

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YEŞİL ENERJİNİN EKONOMİK BOYUTUNUN İNCELENMESİ

EMRE GENÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ZEHRA YUMURTACI**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEŞİL ENERJİNİN EKONOMİK BOYUTUNUN İNCELENMESİ

Emre GENÇ tarafından hazırlanan tez çalışması 27.11.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Burhanettin ÇETİN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Levent KAVURMACIOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerji hakkında görüş bildirenlerin, araştırma yapanların, kısacası toplumun her kesiminin; konuya yalnızca çevresel boyutta bakmamalarını sağlamak amaçlanmıştır. Hem çevremiz hem de ekonomimiz için hayati önem taşıyan bu konuya, bugünü değil geleceği düşünerek bakılması hepimizin yararına olacaktır.

Yüksek lisans tezimde bana desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Zehra YUMURTACI ve başta sevgili eşim Sayın Neslihan GENÇ ile birlikte tüm aileme teşekkür ederek, bu çalışmayı biricik kızım Defne'ye ithaf ederim.

Kasım, 2018

Emre GENÇ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	3
2.1 Dünyada Yenilenebilir Enerji Potansiyeli	3
2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	5
2.2.1 Güneş Enerjisi	5
2.2.2 Rüzgâr Enerjisi	8
2.2.3 Jeotermal Enerji.....	10
2.2.4 Biyokütle Enerjisi	11
2.2.5 Hidrojen Enerjisi	15
2.2.6 Hidroelektrik Enerjisi	17
2.2.7 Dalga Enerjisi	19
2.3 Kyoto Protokolü ve Diğer Uluslararası Anlaşmalar	20
2.3.1 Avrupa Birliği 2020 ve 2030 hedefleri	21
2.3.2 Paris Anlaşması	22

BÖLÜM 3

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU	25
3.1 Türkiye’de Enerji Durumu	25
3.1.1 Türkiye'de Fosil Yakıtların Rezervi, Üretimi, İthalatı ve Tüketimi.....	25
3.1.2 Türkiye'de Bulunan Petrol ve Doğal Gaz Boru Hatları.....	27
3.1.2.1 Rusya – Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı)	27
3.1.2.2 Mavi Akım Gaz Boru Hattı	27
3.1.2.3 Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı (İran – Türkiye).....	27
3.1.2.4 Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı	28
3.1.2.5 Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonneksiyonu	28
3.1.2.6 Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP).....	28
3.1.2.7 TürkAkım Gaz Boru Hattı Projesi.....	28
3.1.2.8 Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı	29
3.1.2.9 Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Ham Petrol Boru Hattı (BTC)	29
3.2 Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Durumu	29
3.2.1 Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları	31
3.2.2 Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı, Yenilenebilir Enerji Politikaları, Hedefleri ve Stratejileri	34

BÖLÜM 4

ENERJİ YATIRIMLARI VE EKONOMİYE ETKİLERİ	37
4.1 Enerji Yatırımları ve Ülke Ekonomisi İçindeki Yeri	37
4.2 Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla İle Enerji Arasındaki İlişki	41
4.3 Enerji İle İşsizlik Arasındaki İlişki	42
4.4 Cari Açık İle Enerji Arasındaki İlişki	43

BÖLÜM 5

YENİLENEBİLİR ENERJİ MALİYET HESABI	45
5.1 Yatırım Maliyeti.....	46
5.2 İşletme ve Bakım Maliyeti.....	46
5.3 Yakıt Maliyeti	46
5.4 Birim Elektrik Enerji Maliyeti Karşılaştırması	47

BÖLÜM 6

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ÇEVRE	52
6.1 CO ₂ Emisyonları ve Zararları	52
6.2 SO ₂ Emisyonları ve Zararları.....	54
6.3 Türkiye’de Enerji Üretim Emisyonları Karşılaştırması.....	54

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	62

ÖZGEÇMİŞ.....	65
---------------	----

SİMGE LİSTESİ

\$	Amerikan Doları
°C	Santigrat derece
C_f	Yıllık yakıt maliyeti
C_k	Yıllık sabit sermaye veya yatırım maliyeti
C_m	Yıllık işletme ve bakım maliyeti
C_t	Yıllık toplam maliyet
E	Yıllık elektrik enerjisi üretimi

KISALTMA LİSTESİ

A	Alan
AC	Alternatif akım
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma geliştirme
AB	Avrupa Birliği
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CO ₂	Karbondiyoksit
Cut-in	Rüzgâr türbininin devreye girmesi
Cut-out	Rüzgâr türbininin devreden çıkması
DC	Doğru akım
FV	Fotovoltaik
g	Gram
GES	Güneş enerji santrali
GJ	Gigajoule
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
H	Hidrojen
HES	Hidroelektrik enerji santrali
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
INDC	Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı
INOGATE	Avrupa'ya Devletlerarası Petrol ve Gaz Taşımacılığı
JES	Jeotermal enerji santrali
KF	Kapasitesi faktörü
Kg	Kilogram
km	Kilometre
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
m	Metre
m ³	Metreküp
MW	Megawatt
MÖ	Milattan önce
MS	Milattan sonra
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü

MTEP	Milyon ton eşdeğer petrol
MWh	Megawatt saat
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NO ₂	Nitrojen dioksit
NO _x	Azot oksit
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PV	Fotovoltaik
RES	Rüzgâr enerji santrali
SO ₂	Kükürtdioksit
t	Zaman
TEP	Ton eşdeğer petrol
TW	Terawatt
TWh	Terawatt saat
UDY	Uluslararası doğrudan yatırım
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynağı Destekleme Mekanizması
YKTK	Yatırımların Karşılıklı Teşviki ve Korunması
YOİKK	Yatırım Ortamının İyileştirilmesi Koordinasyon Kurulu
yy	Yüzyıl
W	Watt
W/m ²	Watt/metrekare

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Nüfus, GSYİH büyüme oranı ve birincil enerji talebi değişimleri 3
Şekil 2.2	Dünya birincil enerji talebinin bölgelere ve kaynaklara göre dağılımı..... 4
Şekil 2.3	2016-2040 yılları enerji arzı yatırımları tahmini..... 5
Şekil 2.4	Fotovoltaik güneş panelleri..... 6
Şekil 2.5	Arazi şartlarında fotovoltaik güneş panelleri 7
Şekil 2.6	Örnek bir jeotermal sistem gösterimi 10
Şekil 2.7	Bitkisel döngü..... 12
Şekil 2.8	AB 2050 stratejisi sera gazı haritası 22
Şekil 3.1	Türkiye'nin son bir yıl elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı (MWh) 30
Şekil 3.2	Güneş enerjisi teknik potansiyelinin Avrupa ülkelerine göre dağılımı (GWh/yıl)..... 32
Şekil 3.3	Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü değişimi (2016, MW) 33
Şekil 3.4	Türkiye jeotermal kaynakları haritası 33
Şekil 4.1	Türkiye birincil enerji arzı gelişimi kaynak dağılımları (1975–2016) (MTEP)..... 40
Şekil 4.2	Birincil enerji arzı sektör dağılımları (2016) 40
Şekil 4.3	Türkiye enerji yatırımları (2018) 41
Şekil 5.1	Bölge ve kaynak bazında toplam kurulu güç grafiği (MW) (2018)..... 48
Şekil 5.2	Bölge ve kaynak bazlı elektrik üretimi grafiği (MWh/yıl) (2018) 49

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Biyokütle çeşitleri, çevrim yöntemleri, elde edilen yakıt ve uygulama alanları..... 14
Çizelge 3.1	Yenilenebilir enerji üretiminde kaynak çeşitlerine göre hedefler (MW) 31
Çizelge 3.2	Türkiye'nin 1985-2017 yılları arası aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri (Saat) 31
Çizelge 4.1	Türkiye'ye yıl bazında yapılan uluslararası doğrudan yatırım verileri..... 38
Çizelge 5.1	Türkiye'nin toplam kurulu gücü (MW) (2018) 47
Çizelge 5.2	Bölge ve kaynak bazında elektrik üretimi miktarları (MWh/yıl) (2018).. 48
Çizelge 5.3	Enerji üretim santrallerinde enerji üretim maliyetleri..... 50
Çizelge 6.1	Kaynak bazlı CO ₂ emisyonları 53

YEŞİL ENERJİNİN EKONOMİK BOYUTUNUN İNCELENMESİ

Emre GENÇ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Günümüzde karşı karşıya kalınan birçok çevre sorunu sebebiyle, yenilenebilir enerji üzerine çevresel bir farkındalık oluşmaya başlamıştır. Bu çalışma, toplum için bu farkındalığa ek olarak; farklı bir bakış açısı kazandırmayı amaçlamaktadır. Yeşil enerji, yalnızca çevre sorunlarının çözümüyle ilişkilendirilip, ekonomik kazanımları göz ardı edilirse; sorunların çözümünde başarılı olunamaz.

Çalışmanın birinci bölümünde yapılan girişin ardından; ikinci bölümde yenilenebilir enerji çeşitleri, bunların avantaj-dezavantajları ile Kyoto Protokolü ve diğer uluslararası anlaşmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde; Türkiye'nin genel enerji durumu, petrol ile gaz hatları verilmiş ve yenilenebilir enerji durumu ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde; enerji yatırımları ve ekonomik etkileri tartışılmış, enerji tüketimi ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi irdelenmiştir.

Beşinci bölümde; yenilenebilir enerjinin maliyet hesabının nasıl yapıldığı ve kaynakların birim enerji maliyeti karşılaştırmaları aktarılmıştır.

Altıncı bölümde; yenilenebilir enerjinin çevreye bir zararı olup olmadığı araştırılmış ve üretimde kullanılan enerji kaynaklarının emisyon karşılaştırmaları yapılmıştır.

Yedinci ve son bölümde; elde edilen veriler yorumlanmış ve öneriler paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, yeşil enerji, enerji ekonomisi, çevre, yenilenebilir enerji

INVESTIGATION OF ECONOMICAL ASPECT OF GREEN ENERGY

Emre GENÇ

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Zehra YUMURTACI

Due to the many environmental problems facing today, environmental awareness has started to develop on renewable energy. In addition to this awareness for the society; study aims to give a different perspective. Associating green energy with the solution of environmental problems only and ignoring its economical gains, we can not be successful in solving these problems.

After the introduction in the first part of the study; renewable energy types, their advantages and disadvantages, the Kyoto Protocol and other international agreements are mentioned in the second part.

In the third part; general energy status of Turkey, oil and gas lines and renewable energy situation are considered.

In the fourth chapter; energy investments and their economic effects are discussed, the causality relationship between energy consumption and growth is discussed.

In the fifth chapter; how to calculate the cost of renewable energy and the unit energy cost comparisons of the resources are shared.

In the sixth chapter; it is researched whether renewable energy is harmful to the environment and emission comparison of energy resources used in production is made.

In the seventh and last chapter; the data obtained are commented and recommendations are shared.

Keywords: Energy, green energy, energy economy, environment, renewable energy

1.1 Literatür Özeti

Günümüzde, su kaynaklarından sonra dünyamızın en büyük ihtiyaçlarından birisi enerjidir. Artan nüfus, üretim tesisleri ve ulaşım araçlarının sayısı; daha fazla enerji tüketimine sebep olmaktadır. Üstelik ülkelerin gelişmişlik seviyeleri, kişi başına düşen elektrik tüketimi ile ölçülmektedir.

Son otuz yıla kadar enerji; çoğunlukla petrol, kömür, doğal gaz ve nükleer gibi geleneksel kaynaklardan sağlanmaktaydı. Bu fosil yakıtların önümüzdeki yıllarda tükenmesi beklenmektedir. Bir diğer yandan; bu yakıtların dünyamız, iklimimiz ve tüm canlılar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple; yenilenebilir enerji kaynakları, oldukça önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji üzerine çoğunlukla çevresel çalışmalar yapılmakta olup; bizim çalışmamızın odak noktası olan ekonomi ile ilişkisini irdeleyen başka çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmada faydalanan veya incelenen bazı çalışmalar kaynakça bölümünde paylaşılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Hazırlamış olduğumuz bu çalışma, dünyanın ve ülkemizin enerji konusuna bakış açısını irdeleyerek; düşünce ve uygulamadaki eksikliklerin tespiti ile alınabilecek önlemler noktasında fark yaratmayı amaçlamıştır.

1.3 Hipotez

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artmasındaki temel sebep “küresel ısınma” diyebiliriz. Öte yandan; yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik, siyasi vb. farklı etkileri de mevcuttur. Enerjiye ve onun etkilerine yalnızca çevresel bir bilinç ile yaklaşmak gerçekçi olmadığı gibi; yarattığı büyük ekonomiyi görmezden gelmek de mümkün olmayacaktır.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI**2.1 Dünyada Yenilenebilir Enerji Potansiyeli**

Dünyada nüfusun artışı ve ekonomik büyümenin sonucu olarak enerji tüketimi artış göstermektedir. Sanayideki gelişim ve kentleşme ile paralel olarak nüfus artışı, küresel ölçekte enerji talebine olan artışa önemli katkı yapacaktır. Şekil 2.1’de OECD ve haricindeki ülkelerin, nüfus, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH) büyüme oranı ve birincil enerji talebi etkileri verilmiştir.

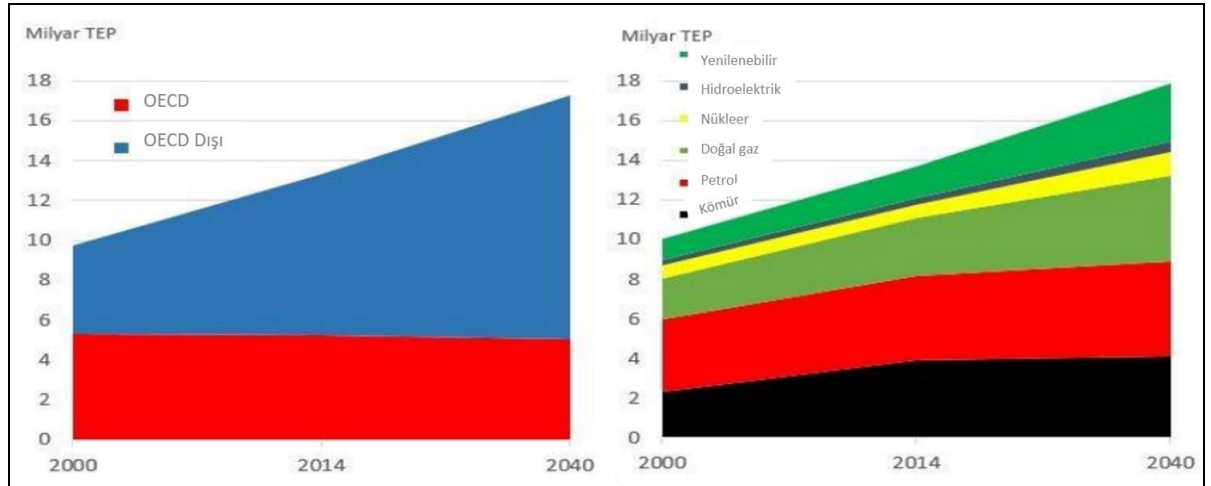


Şekil 2.1 Nüfus, GSYİH büyüme oranı ve birincil enerji talebi değişimleri [1]

Çalışmalar, fosil yakıtların 2040 yılına kadar diğer kaynaklara göre payının azalacağını buna rağmen birincil enerji kaynağı olarak kalacağını öngörmektedir. Elektriğe olan talebin 2040 yılına kadar her yıl ortalama %2,3, toplamda %80 artacağı; bununla birlikte nükleer(%2,3), hidrolik(%1,8) ve yenilenebilir enerji(%9,8) kaynak kullanımının

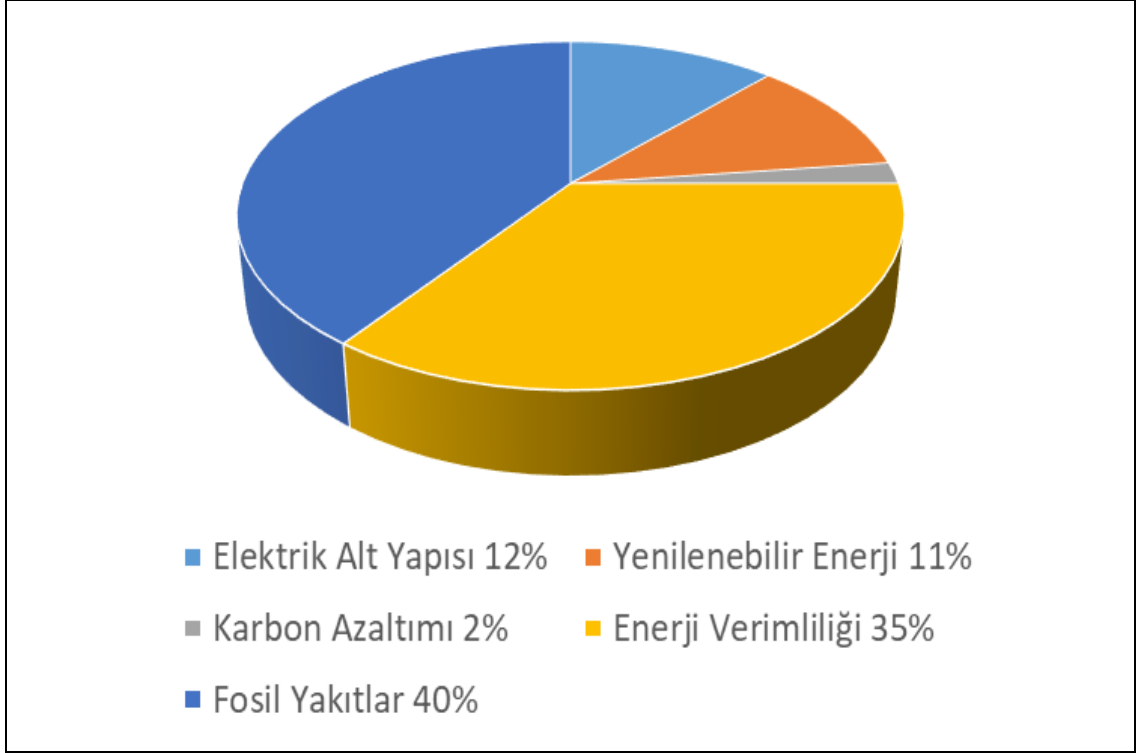
da artış göstereceği; 2040 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynak kullanımının %16 mertebelerine yükseleceği düşünülmektedir.

Doğal gaz fosil yakıtlar içerisinde; ortalama %1,5 ile petrol(%0,4) ve kömürden(%0,2) daha fazla büyüme oranı gösterecektir. Şekil 2.2’de birincil enerji talebinin bölge ve kaynak bazlı değişimi görülmektedir.



Şekil 2.2 Dünya birincil enerji talebinin bölgelere ve kaynaklara göre dağılımı [1]

Artan enerji talebine yanıt verebilmek için enerji yatırımları da artış göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’ya göre 2016-2040 yılı dönemi içerisinde yapılacak küresel enerji sektörü yatırımı toplam 66,5 trilyon dolar olarak beklenmektedir.



Şekil 2.3 2016-2040 yılları enerji arzı yatırımları tahmini [1]

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

2.2.1 Güneş Enerjisi

Güneşin çekirdeğinde gerçekleşen füzyon ile hidrojen gazı helyuma dönüşür ve güneş enerjisi adı verilen ısıma enerjisi ortaya çıkar. Atmosferin dış yüzeyinde yaklaşık 1.370 W/m² değerindeki ısıma enerjisi, yeryüzüne ulaştığında 0-1.100 W/m² aralığında değişmektedir ve bu enerji küresel ihtiyacımızdan çok daha fazladır. Yenilenebilir ve temiz bir kaynak olan, güneş enerjisi teknolojisi 1970'lerden sonra gelişmeye başlamış olup; maliyeti günden güne azalmaktadır [2].

Güneşten gelen ışınların, elektrik enerjisine çevrilmesine güneş enerjisi teknolojisi denir ve teknik adı Fotovoltaik'tir: Işık yani "Foto" ve elektriksel gerilim anlamına gelen "Voltaik" kelimelerinden oluşur. FV ya da PV olarak kısaltılabilir. Piyasada solar enerji veya güneş enerjisi isimleri ile anılır.

Güneş'ten gelen ve belirli bir enerjiye sahip olan fotonlar, fotovoltaik teknolojinin temel kaynağıdır. Fotonların, güneş panellerinde bulunan güneş enerji hücrelerine çarpması sonucunda bir elektrik gerilimi dolayısıyla elektrik üretimi gerçekleşir.

