.7-13.
- Uzgören, Nevin ve Ergin Uzgören. “Zaman Serilerinde Sahte Regresyon Sorunu Ve Reel Kamu Harcamalarına Yönelik Bir Ekonometrik Model Uygulaması”, **Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi**, Kırgızistan, Sayı:5, 2005, ISSN:1694 – 528X.
- Ünlü, Namık, Mehmet Ünsal, Haydar Livatyalı, Osman Okur ve Abdülkadir Balıkçı. “Biyoyakıtlardan Elektrik Üretim Teknolojileri ve Ekonomisi”, **2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu**, Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Sti, Samsun, 2016, ss.7-16.
- Ünver, Ümit, Hilal Bilgin ve Alpaslan Güven. “Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler”, **Mühendis ve Makina**, Cilt:56, Sayı:663, 2014, ss.57-64.
- Ürün, Emre ve Esra Soyu. “Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme”, **Sosyal Bilimler Dergisi ICEBSS Özel Sayısı**, 2016, ss.31-45.
- Yenice, Mustafa Yasin ve Valbona Bejleri. “ Testing For Granger Causality Between Renewable Energy Consumption, Gdp, Co2 Emission, And Fossil Fuel Prices In The Usa”, 2013.
- Yorkan, Arzu. “Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye’ye Etkileri”, **Bilge Strateji**, Cilt:1, Sayı:1, 2009, ss.24-39.
- Yumurtacı, Zehra, Nur Bekiroğlu ve Eyüp Akaryıldız. “Hidrojen Enerjisi Kullanımında Temel Kriterler”, **Tesisat Mühendisliği**, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Sayı:72, 2002, ss.38-50.
- Yurdadoğ, Volkan ve Şebnem Tosunoğlu. “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları”, **Avrasya Bilimler Akademisi İşletme ve İktisat Dergisi**, Cilt:9, 2017, ss.1-21.

Raporlar, Planlar ve Kanunlar

- Acar, Sevil, Lucy Kitson ve Richard Bridle. ‘‘Türkiye’de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri’’, International Institute for Sustainable Development, GSI Report, Mart 2015.
- Akçalı, İlkay. ‘‘Güneş Enerji Sistemleri’’, İstanbul Ticaret Odası Raporu, 2001.
- Akkuş, İbrahim ve Hüseyin Alan. ‘‘Türkiye’nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar Ve Öneriler Raporu’’, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No:123, Ankara, Şubat 2016. ISBN: 978-605-01-0852-1.
- ANKAÇED, ‘‘ ‘‘Jeotermal Enerji Üretim Alanı (Efe 6)’’, 1/5000 Ölçekli Nazım İmar Planı Plan Açıklama Raporu, Aydın, 2016, ss.1-28.
- Baş, Şahin. Hidroelektrik Enerji- TR81 Bölgesi HES Raporu, Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA), 2014.
- Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKA). ‘‘Güneş Enerjisi Sektör Raporu’’, 2011.
- Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKA). ‘‘Biyokütle Sektör Raporu’’, 2012.
- Climate Council, ‘‘Renewable Energy Jobs: Future Growth In Australia’’, Climate Council of Australia Limited, 2016. ISBN: 978-0-9945973-4-2.
- Çevre Kanunu, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 2872, Cilt:22, Sayı: 18132, (11.08.1983).
- Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 5491, Cilt:53, Sayı: 28603, (14.03.2013).
- Çevre ve Orman Bakanlığı, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Artvin, 2008
- Dalkır, Özcan ve Elif Şeşen. ‘‘Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik’’, Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2011.
- Demirtaş, Sibel. ‘‘Avrupa Birliği ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Bunlardan Biyokütlenin Önemi’’, Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Araştırma ve Uygulama Merkezi, 46. Dönem AB Temel Eğitim Kursu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 2010.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). ‘‘2008 Yılı Faaliyet Raporu’’, Ankara, 2009.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). ‘‘2015 Yılı Faaliyet Raporu’’, Ankara, 2015.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEKTMK). ‘‘Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi’’, Rapor, Haziran 2009. ISBN: 978-605-89548-2-3.
- Elektrik Piyasası Kanunu, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 6446, Cilt:53, Sayı: 28603, (14.03.2013).
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). ‘‘Ocak 2017 Petrol Piyasası Sektör Raporu’’, 2017.
- Enerji Verimliliği Kanunu, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 5627, Cilt:46, Sayı: 26510, (18.04.2007).

