

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**Zafer BAYRAM**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Çalışma İktisadı Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof Dr. Rasim YILMAZ**

**2020**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**ÇALIŞMA İKTİSADI ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİNİN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**ZAFER BAYRAM**

**ÇALIŞMA İKTİSADI ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: PROF.DR. RASİM YILMAZ**

**TEKİRDAĞ-2020**  
**Her hakkı saklıdır.**

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Hazırladığım Yüksek Lisans Tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, yazımda enstitü yazım kılavuzuna uygun davranıldığımı taahhüt ederim

.../...../2020

Zafer BAYRAM

T.C.  
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
ÇALIŞMA İKTİSATI ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zafer BAYRAM tarafından hazırlanan “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği” konulu YÜKSEK LİSANS Tezinin Sınavı, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim Yönetmeliği uyarınca 15.06.2020 günü saat 09:00.’da yapılmış olup, tezin kabulüne OYBİRLİĞİ ile karar verilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Rasim YILMAZ	Kanaat:	İmza:
Üye:	Prof. Dr. Murat ÇETİN	Kanaat:	İmza:
Üye:	Dr. Üyesi Yasin ÇAKIREL	Kanaat:	İmza:

Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

15/06/2020

Dr. Öğr. Üyesi Ali Faruk AÇIKGÖZ

Enstitü Müdürü V.

## ÖZET

Kurum, Enstitü, : Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
ABD : Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çalışma İktisadı Anabilim Dalı  
Tez Başlığı : Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyelinin  
Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği  
Tez Yazarı : Zafer BAYRAM  
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Rasim YILMAZ  
Tez Türü/Yılı : Yüksek Lisans Tezi, 2020  
Sayfa Sayısı : 127

21. yüzyılda teknolojinin gelişmesi, sanayileşme, artan nüfus artışı ile insanoğlunun enerjiye olan gereksinimi artmıştır. Bu aratan talebin karşılanması günümüze kadar fosil yakıtlar tarafından olmuştur. Ancak fosil yakıtların 2050 'li yıllarda tükenme ihtimalinin olması, bu fosil yakıtların çevresel zararları ve dışa olan bağımlılık noktasında sıkıntılar yaratması nedeni ile giderek artan enerji ihtiyacının karşılanması için alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Dünya ülkeleri ortaya çıkan bu sorunları gidermek ve gelişmenin devamı için sürdürülebilir kalkınmayı benimsemişlerdir. Dolayısıyla bu anlayış içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları gelişmeye başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreye ve toplum sağlığına olumsuz bir durumunun olmaması, ekonomik bir hammadde desteği sunması ve kullanımdan sonra eksilmemesi özelliği ile dikkat çekmektedir. Günümüzde dünya ülkelerini kalkınma ve sanayi yarışı içerisinde. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı içerisinde temiz enerji ön plana çıkmıştır. Yenilenebilir enerji bu kalkınma yarışı içerisinde ekonomiye istihdama ve çevresel faktörlere karşı olumlu kazanımlar sağlamıştır.

Bu çalışmada sürdürülebilir kalkınmada önemli yer alan yenilebilir enerji kaynaklarının önemi anlatılmıştır. Fosil kaynaklı yakıtlar ile oluşan ekonomi, çevre ve dışa bağımlılık gibi olumsuz etmenlerin yenilenebilir enerji kaynakları ile çözümlenebileceği gösterilmiştir.

Türkiye jeotermal Rüzgâr hidroelektrik güneş ve biokütle kaynakları gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağına sahiptir bu kaynaklardan yeterince faydalandığında ülkemizin de dünya enerji piyasasında önemli bir yere geleceği kaçınılmaz bir gerçektir. Ülkemiz ölçeğinde yerli ve milli kaynak kullanımı ile yenilenebilir enerjinin ülkemize yüksek bir katkısı olacağı anlatılmıştır

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, enerji kaynakları, güneş enerjisi rüzgâr enerjisi, hidrolik enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi, hidrojen enerjisi dalga enerjisi

## ABSTRACT

Institution,Institute	: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Institute of Social Sciences
Department	: Department of Working Economics
Thesis Title	: Evaluation of the Potential of Renewable Energy Sources: Case of Turkey
Thesis Author	: Zafer BAYRAM
Thesis Adviser	: Prof.Dr. Rasim YILMAZ
Type of Thesis/ Year	: MA Thesis, 2020
Total Number of Pages	:127

In the 21st century, with the development of technology, industrialization and growing population, humankind needs for energy have increased. This increasing demand has been met by fossil fuels by now. However, the possibility of exhaustion of fossil fuels in the 2050s showed that alternative energy sources are needed to meet the increasing energy need due to the environmental damages of these fossil fuels and the problem of external dependence. World countries have adopted sustainable development in order to overcome these problems and continue development.