Dünyada sıkça bulunan, yarı iletken bir element olan silisyum(silikon), güneş hücreleri ve elektronik devre elemanlarının üretiminde kullanılır. Güneş hücrelerinde esasen; p-tipi ve n-tipi silikon olarak iki katman meydana gelir.

Fotonlar güneş hücresine çarparak, p-tipi silikon katmanındaki elektron enerjilerini arttırarak, elektronları daha yüksek enerji seviyesine ulaştırır. Bu sayede elektronlar, yarı iletken malzemeden n-tipi katmana geçebilirler. Bu geçişle birlikte p-tipi katmanda boşluklar meydana gelir. İki katman arasına bağlanacak iletken bir malzeme ile boş p-tipi katmana tekrar elektron geçişleri başlar. Fotonların güneş hücresine çarpmaya devam etmesiyle bu enerji artışı ile katman geçişleri süreklilik kazanır ve elektrik enerjisi üretilmeye başlanır.

Güneş enerjisi teknolojileri birçok açıdan çeşitli olsa da iki ana grupta toplanabilir:

Fotovoltaik Teknoloji: Güneş hücreleri, çarpan fotonların enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.

Isıl Teknoloji: Güneş enerjisi, ısı enerjisine çevrilir. Meydana gelen ısı enerjisi, ısıtma, sıcak su üretimi veya tekrar elektrik enerjisi üretimi için kullanılabilir.

Güneş hücrelerinin verimi %5 - %30 arasında değişebilir. Verimin çok yüksek olmadığı fotovoltaik sistemden, daha fazla elektrik enerjisi elde etme için birden fazla güneş hücresi seri veya paralel bağlantı şeklinde bir alana kurulabilir [3].



Şekil 2.4 Fotovoltaik güneş panelleri [4]

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bir takım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Güneş enerjisi, bu kaynaklar arasında avantajının, dezavantajından üstün olmasıyla öne çıkmaktadır.

Güneş enerjisinin başlıca avantajları:

- Güneş, ilave herhangi bir yakıtı ihtiyaç duymayan ve sonsuza kadar tükenmeyecek bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi ile gıdaların kurutulması, sıcak su eldesi ve elektrik üretimi gibi birçok işlemde çevreye herhangi bir zarar verilmeksizin fayda sağlanmaktadır.
- Güneş santrallerinin amortisman süreleri; diğer santrallere nazaran daha kısadır.
- Güneş enerjisi, basit ve ulaşılabilir teknolojisi sayesinde hem profesyonel hem de amatör şekilde elektrik üretimine imkân vermektedir.
- Güneş santralleri kolay kurulum, düşük işletme ve bakım maliyetleri sayesinde; diğer santrallerin önüne geçmektedir.
- Santralin kurulacağı bölgelerin yıllık ortalama güneşlenme süreleri belli olduğundan; üretim miktarının yaklaşık olarak tahmin edilmesi mümkündür. Bu durum; güneş enerjisini, rüzgâr enerjisinden biraz daha güvenilir kılmaktadır.



Şekil 2.5 Arazi şartlarında fotovoltaiik güneş panelleri [4]

Güneş enerjisinin bazı dezavantajları:

- Güneş santralleri şimdilik yüksek bir yatırım maliyetine sahiptir.
- Güneş hücre teknolojilerinin verimleri düşük olduğundan dolayı; yüksek miktarda elektrik üretebilmek için gerekli yüzey alanı fazla olabilmektedir.
- Güneş santrallerinde özellikle kule kullanılan sistemlerde; toplanan ışınlar, yüksek ısı oluşturacağından dolayı kuşlar için büyük tehlike arz etmektedir. Bu sebeple; santraller kuşların göç yollarından daha uzak yerlere kurulmalıdır.
- Güneş enerjisi teknolojisi hızla geliştiğinden; mevcut santrallerin yenilenmesi durumunda atıl parçalar, çevre için bir tehdit oluşturacaktır. Bu parçaların geri dönüşümü üzerine çalışılmalıdır.

Güneş enerjisi; avantajları, dezavantajlarına göre daha çok olan bir kaynaktır ve konvansiyonel kaynaklar ile karşılaştırıldığında dezavantajları çok daha kabul edilebilir seviyededir [5].

2.2.2 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneşten yaklaşık %1-2 oranında enerji alan doğal, temiz, sonsuz ve yenilenebilir bir kaynaktır. Güneş ışınlarının, atmosfer ve yer kabuğuna eşit düşmemesinden kaynaklanan sıcaklık ve basınç farkları sebebiyle sıcak hava ve soğuk hava kütlelerinin yer değiştirmesi anlamına gelen rüzgârlar oluşur. Rüzgârlar, atmosfer olayları, arazi yapısı, ısı durum gibi etkenlere de bağlı olarak yüksek basınç bölgelerinden alçak basınç bölgelerine doğru gerçekleşir. Yükseklik arttıkça rüzgârın hızı artarken, taşıdığı teorik güç hızının küpü ile orantılı olacak şekilde artar [6].

Rüzgâr enerjisi de tıpkı güneş enerjisi gibi nispeten kabul edilebilir dezavantaj ve avantajlara sahiptir. İlk yatırım maliyeti yüksek, tahmin edilmesi zor ve düşük kapasite faktörleri dezavantajlarına örnektir. Avantajları ise:

1. Doğada serbest ve bol miktarda bulunur.
2. Temiz ve yenilenebilir olduğundan çevreye dosttur.
3. Sonsuz ve bedava bir kaynak olmasından dolayı güvenilirdir.

4. İlk yatırım maliyeti azalarak diğer enerji santrallerine yaklaşmaktadır.
5. Düşük işletme ve bakım maliyetlerine sahiptir.
6. Uzmanlık gerektirdiği için; yeni istihdam imkânı yaratır.
7. Enerjide dışa bağımlılığı azaltır.
8. Teknolojisi ve işletimi diğer santrallere göre nispeten daha kolaydır.
9. Kısa sürede devreye alınabilir.

Betz Yasası'na göre; teoride türbine giren rüzgâr hızını tamamen yitirerek, tüm enerjisini türbine aktarır. Ancak; pratikte hız tamamen sıfırlanamaz, hava belli bir hızda türbini terkeder. Türbinde; rüzgâr enerjisinden maksimum %59 mertebelerinde elektrik enerjisi elde edilebilir.

Ayrıca; santrali meydana getiren kanat, varsa dişli kutusu, konvertör ve jeneratör gibi parçaların mekanik kayıpları da, enerji eldesini azaltmaktadır.

Rüzgâr türbininin tasarımı sırasında belirlenen rüzgar hızına “nominal hız”, bu hızda elde edilen güce “nominal güç” denir. Rüzgâr hızı tasarım hızını aştığında, yine de nominal güç kadar güç elde edilir [7].

Nominal güç, rüzgâr hızının gösterdiği değişkenlik sebebiyle tek başına üretim değerini hesaplamak için kullanılamaz. Kapasite faktörü(KF) adı verilen ve santralin verimliliğini ifade eden; ortalama santral gücünün, nominal güce bölünmesiyle elde edilen bir oran bulunmakta olup; bu değer %20 ile %40 aralığındadır.

Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi; cazip ve kolayca uygulanabilir olduğundan dolayı devlet tarafından, enerjide dışa bağımlılığı azaltmada yardımcı olması amacıyla desteklenmektedir. Bu doğrultuda; 1 MW kapasitenin altındaki rüzgâr santralleri için üretim lisansı alınmasına gerek yoktur. Bu santraller, ürettikleri fazla enerjiyi şebekeye satabilmektedirler. Bu ve bunun gibi birçok teşvik, yatırımcıların bu alana yönelmesini sağlamak için oldukça etkilidir.

2.2.3 Jeotermal Enerji

Yer altı kaynaklarının sahip olduğu enerjiye jeotermal enerji denir; bu enerji, çevreye dost, yerli, ucuz, güvenilir ve yenilenebilir bir enerji türüdür. Jeotermal enerji, direkt veya dolaylı şekilde kullanılabilir [8].

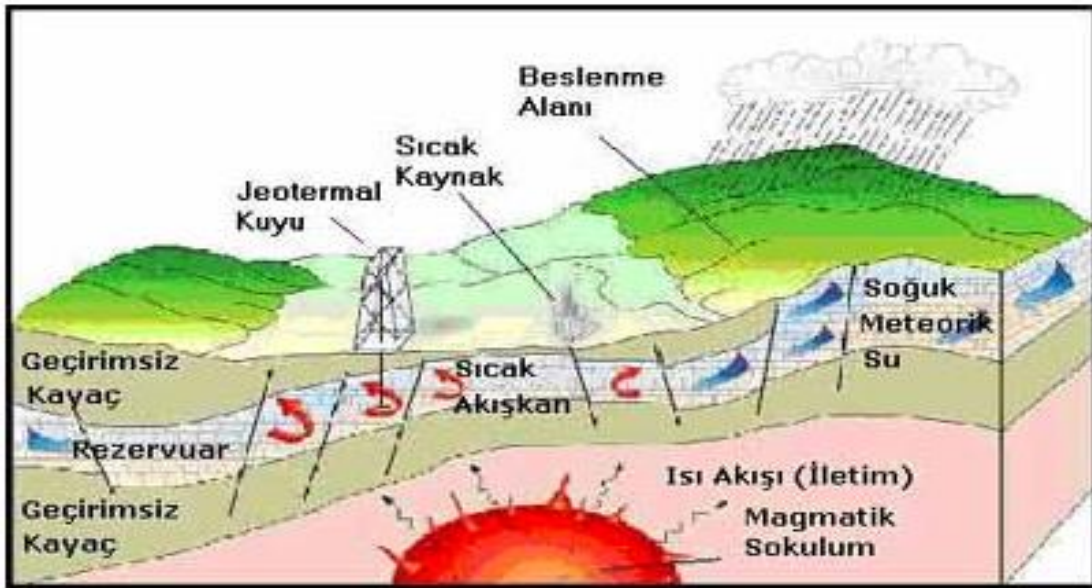
Yerkürenin sıcak iç yüzeylerinden yeryüzüne doğru yayılan ısı, jeotermal enerjiyi oluşturur.

Jeotermal kaynaklar, üç önemli bileşenden oluşur:

- Isı kaynağı,
- Isıyı transfer etmeyi sağlayan akışkan,
- Akışkanın dolaşımı için gerekli geçirgenliğe sahip kayaç.

Sıcak yeraltı suyunun ve jeotermal sıcak kayaçların daha sık yerlerde bulunmasının nedenleri aşağıdaki gibidir:

- Magma yerkabuğuna doğru yükselirken, ısını da birlikte taşır,
- İnce kabuk kısımlarda ısı yüksek sıcak bölgeden daha düşük sıcaklıktaki bölgeye transfer olur,
- Birkaç kilometre derinliğe inen yeraltı suyu, ısınarak yüze biraz daha yaklaşır.



Şekil 2.6 Örnek bir jeotermal sistem gösterimi [9]

Jeotermal enerjinin başlıca avantajları:

1. Kaynak sıcaklıklarının çok yüksek olmasına gerek yoktur,
2. Kullanılan türbinlerin maliyetleri uygun ve boyutları küçüktür,
3. Yüksek basınçta çalışılabilmesi,
4. Hava sızıntısı tehlikesinin olmaması,
5. Kullanılan akışkanın korozyif etkisinin bulunmaması,
6. Yüksek izentropik türbin verimleri,
7. Genleşmenin gerçekleştiği türbinin dış ortamda bulunması sebebiyle uzun ömürlü olması,
8. Düşük kondenser basıncına ve yüksek verimliliğe sahip olunmasıdır.

Dezavantajları ise:

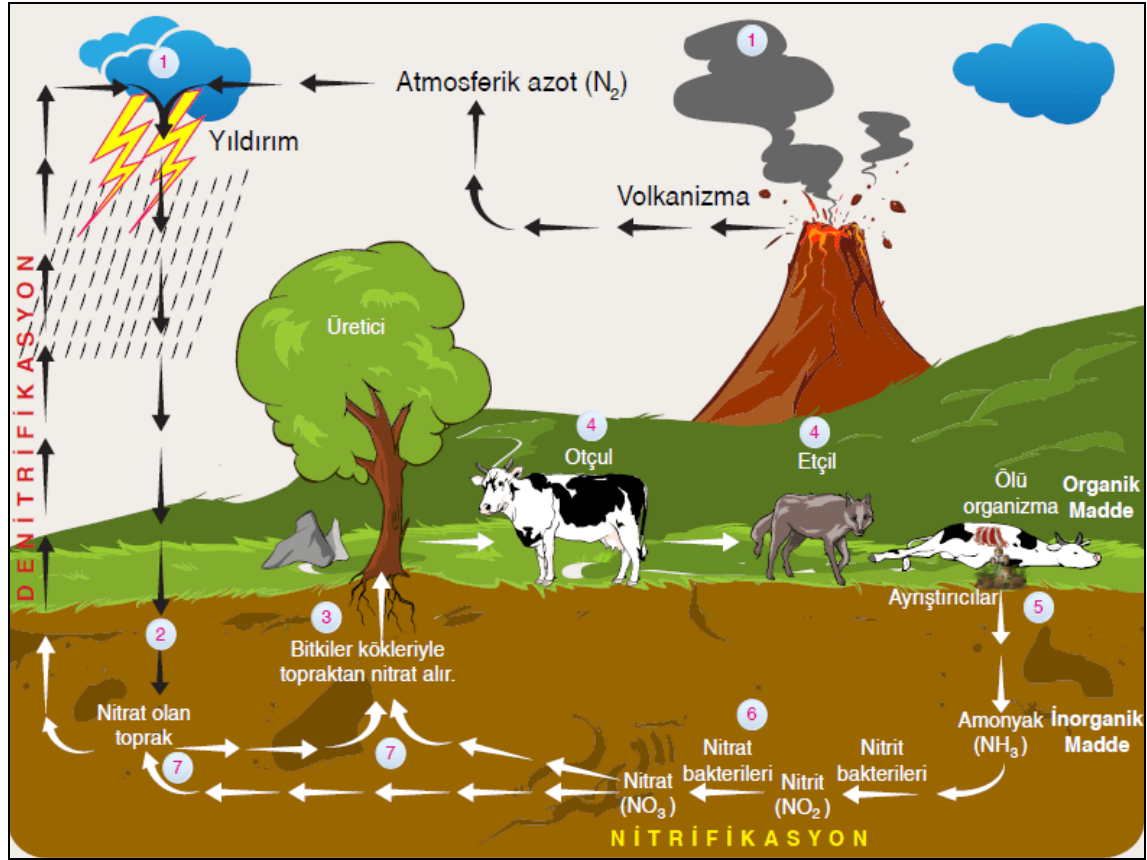
1. Kullanılacak ikincil bir akışkanın yüksek maliyeti,
2. Oluşabilecek kaçaqların sistemin çalışmasına engel olması,
3. Isı eşanjörlerinin yüksek maliyeti,
4. İkincil akışkanın hidrokarbon içermesi durumunda yangınlık tehlikesinin olması,
5. İkincil akışkanın freon olması durumunda seçilecek sıvının ozon tabakasına zarar vermeyen türde olması gerekliliğidir.

2.2.4 Biyokütle Enerjisi

Tükenmeyen, kolay erişilebilen, yeni iş kolları ve istihdam sağlayabilen ve çevreye zarar vermeden enerji üretebilme imkânı veren biyokütle kaynağı, sürdürülebilirlik ve enerjinin yerli üretimi açısından oldukça önemlidir [10].

Kara ve deniz bitkileri, hayvan atıkları, ev tipi atıklar, sanayi atıkları biyokütle enerjisi elde etmek için uygun yakıtlardan bazılarıdır. Fosil yakıtlı birincil enerji kaynakları, enerji üretimi esnasında çevreye büyük zararlar verdiği ve zamanla tükeneceğinden; nispeten daha az zararı bulunan biyokütle enerjisinin kullanımı çevre açısından oldukça önemlidir.

Biyokütle, güneş enerjisini fotosentez yoluyla bünyesinde barındıran bitki veya diğer canlı organizmaların belirli bir zamandaki toplam kütlesi olarak ifade edilebilir [11].



Şekil 2.7 Bitkisel döngü [11]

Organik maddeler oluşurken fotosentez sırasında havadan CO₂ çekilerek oksijen üretilir. Daha sonra bu organik maddelerin yakılmasıyla birlikte havaya bir miktar CO₂ salınır. Ancak; bu salınım, fotosentez sırasında havadan çekilen CO₂ miktarı ve biyokütle yerine fosil kaynaklı yakıtların yakılması sonucu oluşan CO₂ düşünüldüğünde çevreye zarar vermemiş olacaktır. Bu sebeple; biyokütle enerjisi çevreye dost, yenilenebilir bir enerji türü olarak tanımlanır [11].

Fosil maddelerin, biyokütle maddelerine benzerlik göstermesine rağmen temel farkı; bitki ve hayvanların toprak altında uzun yıllar kalması sonucu basınç ve sıcaklık nedeniyle yapısal değişikliklere uğraması ve yakılmaları durumunda ortaya çıkardıkları zararlı maddelerdir.

Toprak altında uzun yıllar kalarak yakıt haline gelen fosil kaynakların yakılması, kısa sürede gerçekleşeceğinden; havanın CO₂ dengesini bozacak, dolayısıyla küresel ısınma gibi çevresel sorunları doğuracaktır.

Odun, biyokütle enerjisi olarak kullanılan en eski kaynaklardan biridir. Yakılacak odun temini için varolan eski ağaçların kesilmesi ise zamanla ormanların tükenmesine neden olmakta ve içinde yaşadığımız doğaya kalıcı zararlar vermektedir.

Biyokütle enerjisinden iki grupta bahsedilir:

- Hayvan atıklarından meydana gelen tezek ile ağaçlardan elde edilen odunun klasik şekilde yakıldığı biyokütle enerjisi,
- Tarım kaynaklı ortaya çıkan atıklar, yakılmak üzere yetiştirilen bitki ve ormanlar, tarım endüstrisinden elde edilen biyodizel ile etanol gibi yakıtların yakıldığı modern biyokütle enerjisidir.

Modern biyokütlenin elde ediliş çeşitleri:

- a) Enerji ormanı
- b) Enerji tarımı ile elde edilen yüksek verimli enerji bitkileri

Genetik mühendisliğinin son dönemdeki katkıları sonucunda; en verimsiz topraklarda dahî yetişebilen, büyüme hızı yüksek, tek veya çok yıllık enerji bitkileri kullanılmaya başlanılmıştır [12].

Biyokütlelerden bazı çevrim teknikleri sayesinde katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde edilir. Örneğin; biyogaz, biyodizel, biyoetanol gibi yakıtlara çevrilirken; hidrojen ve gübre gibi yan ürünler de oluşabilmektedir. Biyokütleden yalnızca enerji üretiminde değil; kağıt ve ahşap endüstrisinde de faydalanılır.

Çizelge 2.1 Biyokütle çeşitleri, çevrim yöntemleri, elde edilen yakıt ve uygulama alanları [12]

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman atıkları	Hayvansal Çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi, ısınma
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal atıklar	Fermantasyon, Havasız çürütme	Metan	Isınma, ulaşım araçları
Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
Bitkisel ve hayvansal yağlar reaksiyonu	Esterleşme	Motorin	Isınma, ulaşım araçları, seracılık

Çevreye salınan atık gazların azaltılabilmesi ve yanma işleminden daha fazla verim elde edilebilmesi için; yakma teknolojileri üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Biyokütle enerji santrallerinin ilk yatırım maliyetleri henüz istenilen seviyede değildir, ancak; enerji üretimi sağlanan süre ve garanti edilen sabit birim fiyatın yüksek olması bu açığı kapatmaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) içinde en yüksek geliri biyokütle santralleri ve güneş santralleri sağlamaktadır.

Biyokütlenin başlıca avantajları [13]:

- Biyokütle santralleri, elektrik şebekesine uzak bölgelere rahatlıkla kurulabilir. Şebekeye uzak belirli bir yerleşim alanının ihtiyacı kadar enerji üretebilir ve bu alanların kalkınması için katkı sağlayabilir.
- Enerji ormanlarının kurulmasıyla; tarım işçiliği ihtiyacı doğacağından yeni istihdam imkânları yaratacak ve bu sayede şehir merkezlerine doğru gerçekleşecek göçü durdurmaya katkı sağlayacaktır.
- Gıda veya hammadde olarak tüketilebilir bitki yetişmeyen verimsiz topraklarda dahî biyokütle kaynakları yetiştirileceğinden; bu alanların atıl kalmamasını sağlayacaktır.
- Bilinen bir teknolojiye sahiptir ve farklı büyüklükteki üretimler için uygulanabilir.