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), “Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı”, 2014.
- Gürsoy, Umur. “Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu”, Çevre Koruma Derneği, İskenderun, 1999.
- Hidrolik Ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu. “Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu”, Ankara, 2007.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Australia 2012 Review” 2012e.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Austria 2014 Review” 2014a.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Canada 2017 Review” 2017g.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Chile 2018 Review” 2018.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Denmark 2017 Review” 2017c.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Estonia 2013 Review” 2013a.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Finland 2013 Review” 2013c.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: France 2016 Review” 2016e.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Germany 2013 Review” 2013b.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Greece 2017 Review” 2017b.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Hungary 2017 Review” 2017a.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Ireland 2012 Review”, 2012a.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Italy 2016 Review”, 2016c.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: Japan 2016 Review” 2016d.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: The Republic of Korea 2012 Review” 2012d.
- IEA (International Energy Agency), “Energy Policies of IEA Countries: The United States 2014 Review” 2014d.

- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Luxembourg 2014 Review’’, 2014c.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Luxembourg 2008 Review’’, 2008.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Mexico 2017 Review’’ 2017f.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Netherlands, 2014 Review’’ 2014b.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: New Zeland 2017 Review’’ 2017d.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Norway 2017 Review’’ 2017e.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Poland 2016 Review’’ 2016d.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Portugal 2016 Review’’ 2016b.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Slovak Republic 2012 Review’’ 2012c.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘ Energy Policies of IEA Countries: Switzerland 2012 Review’’ 2012b.
- IEA (International Energy Agency), ‘‘Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2016 Review’’ 2016a.
- IRENA(International Renewable Energy Agency), ‘‘ Renewable Energy and Jobs Annual Review 2016’’, 2016.
- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 5686, Sayı: 26551, (03.06.2007).
- KPGM, Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Vergi ve Teşvikler Raporu, 2016.
- Kaya, Tevfik. ‘‘Jeotermal Potansiyelimiz’’, Oda Raporu, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/6d01c39aff828ad_ek.pdf?dergi=1, Erişim: 14.12.2016.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). ‘‘Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi’’, Ankara 2012.
- OECD. OECD Factbook 2015-2016: Economic, Environmental and Social Statistics, OECD Publishing, Paris, 2016.
- REN 21, **Renewables 2017 Global Status Report**, Paris, 2017, ISBN 978-3-9818107-6-9.
- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, ‘‘Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1985-1989)’’.
- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, ‘‘Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990- 1994)’’.

- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, “Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000)”. Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005)”. Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, “Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007-2013)”. Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, “Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2014-2018)”. Türkiye Çevre Vakfı (TÇV). Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Rapor, Önder Matbaa, 2006. Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği (TMMOB). “Hidroelektrik Santraller Raporu”, 2011, ISBN: 978-605-01-0174-4. Türkiye Petrolleri (TP). “Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, 2016. Türkiye Petrolleri (TP). “Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, 2017. Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK). “Taşkömürü Sektör Raporu”, 2016. Ültanır, Mustafa Özcan. “21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi”, TÜSİAD (Türk Sanayicileri Ve İş Adamları Derneği) Yayınları, Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239, İstanbul, 1998. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 5346, Cilt:44, Sayı: 25819, (10.05.2015). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Resmi Gazete, Kanun Numarası: 6094, Sayı: 27809, (29.12.2010) Yerebakan, Metin. “Mikro Enerji Santralleri”, İstanbul Ticaret Odası, Sektörel Yayınlar Yayın No: 2008-39, İstanbul, 2008.

Tezler ve Projeler

- Arlı Yılmaz, Selen. **Yeşil İşler ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alanındaki Potansiyeli**, Uzmanlık Tezi, Kalkınma Bakanlığı, Yayın No:2887, 2014, ss.1-218.
- Atay Polat, Melike. **Sürdürülebilir Kalkınmada Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi**, (Yayınlanmış Doktora Tezi), İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya, 2014.
- Bayındır, Muhammet Selçuk. **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği ve Türkiye Uygulamaları**, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010.
- Erdoğan, Duygu Ceylan ve Burcu Seçgin. “Yenilenebilir Enerjiler”, Yıldız Teknik Üniversitesi, **Alan Eğitiminde Araştırma Projesi**, İstanbul, 2008, ss.1-25.

Muratoğlu, Yusuf. Ekonomik Büyüme ve İssizlik Arasındaki Asimetrik İlişki vE Türkiye’de Okun Yasasının Sınanması, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum, 2011.

Safi, M. Hakan. **Türkiye’de Enerji Kaynakları ve İthal Kömürün Yeri**, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007.

İnternet Alıntıları

Alakent, Betül. “Yenilenebilir enerji yatırımları 7 yılda iki kat büyüdü”, <https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2017/09/30/yenilenebilir-enerji-yatirimlari-7-yilda-iki-kat-buyudu> , Erişim: 30.09.2017.