Therefore, renewable energy sources have started to develop within this understanding. Renewable energy sources attract attention due to the fact that they do not have a negative situation to the environment and public health, they provide an economic raw material support and do not decrease after use. Today, countries of the world are in a race of development and industry. Clean energy has come to the forefront within the concept of sustainable development. Renewable energy provided positive gains to the economy against employment and environmental factors in this development race.

In this study, the importance of renewable energy sources that are important in sustainable development is explained. It has been shown that the negative factors such as created by fossil fuels economy, environment and foreign dependence can be resolved with renewable energy sources.

Turkey has many renewable energy sources such as geothermal, wind, hydro electric , sun and biomass sources. If these resources are used sufficiently, it is an inevitable fact that our country will have an important place in the world energy market. It is stated that renewable energy will have a high contribution to our country with the use of domestic and national resources in our country.

Keywords: Renewable Energy, energy sources, solar energy, wind energy, hydraulic energy, geothermal energy, biomass energy, hydrogen energy, wave energy

## **ÖNSÖZ**

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Rasim YILMAZ'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi destekleriyle hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Zafer BAYRAM

## İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM BEYANI.....	ii
TEZ ONAY SAYFASI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
GRAFİK LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
1.ENERJİ .....	1
2.1. TÜRKİYE’DE BİRİNCİL ENERJİ DURUMU .....	11
2.1.1 Kömür .....	14
2.1.1.1.Dünya’da Kömür Durumu .....	15
2.1.1.2 Türkiye’de Kömür Durumu .....	16
2.1.2 Doğalgaz .....	18
2.1.2.1. Dünya’da Doğalgaz Durumu .....	19
2.1.2.2. Türkiye’de Doğalgaz Durumu .....	20
2.1.3 Nükleer Enerji.....	21
2.1.3.1. Dünya’da Nükleer Enerji Durumu .....	22
2.1.3.1. Türkiye’de Nükleer Enerji Durumu .....	24
2.2. Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynaklarının Kullanım Maliyetleri .....	26
2.2.1.Sürdürülebilirlik.....	26
2.2.2. Petrol Fiyatlarındaki Dengesizlikler .....	26
2.2.3.Enerji Güvenliği ve Dışa Bağımlılık .....	26
2.2.4.İklim – Çevre – Sağlık Problemleri .....	27



3.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI .....	28
3.1.Dünyada Yenilenebilir Enerjinin Mevcut Durumu .....	36
3.2. Güneş Enerjisi .....	40
3.2.1.Fotovoltaik Güneş Teknolojileri (Güneş Pilleri) .....	44
3.2.3.Dünya Güneş Enerji Piyasası.....	46
3.2.4.Türkiye’de Güneş Enerjisi Durumu.....	50
3.3.Rüzgâr Enerjisi .....	56
3.3.1.Dünya Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli .....	58
3.3.2.Türkiye’nin Rüzgâr Enerjisi .....	64
3.3.3.Rüzgâr Enerjisinin Çevresel Etkileri .....	69
3.4 Hidroelektrik Enerjisi .....	71
3.4.1. Dünya Hidrolik Enerji Piyasası .....	73
3.4.2.Türkiye’de Hidrolik Enerji .....	75
3.4.3.Hidroelektrik Enerjinin Çevre Etkisi .....	81
3.5. Jeotermal Enerji.....	82
3.5.1.Dünyada Jeotermal Enerji.....	85
3.5.2. Türkiye’de Jeotermal Enerji .....	87
3.5.3.Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri .....	90
3.5.4. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları.....	91
3.5.5.Jeotermal Enerjinin Dolaylı Kullanım Alanları.....	92
3.6.Biokütle Enerjisi .....	92
3.6.1.Biokütle kaynakları.....	93
3.6.2.Dünya Biokütle Enerji Piyasası .....	95
3.6.3.Türkiye’de Biokütle Enerjisi Potansiyeli.....	96
3.6.4.Biyokütle Enerjisinin Çevresel Etkileri .....	100
3.7.Dalga Enerjisi .....	101
3.7.1.Dünya’da Dalga Enerjisi Potansiyeli.....	101
3.7.2.Türkiye’de Dalga Enerjisi Potansiyeli.....	102
3.7.3.Dalga Enerjisinin Çevresel Etkileri .....	103
3.8.Hidrojen Enerjisi .....	104
3.7.1.Dünya Hidrojen Enerji Piyasası.....	106