- Biyokütle üretimi için düşük ışık şiddeti yeterlidir, gereken sıcaklık ise 5-35 °C arasındadır.
- Depolanabilir.
- Çevre kirliliği, asit yağmurları, küresel ısınma ve sera etkisi gibi olumsuz etkileri yoktur.

2.2.5 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, kokusuz, renksiz, tamamıyla zehirsiz, ağırlığı havadan daha düşük olan ve doğada en fazla mevcut olan gazdır. Evrenimizin enerji kaynağının temelinde hidrojen yer almaktadır. Isı ile ışık kaynağı olan Güneş'in ve diğer yıldızların tepkimelerinden açığa çıkan ısıнын ana yakıtı hidrojendir.

Hidrojen diğer yakıtlara göre; en düşük kütleden en fazla enerjinin elde edildiği yakıt olarak bilinir. Ancak; aynı enerji miktarı için daha yüksek hacim gereksinimi vardır. Bununla birlikte; hidrojen sıvı halde geldiğinde, gaz haline göre hacmi 700'de 1 oranındadır.

Yakıtı hidrojen olan tepkimelerde, oluşan ürün su buharı ve/veya yalnızca su olacaktır. Zararlı bir gaz veya kimyasal ürün oluşmamaktadır. Bu nedenle; hidrojen kullanarak ısı veya farklı bir enerji elde etmek son derece çevreci bir eylem olarak kabul edilebilir. Örneğin; hidrojen yakıtlı içten yanmalı bir motorun egzoz borusundan duman yerine su atılmaktadır.

Hidrojen, doğada serbest halde bulunmamakta; daha çok su veya farklı bileşenler içerisinde bulunmaktadır. Bu sebeple hidrojen, havadan serbestçe çekilip kullanılacak doğal bir kaynak değildir. Hidrojen enerjisinden faydalanabilmek için; hidrojenin içerisinde bulunduğu maddeden dönüştürme yöntemiyle ayrıştırılması gerekir. Ayrıştırılan ve depolanan hidrojen, enerjinin bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlayabilecek önemli ham maddelerden bir tanesidir. Hidrojen, sıvı veya gaz fazında uzun mesafeler boyunca kayıpsız şekilde taşınabilir bir maddedir.

Dünyada hidrojen kullanımı yeni başlamış değildir; ancak yakın gelecekte çok daha etkin biçimde kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda,

doğrudan hidrojen yakıtı kullanımı bilinen bir örnektir. Bunun yanında; hidrojen yakıt pili üzerine teknolojik gelişmeler beklenmektedir [14].

Yakıt pilleri, daha önceleri NASA tarafından uzay çalışmaları için kullanılan; günümüzde ise bilişim, kimya, sanayi ve ulaştırma sektörlerinde faydalanılan, çevreci ve mekanik ekipmanların kullanılmamasından dolayı yüksek verimli bir dönüşüm teknolojisidir.

Hidrojen, tamamıyla yenilenebilir bir kaynak olup; yeşil ekonomi için katkı potansiyeli üst düzeydedir. Bununla birlikte; hidrojenin yakıt olarak kullanılabilmesi, ekonomik ölçülerde mümkün olabilmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde; hidrojen sistemlerinin, diğer yenilenebilir enerjiler ile birlikte kullanımına ilişkin önemli faydalar tespit edilmiştir. Örneğin; şebekeye uzak bölgelerin enerji temini için öncelikle güneş enerjisinden üretilen elektrik ile su elektroliz edilir ve hidrojen elde edilir. Depolanan hidrojen, bu bölgeye iletilerek veya asıl kaynağında artık elektrik talebi olmadığında depolanarak ihtiyaç durumunda tekrar elektrik üretimi için kullanılabilir [15].

Hidrojen, sıvı veya gaz fazında çelik tanklar içerisinde depo edilir. Gaz halindeki hidrojenin depolanması yüksek basınç sebebiyle; daha ağır tanklarda yapılabildiğinden maliyet açısından sorun teşkil edebilir. Bu nedenle; atıl petrol ve doğal gaz yataklarında veya biraz daha maliyetli olarak maden ocaklarında bulunan mağaralarda depolanabilir.

Hidrojenin başlıca avantaj ve dezavantajları [16]:

- Diğer fosil yakıtlar gibi karbon içermediğinden yakılması durumunda zehirli gaz ve kimyasallar oluşmaz; bu sebeple küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmamaktadır.
- Hidrojenin eldesi için diğer yenilenebilir kaynaklar kullanılabilir.
- Depolanarak bir yerden başka bir yere taşınabilen ve gerektiğinde kolayca elektrik enerjisine dönüşebilen hidrojen, elektriğin kolay temin edilemediği birçok bölgede alternatif çözüm olabilir. Bu sayede; yakın geleceğin en önemli yakıtı olarak görülmektedir.
- Hidrojen kullanılarak enerji üretimi, diğer kaynaklar ile karşılaştırıldığında daha verimlidir.

- Hidrojen yakıt kullanan kara, deniz ve hava ulaşım araçlarının karşılaşılabileceği bir tehlike anında yakıt sızması durumunda, hidrojen buharlaşıp havaya karışır ve çevre felaketine yol açmaz.
- Hidrojenin depolanmasının kolay olmaması ve bulunduğu ortamdan sızarak aniden oksijen ile karşılaşması durumunda patlama riski olması, hidrojen enerjisinin dezavantajları olarak gösterilebilir.

2.2.6 Hidroelektrik Enerjisi

Hidrolik enerji santralleri diğer adıyla hidroelektrik santraller (HES), prensip olarak sistemin ana maddesi olan suyun taşıdığı enerjiyi kullanarak elektrik üretirler. Suyun akış hızı taşıdığı enerji miktarını belirler. Suyun aktığı akarsunun büyüklüğü veya düştüğü yerin yüksekliği de enerji miktarını etkiler. Yatay veya düşey akan suyun bir kısmı tüp, kanal gibi vasıtalarla su türbinlerinden geçer. Bu esnada türbin kanatçıkları dönmeye başlar ve mekanik enerji elde edilir. Elde edilen mekanik enerji, türbin miline bağlı olan jeneratörde kullanılarak elektrik üretimi gerçekleşir [17].

Hidroelektrik santraller, pompaj depolamalı ve depolamasız sistemler olarak ikiye ayrılır.

Depolamalı sistem, akan suyun bir kısmının baraj sistemiyle tutularak gerekli durumlarda tekrar kullanılmak üzere bekletildiği sistemlerdir. Bu sistemler, kompleks, bakımı zor ve pahalı olmalarına karşın; yeterli yağışın olmadığı kurak dönemlerde enerji talebinin karşılanmasını sağlar.

Depolama yapılmayan sistemlerde; akan suyun bir kısmı türbinden geçirilmek üzere talebe bağlı günlük debi kontrolüyle kanal içerisine alınır.

Hidroelektrik santraller düşülerine göre; alçak düşülü ($H < 10$ m), orta düşülü ($10 \text{ m} \leq H \leq 50$ m) ve yüksek düşülü ($H > 50$ m) olarak sınıflandırılır.

Kapasitelerine göre; çok küçük (mikro) kapasiteli (< 100 kW), küçük kapasiteli (100 - 1.000 kW), orta kapasiteli (1.000 - 10.000 kW) ve büyük kapasiteli (> 10.000 kW) şeklinde değerlendirilir.

HES'ler; tamamen yer altında, yarı gömülü veya tamamen yer üstünde yapılabilirler.

Hidroelektrik santrallerin başlıca avantajları;

- İlk yatırım maliyeti düşüktür.
- Enerji üretimi için kullanılan kaynak su olduğundan yakıt maliyeti yoktur.
- Herhangi bir gaz veya kimyasal salınımı gerçekleştirmediğinden çevrecidir.
- İnşaatı yerel kaynaklarla yapılabilir ve dışa bağımlılık yaratmaz.
- Bulunduğu bölgede yeni iş imkânları yaratabilir. Özellikle kırsal bölgelerin kalkınmasında aktif rol oynar.
- Devreye girme süresi kısa olduğundan ihtiyacın ani arttığı dönemlerde talebe karşılık verebilir. Aynı şekilde talebin azalması veya su debisinin kesilmesi durumunda devre dışı bırakılabilir.
- Özellikle depolamalı sistemler, enerji üretiminin yanında tarım faaliyetlerinde ve içme suyu temininde kullanılabilir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok kurulu güce sahip olan ve üretimde en yüksek paya sahip kaynaktır.

Hidroelektrik santrallerin dezavantajları;

- Akarsuların doğal akışına müdahale edilmesi, su seviyesinin azalmasına ve ekosistemin değişimine neden olur. Barajlarda biriken suların aniden taşması, çevredeki yerleşim ve tarım alanların sular altında kalmasına sebebiyet verirken; bölgede yaşayan canlılar için de tehlike doğurur.
- Derelerden, nehirlerden vb. çekilen ve daha sonra farklı bir bölgeden tekrar verilen suyun sıcaklık değişimi, su içerisinde yaşayan canlıların yaşamını olumsuz etkiler, canlı türleri azalır. Sulama için kullanılan sistemler ise; birçok bakteri ürettikleri için çeşitli hastalıklara neden olur. Zaman içerisinde toprağın kimyasını da bozan bu sistemler, verimli toprakların verimsizleşmesi için zemin hazırlar.
- Hidroelektrik santrallerin yarattığı bu fiziksel ve biyolojik olumsuzluklar, bölge halkının sosyal yaşantısında da negatif etki yapar. Bölgeden hastalık, tarım alanlarının yok olması gibi bazı nedenlerle farklı bölgelere göç başlangıcı oluşabilir; bölge halkının yatırımcılar ve kamu görevlileriyle karşı karşıya gelmesine neden olabilir.

2.2.7 Dalga Enerjisi

Rüzgârın okyanus ve denizler üzerine etki ettiği kuvvet nedeniyle oluşan dalgalar, suyun yüzeyinde bir hareket dolayısıyla bir enerji meydana getirir. Bu enerjiye, dalga enerjisi adı verilir.

Dalga enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi için sıkça kullanılan sistemler aşağıdaki gibidir;

- Gel-git(Medcezir) sistemleri
- Dalga çiti sistemleri
- Akıntı sistemleri
- Deniz suyu salınım sistemleri
- Deniz suyu ısısından enerji elde etme sistemleri

Dalga enerjisinin başlıca avantajları:

- Dünyanın dörtte üçünün sular ile kaplı olduğu düşünüldüğünde; sonsuz bir enerji kaynağıdır.
- Tükenmekte olan fosil kaynaklara bağımlılığın önüne geçer.
- Doğada varolan temiz bir kaynak olup; çevreye olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.
- Özellikle gelişmekte olan ülkeler için önemli bir sorun olan işsizliğin çözümüne katkı sağlar, istihdam imkânı yaratır.
- Şebekeden uzak yerlerin elektrik ihtiyacını karşılar.
- Sistemden daha verimli faydalanabilmek için mevcut teknolojilerin gelişimini tetikler.

Dalga enerjisinin dezavantajları:

- Dalga boylarının değişkenlik göstermesi sebebiyle, her dalga için aynı sistemi kullanmak mümkün değildir. Dalganın yapısına göre özel tasarlanacak bir sistem ile elektrik üretimi gerçekleştirilebilir.

- Elektrik üretimi yapacak sistemin askerî, ticari alan veya güzergâhlar ile avlanma bölgesi gibi yerlerden uzakta kurulmasına özen gösterilmelidir. Aksi takdirde; beklenmedik bir takım problemler olabilir ve santral işlevini yitirebilir.

Ülkemizde çok yaygın olmayan dalga enerjisi, dünyada fazlaca kullanılmaktadır. Kaynak çeşitliliği, enerji güvenliği ve sürdürülebilirliği açısından bu enerjiden istifade etmek oldukça önemlidir.

2.3 Kyoto Protokolü ve Diğer Uluslararası Anlaşmalar

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında imzalanan Kyoto Protokolü, insanlığın toplam enerji tüketiminin artması ve enerjinin çoğunlukla fosil kaynaklardan elde edilmesi nedeniyle ciddi boyutlara ulaşan sera etkisi, asit yağmurları, küresel ısınma, iklim değişikliği gibi çevre sorunlarına çözüm olmayı amaçlamaktadır. Protokole göre; imzalayan ülkelerin sera etkisine neden olan gaz salınımlarını belirli miktarlara düşürmesi, bunu başaramıyorlar ise hedefinden daha fazla düşüm başarmış ülkelere bedel ödeyerek karbon kullanım hakkı alması gerekmektedir. Bu sayede gaz salınımdaki azalma dengelenmiş olur.

Protokol 1997 yılında imzalanmıştır fakat hemen yürürlüğe girmemiştir. Yürürlüğe girebilmesi için katılımcı ülkelerin emisyon değerinin dünya genelindeki toplam emisyonun %55'lik kısmını oluşturması gerektiğinden; Rusya'nın katılmasıyla birlikte 2005 yılında yürürlüğe girmiştir.

Protokol, 2008-2012 birinci taahhüt dönemi ve 2013-2020 ikinci taahhüt dönemi olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci taahhüt döneminde ülkelerin emisyon değerlerini 1990 yılını referans alarak %5, ikinci taahhüt döneminde ise 1990 yılına göre %18'lik bir azaltım zorunluluğu bulunmaktadır.

ABD, Japonya, Rusya ve Yeni Zelanda ikinci taahhüt döneminde yer almamaktadır. Protokole halen taraf olan ülke sayısı 191'dir.

Ülkemiz ise Kyoto Protokolü'ne 2009 yılından beri taraf olup; sayısallaştırılmış bir emisyon azaltım veya sınırlama taahhüdü bulunmamaktadır.

Çevre sorunlarının önüne geçebilmek için Kyoto protokolü gibi çeşitli kuruluşlar tarafından imzalanan birkaç anlaşma ve uyum sağlanması istenilen çerçeve daha bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; AB 2020, 2030 hedefleri ve Paris Anlaşması'dır.

2.3.1 Avrupa Birliği 2020 ve 2030 hedefleri

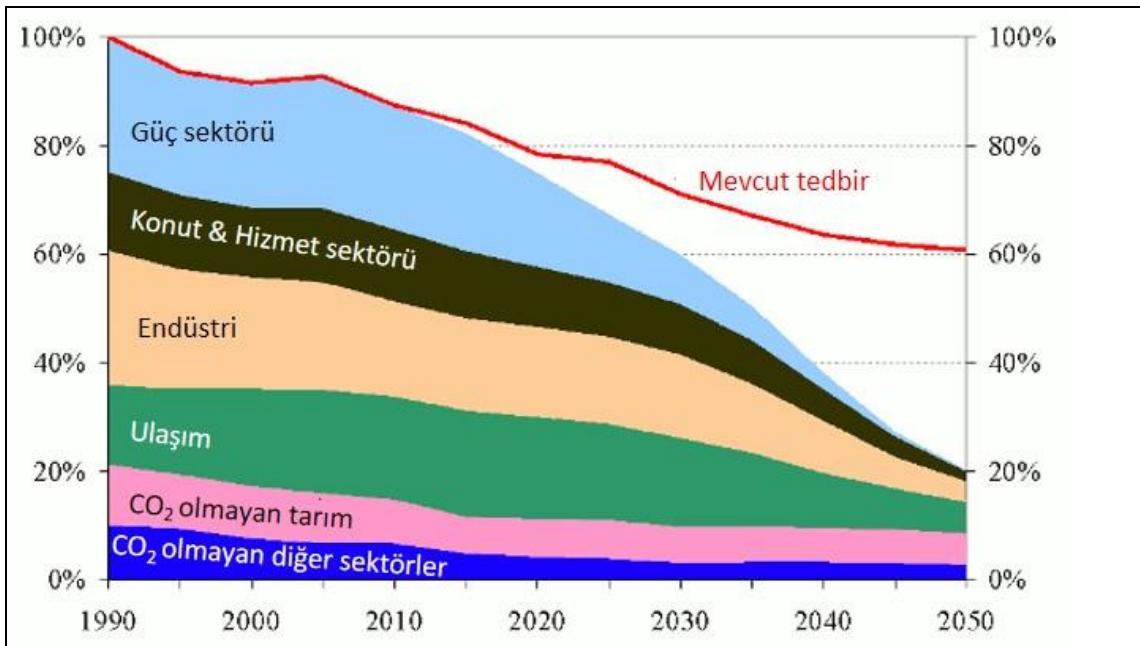
Avrupa Birliği, enerji ve çevre sorunlarına çözümler üretebilmek için çeşitli hedefler ve regülasyonlar uygulamaktadır. Birliğin yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği ve sera gazı emisyonları üzerine uygulamaya çalıştığı istikrarlı politika sonucunda; 2020, 2030 ve 2050 yıllarına dair hedefler uygulamaya konulmuştur. Konulan hedefler ile AB, üyelerine ve yatırımcılara konunun önemini vurgularken; dünyaya enerji piyasasına yön verdiğini hissettirmeyi amaçlamaktadır. AB, dünyadaki sera gazı emisyonlarının yaklaşık %10 mertebesinde sera gazı salınımı gerçekleştirmektedir.

AB iklim politikası; hedefleri açık, anlaşılabilir ve uzun vadeli politikalar ile uygulamaya yönelik yasal metinler üzerine kurulmaktadır. AB, belirlenen tüm hedeflerin yerine getirilmesini garanti edebilecek yasaları uygulamaya koyabilen dünyadaki ilk bölge olarak göze çarpmaktadır. AB ülkeleri, vatandaşlarına daha uygun maliyetli enerji sağlamak, bölge ekonomisini kaldırmak, istihdamı artırmak, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, enerji sistemlerini daha güvenli ve sürdürülebilir kılabilmek; bunları yaparken de çevresel sorunların önüne geçebilmek için uzun vadeli hedefleri kabul etmişlerdir.

Avrupa Birliği 2020 Enerji Stratejisi kapsamında 2010 – 2020 yılları arası için belirlemiş olduğu “20-20-20 hedefleri” ile öncelikli olarak; “sera gazı salınımının en az %20 azaltılmasını”, “AB toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji kullanım oranının en az %20’ye çıkartılmasını” ve “enerji verimliliğinin asgari %20 oranında arttırılmasını” sağlamaya çalışmaktadır.

2020 – 2030 yılları arası için belirlenen AB 2030 hedefleri ise; “sera gazı emisyonlarını 1990 yılı değerlerine göre %40 oranında düşürmeyi”, “AB toplam enerji tüketiminin %27’sini yenilenebilir enerjiden temin etmeyi”, “enerji verimliliğinin asgari %27 oranında arttırılmasını” ve “AB ülkelerinin iç enerji piyasasını kuvvetlendirmek adına şebeke bağlantılarını %15 seviyelerine çıkarmayı” amaçlamaktadır.

AB, düşük karbon ekonomisi adını verdiği yol haritasına göre; 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarında 1990 yılına göre %80 azalma sağlamayı temel edinmiştir. Toplam 80%'lik düşüş hedefinin; 2030 yılına kadar %40'ı, 2040 yılına kadar ise kalan %60'ının gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Yeşil karbon ekonomisine geçişte; temiz enerji teknolojilerinin aktif rol oynaması ve tüm sektörlerin katkı vermesi beklenmektedir. Şekil 2.8'de görüleceği gibi; teknolojilerine ve ekonomik potansiyellerine göre miktarları farklı olsa da başta enerji, konut, endüstri, ulaşım, tarım ve diğer sektörlerin sera gazı salınımlarını azaltması arzu edilmektedir.



Şekil 2.8 AB 2050 stratejisi sera gazı haritası [18]

2.3.2 Paris Anlaşması

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇŞ) kapsamında 22 Nisan 2016 tarihinde imzalanan Paris Anlaşması, sera gazı salınımlarını azaltmayı hedeflemektedir. Bu anlaşma da Kyoto Protokolü gibi belirli bir katılım oranı gerektirmekte olup; yürürlüğe girmesi 4 Kasım 2016 tarihinde gerçekleşmiştir. İmza atan 195 üye ülke ile en geniş katılımlı anlaşma ve kabulünden 1 yıl gibi kısa bir süre sonra yürürlüğe giren ilk küresel anlaşma olarak kabul edilir.