Aydın Deliorman, Işık. “ Hidrojen Enerjisinin Potansiyeli”, ICT-Media Enerji, <https://tr.linkedin.com/pulse/hidrojen-enerjisinin-potansiyeli-isik-deliorman-aydin>, Erişim: 28.10. 2016.

BERLEM Biyokütle Enerji, “Biyokütle Enerjisinin Kullanım Alanları” <http://www.berlemenerji.com/2015/02/03/biyokutle-enerjisinin-kullanim-alanlari/>, Erişim: 03.02.2015.

Deloitte, “Biyokütlenin Altın Çağı”, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energy-resources/Biyok%C3%BCtlenin%20alt%C4%B1n%20%C3%A7a%C4%9F%C4%B1Sonnn.pdf>, Şubat 2014.

Deloitte, “ Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler”, https://pvpaneller.weebly.com/uploads/7/1/2/8/7128467/yenilenebilir_enerji_politikalar_trkiye.pdf, 2011.

Ekolar.com, “Granger Nedensellik Testi”, http://www.ekolar.com/ekonometri_ders_notlari.php, Erişim: 01.01.2018.

Emeç, Hamdi, “Zaman Seri Analizinde Temel Kavramlar”, http://kisi.deu.edu.tr/userweb/hamdi.emec/UygEko/ZAMAN_SERI_ANALIZINDE_TEMEL_KAVRAMLAR.ppt, s.63, Erişim: 01.05.2018.

Emeç, Hamdi, "Zaman Serileri Ekonometrisi I: Durağanlık ve Birim Kökler", debis.deu.edu.tr/userweb/hamdi.emec/zaman-serileri-2010.ppt, s.5, Erişim: 01.05.2017.

Enerji Enstitüsü, “Kaynaklara Göre Kurulu Eleektrik Gücü”, <http://enerjiensitüsü.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/>, Erişim: 30.06.2017.

Enerji Üretim Sistemleri, “Biyokütle Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları”, <http://enerjiuretimsistemleri.blogspot.com.tr/2011/10/biyokutle-enerjisinin-avantaj-ve.html>, Erişim: 06.11.2017.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), “Doğal Gaz”, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> , Erişim: 30.07.2017.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), “Güneş”, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, Erişim: 30.04.2017.

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), ‘‘Hidrojen Enerjisi’’, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrojen-Enerjisi> , Erişim: 30.04.2017.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), ‘‘Petrol’’, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, Erişim: 30.07.2016.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), ‘‘Rüzgar’’, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, Erişim: 07.11.2017.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), ‘‘Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)’’, http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html, Erişim: 30.04.2017.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Veriler/LisansVerileri/AylikTopluLisanslar> , Erişim: 14.07.2017).
- Güneş Enerjisi Firmaları, ‘‘Fotovoltaik Sistemler’’, <http://www.gunesenerjisifirmalari.gen.tr/fotovoltaik-sistemler.html> , Erişim: 24.08.2016.
- OECD Data, ‘‘Renewable Energy’’, <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm>, Erişim: 12.09.2017.
- OECD, ‘‘Üyeler ve Ortaklar’’, <http://www.oecd.org/about/membersandpartners/>, Erişim: 09.10.2017.
- Özcan, Kürşat. ‘‘Jeotermal Enerji Çalışma Notları’’, http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/kursat_ozcan_jeotermal_enerji.pdf , 2011.
- Öztürk, Ayşe Betül. ‘‘Doğal Gaz Sektörü’’, İş Bankası, https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/sr201701_dogalgazsektoru.pdf, Erişim: 11.01.2017.
- Res Regal, ‘‘Austria’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/austria/> , (02.12.2017).
- Res Regal, ‘‘Belgium’’,<http://www.res-legal.eu/search-by-country/belgium/>, (02.11.2017).
- Res Regal, ‘‘Czech Republic’’ ,<http://www.res-legal.eu/search-by-country/austria/>, (02.12.2017).
- Res Regal, ‘‘Denmark’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/denmark/>, (27.12.2017).
- Res Regal, ‘‘Estonia’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/estonia/>, (02.11.2017).
- Res Regal, ‘‘Finland’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/finland/>, (12.06.2017).
- Res Regal, ‘‘Greece’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/greece/>, (12.06.2017).
- Res Regal, ‘‘Iceland’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/iceland/>, (11.07.2017).
- Res Regal, ‘‘Ireland’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/ireland/>, (02.11.2017).
- Res Regal, ‘‘Italy’’, <http://www.res-legal.eu/en/search-by-country/italy/>, (02.11.2017).
- Res Regal, ‘‘Luxembourg’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/luxembourg/>, (02.11.2017).