3.7.2. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Potansiyeli .....	106
3.7.3. Hidrojen Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	106
4.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ .....	107
4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yöneliş Nedenleri .....	107
4.1.1.Enerji Arzının Sürekliliği.....	107
4.1.2.Sosyal ve Ekonomik Nedenler.....	108
4.1.3.Çevresel Nedenler.....	108
4.1.4.Enerji – Çevre İlişkisi .....	109
4.1.5.Enerjinin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri .....	109
5.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DÜNYA VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI .....	110
5.1.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dünya Ekonomisine Katkısı .....	110
5.1.1. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Ekonomik Yansımaları .....	110
5.1.2.Yenilenebilir Enerjinin İstidama Katkıları .....	110
5.2.Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Yatırımları.....	112
5.2.1Yenilenebilir Enerji Alanında Türkiye’nin Geleceği.....	116
5.2.2.Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Ekonomik Önemi .....	117
5.2.3.Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Çevresel Önemi.....	119
6.SONUÇ ve ÖNERİLER.....	120
7.KAYNAKLAR .....	123

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1:Dünya Üzerindeki Bazı Ülkelerin Enerji Göstergeleri (Üretim).....	2
Tablo 2.2: Dünya Üzerindeki Bazı Ülkelerin Enerji Göstergeleri (Tüketim ).....	3
Tablo 2.3:2007– 2016 Yılları Türkiye Elektrik Sist. Puant Güç ve Enerji Tüketimi....	3
Tablo 2.4:Dağıtım Sistemine Bağlı Tüketicilerin Brüt Elektrik Tüketim Tahminleri (GWh).....	4
Tablo 2.5: Fosil Kaynaklı Yakıtların Dünyadaki Durumu (2011).....	8
Tablo 2.6:Dünya Birincil Enerji Tüketim Yakıt Yüzdelik Payları (1973-2020).....	8
Tablo 2.7: Dünya’da Fosil Enerji Kaynakları Rezervi (2017 yılı sonu).....	9
Tablo 2.8: 2016 Yılında Dünya Üzerinde Enerji Tüketiminin Kaynaklara Dağılımı	10
Tablo 2.9: 2016 Yılında Türkiye’de Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı .	13
Tablo 2.10: 2016 Yılında Dünyada En Çok Kömür Üretimi Yapan Ülkeler .....	15
Tablo 2.11: Üretim Amaçlı Kullanılan Başlıca Kömür Sahaları.....	16
Tablo 2.12: Ülkemiz Termik Santral Kurulu Gücü Dağılımı (MW).....	17
Tablo 2.13: Bölgelere Göre Dünya Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervi (2015).....	18
Tablo 2.14: Bölgelere Göre 2015 Yılı Doğal Gaz Tüketimleri.....	19
Tablo 2.15: Ülkemizin Yıllara Göre Doğalgaz Üretim ve Tüketim Değerleri.....	20
Tablo 2.16: Ülke Bazında Doğal Gaz İthalatı (milyon m3 ) (2016) .....	21
Tablo 2.17: Bazı Ülkelerde Nükleer Reaktör Sayısı.....	23
Tablo 2.18: Dünya Üzerinde Bazı Ülkelerin Nükleer Güç Üretimi.....	23
Tablo 2.19: Yenilenebilir Enerji Kaynak Türüne Göre Kurulu ve Hedef Güç .....	32
Tablo 2.20: Yenilenebilir Enerji Kaynaklara Göre Dağılımı (2016).....	32
Tablo 2.21:Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre En Fazla Kapasite Artışı Yapan Ülkeler (2015).....	37
Tablo 2.22: Yenilenebilir Enerji Tüketim Miktarı, İlk 10 Ülke, 2015(Mtoe).....	38