Paris Anlaşması, imzalayan gelişmiş ülkelere imkân ve potansiyelleri doğrultusunda kendi hedeflerini belirleme hakkı tanır, önceden belirlenmiş herhangi bir hedefin

gerçekleşmesi için zorlama ve yaptırım uygulanmaz. Hedeflerin zorlayıcı olmaları ve güncellenme gerektiren durumlarda; salınım miktarlarının mevcut hedeften daha az seviyelere çekilmesi beklenmektedir. Anlaşma kapsamında; gelişmekte olan ülkeler için herhangi bir hedef istenmez ancak her ülkeden emisyon miktarlarında gelişme katetmeleri istenir. Gelişmekte olan ülkelerin, bu amaçla gerçekleştireceği projeler için bir fon kurulmuştur.

Anlaşmanın temel amacı; küresel ısınma nedeniyle gerçekleşen ortalama sıcaklık artışının önlem alınamayacak seviyelere ulaşmadan, sanayileşmeden önceki döneme göre maksimum 2 °C olarak sınırlandırılması, mümkünse 1,5 °C seviyelerinin altında tutulmasıdır. Bununla birlikte; sera gazı emisyonlarının azalma eğilimine girmesini ve bu amaca yönelik önlemler geliştirilmesini esas alır. İmzalayan ülkelerden; kendileri için koydukları hedefler, bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi adına aldıkları tedbirler ve neticeleri hakkında özet raporlar istenir.

Anlaşma, ülkemiz tarafından 22 Nisan 2016 tarihinde diğer ülkeler ile birlikte imzalanmış ancak daha sonra onay süreci askıya alınarak taraf olunmamıştır. Bunun başlıca sebebi; BMİDÇS Ek-2 listesine göre gelişmiş ülke statüsünde kabul edilen Türkiye'nin, aslında gelişmekte olan bir ülke olarak finansman desteği vermek yerine almak istemesidir. Şu an için ülkemiz; Paris Anlaşması'nın gidişatını yakından takip etmektedir. Türkiye; 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında gerçekleştirecek artışı %21 oranında azaltmak üzere "Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı (INDC)" kapsamında beyan vermiştir.

ABD ise; 2017 Haziran ayında, kendi toplumunun çıkarının, anlaşma için diğer ülkelere finansal destek sağlamaya göre daha öncelikli olduğunu öne sürerek mevcut koşullar devam ettiği sürece anlaşmadan çekildiğini açıklamıştır.

Paris Anlaşması, BMİDÇS'ne göre daha çok ülkelerin yapacağı ulusal katkılar üzerine dayandırıldığından; ana hedef olan ortalama sıcaklık farkının maksimum 2°C değerinde tutulabilmesi ancak ülkelerin güçlü işbirliği ve çabaları ile gerçekleştirilebilir. Bilim insanları, belirlenen 2°C hedefine mevcut çalışmalar ile ulaşamayacağını, sarfedilmesi gereken çabaların daha yüksek seviyelere çıkartılması gerektiğini düşünmektedirler.

Anlaşma da tıpkı bu şekilde; hedeflerin sürekli artırılması yönünde talepte bulunmaktadır.

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU

3.1 Türkiye’de Enerji Durumu

Türkiye’de doğrudan veya başka enerji türlerine dönüştürülerek dolaylı yoldan kullanılmakta olan petrol, doğal gaz, linyit, taş kömürü gibi fosil kaynaklar bulunmaktadır. Bunun yanında; daha çevreci ve sonsuz olan rüzgâr, güneş, jeotermal, hidrolik, dalga ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli de üst seviyededir. Özellikle nükleer enerjide kullanılan uranyum ve toryum gibi maddeler de ülkemizin sahip olduğu kaynaklar arasındadır.

3.1.1 Türkiye'de Fosil Yakıtların Rezervi, Üretimi, İthalatı ve Tüketimi

Fosil yakıtlar, hidrokarbon içeriğe sahip petrol, doğal gaz, linyit ve taş kömürü gibi doğal kaynaklara verilen genel isimdir. Canlı organizmaların, yaşam döngüsü içerisinde uzun yıllar yeraltında oksijensiz kalarak çözülmesi ve dönüşmesi ile fosil yakıtlar oluşur. Fosil, diğer adıyla mineral yakıtlar; sağladığı enerji miktarından ziyade çevreye verdiği olumsuz etkiler ile anılmaktadır. Hem çevreye zarar veren hem de zaman içerisinde tükenecek fosil yakıtlar; bu sebeple yenilenebilir kaynaklar olarak nitelendirilememektedir.

Fosil yakıtlar, daha çok elektrik, ısı gibi enerji türlerinin elde edilmesinde ve endüstri uygulamalarında kullanılmaktadır.

Artan nüfus ve elektrik tüketimine bağlı olarak; birincil enerji talebi de artmaktadır. Günümüze kadar enerji temininde ilk sıralarda yer alan fosil kaynaklara olan bağımlılık daha da artacaktır. Diğer bir yandan; fosil yakıtların zamanla tükeneceği ve çevreye

verdiği zararlar düşünüldüğünde, yenilenebilir kaynaklar biraz daha önem kazanacaktır. Ancak; fosil yakıtlar bir süre daha birincil enerji temininde liderliğini koruyacaktır.

Fosil yakıtlar içerisinde; en büyük öneme sahip kaynağın petrol olduğu söylenebilir. Birçok krizin ve savaşın petrol ve türevleri sebebiyle yaşandığı bilinmektedir. Dünyadaki toplam petrol ve doğal gazın büyük bir kısmı, Türkiye'ye komşu veya fazla uzak olmayan ülkelerde bulunmaktadır. Jeopolitik konumu sebebiyle Asya ile Avrupa arasında köprü görevi gören ülkemiz, bu kaynakların batılı ülkelere iletilmesinde aktif rol oynamakta ve enerji pazarında merkez ülke olmaktadır.

Doğal gaz, petrolden elde edilen bir madde olup; enerji üretiminde oldukça önemli bir yere sahiptir. Çıkarıldığı bölgede ilave bir işlem gerekmezken kullanılabilir, boru hatları ve/veya tankerler aracılığıyla başka bölgelere taşınabilir. 2018 yılı sonlarında ülkemizde; doğal gaz yakıtlı enerji santrallerinin kurulu gücü yaklaşık 26.000 MW civarında iken; toplam kurulu güce oranı yaklaşık %32 değerine tekabül etmektedir. Tüm kaynaklardan elde edilen toplam elektrik üretimi ise yaklaşık 295 TWh mertebelerindedir. Doğal gaz santrallerinden üretilen yaklaşık 100 TWh değerindeki elektrik, toplam üretimin yaklaşık %33,9'unu oluşturmaktadır.

Dünyada en çok kömür rezervi bulunan bölgeler sırasıyla; Avrupa-Avrasya ülkeleri, Asya-Pasifik ülkeleri, Kuzey Amerika ülkeri, Afrika-Doğu Akdeniz ülkeleri ile Orta ve Güney Amerika ülkeleridir. Ülke bazında bakılacak olursa sırasıyla; ABD, Rusya, Çin, Avustralya, Hindistan, Almanya, Ukrayna, Kazakistan ve Güney Afrika Cumhuriyeti şeklinde devam etmekte olup; bu ülkeler dünya toplam rezervinin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadırlar.

2015 yılında yapılan bir çalışmaya göre; o yıl elde edilen kömür miktarı göz önüne alındığında dünya toplam kömür rezervinin yaklaşık 130 yıl sonra tükeneceği hesap edilmiştir.

Türkiye; dünya geneline göre sahip olduğu rezervler ve çıkarılan miktar bakımından taş kömürü için alt seviyede, linyit için orta seviyede yer almaktadır. Ülkemiz, dünya linyit ve alt bitümlü kömür rezervi toplamının %3,2'üne sahiptir. Bölge olarak linyit için yaklaşık yarısı Afşin-Elbistan havzasında bulunurken; taş kömürü ise çoğunlukla Zonguldak bölgesinde bulunmaktadır. Isıl değeri taş kömürüne göre daha düşük olan ve

bol miktarda çıkarılan linyit, içeriğinde fazla miktarda nem ve kül bulunduğundan çoğunlukla termik santrallerde kullanılmaktadır [19].

2018 yılı sonlarında ülkemizde; kömüre dayalı enerji santrallerinin kurulu gücü yaklaşık 18.900 MW civarında iken; toplam kurulu güce oranı yaklaşık %23 değerine tekabül etmektedir. Kömür yakıtlı santrallerden üretilen yaklaşık 69,4 TWh değerindeki elektrik, toplam üretimin yaklaşık %23'ünü oluşturmaktadır.

Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli kaynaklara yönelmek için; yenilenebilir enerji yatırım teşvikleri devam ederken; kömür rezervlerinin artırılması konusunda da çalışmalar sürmektedir.

3.1.2 Türkiye'de Bulunan Petrol ve Doğal Gaz Boru Hatları

Enerji ihtiyacımızı karşılayacak ve çevre ülkelerle ticaretini yaptığımız petrol ve doğal gaz kaynaklarının sevki için ulusal ve uluslararası bazı hatlar kurulmuştur.

3.1.2.1 Rusya – Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı)

Ülkemize Bulgaristan sınırında Malkoçlar'dan giren, Hamitabat, Ambarlı, İstanbul, İzmit, Bursa, Eskişehir güzergâhını takip ederek Ankara'ya ulaşan Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı 845 km uzunluğundadır [20].

3.1.2.2 Mavi Akım Gaz Boru Hattı

Mavi Akım Projesi'nin Türkiye topraklarındaki kısmı Samsun'dan başlayarak Amasya, Çorum, Kırıkkale üzerinden Ankara'ya ulaşmakta ve Ana Hat ile irtibatlandırılmaktadır. Hat, 20 Şubat 2003 tarihinde işletmeye alınmış, 17 Kasım 2005 tarihinde resmi açılış töreni yapılmıştır [20].

3.1.2.3 Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı (İran – Türkiye)

Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı, Doğubayazıt'tan başlayıp, Erzurum, Sivas ve Kayseri üzerinden Ankara'ya uzanmakta, bir branşman da Kayseri, Konya üzerinden Seydişehir'e ulaşmaktadır [20].

3.1.2.4 Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı

Azerbaycan'ın Güney Hazar Denizi kesiminde yeralan Şah Deniz sahasında üretilecek doğal gazın Türkiye'ye arzını amaçlayan Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı 12 Mart 2001'de imzalanan Türkiye-Azerbaycan Hükümetlerarası Anlaşması çerçevesinde hayata geçirilmiştir [20].

3.1.2.5 Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonneksiyonu

Avrupa Birliği INOGATE (Interstate Oil and Gas Transport to Europe) Programı kapsamında geliştirilen Güney Avrupa Gaz Ringi'nin ilk aşaması Türkiye ve Yunanistan doğal gaz şebekelerinin enterkonneksiyonunu ile doğal gazın Türkiye'den ve/veya Türkiye üzerinden Yunanistan'a arz edilmesine olanak sağlayan boru hattıdır [20].

3.1.2.6 Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP)

Ülkemizin artan doğal gaz talebinin karşılanabilmesi amacıyla Azerbaycan Hükümeti ve Azerbaycan'ın Şahdeniz sahasını geliştiren Şahdeniz Konsorsiyumu ile görüşmeler yürütülmüş ve 25 Ekim 2011 tarihinde 2018 yılından başlayarak yıllık 6 milyar m³ Azeri gazının ülkemize arzını öngören anlaşma imzalanmıştır. Ayrıca, yıllık 10 milyar m³ Azeri gazının inşa edilecek yeni bir boru hattı ile ülkemiz üzerinden Avrupa'ya transit taşınması için 26 Haziran 2012 tarihinde Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı diğer adıyla TANAP projesine ilişkin Azerbaycan ile ülkemiz arasında bir hükümetlerarası anlaşma ve hükümetimiz ile proje şirketi arasında bu hükümetlerarası anlaşmaya ek Ev Sahibi Hükümet Anlaşması imzalanmıştır [20].

3.1.2.7 TürkAkım Gaz Boru Hattı Projesi

TürkAkım Gaz Boru Hattı Projesi; Rusya Federasyonu'ndan başlayarak Karadeniz üzerinden Türkiye Cumhuriyeti'nin Karadeniz kıyısındaki alım terminaline ve devamında Türkiye Cumhuriyeti toprakları üzerinden Türkiye Cumhuriyeti'nin komşu devletleriyle olan sınırlarına kadar uzanan her biri yıllık 15,75 milyar metreküp kapasiteye sahip iki hattan oluşan yeni bir gaz boru hattı sistemidir [20].

3.1.2.8 Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı

Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı, 27 Ağustos 1973 tarihinde, Türkiye Cumhuriyeti ile Irak Cumhuriyeti Hükümetleri arasında imzalanan Ham Petrol Boru Hattı Anlaşması çerçevesinde Irak'ın Kerkük ve diğer üretim sahalarında üretilen ham petrolün Ceyhan Deniz Terminaline ulaştırılması amacıyla inşa edilmiştir [20].

3.1.2.9 Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Ham Petrol Boru Hattı (BTC)

Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) Ham Petrol Boru Hattı ile başta Azeri petrolü olmak üzere, Hazar Bölgesi'nde üretilecek petrolün emniyetli, ekonomik ve çevresel açıdan uygun bir boru hattı sistemi aracılığıyla Azerbaycan, Gürcistan üzerinden Ceyhan'a taşınması ve buradan da tankerlerle dünya pazarlarına ulaştırılması amaçlanmaktadır [20].

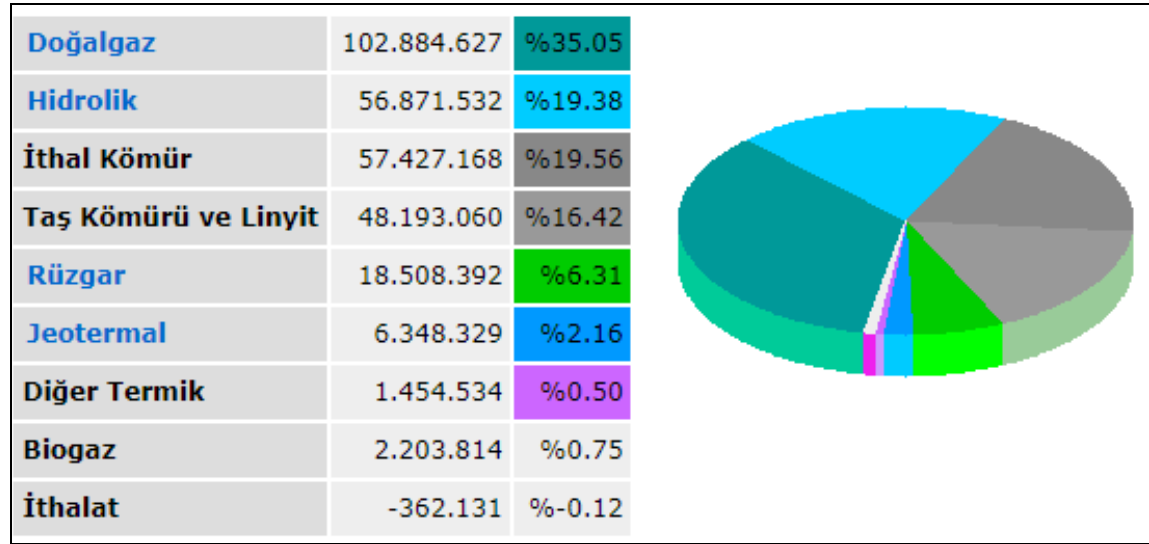
3.2 Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Durumu

Türkiye, konumu ve iklimi sayesinde diğer ülkelere kıyasla çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları için daha çok potansiyele sahiptir. Buradan yola çıkarak, neredeyse %75 seviyelerine ulaşan dışarıdan enerji teminini azaltmak ve kullanacağı enerjiyi güvenli yollardan temin etmek için imkânları yeterlidir. Buna rağmen; yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı olması gereken seviyede değildir. Bu duruma sebep olarak; yerli üretim bilincinin geç yerleşmiş olması, maliyet ve finansman sorunu ile yasal mevzuatın tam oturmamış olması gösterilebilir.

Son dönemde yasal mevzuatlar açısından; özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek için kaynak bazında geliştirmeler yapılmaktadır. Şimdiye kadar tüm kaynaklar tek bir çatı altında değerlendirildiğinden; mevzuatların çoğu günümüz koşullarına tam uyum sağlayamamaktadır. Örneğin; yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek üretim için verilecek teşvikler yetersiz kalacaktır. Rüzgâr, güneş, hidroelektrik gibi kaynakların kullanıldığı sistemlerde birçok mekanik ve elektriksel parça yurtdışından temin edilmektedir. Dolayısıyla; daha uygun ve sürdürülebilir enerji elde edebilmek için yerli sanayi teşviklerinin de artırılması şarttır.

Türkiye, artan enerji faturasıyla birlikte son birkaç yıldır yenilenebilir ve yerli üretime ağırlık vermektedir. Toplam yenilenebilir enerji kaynaklı kurulu gücümüz; 2009 yılından günümüze 15.500 MW seviyelerinden 36.500 MW seviyelerine ulaşmıştır [21].

Şekil 3.1’de Türkiye’nin elektrik üretiminin, son bir yıllık dönem içerisinde kaynak bazlı miktar ve oranları paylaşılmıştır.



Şekil 3.1 Türkiye’nin son bir yıl elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı (MWh) [22]

Türkiye’nin enerji güvenliği, kaynak çeşitliliği ve enerjide dışa bağımlılığını azaltabilmek açısından; yenilenebilir enerji oldukça etkili bir kaynaktır. Bu doğrultuda; toplam enerji üretimi arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmak gerekmektedir. Ülkemizde; bu amaca yönelik adımlar atılmaya başlanmış ve henüz yeterli olmasa da gelişme kaydedilmiştir. Mevcut ve yapımı devam eden tesisler ile önümüzdeki dönemlerde hayata geçecek projeler sayesinde Türkiye, ilerleyen yıllarda potansiyel kaynaklarından tam anlamıyla istifade edebilecektir.

Çizelge 3.1 Yenilenebilir enerji üretiminde kaynak çeşitlerine göre hedefler (MW) [23]

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	2015	2017	2019	2023
Hidroelektrik	25.526	28.763	32.000	34.000
Rüzgâr	5.660	9.549	13.308	20.000
Güneş	300	1.800	3.000	5.000
Jeotermal	412	559	706	1.000
Biyokütle	377	530	683	1.000

Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere Türkiye; 2023 yılında hidroelektrik kaynaklardan 34.000 MW, rüzgârdan 20.000 MW, güneşten 5.000 MW, jeotermal ve biyokütleden 1.000er MW üretim kapasitesi hedeflemektedir. Jeotermal kaynak miktarının daha fazla gerçekleşmesi ayrıca öngörülmektedir.

Türkiye, 2023 yılına kadar hidroelektrik dâhil olmak üzere toplam enerji ihtiyacının %30’unu yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi, doğal gazdan elde edilen enerji oranını azami %20 değerinde sınırlamayı amaçlamaktadır. Belirtilen hedeflerin gerçekleştirilmesi için yenilenebilir enerji yatırımlarının sürdürülmesi gerekmektedir [24].

3.2.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla üretim potansiyeli olan kaynak güneştir.