Res Regal, ‘‘ Netherlands’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/netherlands/>, (12.12.2017).

Res Regal, ‘‘ Norway’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/norway/>, (12.06.2017).

Res Regal, ‘‘ Poland’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/poland/>, (12.06.2017).

Res Regal, ‘‘Portugal’’,<http://www.res-legal.eu/search-by-country/portugal/>, (02.11.2017).

Res Regal, ‘‘Slovakia’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/slovakia/>, (12.06.2017).

Res Regal, ‘‘Slovenia’’,<http://www.res-legal.eu/en/search-by-country/slovenia/>, (11.12.2017).

Res Regal, ‘‘ Spain’’, <http://www.res-legal.eu/en/search-by-country/spain/> , (12.12.2017).

Res Regal, ‘‘Sweden’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/> , (12.12.2017).

Res Regal, ‘‘Switzerland’’, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/switzerland/>, (14.11.2017).

Rüzgar Enerjisi Kulübü (REK). ‘‘Biyokütle Enerjisi’’, <http://www.ruzgarenerjisikulubu.com/biyokutle>, Erişim: 06.10.2017.

Tutaşı, C. Can, ‘‘ Lisanssız Elektrik Üretim Raporu’’, <https://tutasi.com/2015/01/11/35-lisanssiz-elektrik-uretim-raporu/>, Erişim: 11.01.2015.

Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı (TYDTA), ‘‘Enerji ve Yenilenebilir Kaynaklar’’, <http://www.invest.gov.tr/tr-TR/sectors/Pages/Energy.aspx> , Erişim: 18.07.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, ‘‘ İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD)’’, http://www.mfa.gov.tr/iktisadi-isbirligi_ve-gelisme-teskilati-oecd.tr.mfa , Erişim: 11.11.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, ‘‘ Bölgesel Teşvik Uygulaması’’, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/htmlViewer.jspx?contentId=UCM%23dDocName%3AEK167547&parentPage=yatirim&_afLoop=12061439193499419&_afWindowMode=0&_afWindowId=nxl41vcpl&_adf.ctrlstate=ioi7nq05g_1042#!%40%40%3F_afWindowId%3Dnxl41vcpl%26_afLoop%3D12061439193499419%26contentId%3DUCM%2523dDocName%253AEK167547%26parentPage%3Dyatirim%26_afWindowMode%3D0%26_adf.ctrlstate%3Dioi7nq05g_1046, Erişim: 13.06.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, ‘‘ Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki’’, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/htmlViewer.jspx?contentId=UCM%23dDocName%3AEK167548&parentPage=yatirim&_afLoop=12061600206554368&_afWindowMode=0&_afWindowId=nxl41vcpl&_adf.ctrlstate=ioi7nq05g_1063#!%40%40%3F_afWindowId%3Dnxl41vcpl%26_afLoop%3D12061600206554368%26contentId%3DUCM%2523dDocName%253AEK167548%26parentPage%3Dyatirim%26_afWindowMode%3D0%26_adf.ctrlstate%3Dioi7nq05g_1067, Erişim: 13.06.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, “ Öncelikli Yatırımlara Yönelik Teşvik Uygulaması”,https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/htmlViewer.jspx?contentId=UCM%23dDocName%3AEK167551&parentPage=yatirim&_afzLoop=12062024620371047&_afzWindowMode=0&_afzWindowId=nxl41vcpl&_adf.ctrlstate=ioi7nq05g_1105#!%40%40%3F_afzWindowId%3Dnxl41vcpl%26_afzLoop%3D12062024620371047%26contentId%3DUCM%2523dDocName%253AEK167551%26parentPage%3Dyatirim%26_afzWindowMode%3D0%26_adf.ctrlstate%3Dioi7nq05g_1109, Erişim: 13.06.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, “ Stratejik Yatırımların Teşviki Uygulaması”,https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/htmlViewer.jspx?contentId=UCM%23dDocName%3AEK167545&parentPage=yatirim&_afzLoop=12089248913737667&_afzWindowMode=0&_afzWindowId=12y76of3m9&_adf.ctrlstate=i034lsr6k_770#!%40%40%3F_afzWindowId%3D12y76of3m9%26_afzLoop%3D12089248913737667%26contentId%3DUCM%2523dDocName%253AEK167545%26parentPage%3Dyatirim%26_afzWindowMode%3D0%26_adf.ctrlstate%3Di034lsr6k_774, Erişim: 13.06.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, “ Şili-Yenilenebilir Enerji Üretimini payı %14.7'ye Ulaştı”,https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/blog/newsDetail.jsessionid=DBE286ElzQo3k3h7nNt03bTxLSpogMMLAn4xbnR4FRxOwKeFU!1579294025?news_id=EK244556&_afzLoop=16288579959052261&_afzWindowMode=0&_afzWindowId=wlqilw26a&_adf.ctrlstate=12gxms06j9_1#!%40%40%3F_afzWindowId%3Dwlqilw26a%26_afzLoop%3D16288579959052261%26news_id%3DEK244556%26_afzWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3D12gxms06j95, Erişim: 20.04.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, “ Öncelikli Yatırımlara Yönelik Teşvik Uygulaması”,https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/htmlViewer.jspx?contentId=UCM%23dDocName%3AEK167551&parentPage=yatirim&_afzLoop=16492154868317300&_afzWindowMode=0&_afzWindowId=1ho5vqsn&_adf.ctrlstate=18507z9ueh_378#!%40%40%3F_afzWindowId%3D1ho5vqsn%26_afzLoop%3D16492154868317300%26contentId%3DUCM%2523dDocName%253AEK167551%26parentPage%3Dyatirim%26_afzWindowMode%3D0%26_adf.ctrlstate%3D18507z9ueh_382, Erişim: 13.06.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, “Yatırım Teşvik Programına Göre Bölgeler”,https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/content/htmlViewer.jspx?contentId=UCM%23dDocName%3AEK167543&parentPage=yatirim&_adf.ctrlstate=ioi7nq05g_1021&_afzLoop=12061292380129327&_afzWindowMode=0&_afzWindowId=null#!%40%40%3F_afzWindowId%3Dnull%26_afzLoop%3D12061292380129327%26contentId%3DUCM%2523dDocName%253AEK167543%26parentPage%3Dyatirim%26_afzWindowMode%3D0%26_adf.ctrlstate%3Dioi7nq05g_1025, Erişim: 13.06.2017.

Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, “Yatırım Teşvik Sistemi: Yatırımlarda Devlet Yardımları”,<https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK249261.jsessionid=4apwQwrMDAqahrcOsHIqvwgoLH9Fdl1BsmfiIVGx6Z4yPljs2GY112117364264>, Erişim: Ağustos 2017.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). “Kurulu Güç”, <https://www.teias.gov.tr/tr/i-kurulu-guc>, Erişim: 06.04.2017.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). “Türkiye Elektrik Piyasası”, <https://www.teias.gov.tr/tr/yayinlar-raporlar/piyasa-raporlari>, Erişim: 16.07.2017.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). “Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2015 Yılı İstatistikleri”, <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/2015>, Erişim: 30.07.2017.

- Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği (TMMOB). “Türkiye Enerji Görünümü”, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/54a0872d81aa413_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=10, Erişim: 25.03.2017.
- Türkiye Ulusal Ajansı, “Güneş Enerjisi El Kitabı”, <https://tr.scribd.com/document/355799089/Gune%C5%9F-Enerji-si-El-Ki-tabı>, Erişim: 08.05.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), “Biyokütle Enerjisi Nedir?”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx, Erişim: 06.10.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Biyokütle Çevrim Teknolojileri”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx, Erişim: 30.06.2016.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Biyokütle Enerjisinin Avantajları”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi_adv.aspx, Erişim: 30.05.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPa)”, <http://bepa.yegm.gov.tr/>, Erişim: 30.06.2016.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri”, http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_en_urt_sistemleri.aspx, Erişim: 08.07.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)”, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, Erişim: 30.06.2016.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), “Güneş Enerjisi ve Teknolojileri”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, Erişim: 30.06.2016.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), “Hidrojen Enerjisi”, http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx, Erişim: 30.04.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Rüzgar Enerjisi”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, Erişim: 30.06.2016.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Rüzgar Türbinleri”, http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html, Erişim: 29.11.2016.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), “Türkiye’de Jeotermal Enerji”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx, Erişim: 30.06.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), “Türkiye Rüzgar Potansiyeli”, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar.aspx>, Erişim: 30.04.2017.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). “Türkiye Tarımsal Biyokütle Potansiyeli”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/tur_tar_biyo_pot.aspx, Erişim: 18.04.2016.
- Yıldırım, Yılmaz. “Yakıt Pilleri Ders Notları”, 2011, <http://cevre.beun.edu.tr/dersnotu/yakitpilleri/cev346-yakit-pilleri.pdf>, Erişim: 07.11.2016.