Tablo 2.23: Yenilenebilir Enerji Göstergeleri, (2016).....	38
Tablo 2.24: Gelişmekte Olan Bazı Ülkelerde Yenilenebilir Enerji Kullanımı (2016)..	39
Tablo 2.25: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri.....	39
Tablo 2.26: Var Olan Enerji Sistemlerinin Çevresel Etkileri.....	40
Tablo 2.27: Exajolule Cinsinden 2050 Yılı Tahmini Enerji Kaynaklarının Kullan....	42
Tablo 2.28: Solar PV Küresel Kapasite Olarak İlk Sıralarda Yer Alan Ülkeler.....	47
Tablo 2.29: 2017 yılı İtibariyle Dünyada Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Tüketimi....	48
Tablo 2.30: Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü (2017).....	49
Tablo 2.31: Dünya Üzerindeki Bazı Ülkelerin Güneş Enerjisi Tüketimi (2017).....	50
Tablo 2.32: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	51
Tablo 2.33: 2017 Yılı Sonu İtibarıyla Lisanslı Santrallerin Kapasiteleri ve Mevcut Durumları.....	54
Tablo 2.34: Dünya Rüzgâr Potansiyelinin Bölgeler Göre Dağılımı (2015).....	57
Tablo 2.35: Rüzgâr Gücü Küresel Kapasitesinin Yıllara Göre Gösterimi(2006-2016)	58
Tablo 2.36: Ülkelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü (2016).....	59
Tablo 2.37: 2017 Dünyada Bölge Bazında Rüzgâr Enerjisi Tüketimi.....	61
Tablo 2.38: Dünyada Seçilmiş Ülkelerin Rüzgar Enerjisi Tüketimi(Mtep) (2017)....	62
Tablo 2.39: Bölgeler Göre Ortalama Rüzgâr Gücü.....	65
Tablo 2.40: Türkiye'nin Sahip Olduğu Rüzgâr Potansiyeli.....	66
Tablo 2.41: Rüzgâr ve Hidroelektrik Santrallerinin Kurulu Güç ve Enerji Üretimine Göre Arazi Kullanım Oranları.....	69
Tablo 2.42: Rüzgâr Türbininden Belli Uzaklıkta Hissedilen Gürültü Seviyeleri (db).	70
Tablo 2.43: Dünyada Bölgelere Göre Hidroelektrik Tüketimi.....	75
Tablo 2.44: Dünyada Seçilmiş Ülkelere Göre Hidroelektrik Enerji Tüketimi.....	75
Tablo 2.45: Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli.....	76
Tablo 2.46: Türkiye Elekt. Enerjisi Kurulu Güç ve Üretiminin 85-17 Arası Gelişim..	77