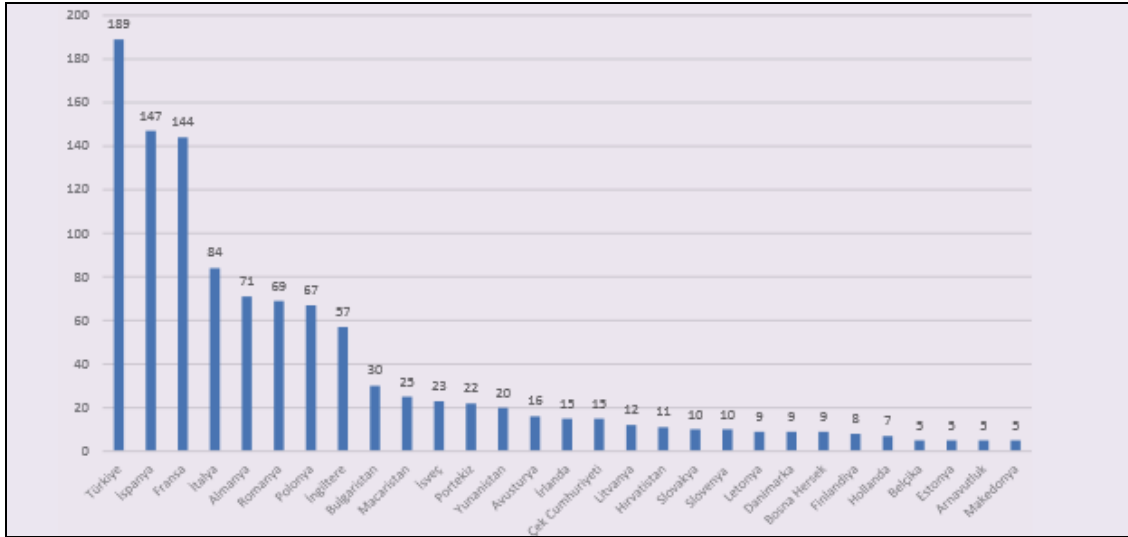
Coğrafi özelliklerinden dolayı Türkiye’de önemli bir güneş enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Güneşlenme süreleri; değişkenlik göstermekle beraber 1985-2017 yılları arasında günlük ortalama 6,8 saat değerinde olup; Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Türkiye’nin 1985-2017 yılları arası aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri (Saat) [25]

AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
SAAT	3,3	4,2	5,4	6,7	8,3	10,1	10,8	10,2	8,6	6,3	4,6	3,1

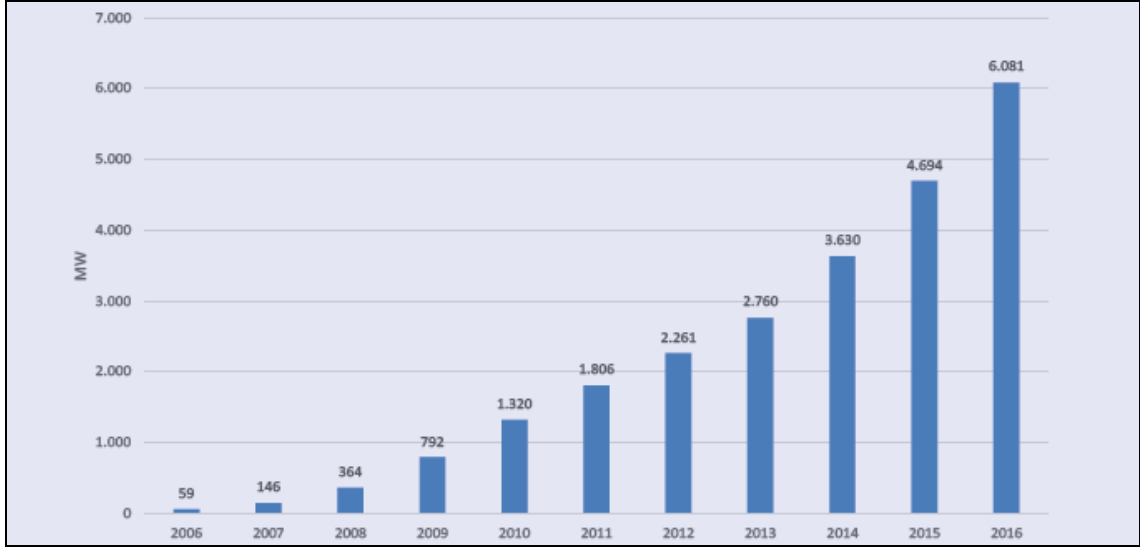
Ortalama günlük güneşlenme süresine göre; Türkiye, Almanya’dan yaklaşık %60 daha fazla potansiyele sahip iken; Almanya, Türkiye’nin güneş enerjisi kurulu gücünün 50 katından daha fazla güneş enerjisi kurulu gücüne sahiptir [26].

Şekil 3.2’de görüleceği üzere; Türkiye 189 GWh/yıl mertebesinde teknik güneş enerjisi potansiyeli ile kendisine en yakın ülkeler olan İspanya ve Fransa’ya göre %30 daha yukarıdadır. Türkiye’nin güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin 500.000 MW olduğu ifade edilmektedir.



Şekil 3.2 Güneş enerjisi teknik potansiyelinin Avrupa ülkelerine göre dağılımı (GWh/yıl) [27]

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye, bol rüzgâr alan dolayısıyla rüzgârdan enerji elde etme potansiyeli yüksek olan bir ülkedir. Türkiye’nin rüzgâr enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin yaklaşık 88.000 MW ile OECD ülkeleri arasında rüzgâr enerjisi potansiyeli en fazla olan ülke olduğu belirtilmektedir. Ancak güneş enerjisi gibi rüzgâr enerjisinde de Almanya ve İspanya gibi ülkelerden daha fazla potansiyele sahip olmasına rağmen; rüzgârdan elde ettiği enerji miktarında bu ülkelerin çok altındadır. 2006 yılında 59 MW olan Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu gücü, 2018 yılı itibarıyla 6.500 MW mertebelerine ulaşmıştır. 2006 – 2016 arasındaki on yıllık süreçte rüzgâr enerjisi kurulu gücünün artış grafiği Şekil 3.3’te verilmiştir. İnşası süren RES’ler ve grafikteki artış hızı düşünüldüğünde rüzgâr enerjisi için 2023 hedefinin ulaşılabilir nitelikte olduğu söylenebilir [28].



Şekil 3.3 Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü değişimi (2016, MW) [28]

Bulunduğu coğrafya ve jeopolitik konumu sayesinde; Türkiye zengin jeotermal kaynaklara sahiptir. Maliyeti uygun ve çevreci bir kaynak olarak jeotermal enerjide ülke potansiyelimiz Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 31.500 MW olarak hesaplanmıştır [29]. Jeotermal zenginlik açısından Avrupa içerisinde ilk sırada olan Türkiye, küresel ölçekte yedinci sırada bulunmaktadır [30].



Şekil 3.4 Türkiye jeotermal kaynakları haritası [29]

Türkiye’de üretim miktarını giderek arttıran biyokütle enerjisinin kullanım alanları genellikle ısınma amaçlı olup; diğer yenilenebilir kaynaklara nazaran potansiyelinden

daha az faydalanılmaktadır. 2023 hedefi 1.000 MW olarak belirlenen biyokütle enerjisi kurulu gücü; şu an için yapımı devam eden projeler hariç 520 MW mertebelerindedir.

Önümüzdeki yüzyılın en verimli enerji kaynağı olarak görülen hidrojen, ülkemizde henüz aktif olarak yararlanılmasa bile son derece önemli bir konumdadır. Özellikle Karadeniz bölgesinde ve dip sularımızda fazlaca hidrojen sülfür (H_2S) bulunmaktadır. Kaynak potansiyelimizin farkına varılması, dünyada yapılan çalışmaların takip edilmesi, mevzuat ve teknoloji konusunda yapılacak iyileştirmeler ile artan enerji ihtiyacımızın önemli bir kısmı hidrojen yakıtından karşılanabilir [31].

Temiz, yenilenebilir ve uygun maliyeti bulunan, ülkemizde de yıllardır kullanılan hidrolik kaynaklar; enerjide dışa bağımlılığın, fosil yakıt kullanımının ve sera gazı salınımının azaltılması konusunda katkı vermektedir. Hidroelektrik kaynak teorik potansiyelimiz 433 milyar kWh/yıl, teknik uygulanabilir potansiyelimiz 216 milyar kWh/yıl ve ekonomik potansiyelimiz 140 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Ülkemizde kurulu güç ve elektrik üretimi açısından fosil yakıtlara yakın miktarda kullanılan hidrolik enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında ilk sırada yer almaktadır [32].

3.2.2 Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı, Yenilenebilir Enerji Politikaları, Hedefleri ve Stratejileri

Gelişmekte olan ve enerji ihtiyacı artan ülkelerin, enerji temininde dış kaynaklara bağımlı olmaları enerji güvenliği ve ekonomik refahları açısından ciddi bir sorun teşkil etmektedirler. Bu sorunların çözümünde en etkili kaynak ise kuşkusuz yenilenebilir enerjidir. Ülkemiz, gelişmekte olan ülke statüsünde olduğu için enerji talebi günden güne artmakta ve yerli kaynakların yetersiz olduğu durumlarda enerji ithalatı seçeneğine başvurmaktadır. Türkiye, enerji ihtiyacının yalnızca %25'ini tamamen yerli kaynaklardan elde edebilmektedir. Bununla beraber; artan yenilenebilir ve fosil kaynak enerji yatırımları sayesinde; gerçekleştirilen enerji ithalat miktarı 2012 yılından itibaren her sene azalmaktadır. Ancak; son iki yılda ithal ettiğimiz kaynakların miktar ve birim fiyatları ile dövizdeki artıştan dolayı; ülkece enerji için ödediğimiz faturalar artabilmektedir.

Türkiye; mevcut fosil yakıt rezervlerini geliştirerek, yeni rezervlerin bulunabilmesi için arama faaliyetlerini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm kaynaklar arasındaki kullanım oranını arttırarak sahip olduğu kaynaklardan azami faydalanmayı hedeflemektedir. Enerji faturalarını düşürebilmek, enerji çeşitliliğini arttırmak, enerji güvenliğini sağlamak ve sürdürülebilir enerji üretimini sağlayabilmek için başta Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı başta olmak üzere, yasal mevzuatların ve teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi yönünde faaliyetler icra edilmektedir. Şeffaflık, karşılıklı güven ve işbirliği kapsamında gerek yurtiçi gerekse yurtdışından gelecek yatırımcılar için fırsatlar sunan Türkiye, enerji ticaretinde merkez ülke olmayı amaçlamaktadır.

Türkiye’de yenilenebilir enerjinin büyüme hızı açısından daha önce bahsedilen olumlu gelişmelerin yanında; büyüme hızını frenleyici etkenler de bulunmaktadır. Yüksek maliyet gibi etkenlerin başlıca sebebi; yenilenebilir enerji sistemlerinde kullanılan ekipmanların çoğunun ithalat yoluyla temin edilebilmesidir. İthal edilen parçalar, cari açık ve enerji üretim maliyetini olumsuz yönde etkilemektedirler. Türkiye, bir an önce bu parçaları yerli üretim imkânlarıyla temin edebilmelidir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, yerli üretim amacıyla Ar-Ge faaliyetlerine geçtiğimiz yıllarda 5-6 milyon TL değerinde ödenek ayırmıştır. Öte yandan yenilenebilir enerji yatırım faaliyetlerine uluslararası finans kuruluşları tarafından da destek verilebilmektedir [23].

Dünyada yenilenebilir enerji denildiğinde akıllara gelen ilk ülkeler; Çin, ABD, Danimarka, Almanya, Kanada ve Japonya’dır. Bu gibi ülkelerin uygulamakta olduğu politikalar ve teknolojik gelişmelerin dikkatle izlenmesi gerekmektedir. Türkiye’nin sahip olduğu potansiyel ile adının bu ülkeler ile birlikte anılması için; yenilenebilir enerji sektöründe benzer reformları gerçekleştirmesi, çeşitli alt ve üstyapı yatırımlarını hayata geçirmesi şarttır. Enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir kaynakların kullanımını arttırmak için ilave teşvikler ve fosil yakıt kullanımına ilişkin bölgesel sınırlamalar düşünülebilir [33].

Türkiye’nin yenilenebilir enerjinin geleceğine dair izleyeceği politikalar; yerli ve temiz kaynak kullanımını arttırmak, ithal edilen kaynakları ve güzergâhları çeşitlendirmek, enerji verimliliğini yükseltmek, nükleer enerji alternatifini devreye sokmak, mevcut yenilenebilir kaynakları geliştirerek asgari %30 kullanım oranı sağlamak ve tarım

sektörünü de olumlu etkileyecek biyokütle kullanımını arttırmak olarak özetlenebilir [34].

ENERJİ YATIRIMLARI VE EKONOMİYE ETKİLERİ

4.1 Enerji Yatırımları ve Ülke Ekonomisi İçindeki Yeri

Dünya’da küreselleşmenin etkileri son 20 yıl için irdelendiğinde; uluslararası ticarete engellerin kaldırılması için atılan adımlar ile birlikte gelişen uluslararası işbirliği imkânları sayesinde üretim zincirleri katmanlı olarak gelişmeye ve farklı coğrafyalarda ekonomik faydalar yaratmaya başlamıştır. Söz konusu süreç, uluslararası yatırımlar ile doğrudan etkileşim halindedir. Ülkelerin katma değer zincirindeki rollerini arttırma ve ekonomik yapılarına göre çeşitlendirme çabaları, doğrudan yatırımların bir ihtiyaç haline dönüşmesine sebep olmuştur. Böylece çok uluslu şirketler, gelişmekte olan ülkelerin potansiyellerini ve alternatif pazarların sunduğu fırsatları değerlendirmek için doğrudan yatırım yapmayı strateji olarak benimsemişlerdir. Doğrudan yatırımlar, gerçekleştirildiği ülkenin uluslararası imajına olumlu etki yaparken; teknoloji transferi, istihdam, dış ticaret fırsatlarını beraberinde getirir. Bu sebeple; uluslararası doğrudan yatırımlar biraz daha önemli hale gelmiştir.

TCMB raporuna göre; Türkiye’ye uluslararası doğrudan yatırım (UDY) girişleri 2017 yılı sonunda 10 milyar 904 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir. Bu rakam, geçtiğimiz yılın aynı dönemi ile karşılaştırıldığında %18 oranında bir düşüşü ifade etmektedir [35].

Çizelge 4.1 Türkiye'ye yıl bazında yapılan uluslararası doğrudan yatırım verileri [35]

Milyon \$								
		2013	2014	2015	2016	2017	Ocak-Nisan	
							2017	2018
Uluslararası Doğrudan Yatırım Girişi (Net Yükümlülük Oluşumu)		13.563	13.119	18.002	13.343	10.904	3.965	3.097
	Sermaye	9.936	8.371	11.713	6.913	5.581	2.662	1.508
	Yatırım	10.523	8.632	12.077	7.534	7.450	2.773	1.689
	Tasfiye	587	261	364	621	1.869	111	181
	Diğer Sermaye (Net)*	578	427	2.133	2.540	680	-148	48
	Gayrimenkul (Net)	3.049	4.321	4.156	3.890	4.643	1.451	1.541
* Uluslararası Sermayeli Firmaların Yabancı Ortaklarından Aldıkları Kredi								

* Uluslararası Sermayeli Firmaların Yabancı Ortaklarından Aldıkları Kredi

Çizelge 4.1'e göre; 10,9 milyar \$'lık UDY girişinin 5,5 milyar \$'ını net doğrudan uluslararası sermaye girişleri, 0,6 milyar \$'ını diğer sermaye ve 4,6 milyar \$'lık kısmını ise yurtdışında yerleşik kişilerin gayrimenkul alımları oluşturmuştur. Gayrimenkul alımlarından doğan sermaye girişi toplam brüt sermaye girişlerinin %42'sini oluşturmaktadır. 4,6 milyar \$'lık bu giriş, 2015 yılı ile kıyaslandığında %19'luk bir artışı ifade etmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde yapılan uluslararası doğrudan yatırımların, gelişmiş ülkelere oranla daha fazla olduğu gibi, gelişmekte olan ülkelerin yatırımcı olarak dünyanın diğer bölgelerindeki yatırımlarının da daha yüksek olduğu görülmektedir. Söz konusu durum, gelişmekte olan ülkeler açısından bir fırsat durumu olmasının yanı sıra uluslararası pazarda bir rekabet ortamı da oluşturmaktadır. Uluslararası doğrudan yatırımların sağladığı istikrarlı sermaye girdileri ve katma değer, gelişmekte olan ülkelere uluslararası yatırımı oldukça cazip hale getirmiştir. Ülkemiz uluslararası doğrudan yatırımları ülkemize çekebilmek için sağladığı uluslararası işbirliği imkânları ile doğru bir politika izleyerek 2000'li yıllardan itibaren uluslararası doğrudan yatırım potansiyelini ciddi bir şekilde değerlendirmiştir.

Ülkemizin, içerisinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler arasında uluslararası doğrudan yatırımlar açısından son yıllarda güçlü bir atılım sergilediğini görmekteyiz. 1975 - 2004 döneminde Türkiye'ye gelen toplam uluslararası doğrudan yatırım tutarı sadece 19,6 milyar Amerikan Doları seviyesinde iken, 2005 -2017 yılları arasında 9 kattan fazla artarak 185 milyar Amerikan Dolarına ulaşmıştır [35].

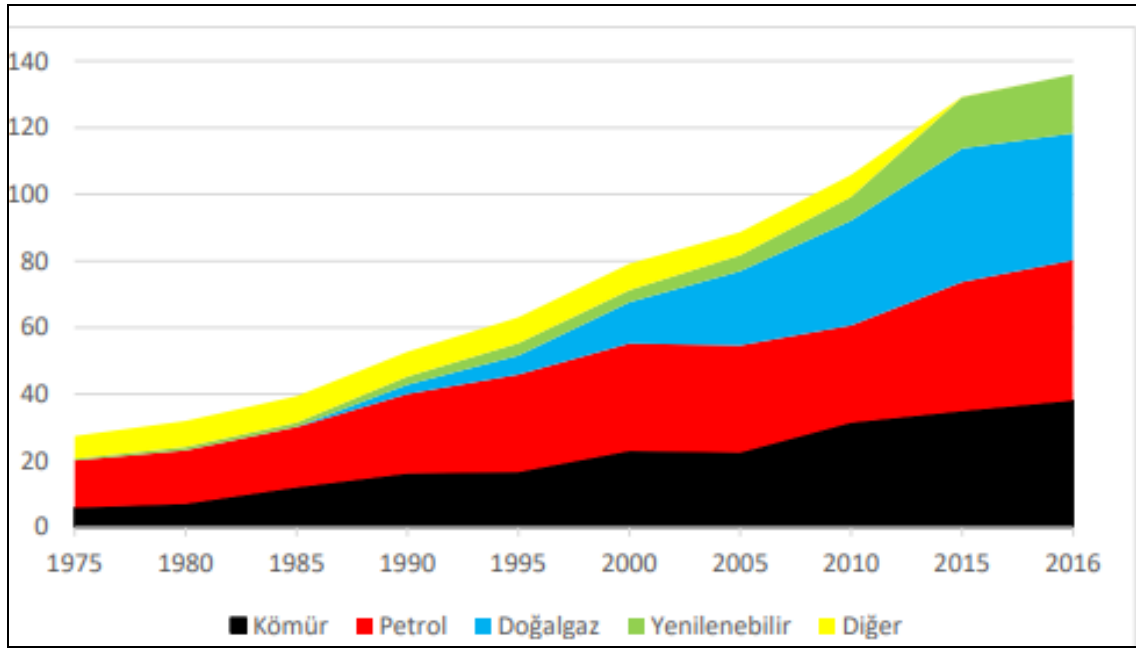
Ülkemizin bulunduğu coğrafyada yaşanan son gelişmeler, uluslararası doğrudan yatırım miktarının dönemsel olarak azalma eğilimine sebep olsa dahî; Türkiye'nin uluslararası piyasalar ile uyum içerisinde sergileyeceği doğru politikalar ve şeffaf yönetim

anlayışının uygulanması neticesinde bölgesinde tekrar en çok yatırım çeken ülke olması kuvvetle muhtemeldir.

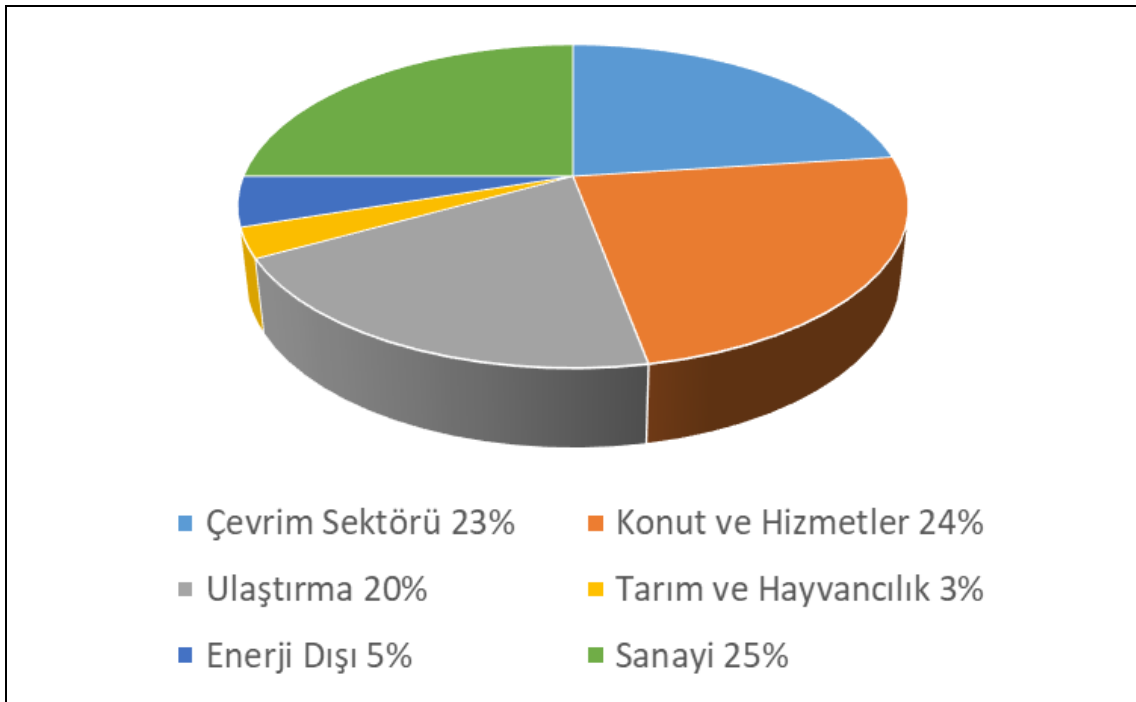
Gelişmekte olan ülkelerin, serbest piyasadaki rekabet ortamı içerisinde yatırımcıları kendi ülkelerine çekebilmek adına istikrarlı ve güvenilir bir zemin sunmalarının yanı sıra; yeniliklere ve değişimlere de uyumlu bir politika sergilediklerini göstermeleri gerekmektedir. Ülkemiz, bu vizyonun bir parçası olabilmek adına 'Yatırım Ortamının İyileştirilmesi Koordinasyon Kurulu (YOİKK)' ile yatırım ortamında ülkemizin rekabet gücünü artırmayı hedeflemektedir. Ülkemiz, uluslararası yatırımcıların yerli yatırımcılar ile eşit haklara sahip olabilmesi için sermaye, kâr ve finansal düzeni serbest bırakan yatırım mevzuatı ile güçlü bir makroekonomik politika sergilemektedir. Aynı zamanda ülkemiz için yatırım yapma ihtimaline sahip potansiyeli yüksek ülkeler ile yürütülen ve gerektiğinde uluslararası hukuk mekanizmalarının da devreye girebildiği uluslararası ticareti net bir şekilde tanımlayan 'Yatırımların Karşılıklı Teşviki ve Korunması (YKTK)' anlaşmaları imzalanmaktadır. Böylece yatırımcılara güvenli ülke zemini tesis edilmesi hedeflenmiştir.

Ülkemizin ekonomik alanlardaki düşüncelerinin hayata geçirilmesi çabaları, ulusal ve uluslararası konjonktürün gereklerini yerine getirme konusundaki kararlılığı tüm hızıyla devam etmektedir. Söz konusu süreç içerisinde ülkemizin kamu ve özel kuruluşları ile diğer tüm organizasyonları, Türkiye'nin uluslararası alandaki işbirliğini pekiştirecek tutumlar sergilemektedirler.

Türkiye 2016 yılı birincil enerji arzı 136,2 milyon TEP olarak kayıtlara geçmiştir. Birincil enerji talebi; %31 petrol, %28 kömür, %28 doğal gaz, %5 hidrolik ve %8 hidrolik dışı yenilenebilir kaynaklardan sağlanmış olup Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekil 4.2'te ise birincil enerji arzının sektör paylaşımları verilmiş olup; %25 sanayi, %24 konut ve hizmet, %23'ü çevrim, %20 ulaştırma, %5 enerji dışı kullanım ve %3 tarım sektörlerinde değerlendirilmiştir [36].

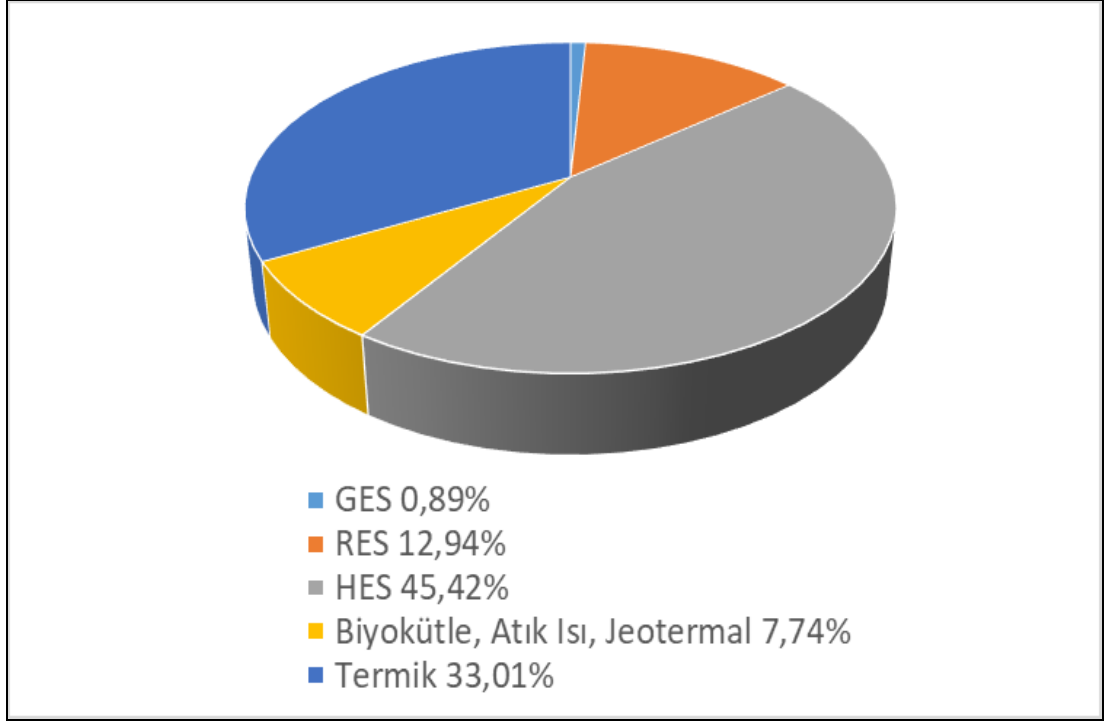


Şekil 4.1 Türkiye birincil enerji arzı gelişimi kaynak dağılımları (1975–2016) (MTEP) [36]



Şekil 4.2 Birincil enerji arzı sektör dağılımları (2016) [37]

Öte yandan ülkemiz; ekonomik kalkınma ve 2023 hedefleri doğrultusunda enerji alanındaki yatırımlarını da sürdürmektedir. Yaklaşık 81.500 MW olan toplam kurulu gücümüzün artırılması amacıyla 2018 yılında kabul edilen 78 adet santral projesiyle 1.568 MW değerinde ilave kurulu güç sağlanacaktır. Yatırımların yapıldığı kaynaklara oranı Şekil 4.3'te verilmiştir [37].



Şekil 4.3 Türkiye enerji yatırımları (2018) [37]

4.2 Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla İle Enerji Arasındaki İlişki

Ülkelerin ekonomik büyümesini sağlayan en önemli etkenlerden biri olarak sanayiden bahsedebiliriz. Gelişen sanayileşme, üretim alanındaki enerji tüketiminin artmasına neden olur. Üretimin artması, milli geliri arttıracığından birey bazında da enerji tüketimi artacaktır. Üretim faktörü ne kadar geniş sahalara yayılırsa; toplam enerji tüketimi de o oranda artış göstermektedir. Üretim süreçlerinin devamlılığı açısından enerji, vazgeçilemez bir unsurdur. Dünyada 20. yy. sonlarına doğru yaşanan petrol krizleri, enerjinin ve enerji kaynaklarının önemini bir kez daha dünyaya hatırlatmıştır. Bunun sonucu olarak enerjinin bir üretim faktörü olduğu anlaşılmış ve üretim fonksiyonuna eklenmiştir.

Enerji, gelişmekte olan birçok ülkede olduğu gibi ülkemiz için de büyümenin en önemli unsurlarından bir tanesidir. Türkiye Cumhuriyeti, kuruluşundan bu yana her yıl ortalama %4'ün üzerinde bir büyüme kaydetmektedir. Ancak; büyüme, enerji tüketimi ile doğrudan ilişkilendirildiği ve ülkemiz enerji ihtiyacının tamamını kendi kaynaklarından karşılayamadığı için politikacılar, büyümenin istikrarlı bir şekilde devam

edebilmesi adına sürdürülebilir enerji politikalarını geliştirmek ve günümüze uyarlamak durumunda kalmaktadırlar.

Enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve GSYİH arasındaki doğru orantılı ilişki; ekonometri alanında kullanılmaya başlanan paket programlar sayesinde uygulamalı testler ile ölçülebilmiş ve kapsamlı bir literatür elde edilmiştir.

Yapılan araştırmalara göre ülkelerin enerji üretimi ile Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH) arasında bir neden-sonuç ilişkisi bulunamazken; enerji tüketimi ile GSYİH arasında neden-sonuç ilişkisinin bulunduğu ve her ikisinden birinde oluşabilecek artış veya azalışın diğerini de o yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Buna göre; ekonomik büyümenin artması nedeniyle enerji tüketim miktarının da arttığı gibi, enerji tüketiminin artması nedeniyle ekonomik büyümenin de arttığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla; GSYİH'nın artması, sermaye stoğunun hareketlenmesini ve bir sonraki adımda tekrar enerji talebindeki artışı tetikler. İlave enerji talebi neticesinde enerji yatırımları artmakta, teknik gelişmeler ile birlikte yapılan işlerin nitelikleri ve iş gücü verimlilikleri de yükselmektedir. Bu durum, ekonomik büyümeye somut bir katkı vermektedir. Ekonomik büyümenin etkinliği için ise; mümkün olduğu kadar yenilenebilir ve yerli enerji üretimi arttırmak, dışarıdan temin edilen enerjinin miktar ve maliyetini düşürebilmek esastır.

Ülkemizde enerji üretimi ile GSYİH arasında doğru orantılı bir etkileşimin olmaması, ülkemizin enerji tedariginde dış kaynaklara olan bağımlılığını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Yerli kaynaklardan sağladığımız enerji üretiminin, büyümeye bağlı olarak artan enerji talebimizi karşılamak için yetersiz olması; enerji üretim miktarı ve büyüme hızı arasında bağlantı kurulmasını engellemektedir. Bu bağlantının kurulamamasının bir diğer nedeni; yenilenebilir enerjinin üretimdeki payının henüz yetersiz olmasıdır [37].

4.3 Enerji ile İşsizlik Arasındaki İlişki

İşsizlik, yalnızca gelişmekte olan ülkelerde değil; çeşitli nedenlerden ötürü gelişmiş ülkelerde de karşılaşılan ciddi bir sosyo-ekonomik problemdir. Çoğu ülke, ekonomisini büyütürken yeterli istihdam yaratamadığından; işsizlik oranında istenen düşüş gerçekleşmediği gibi artış dâhi görülebilir. Büyüyen ekonomilerde ülkelere özgü

nedenlerle artan işsizlik oranı, istihdamsız büyüme olarak ifade edilir. Yıllardır karşılaşılan bu durum, toplumda önemli kaygılara yol açabilir [38].

Artan enerji faturalarını minimum seviyede tutabilmek ve enerjiden maksimum verim elde edebilmek için teknolojik gelişmeler neticesinde; sanayi başta olmak üzere birçok sektörde insan gücünün yerini çeşitli makineler, robotlar ve otomasyon sistemleri almaya başlamıştır. Bu açığı kapatacak olan ilave istihdamın sağlanamaması, günden güne artan işsizlik oranına sebep olan unsurlardan birisidir.

Enerji tüketimi ile doğrudan ilişkili olan GSYİH azaldığında; mal ve hizmet taleplerinde düşüş gözlemlenir. Bu durum; o malın veya hizmetin sağlanmasında gerekli olan işgücüne de ihtiyacı ortadan kaldırır ve işsizlik artmaya başlar. Diğer bir yandan; talepte artış görüldüğünde ilave işgücü ihtiyacı belirir ve işsizlik düşer.

Yıllardır ekonomik büyümenin kaydedildiği Türkiye’de işsizlik oranı hâlâ çok yüksek seviyelerdedir. Tüketime bağlı büyüme stratejisinin ve ekonomik politikaların belirsizlikleri, büyümenin istihdam oluşturma etkinliğini sınırlamaktadır. Tarım faaliyetlerinin bırakılıp şehir merkezlerine göçlerin artması, üretimde kullanılan enerji ve ham maddelerde dışa bağımlılık, Türkiye’nin ihracat yapması gerekirken bunun yerine devamlı ithalat yapan bir ülke haline gelmesine neden olmuştur. İthalat ve tüketim zincirinde büyüme görülse de katma değer olmadığından; işsizlik sorunu bir türlü çözümlenememiştir. Son dönemde yaşanan; işsizlik, yüksek enflasyon ve faiz gibi zorlayıcı gelişmeler ile birlikte politikacılar, üretim ekonomisinin farkına varmış ve yatırımlarını bu yönde değiştirme kararı almışlardır.

4.4 Cari Açık İle Enerji Arasındaki İlişki

Cari açık en basit ifadeyle; gerçek veya tüzel bir kişinin gelir ve giderleri toplandığında giderlerinin, gelirlerine göre daha fazla olması anlamına gelmektedir. Ülkeler veya şirketler için bakıldığında; satın alma için harcanan toplam rakam, satış gelirlerinden fazla ise cari durumu negatif görünüme geçmekte, yani açık vermektedir.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ve sosyal gelişmeler; üretimi, ardından talep ve tüketimi daha sonra tekrar üretimi tetikler. Bu zincir, bir üretim faktörü olan enerjiye talebi her defasında bir önceki referans değerine göre oldukça arttırır.

Gelişmekte olan ülkeler için enerji ihtiyacının kapsamlı ve daha maliyetli olduğu bilinmektedir.

Üreterek gelir elde eden, üretimini de kendi kaynaklarını kullanarak gerçekleştiren ülkeler için herhangi bir tehlike bulunmamaktadır. Öte yandan; üretim yerine çoğunlukla tüketim gerçekleştiren ve artan enerji talebini karşılamakta zorlanan ülkeler, enerjisini veya enerji üretiminde kullanacağı birincil kaynağı ithal etmeye mahkûm olmaktadır. Bu durumda cari açığın oluşması kaçınılmazdır.

Yapılan araştırmalara göre; enerji ithalatı, ülkemizin cari işlemlerinde büyük bir kalemi temsil etmektedir. Enerji ithalatının bu denli yüksek olması, cari dengeyi olumsuz olarak etkilemekte; bütçenin açık vermesine, yatırımcılar ile uluslararası değerlendirme kuruluşları nezdinde ülkemizin risk ve kredi görünümünde negatif seyrine yol açmaktadır. Bu nedenle; enerji tüketimi ile enerji arzı ilişkisinin doğru tespiti ve gerekli önlemlerin alınması konularında idarecilere büyük görev düşmektedir [36].

YENİLENEBİLİR ENERJİ MALİYET HESABI

Santrallerde üretilen enerjinin birim maliyeti; santrale yapılan masrafların, üretilen enerji miktarına bölünmesi ile elde edilir. Bunun için santrale yapılan masrafların bilinmesi gerekmektedir. Genel olarak bu masraflar ilk yatırım, işletme-bakım ve yakıt maliyeti olarak üç bölüme ayrılmaktadır.

Belirli bir süre için bu masrafların toplamı, aynı sürede(her yıl aynı değerde üretim yaptığı kabul edilirse) üretilen enerji miktarına bölündüğünde; üretilen enerjinin birim maliyeti hesaplanabilir.

Santralin her yıl sabit ve değişken değerde elektrik üretmesi durumu için kullanılan farklı formüller ile üretim maliyetinin hesaplanması metoduna “Bir Değere Getirilmiş Maliyet(Levelised Cost) Metodu” denir [39].

$$g = \frac{c_k}{E} + \frac{c_m}{E} + \frac{c_f}{E} = \frac{c_t}{E} \quad (5.1)$$

g : birim elektrik enerjisi üretim maliyeti

C_k : yıllık sabit sermaye veya yatırım maliyeti

C_m : yıllık işletme ve bakım maliyeti

C_f : yıllık yakıt maliyeti

C_t : yıllık toplam maliyet

E : yıllık elektrik enerjisi üretimi

5.1 Yatırım Maliyeti

Üretilen enerjinin gerçek birim maliyeti hesaplanırken; tüm değerlerin sabit olamayacağı bilinmelidir.

Santralin ilk yatırım(yıllık sermaye) maliyeti, esas olarak santralin inşa edileceği arazi bedeli ve santralin inşaat masraflarından oluşmaktadır.

Bu masrafların gerçekleştiği tarihler değişkenlik gösterebilir. Ayrıca; masrafların hangi miktarda, ne şekilde ve hangi vadede gerçekleşeceğine, özetle santralin finansman durumuna göre gerçek yatırım maliyeti hesaplanabilir.

Bu hesaplamaları yapabilmek için oluşturulmuş farklı metodlar bulunmakta ve seçilecek metoda göre alınacak sonuçlar farklılık göstermektedir.

Santrallerin yatırım maliyetinin hesaplanmasında genellikle “Sabit Yıllık Sermaye Maliyeti” ve “Lineer Azalan Yıllık Sermaye Maliyeti” metodları kullanılmaktadır [39].

5.2 İşletme ve Bakım Maliyeti

Santralin işletme ve bakım maliyetleri, işletme sırasındaki malzeme temini, sigorta, tamir, bakım ve işçilik gibi masraflardan oluşmaktadır.

İşletme ve bakım maliyetleri, dönem dönem gerçekleşen bakım, onarım ve parça değişimleri gibi sebeplerle her yıl farklılık gösterebilir. Bu durumda; sürekli değişkenlik gösteren işletme ve bakım giderlerini, birtakım formüller ile referans bir değere getirmek gerekecektir.

Ayrıca; santralin planlama safhasında bütçe içerisine dâhil edilen sabit yıllık masraflardan hariç olarak santralin ürettiği enerji miktarı ile orantılı olarak değişkenlik gösteren masrafları da bulunmaktadır. Özellikle güneş ve rüzgâr santrallerinde üretilen elektrik miktarı sabit olmadığından, değişken maliyetleri öngörebilmek oldukça zordur [39].

5.3 Yakıt Maliyeti

Konvansiyonel enerji üretim santrallerinde; santralin enerji girdisi olarak kullanılan kömür, doğal gaz vb. yakıtlar, toplam birim maliyet içerisinde önemli bir ağırlığa

sahiptir. Bu yakıtların maliyeti de, yıldan yılda değiştiği için Levelised Cost metodu ile yakıt fiyatlarındaki değişim sabit bir değere getirilebilir.

Yenilenebilir enerji kaynağı kullanan santrallerde ise yakıt maliyeti sıfırdır. Bu durumda birim elektrik üretim maliyeti; birim yatırım maliyeti ile birim işletme ve bakım maliyetlerinin toplamına eşit olacaktır.

$$g = \frac{c_k}{E} + \frac{c_m}{E} = \frac{c_t}{E} \quad (5.2)$$

5.4 Birim Elektrik Enerji Maliyeti Karşılaştırması

Enerji üretiminde birim maliyetleri karşılaştırmadan önce; ülkemizde enerji santrallerinin kurulu güç ve üretim miktarları, bölge ve kaynak bazlı irdelenecektir.