Tablo 2.47: HES Potansiyeli Durumu.....	78
Tablo 2.48: Özel Sektörce Geliştirilecek Projeler.....	79
Tablo 2.49: Özel Sektörce Geliştirilecek Projeler (GAP).....	79
Tablo 2.50: Türkiye’deki Önemli Hidroelektrik Santralleri.....	81
Tablo 2.51: Jeotermal Enerjinin Sıcaklığa Göre Kullanım Alanları.....	84
Tablo 2.52: 2017 Yılı İtibari ile Seçili Ülkelerdeki JES Kurulu Gücü.....	86
Tablo 2.53: Türkiye’nin Sahip Olduğu Yüksek Sıcaklıktaki Jeotermal Alanlar.....	88
Tablo 2.54: Elektrik Üretimine Uygun potansiyel (MWe).....	88
Tablo 2.55:Jeotermal Enerji Doğrudan Kullanımda Dünyadaki ilk 5 Ülke.....	91
Tablo 2,56:Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Dağılımları.....	91
Tablo 2,57: Biokütle Kaynaklarının İçeriğine Göre Sınıflandırılması.....	94
Tablo 2.58: 2017 Yılı Dünyada Bölgelere Göre Jeotermal,Biokütle ve Diğer Yenilenebilir Enerji Tüketimi.....	96
Tablo 2.59:2017 Yılı Dünyada Seçilmiş Ülkelere Göre Jeotermal, Biokütle ve Diğer Yenilenebilir Enerji Tüketimi.....	96
Tablo 2.60: Türkiye Biokütle Enerjisi Potansiyeli Atlasına Göre Enerji Değerleri....	97
Tablo 2.61: Türkiye Orman Kaynaklı Biokütle Potansiyeli .....	99
Tablo 2.62: Türkiye’nin Tarımsal Biokütle Enerji Potansiyeli .....	100
Tablo 2.63: Bölgesel Olarak Dalga Yoğunluğu .....	101
Tablo 2.64: Ülke Bazında Yenilenebilir Enerji Sistemlerinde Var Olan İstihdam Durumu.....	111
Tablo 2.65: Yenilenebilir Kaynakları Kurulu Gücü MW.....	113
Tablo 2.66: Türkiye’nin Yenilenebilir Kaynak Potansiyeli ve Kullanım Durumu...	113
Tablo 2.67: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Üretim Hedefleri MW.....	114
Tablo 2.68: Yenilenebilir Enerji Tesislerini İstihdam Yaratma Katsayıları.....	115
Tablo 2.69: Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Hedefleri ve İstihdam 2023.....	115
Tablo 2.70: YEK. İle Yapılan Üretim ve Hedefler.....	117

Tablo 2.71: Türkiye'nin Enerji İthalat Verileri ve Tahminleri.....	118
--	-----

## GRAFİK LİSTESİ

Grafik 3.1: Türkiye'de Yıllara Göre Enerji Talebi ve Artış Oranı.....	4
Grafik 3.2: Dünya Birincil Enerji Tüketim Yakıt Yüzdeler Payları (1973-2020).....	9
Grafik 3.3: Dünyadaki Fosil Yakıtlarda Öncü Ülkeler ve Yüzdeler Oranları.....	10
Grafik 3.4: 2016-2040 Yılları Arasında Enerji Arzı Altyapı Yatırımları.....	11
Grafik 3.5: Türkiye'de Birincil Enerji Üretimin Yerli Kaynaklar Bazında Dağılımı...12	
Grafik 3.6: Türkiye'de Birincil Enerji Üretimin İthal Kaynaklar Bazında Dağılımı...12	
Grafik 3.7: Türkiye'de Birincil Enerji Üretimin Dağılımı (2016).....	13
Grafik 3.8: 2016 yılında Türkiye'de Tüketilen Enerjinin Kaynaklara Oranı.....	14
Grafik 3.9: 2016 Yılında Kömür Üreten Ülkelerin Yüzdeler Payları.....	16
Grafik 3.10: Doğalgaz Rezervlerini Dünya Üzerindeki Oransal Gösterimi.....	18
Grafik 3.11: Küresel Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervleri (Trilyon m <sup>3</sup> )2017.....	19
Grafik 2.12: Ülkelere Göre İthalat Oranları 2016 yılı .....	21
Grafik 3.13: 2016 Yılı İtibari ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Diğer Kaynaklara Göre Oranı.....	33
Grafik 3.14: OECD Ülkelerinin 2017 Yılı İtibari ile Güneş Enerjisi Tüketim Oranı ..	49
Grafik 3.15: Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat).....	51
Grafik 3.16: Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m <sup>2</sup> -gün).....	52
Grafik 3.17: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Gelişimi (MW), 2012-2017.....	53
Grafik 3.18: Yıllara Göre GES Kurulu Gücünün ve Elektrik Üretiminin Değişimi....	53
Grafik 3.19: Türkiye'de GES'lerin Oranı.....	54
Grafik 3.20: Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Toplam.....	55
Grafik 3.21: Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Yenilenebilir Kaynaklar İçindeki Payı	55
Grafik 3.22: Dünya Üzerindeki Bölge Bazında Rüzgâr Potansiyelinin Dağılımı.....	57
Grafik 3.23: Rüzgâr Gücü Küresel Kapasitesinin Yıllara Göre Gösterimi 2006-2016	59
Grafik 3.24: Ülkelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü 2016.....	60
Grafik 3.25: Bölgesel Bazda Enerji Tüketiminin Oransal Gösterimi.....	61
Grafik 3.26: Gelişmişlik Seviyesine Göre Enerji Tüketimi.....	62