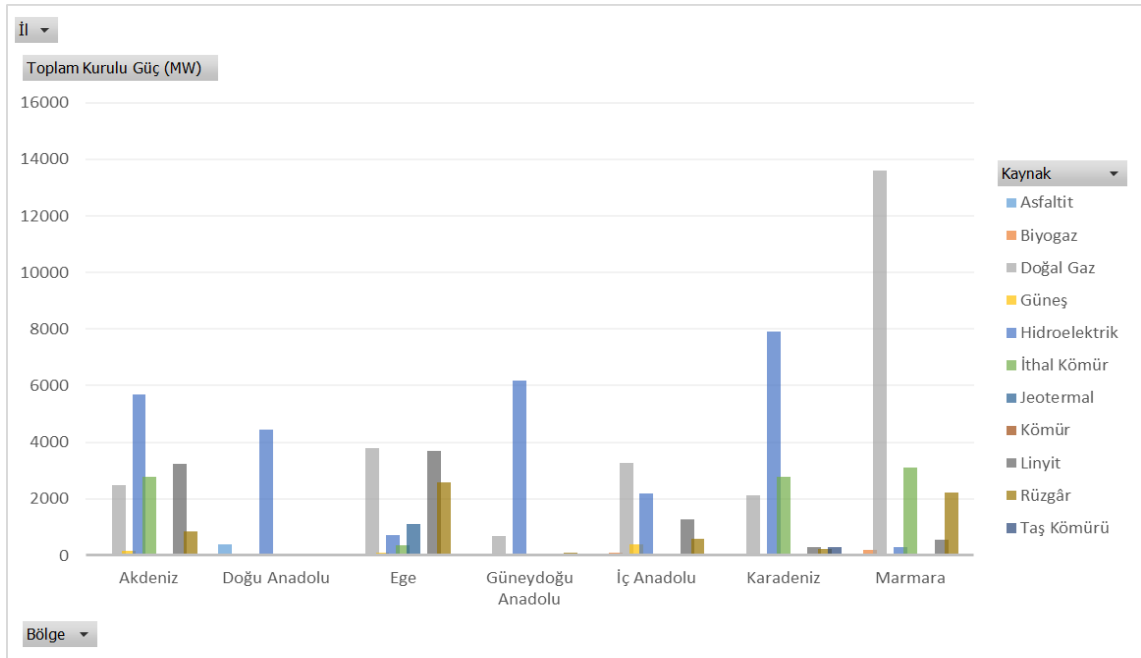
Çizelge 5.1 Türkiye'nin toplam kurulu gücü (MW) (2018)

Bölge	Toplam Kurulu Güç (MW)	Doğal Gaz	Kömür	Hidrolik	Güneş	Rüzgâr	Jeotermal	Biyogaz
Akdeniz Bölgesi	15.233	2.477,90	6.008,60	5.683,67	151,07	837,00	-	74,47
Doğu Anadolu Bölgesi	4.923	-	405,00	4.441,12	52,03	-	-	24,51
Ege Bölgesi	12.453	3.794,14	4.095,07	714,44	102,17	2.587,60	1.116,67	43,33
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	7.030	677,97	-	6.192,81	34,36	111,00	-	13,56
İç Anadolu Bölgesi	7.811	3.272,91	1.262,19	2.174,60	390,56	597,25	-	113,33
Karadeniz Bölgesi	13.783	2.124,38	3.445,76	7.908,28	13,00	234,00	-	57,55
Marmara Bölgesi	20.062	13.611,33	3.654,60	298,26	55,97	2.230,75	15,50	195,50
TOPLAM	81.294	25.958,63	18.871,22	27.413,18	799,16	6.597,60	1.132,17	522,25
<i>*1MW değerinden düşük santraller bölge dağılımlarında hesaba katılmamıştır.</i>								

Çizelge 5.1'den görülebileceği üzere; Türkiye'nin toplam kurulu gücü içerisinde en büyük pay sırasıyla hidrolik, doğal gaz ve kömür yakıtlı termik santrallere aittir. Hidrolik dışı yenilenebilir kaynaklar içerisinde rüzgâr enerjisi göze çarpmaktadır.

Sırasıyla Marmara, Akdeniz, Karadeniz ve Ege bölgeleri kurulu güç içerisinde ilk sıralarda yer almaktadır.

Toplam kurulu güç, bölge ve kaynak bazında Şekil 5.1'de özetlenmiştir.



Şekil 5.1 Bölge ve kaynak bazında toplam kurulu güç grafiği (MW) (2018)

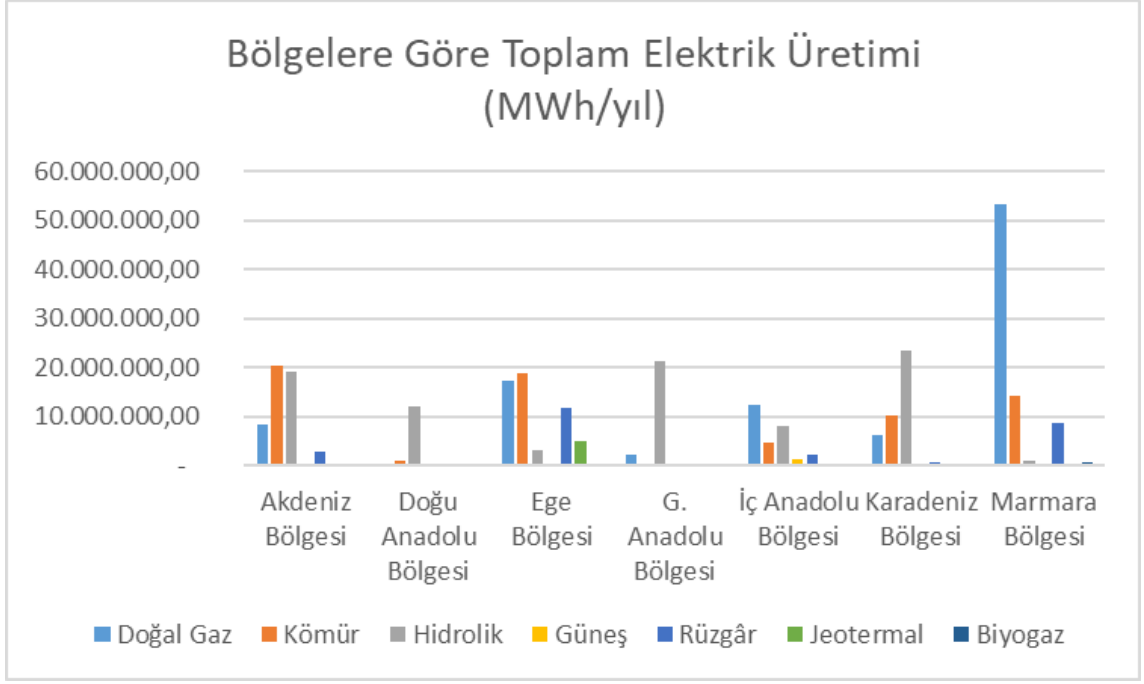
Çizelge 5.2’den enerji üretimine bakıldığında ise; sırasıyla doğal gaz(%34), hidrolik(%30), kömür yakıtlı termik santraller(%24) ve rüzgâr enerjisi(%9) başı çekmektedir.

Çizelge 5.2 Bölge ve kaynak bazında elektrik üretimi miktarları (MWh/yıl) (2018)

Bölge	Üretim Yüzdesi	Tahmini Yıllık Üretim (MWh)	Doğal Gaz (MWh - %)		Kömür (MWh - %)		Hidrolik (MWh - %)		Güneş (MWh - %)		Rüzgâr (MWh - %)		Jeotermal (MWh - %)		Biyogaz (MWh - %)	
Akdeniz Bölgesi	17%	51.445.000	8.368.541	16%	20.292.675	39%	19.195.298	37%	510.204	1%	2.826.776	5%	-	0%	251.505	0%
D.Anadolu Bölgesi	5%	13.310.000	-	0%	1.095.048	8%	12.008.001	90%	140.680	1%	-	0%	-	0%	66.271	0%
Ege Bölgesi	19%	56.860.000	17.323.338	30%	18.697.328	33%	3.262.000	6%	466.489	1%	11.814.500	21%	5.098.508	9%	197.837	0%
G. Anadolu Bölgesi	8%	24.295.000	2.343.099	10%	-	0%	21.402.666	88%	118.750	0%	383.622	2%	-	0%	46.864	0%
İç Anadolu Bölgesi	10%	29.505.000	12.363.230	42%	4.767.850	16%	8.214.427	28%	1.475.318	5%	2.256.078	8%	-	0%	428.098	1%
Karadeniz Bölgesi	14%	40.893.000	6.302.870	15%	10.223.302	25%	23.463.252	57%	38.570	0%	694.260	2%	-	0%	170.746	0%
Marmara Bölgesi	27%	78.630.000	53.347.806	68%	14.323.721	18%	1.168.991	1%	219.367	0%	8.743.129	11%	60.750	0%	766.236	1%
TOPLAM	100%	294.938.000	100.048.884	34%	69.399.924	24%	88.714.634	30%	2.969.378	1%	26.718.365	9%	5.159.258	2%	1.927.557	1%

Bölge bazında sırasıyla Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz bölgeleri, enerji üretimine en çok katkı veren bölgelerdir.

Bölge ve kaynak bazlı elektrik üretimi Şekil 5.2’te özetlenmiştir.



Şekil 5.2 Bölge ve kaynak bazlı elektrik üretimi grafiği (MWh/yıl) (2018)

Şekil 5.2 incelendiğinde; ülkemizin enerji üretiminde dört bölge (Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz) ve dört kaynağın (doğal gaz, hidrolik, kömür, rüzgâr) aktif rol oynadığı görülmektedir. Bu bölgelerin, kaynak çeşitliliği açısından Marmara bölgesi haricinde homojen bir dağılıma sahip oldukları söylenebilir. Marmara bölgesindeki kurulu güç ve elektrik üretiminin başlıca doğal gaza dayandığı görülmektedir. Diğer bölgelerde ise; Doğu ve Güneydoğu Anadolu’da hidroelektrik santraller dikkat çekmektedir.

Enerji üretim santrallerinde; ilk yatırım, sabit işletme, değişken işletme ve birim enerji üretim maliyeti aşağıdaki Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Enerji üretim santrallerinde enerji üretim maliyetleri [40]

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kWh)	Sabit İşletme Maliyeti (\$/kWh-yıl)	Değişken İşletme Maliyeti (\$/MWh)	Birim Enerji Üretim Maliyeti (cent \$/kWh)
RES (Deniz)	6.230	74	-	-
Nükleer	5.530	93,28	2,14	9,2 - 13,2
JES	4.362	100	-	8,9 - 14,2
Biyokütle	4.114	105,63	5,26	8,7 - 11,6
GES	3.873	24,69	-	18 - 26,5
TES (Kömür)	3.246	37,8	4,47	6,6 - 15,1
HES	2.936	14,13	-	-
RES (Kara)	2.213	39,55	-	3,7 - 16,2
TES (Doğalgaz)	917	13,17	3,60	6,1 - 8,7

Çizelge 5.3'te belirtilen santraller arasında ilk yatırım maliyetleri en fazla olanlar, sırasıyla rüzgâr (deniz), nükleer, jeotermal, biyokütle ve güneş santralleridir. En düşük ilk yatırım maliyetine sahip olanlar ise; doğal gaz yakıtlı termik, rüzgâr (kara), hidroelektrik ve kömür yakıtlı termik santrallerdir.

Belirtilen santraller arasında sabit işletme maliyeti açısından en pahalı olanlar, sırasıyla biyokütle, jeotermal, nükleer, rüzgâr (deniz); ucuz olanlar ise doğal gaz yakıtlı termik, hidroelektrik ve güneş santralleridir.

HES, RES, GES ve jeotermal (JES) santraller elektrik üretimi için bir yakıt gideri gerektirmediğinden değişken işletme maliyeti bulunmamaktadır.

Belirtilen santraller arasında en yüksek birim enerji üretim maliyetine, güneş enerji santralleri sahipken; en düşük birim enerji üretim maliyeti rüzgâr (kara) enerji santrallerindedir.

Bu verilerden yola çıkarak Türkiye'nin içerisinde bulunduğumuz döneme kadar, santral kurulum tercihlerinde öncelikle ilk yatırım ve sabit işletme maliyeti düşük olan kaynaklara yöneldiği rahatlıkla söylenebilir.

Enerjide dışa bağımlılığı, dolayısıyla cari açığı minimize edebilmek ve 2023 hedeflerine ulaşabilmek için; önümüzdeki dönemde yeni yatırımların daha çok yenilenebilir

kaynaklara yapılacağı ve bu alanda devlet teşviklerinin artarak verilebileceği düşünülebilir.

Güneş enerji santrallerinin birim enerji üretim maliyetlerinin, kısa vadede önemli derece düşmesi beklenmemekte olup; yine de aşağı yönlü bir eğilimi bulunmaktadır. Bu sebeple; şu an için en kârlı yenilenebilir enerji kaynağı, rüzgâr ve hidroelektrik olarak ön plana çıkmaktadır.

Ayrıca; rüzgâr enerjisi santralleri, güneş enerji santrallerine göre daha az bir alan üzerine kurulabilir. Santrallerin ilk yatırım maliyetleri içerisinde önemli bir kalem olan arazi bedelleri düşünüldüğünde, bu durum daha önemli bir hale gelmektedir.

Rüzgâr enerji santrallerinde türbine giren rüzgâr hızı, maliyete etki eden önemli faktörlerden biridir. Elektrik üretiminin gerçekleşmesi için rüzgâr hızının belirli bir değer aralığında olması gerekir. Devreye girdiği hıza “cut-in hızı” denilmekte ve yaklaşık değeri 2-4 m/s iken; devreden çıkma hızına “cut-out hızı” denir ve yaklaşık olarak 25-35 m/s değerindedir. Bu iki değer arasındaki, tasarım hızına “nominal hız” denir ve yaklaşık 10-15 m/s değerindedir. Santralin tasarımında, türbin hızı için nominal olarak belirlenen değer maksimum elektrik elde edilebilmektedir.

RES ve GES’lerin mevsim bazlı potansiyelleri bulunduğu ve birbirini tamamlayıcı oldukları düşünüldüğünden; aynı alana kurulmaları halinde efektif bir çalışma elde edilir.

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ÇEVRE

Enerji kaynaklarının karşılaştırmasında; tek ölçüt maliyet değildir. Asit yağmurları, sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi, iklim değişikliği gibi çevresel sorunlar da mukayese yapılırken dikkat edilmesi gereken konulardır.

Enerji santrallerinde açığa çıkan CO₂, SO₂ ve NO_x gibi gazlar bu çevresel sorunlara doğrudan etki yapmaktadır.

Kullandığı yakıt veya enerji kaynağından bağımsız olarak, her santralin çevreye yaptığı olumsuz bir etki söz konusudur. Fosil kaynaklı santrallerin yaptığı etkinin daha fazla olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Düşünüldüğünde; 1.000 MWe değerinde kurulu güce sahip kömür yakıtlı termik santralin, bir yıl içerisinde harcadığı kömür miktarı yaklaşık 3 milyon tondur. Bunun sonucunda; ürettiği gazlar ise 7 milyon ton CO₂, 120.000 ton SO₂ ve 20.000 ton NO_x değerindedir. Birim enerji üretim maliyetini %25'e varan oranda arttırsa da; çevreye olumsuz etkileri olan bu gaz salınımlarını kontrol altında tutabilmek için bazı ilave ekipmanlar kullanılmalıdır.

Yukarıdaki örnekte verilen kömürün yanı sıra; doğal gaz, petrol gibi fosil yakıtlara olan bağılılığın, hem bu kaynakların yakın gelecekte tükenecek olması hem de çevre sorunlarını kuvvetlendirmesinden dolayı ortadan kaldırılması ve yeni nesil çevreci enerji kaynaklarına yatırım yapılması gerekmektedir.

6.1 CO₂ Emisyonları ve Zararları

Karbon içeren petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlar, oksijen ile birleşip yandığında; oluşan ve atmosfere salınan maddelerden bir tanesi CO₂ (karbondioksit) gazıdır. CO₂

gazı, hava içerisinde bulunan oksijen dengesini bozar; yapısı itibarıyla atmosfer yüzeyine doğru yükselir. Güneşten gelerek atmosferden tekrar yansıyan ışınların taşıdığı ısıyı hapsederek, sera gazı etkisi denilen çevre sorununa yol açar. Bir diğer deyişle; okyanusların, yer kabuğunun ve atmosferin emdiği radyasyondan kalan kısım geri yansıtılırken; sera gazları yansıyan ısıyı bünyesine katar. Daha sonra bu ısıyı yeryüzüne tekrar göndererek yaşadığımız gezegenin daha sıcak bir yer olmasına neden olurlar. Metan, azot oksit, karbonmonoksit gazları da benzer etkiyi yapmakta; verdikleri zarar sayısal olarak karbondioksit gazı eşdeğeriyle değerlendirilmektedir.

Çizelge 6.1’de çeşitli santrallerin CO₂ emisyon değerleri g/kWh cinsinden verilmiş olup; görüldüğü üzere kömür, petrol ve doğal gaz termik santralleri en çok salınım yapan santraller olarak göze çarpmaktadır. Yenilenebilir enerji santrallerinin ise daha düşük CO₂ gazı salınımı olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.1 Kaynak bazlı CO₂ emisyonları [41]

Enerji Kaynağı	Yıllık Üretim (TWh/y)	Kapasite faktörü %	CO2 emisyonları (g/kWh)
Kömür	7.755	70 - 90	900 - 1.200
Petrol	1.096	60 - 90	700 - 1.200
Doğal gaz	3.807	55 - 65	450 - 900
Nükleer	2.793	86	65 - 200
Biyokütle	240	60	35 - 85
Jeotermal	60	70 - 90	20 - 140
Hidro (geniş ölçekli)	3.121	41	45 - 200
Hidro (küçük ölçekli)	250	50	45
Dalga	5	20 - 30	150
Güneş (PV)	12	15	40 - 200
Güneş (CSP)	1	20 - 40	50 - 90
Rüzgâr	260	24,5	65 - 80

Sera gazı etkisiyle yer kabuğunun ortalama sıcaklığı sürekli artmakta ve bu durum buzulların erimesine, dolayısıyla deniz seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda; sel felaketleri de artmaktadır. CO₂ gibi sera etkisi yapan gazların salınımını önlemek için; fosil yakıt tüketiminin sınırlandırılması ve mümkün olduğu ölçüde azaltılması şarttır.

Ülkemiz, CO₂ gazı salınımının azaltılmasına yönelik çalışmalara destek vermek için Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ni (BMİDÇŞ) imzalamıştır. Anlaşmanın ardından, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi

Koordinasyon Kurulu oluşturulmuş ve iklim değişikliği stratejileri kapsamında CO₂ gazı emisyonlarını düşürmek amacıyla farklı eylem planları yayınlanmıştır.

6.2 SO₂ Emisyonları ve Zararları

Kullanılan yakıtların belli oranda kükürt içermesi ve oksijen ile yanması sonucu oluşan kükürtdioksit (SO₂), havayı en çok kirleten gazlardan biridir. Atmosfere her yıl tonlarca SO₂ gazı karışmakta ve hava kalitesi devamlı düşmektedir.

SO₂ gazı emisyonlarını oluşturan en önemli alanlar, elektrik üretiminde kükürt içeren katı veya sıvı yakıt kullanılan termik santraller ve ulaşım sektörüdür.

Atmosferdeki kalıcılık süresi neredeyse iki gün olan kükürtdioksit, insan sağlığını ciddi ölçüde tehlikeye atmaktadır. Akciğerlerimiz SO₂ gazına maruz kaldığında; solunum sistemimiz sağlıklı çalışamaz, astım gibi solunum ile çeşitli kalp ve göğüs hastalıkları belirebilir.

SO₂ gazının çevreye de mutlak olumsuz etkileri bulunmaktadır. SO₂ gazının, hidrojen ile bileşimi sonucu H₂SO₄ (sülfürik asit) meydana gelir. Havada hacmini arttıran sülfürik asit nedeniyle; doğadaki hemen hemen her şeye zarar veren asit yağmurları oluşmaktadır.

Ülkemizde yürürlüğe giren, 02.11.1986 tarih ve 19269 sayılı Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği uyarınca sera gazı etkisine ve hava kirliliğine sebep olan gaz salınımları için sınır değerler belirlenmiştir. Buna göre; termik santrallerde kullanılan yerli linyitlerin ısı değerlerinin düşük olması ve yüksek miktarda kükürt içermesi sebebiyle bir takım önlemler ve uygulamalar hayata geçirilmiştir. Kül ergime sıcaklığı düşük olan yerli linyit kullanılan santrallerde, yanma sıcaklıklarının düşük tutulması ve bacadan atılan gazın desülfürizasyon işlemine tabii tutulması örnek verilebilir.

6.3 Türkiye’de Enerji Üretim Emisyonları Karşılaştırması

Enerji üretimi için ülkemizde kullanılan santrallerin gerçekleştirdiği emisyon ve diğer olumsuz etkiler kaynak bazında değerlendirilmelidir. Çevre için geri dönüşü olmayan etkilerin oluşmasında; fosil yakıtların etkinliği oldukça büyüktür.

Termik santrallerde, kullanılan birincil fosil yakıtlar karbon (C), kükürt (S), azot(N), hidrojen (H) ve oksijen (O) gibi bileşenlerden oluşur. Bu bileşimler, hava ile temas ettiğinde oksitlenerek karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), kükürtdioksit (SO₂), azot (N₂) meydana getirir. Azot, yüksek sıcaklıklarda oksijenle tepkimeye girerek NO_x emisyonlarını oluşturur. Tüm bu zararlı gazlar, soluduğumuz havanın içerisine karışmaktadır.

Hidroelektrik santrallerde, herhangi bir yanma işlemi olmadığından doğrudan bir salınım yapılmamaktadır. Öte yandan; santral inşasında yaşanan kirlilik ve gürültü bölge sakinlerini olumsuz etkilemekte; santralin devreye alınmasından sonra zaman içerisinde bölgenin biyolojik dengesinde bozulmalar meydana gelmektedir.