Grafik 3.27:Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllar İçerisinde Gelişimi...	66
Grafik 3.28: Bölgesel Olarak Rüzgâr Enerji santrallerinin Kurulu Güç Oranı ( %).	67
Grafik 3.29: Kurulu Gücün İllere Göre Dağılımı %.....	68
Grafik3.30: Yıllık Tahmini Kuş Ölümleri ve Nedenleri.....	70
Grafik 3.31: Ülkelere Göre Hidroelektrik Enerji Gücü İçindeki Oranı %.....	74
Grafik 3.32: 1985-2017 Yılları Arasında Türkiye Toplam Kurulu Gücü ile Hidrolik Kurulu Güç.....	77
Grafik 3.33: Hidroelektrik Santrallerden Elde Edilen Gücün Toplam Üretilen Güce Oranı (GWh).....	78
Grafik 3.34: 2016 Kasım ve 2017 Kasım Ayları Arasında Aylık Bazda Hidroelektrik Enerjisi Üretimi GWh.....	80
Grafik 3.35: Jeotermal Güç Kapasitesi Artış Oranı 2016 .....	86
Grafik 3.36: Türkiye’de Jeotermal Üretim kapasitesi (MWe).....	89
Grafik 3.37: 2018 Yılı Türkiye Jeotermal Santralleri Yıllık Elektrik Üretim Miktarı	90
Grafik 3.38: Türkiye’de Biokütle Enerjisi Kurulu Gücünü Gelişimi.....	98
Grafik 3.39: Türkiye’nin 2010-2016 Yılları Arasındaki Yenilenebilir Atık+Atık Isı Kurulu Gücü.....	98
Grafik 3.40: Birincil Kaynak ve Yenilenebilir Kaynak Tüketim Değerleri .....	112
Grafik 3.41: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Üretim Hedefleri.....	114
Grafik 3.42: Toplam Elektrik Üretimi İçinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı ( Brüt ).....	116

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1: Enerji Kaynakları.....	6
Şekil 4.2: Enerji Kaynaklarının Günümüzdeki Durumu.....	7
Şekil 4.3: Nükleer Santrallerin Türkiye İçin Önemi.....	25
Şekil 4.4: Yenilenebilir Enerji Kaynakları-1.....	28
Şekil 4.5: Yenilenebilir Enerji Kaynakları-2.....	30
Şekil 4.6: Üretilen Enerjiye Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklar Sınıflandırılması...34	
Şekil 4.7: Kaynağın Kontrolü ve Depolanmasına Göre Yenilenebilir Enerji Kaynak.35	
Şekil 4.8: YEK'lerin Yenilenebilir ve Atık Kaynaklar Olarak Sınıflandırılması.....	36
Şekil 4.9: Şebeke Bağımsız Sistemin Çalışması.....	45
Şekil 4.10:Şebeke Bağlantılı Sistemin Çalışması.....	45
Şekil 4.11:Dünya'daki Güneş Işınımı Yüksek Bölgeler.....	48
Şekil 4.12: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası.....	50
Şekil 4.13: Rüzgâr Enerjisi Üretim Şeması.....	63
Şekil 4.14: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası.....	64
Şekil 4.15: Türkiye'deki İşletmedeki RES'lerin Yerleşim Yerleri.....	67
Şekil 4.16: Hidrolik Enerji Üretim Şeması.....	71
Şekil 4.17: Türkiye'nin En Önemli Su Havzaları.....	80
Şekil 4.18: Jeotermal Enerjinin Oluşumu.....	82
Şekil 4.19:MTA Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası 2018.....	87
Şekil 4.20:Biokütle Döngüsü.....	93
Şekil 4.21:Kaynağına (Orijinine) Göre Biokütle Sınıflandırması.....	94
Şekil 4.22: Dalga Enerjisi Mevcut Sistemleri ve Yapılan İşlemler.....	102
Şekil 4.23: Hidrojen Enerjisi Sistemi.....	105



## KISALTMALAR LİSTESİ

BOREN	: Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü
BP	: British Petroleum
CSP	: Yoğunlaştırılmış Güneş Santralleri
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EPIA	: Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Derneği
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GWh	: Gigawattsaat
HEPA	: Hidroelektrik Enerji Potansiyeli Atlası
HES	: Hidroelektrik Enerji Santral
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
JES	: Jeotermal Enerji Santrali
KHES	: Küçük Hidroelektrik Enerji Santrali
KWh	: Kilowattsaat
MTA	: Maden Tetkik Arama
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Mega watt
OECD	: İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı
PW	: Fotovoltaik sistem

REPA	: Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
TESAB	: Türkiye Elektrik Sanayi Birliği
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TUYEEP	: Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı
TWh	: Terawatt saat
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
WWF	: Doğayı Koruma Derneği

## 1.ENERJİ

Günümüzde toplumsal ve maddi ilerlemenin en önemli göstergelerinden birisi enerji olarak karşımıza çıkmaktadır (Gülay, 2008). Enerji kaynaklarına sahip olmak toplumların öncelikli isteği olarak görülmektedir. Çağımızda toplumsal ve ekonomik olarak en önemli girdilerden biri olarak karşımıza çıkan enerji ülkelerin nüfus, sanayileşme ve ticaret faaliyetlerinin artması ile tüm dünyada enerji ihtiyacı önemli bir yere gelmiştir (Cihan, 2019).

Bir cismin iş yapabilme yeteneğine en basit anlamda enerji olarak adlandırmak mümkündür. Doğada birçok enerji çeşidi mevcuttur. Ve fizik kanunlarına göre var olan enerjide yok edilememekle birlikte bir enerjide yoktan var edilemez. Ancak enerji form değiştirebilir (Yılmaz, 2018).

Lebnitze göre ise enerji insan formu olarak adlandırılmış ve insanın hızı ile ağırlığı arasındaki matematiksel ilişki olarak tanımlanmıştır. Yunanca “en ve “ergon “ sözcüklerini birleşmesinden enerji sözcüğü oluşmuş olup kelime olarak iç iş olarak tanımlanmaktadır. Şimdiki zamana göre yeniden tanımlamamız gerekirse hayatı kolaylaştıran makinelerin çalışabilmesi ve üretime katkıda bulunabilmesi için lazım olan güç kaynağı olarak açıklayabiliriz (Ertaş, 2011).

Yüzyıllar boyunca tarih sahnesinde boy gösteren uygarlıkların gelişmesinde veya değişikliğe uğramasında kullandıkları ya da geliştirdikleri enerji ve enerji kaynaklarının büyük rolü olmuştur. Buradan yola çıkacak olursan insanlığın başlangıcı ile birlikte günlük hayatın devam etmesi için enerji en önemli kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarih sahnesinde ilk enerji kaynağı olarak insan kendi iç enerjisini kullanmaya başlayarak var olmuştur. Sonrasında ehlileştirdikleri hayvanların enerjilerini kullanarak hayatlarını kolaylaştırma yolunu bulmuşlardır. Ateşin bulunması ile birlikte de hayat daha kolay hale gelmiş, fosil yakıt enerjisi ile hayat yönetilmiştir. Bunun sonunda da beklide bir dönemin en önemli enerji kaynağı buhar enerjisi bunları izlemiştir (Keleş, Hamamcı ve Çoban,2009). İş yaptırma yeteneğini aktif hale getiren kavramlara enerji kaynakları adı verilmektedir (Erkan, 2014).

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi yüzyıllar boyunca insanoğlu enerjiye ulaşmayı aramıştır. Doğada enerji çok farklı kaynaklar şeklinde ulaşmak mümkündür. Enerji fiziksel enerji çeşitleri olarak “kinetik ve potansiyel “ olarak ikiye ayrılmaktadır. Kinetik enerji maddelerin hareket halinde sahip olduğu enerji olarak adlandırılmaktadır. Cisimlerin bulundukları fiziksel durumdan dolayı depo ettikleri enerjiye de potansiyel enerji denmektedir. Enerjiyi çok çeşitli birimler adı altında belirlemek mümkündür. Joule (J), Kalori (K), Kilowatt-saat (kWh), British ThermalUnit (Btu) gibi birimler enerjini kullanıldığı yere göre karşımıza çıkmaktadır (Batı, 2013).