Güneş enerji santrallerinde de, herhangi doğrudan bir zehirli gaz salınımı söz konusu olmamaktadır. Ekipman üretimi, tesis inşası gibi dolaylı yoldan gerçekleşen emisyonlar hesaplandığında dâhi çok düşük bir değer ortaya çıkmaktadır.

Rüzgâr santralleri de tıpkı güneş ve hidroelektrik santraller gibi doğrudan bir gaz salınımına sebebiyet vermezler. Ancak; rüzgârın kesilmesi suretiyle tozlaşmanın yapılamamasına, gürültü kirliliğine, göçmen kuşlar için tehlikeye, bazı sinyallerin bozulmasına neden olmaktadır.

Jeotermal santraller, yakıt yakılmaması nedeniyle azot oluşturmazken; eser miktarda kükürtdioksit meydana getirir ve çevreyi kirletici etkisi çok düşüktür. Binary (ikili) tip santrallerinde, sistem kapalı olduğu için atmosfere herhangi bir salınım yapılmaz.

Biyokütle yakıt kullanılan tesislerde, yakıt olarak kullanılan hammadde zaten doğadan çekildiği için yanma sonucu gaz salınımı gerçekleştiği halde dâhi havadaki denge olumsuz yönde etkilenmemektedir. Ancak; çöp ve belli tipte atıkların yakılması sonucu içeriğine göre oluşacak maddelerin tehlikeli atık sınıfına girmesi halinde birtakım önlemler uygulanmalıdır.

Nükleer santrallerin ana yakıtı uranyumun reaksiyona girmesi sonucu oluşan radyoaktif katı atıkların, canlıları ve doğayı tehlikeye atmadan imha edilmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu atıkların, depo edilmesi ve saklanması için belli başlı yöntemler mevcut olup; hassasiyetle uygulanmaları gerekmektedir. Ülkemizde, Mersin ve Sinop illerinde henüz tamamlanmayan iki adet nükleer santral projesi bulunmaktadır.

Çevre ve canlılar için çeşitli olumsuz etkileri olsa da enerji üretim yöntemleri; insanların yaşamı ve kalkınmaları için vazgeçilemez, temel bir ihtiyaçtır. Enerjinin temininde; verimliliği yüksek, doğaya en az zarar veren yöntem ve yatırımlar tercih edilmeli, ekolojik dengenin korunumuna özen gösterilmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanların günlük ihtiyaçlarının karşılanması, ekonomik ve beşeri ilerlemesinin sürdürülebilir konuma getirilmesinde önemli rol oynayan enerji; konut, sanayi ve ulaştırma gibi sektörlerin temel girdisidir.

Dünya genelindeki enerji ihtiyacının artmasının sebepleri arasında, geçtiğimiz yıllarda gelişmekte olan ülke ekonomilerinin büyümesindeki hızlanma, bununla ilişkili olarak ana ekonomik ürün ile hizmetlerin üretim ve tüketimindeki artış yer almaktadır.

Enerji talebinin devamlı artması, ülkelerin çeşitli kaynaklara sahip olabilme veya bu kaynaklara kolayca ulaşabilme isteğini arttırmakta ve politikalarını bu doğrultuda şekillendirmelerine sebep olmaktadır.

Yenilenebilir enerjiye gösterilen önemin sebebi ise; öncelikle birincil enerji kaynaklarının tükenmeye doğru ilerlemesidir. Bu sebeple; yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılacak olan çalışmalar, ülkemiz ve gelişmekte olan tüm ekonomiler için çok büyük bir önceliğe sahiptir.

Konvansiyonel enerji kaynaklarından nükleer enerji ve fosil yakıtların; çevresel, askerî, siyasi, ekonomik ve toplumsal güvenlik sorunları içermesi de yenilenebilir enerjiye yönelik ilgiyi arttırmıştır. Bu ilginin gelecekte de büyüyerek devam etmesi olasıdır. Buna karşın; yakın ve orta vadede yenilenebilir enerjinin, fosil yakıtların önüne geçerek birincil enerji kaynağı olacağı düşünülmemektedir. Yine de üretimdeki oranının giderek artması; enerji sosyolojisinden enerji hukukuna, enerji ticaretinden enerji güvenliğine kadar enerjinin tüm alanlarını derinden etkileyecektir.

Enerji güvenilirliđi konusunda dűşűnceler, fosil yakıt temelinde oluřmakta olup; bu kaynakları elde etme, teknoloji seviyelerini yükseltme, űretilen enerjinin çevreye etkisi ile iliřkilidir. Enerji güvenliđi açısından yenilenebilir enerjinin önemi oldukça fazladır. Geleneksel anlamda enerji güvenliđi kaygısı, yenilenebilir kaynakların űretimde daha fazla kullanılmasıyla y n deđiřtirmeye bařlamıřtır.

Nükleer ve fosil kaynakların kullanımı azaldıkça, bu kaynakların oluşturduğu tehdit ve riskler azalırken; uluslararası barış ve iř birlikleri artmaktadır. Buna karşın yenilenebilir enerji yaygınlaştıkka; űretim, dağıtım ve kullanım aşamalarında meydana gelebilecek olası sorunlar hakkında şimdiden dűř n lmesi gerekebilir.

Yeşil kaynaklar, ülkelerin kendi imk nlarını çeşitlendirerek enerji ihtiyaçlarını güvenli şekilde karşılamalarına büyük katkı sağlamaktadır. Günümüzde tüketilen enerjinin önemli bir kısmı, bu enerji kaynaklarından elde edilir. Geçmişte çok daha düşük olan bu oran, zamanla artmakta ve toplumların fosil yakıtlara olan bağımlılığını düşürmektedir.

İnsanoğlu için bu denli önem arz etmesinin yanında enerji, bazı sebeplerden dolayı çevresel zararlara neden olmaktadır. Çevreye verilen zararlar, enerjinin űretilmesi, iletimi veya tüketimi sırasında meydana gelmekte olup; nüfus ve sanayileşme arttıkka etkisini daha g  l  hissettirmektedir. Yalnızca yerel değil, küresel olarak da yaşanan bu durum, ekolojik dengeye karşı büyük tehlikeler yaratması nedeniyle yenilenebilir enerjinin önemini daha da arttırmaktadır. Fosil yakıt kullanımının, çevreye verdiği hasarlar sebebiyle uluslararası taahhütler gereğince azaltılmasının uygun bulunması, ülkemizin ve dünyanın gündeminde geniş yer bulmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre; yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımların, 2030 yılına kadar yaklaşık 10 trilyon Amerikan Doları, 2016-2040 yılları arası ise yaklaşık toplam 66,5 trilyon Amerikan Doları olarak gerçekleştirilmesinin hedeflenmesi, bu konuya verilen önemi göstermektedir.

Dünyada yenilenebilir enerji yatırımlarını gerçekleştirmeye başlamış birçok ülke bulunmaktadır. Bunlardan biri olarak Çin, güneş enerjisinden daha fazla faydalanmak adına güneş enerjisini depolayabilecek güneş pili űretimi yapmasının yanı sıra; kırsal alanlarda hidro, biyokütle, biyogaz, güneş ve rüzgârdan enerji talebini karşılamaya

yönelik faydalı programlar uygulamaktadır. Bu alanda önemli yatırımcı ülkeler arasında Avusturalya ve Hindistan da yer almaktadır. Hindistan'da hidro kaynaklar, kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek orana sahiptir. Avustralya ise yenilenebilir enerjiye dayalı bir piyasayı 2001 yılında faaliyete geçirdiğini duyuran dünyadaki ilk ülke olmuştur. Norveç'in deniz kıyısı bir ülke olması, ülkede rüzgâr enerjisinden faydalanma imkânını arttırmış; bu nedenle rüzgâr santrallerine yapılan yatırımlara öncelik gösterilmiştir. Norveç'in karma enerji politikasında; üretimde yenilenebilir enerji oranını arttırmak, enerji üretiminde esneklik oluşturmak, ısıtma sistemlerinde elektrik kullanımına bağımlılığı düşürmek ve özellikle hidro enerji kullanımını arttırmak yer almaktadır.

Dünyada hayata geçirilen uygulamaları takip eden Türkiye'de, enerji alanında özellikle son yıllarda bir hareketlilik yaşanmaktadır. Ülkemizin doğu-batı eksenindeki konumu, enerji alanında jeopolitik ve stratejik önemini arttıran güçlü bir unsurdur. Türkiye'de enerji üreticilerine verilen teşvikler, özel sektör girişimlerinde artış, yenilenebilir enerji potansiyeli ve bu kaynaklara olan ulaşılabilirliği, bağımsız piyasa düzenleyicisinin olması, yasal mevzuatın varlığı ve düzenleniş şekli, kamusal denetim ve kontrolün mümkün olması da diğer güçlü taraflarındandır.

Yenilenebilir enerji ve çevre kapsamında öne çıkan Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmaların imzalanmış olması ise özellikle ülke itibarının yükseltilmesi açısından önemlidir. Ek olarak; enerji sektörü lisans ihaleleri, stratejik iş birlikleri ve özelleştirmeye olanak verecek serbest ticaret piyasasının hayata geçirilmesi sonucu dağıtım şirketleri arasında sinerji oluşturulması, enerji sektörü gelişiminin sürdürülebilir olmasını sağlamak adına dikkat çekmektedir.

Ülkemizin enerji alanındaki güçlü taraflarının yanında birtakım zayıf yönleri de bulunmaktadır. Enerji altyapısında ve verimlilik konusundaki teknolojik yetersizlik, çevresel tehditler, uluslararası yaptırım ve taahhütler, enerji temininde dışa bağımlılık, üretimdeki maliyetler ve kaçak elektrik kullanımı bilinen en temel tehditlerdir. Endüstriyel üretimde enerjinin genellikle fosil yakıtlardan elde edilmesi, sistemlerin enerji güvenliği nedeniyle gaz depolama tesisi gereksinimi, yenilenebilir enerji yatırımları için arz ve talebin yetersiz olması enerji sektörü için önemli diğer konulardır.

Enerji üretiminde verim artışı ve tüketiminde tasarruf sağlanması için çeşitli projeler geliştirilmektedir. Üretilen veya tedarik edilen enerji kaynaklarının daha geniş ölçekli depolanabilmesi ve yabancı yatırım bankalarının enerji sektörüne olan ilgilerinin de karşılanması son derece önemlidir.

Ülkemiz, coğrafi konumu itibarıyla tüm sürdürülebilir enerji kaynaklarından istifade edebilme şansına sahiptir. Rüzgâr, güneş, hidrolik ve jeotermal enerji kaynakları potansiyeli bakımından Türkiye, diğer Avrupa ülkelerine göre daha avantajlıdır. Öte yandan; herhangi bir yakıt maliyeti olmayan bu kaynaklardan faydalanma oranı oldukça düşüktür.

Yenilenebilir enerji, ülkemizin bölgeleri bazında incelendiğinde; hem kurulu güç hem de yıllık elektrik üretim miktarı bakımından sırasıyla Karadeniz, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ilk sıralarda yer almaktadır. Toplam kurulu güç ve elektrik üretimi bakımından ilk sırada bulunan Marmara bölgesinin, yenilenebilir enerji için yapılan her iki sıralamada son sırada olması ise en çok dikkati çeken ve önlem alınması gereken bir durumdur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretimi içerisinde; hidroelektrik santralleri ilk sırada yer alırken rüzgâr santralleri ikinci sırada takibini sürdürmektedir. Rüzgâr santrallerine yapılacak yatırımlarda, elektrik üretim değerinin süreklilik arz etmemesi yatırımı daha riskli hale getirdiğinden; yatırımcılar nezdinde kısa vadede kârlı görülmemektedir. Güneş enerji santralleri ise; henüz teknolojisindeki gelişimin tamamlanmamış olması ve maliyet açısından diğer kaynaklar ile rekabette zorlanması nedeniyle gerekli sıçramayı henüz gerçekleştirememiştir. Jeotermal, dalga ve biyokütle kaynaklarındaki artış ise kapasitelerine istinaden düşük seyretmektedir. Tüm bu kaynaklar, ülkemizin birincil enerji talebini tek başına karşılamakta şimdilik yetersiz olsalar dahî gelişimlerini sürdürürken; önümüzdeki yıllarda sıkça kullanılması muhtemel olan hidrojen kaynağı ile birlikte yenilenebilir enerji dünyada ve ülkemizde birincil enerji konumuna gelebilir.

Sürdürülebilir enerji kullanımının önünde bazı hukuki ve ekonomik kısıtlamalar olsa da, bu alanda ilerleme kaydedilmektedir. Çok uzak olmayan 2023 hedeflerini gerçekleştirebilmek için; bu ilerlemelerin ivme kazanarak kaydedilmesi mutlak ve kritik

önem taşıyan bir koşuldur. Son yıllarda başarılan büyüme oranları neticesinde elektrik üretimi için ilave yatırımlara ihtiyaç duyacak olan ülkemiz, yatırımcıları kendisine çekebilmek adına enerji üretim maliyetlerini azaltacak politikaları bulmak ve uygulamak durumundadır.

Kısa vadede fosil ve nükleer kaynakların daha etkin kullanılması ile birincil enerji ihtiyacımız karşılanırken; ülkemizin büyümesini yavaşlatan enerjide dışa bağımlılık, işsizlik, düşük milli gelir ve cari açık konularına çözüm olarak görünen yenilenebilir enerji yatırımlarının arttırılmasına devam edilmelidir.

Sonuç olarak; yeşil enerji, ülkemizin bütçesi içerisinde en çok yer kaplayan enerji ithalatını azaltarak kendi kaynaklarımıza dayalı bir istihdam ve büyüme sağlamamıza olanak tanıyacaktır. Gerekli nitelik ve nicelikte yeşil enerji kaynakları bulunan ülkemiz, çevre bilinci ve uygun maliyet açısından bu kaynaklara dayalı yeşil ekonomisini oluşturduğunda; yatırımcılar ve finans kuruluşları gözünde rekabet avantajını eline geçirecektir. Yeşil bir ekonomi, sürdürülebilir ve katma değerli olduğundan; Türkiye bu alanda atılım yaptığı takdirde uzun vadede enerji alanında egemen bir ülke haline gelebilir.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, <http://www.enerji.gov.tr>, 15 Eylül 2017.
- [2] Ateş B. M., Demir H., Üresin E., Tunç Ş. ve Erdi H., (2009). Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi, Ekc Form Ofset, Ankara.
- [3] BBC, Renewable Energy Sources, http://www.bbc.co.uk/-schools/gcsebitesize/geography/energy_resources/energy_rev2.shtml, 22 Eylül 2017.
- [4] Enerji Beş Temiz Enerji Portalı, Fotovoltaik güneş panelleri, <http://www.enerjibes.com>, 1 Nisan 2018.
- [5] Altıntop, N. ve Erdemir, D., (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler”, Mühendis ve Makine, 54(639):69-77.
- [6] Kısar, O.A., (2009). Rüzgardan Enerji Üretimi ve Rüzgar Türbinlerinin Evrimi, http://www.emo.org.tr/ekler/86f1c29518c700e_ek.pdf?dergi=571, 26 Eylül 2017.
- [7] T.C. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Rüzgâr enerjisi, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 1 Nisan 2018.
- [8] Canik, B., (2003). Hidrojeoloji; yeraltı sularının aranması, işletilmesi, kimyası, Ertem, Ankara.
- [9] Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Jeotermal Enerji Nedir?, <http://geocen.iyte.edu.tr/jeotermal-enerji-nedir-2/>, 2 Nisan 2018.
- [10] Lehtikangas, P., (2000). “Storage effects on pelletised sawdust, logging residues and bark”, Biomass and Bioenergy, 19 (5): 287-293.
- [11] Gülen, J. ve Arslan, H., (2005). “Biyogaz”, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 4: 121-129.
- [12] Yıldız, O. (2004). Biyogaz Teknolojisi, Akdeniz Üniversitesi Yayınları, Antalya.
- [13] Quaak, P., Knoef, H. ve Stassen, H., (1999). “Energy from Biomass: A Review of Combustion and Gasification Technologies”, World Bank Technical Paper, 422: 15.

- [14] Tutar, F. ve Eren, M. V., (2011). "Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye", International Journal of Economic and Administrative Studies, 3 (6): 1-26.
- [15] Veziroglu, T. N., (2000). "Quarter Century of Hydrogen Movement 1974–2000", International Journal of Hydrogen Energy, 25 (12): 1143-1150.
- [16] Conte, M., (2009). "Hydrogen Economy", Casaccia Research Center, Rome.
- [17] Avcı, İ., (2009). "Türkiye’de Su Kaynakları ve HES Planlama, Yönetim ve Yatırım Politikalarında Yeni Küresel Yaklaşımlar: Hedefler, Beklentiler ve Uygulamadaki Gerçekler" İstanbul Bülten, TMMOB İMO İstanbul Şubesi.
- [18] European Commission, 2050 long-term strategy, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en, 10 Ekim 2018.
- [19] KPMG, Enerji Sektörel Bakış 2018, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/sektorel-bakis-2018-enerji.pdf>, 10 Ekim 2018.
- [20] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Doğal Gaz Boru Hatları ve Projeleri, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz-Boru-Hatlari-ve-Projeleri>, 10 Ekim 2018.
- [21] TEİAŞ, Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç, www.teias.gov.tr/yukdagitim/kurulguc.xls, 10 Şubat 2017.
- [22] <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/>, 10 Ekim 2018.
- [23] T.C. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi, <http://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fEnerji%20Politikas%C4%B1%2fElektrik%20Enerjisi%20Piyasası%20ve%20Arz%20G%C3%BCvenligi%20Strateji%20Belgesi.pdf>, 10 Ekim 2018.
- [24] T.C. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, http://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fEnerji%20Politikas%C4%B1%2fTürkiye_Ulusal_Yenilenebilir_Enerji_Eylem_Planı.pdf, 10 Ekim 2018.
- [25] T.C. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneşlenme süreleri, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/guneslenme>, 2 Nisan 2018.
- [26] Enerji Atlası, Ülkelere Göre Güneş Enerjisi, <http://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>, 10 Ekim 2018.
- [27] Vienna University of Technology-Energy Economics Group, The EU Project BETTER-Introduction to Modelling Framework, http://better-project.net/sites/default/files/Introduction%20to%20the%20modeling%20framework_TUWIEN.pdf, 10 Ekim 2018.
- [28] IRENA, Wind Energy, <https://www.irena.org/en/wind>, 12 Şubat 2017.

- [29] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeotermal Enerji araştırmaları, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>, 20 Kasım 2016.
- [30] T.C. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Türkiye’de Jeotermal Enerji, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx, 22 Kasım 2016.
- [31] Ültanır, M. Ö., (1994). “Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’de Hidrojene Geçiş Sorunları”, Türkiye 6. Enerji Kongresi, 17-22 Ekim 1994, İzmir.
- [32] Karagöl, T. E. ve Kavaz İ., (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf>, 10 Ekim 2018.
- [33] REN21, Renewables 2016 Global Status Report, http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf, 10 Ekim 2018.
- [34] Mohtasham J., (2015). “Review Article-Renewable Energies”, Energy Procedia, 74: 1289-129.
- [35] T.C. Ekonomi Bakanlığı, Uluslararası Doğrudan Yatırım Verileri Bülteni, <https://eb.ticaret.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-261146>, 10 Ekim 2018.
- [36] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, (2017). 2018 Bütçe sunumu, http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT-%2F1%2FDocuments%2FB%3%BCt%3%A7e%20Konu%C5%9Fmas%C4%B1%2F2018_Butce_Sunus_Kitabi.pdf, 10 Ekim 2018.
- [37] T.C. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Enerji Yatırımları, <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Yatirimlari>, 11 Ekim 2018.
- [38] Takım, A., (2010). “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile İşsizlik Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Testi”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 27: 1-8.
- [39] Aybers, N. ve Sahin, B., (1995). Enerji Maliyeti, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [40] Öztürk, B. A., (2017). Elektrik Üretimi Sektörü, https://ekonomi.isbank.com.tr/ContentManagement/Documents/sr201706_elektrikuretimisektoru.pdf, 15 Ekim 2018.
- [41] Dincer, I. ve Acar, C., (2015). “A review on clean energy solutions for better sustainability”, International Journal of Energy Research, 39:585–606.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emre GENÇ
Doğum Tarihi ve Yeri : 23.01.1991/Karadeniz Ereğli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : emregencist@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mak. Müh.(Enerji)	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lisans	Mak. Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Kdz.Ereğli Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2016	Mitsubishi Electric Turkey Elektrik Ürünleri A.Ş.	Satış Mühendisi
2014-2016	Daikin Isıtma ve Soğutma Sistemleri San. Tic. A.Ş.	Satış Mühendisi