İlerleyen teknolojik çalışmalar ve sanayileşmenin artması ile ortaya çıkan daha refah bir yaşam isteği enerjiyi çok önemli hale getirmiştir (Çanka Kılıç,2011).

Enerji kavramı ülkelerin maddi ekonomik ve ulusal güvenliğini etkileyecek hale gelmiş ve tüm siyasi hayata yön verir hale gelmiştir görülmektedir (Erdal ve Karakaya, 2012). Ülkelerin sanayileşme seviyelerinin artması, yaşam seviyelerinin yükselmesi. Enerji fiyatlarının artması gibi birçok faktör enerji talep ilişkilerinde etkin unsurlar gibi görülmektedir.

Enerji arzını tetikleyen faktörleri ise enerji kaynaklarının rezerv durumu üretim ve yatırım maliyetleri, sanayileşme ve milletler arası diyaloglar olarak çeşitlendirebiliriz. Bu arz ve talep arasındaki uyumsuzluklar ülke büyümesi ve halkın refah seviyesi için önemli sıkıntıların oluşmasına sebebiyet vermektedir (Bayraç, 2009).

2040 yılında dünya nüfusunun 9 milyar civarında olması beklenirken yaklaşık 2 milyar insanın enerji arzına dâhil olacağı beklenmektedir (Deniz, 2018). Hızlı nüfus artışı ve sanayisi gelişmiş yerlerde ise bu enerji, artışı daha fazla olacaktır.

Günümüz de ülkelerin maddi ve toplumsal olarak gelişmişlik seviyesi gösteren en önemli kıstas enerji olarak karşımız çıkmaktadır. Buda gösteriyor ki enerji ve gelişmişlik birbirlerine uyumlu olarak artış göstermektedir (Koç ve Şenel, 2013).

Dünya üzerindeki ülkelerin nüfusa göre enerji üretimleri gün geçtikçe artar duruma gelmiştir (Bkz. Tablo 2.1).

**Tablo 2.1:Dünya Üzerindeki Bazı Ülkelerin Enerji Göstergeleri (Üretim )**

Ülke	Nüfus (milyon)	Kişi Başına GSYİH (Dolar)	Enerji Üretimi (MTEP)	Total Enerji Arzı (Birincil )(MTEP)
ABD	316,47	45665	1881,03	2188,36
Kanada	35,15	37764	435,07	253,2
Brezilya	200	5834	252,92	293,68
Çin	1360	3576	2565,67	3009,47
Hindistan	1250	1192	523,34	775,45
Japonya	127,33	37576	27,96	454,65
Almanya	82,1	38513	120,38	317,66
Fransa	65,9	35690	136,25	253,32
İngiltere	64,11	40197	110,08	190,95

**Kaynak: Deniz,2018.**

Tablo 2.2 ile karşılaştırdığımız da ülkelerin refah seviyesi ve teknolojik gelişimi arttıkça kişi başına olan enerji tüketim ihtiyacı da artmaktadır.

**Tablo 2.2: Dünya Üzerindeki Bazı Ülkelerin Enerji Göstergeleri (Tüketim )**

	Elektrik Tüketimi (TWh)	Tüketilen enerji (Kişi başı ) (TEP)	Tüketilen Elektrik (Kişibaşı) (KWh)
ABD	4109,84	6,92	12987
Kanada	545,59	1,62	2150
Brezilya	516,63	1,47	2583
Çin	5121,83	2,21	3766
Hindistan	978,82	0,62	783
Japonya	997,78	3,57	7836
Almanya	576,46	3,87	7022
Fransa	486,48	3,84	7382
İngiltere	346,76	2,98	5409

**Kaynak: Deniz,2018.**

Dünya üzerindeki ülkeleri inceleyip Türkiye üzerinde bu durumu karşılaştıracak olursak enerji ihtiyacın ülkemizde de sürekli artan bir ihtiyaç olduğu görülmektedir. TEİAŞ'ın verilerine göre ülkemizin 2007-2016 yılları arasındaki enerji istatistikleri, aşağıda verilmiştir (Bkz. Tablo 2.3).

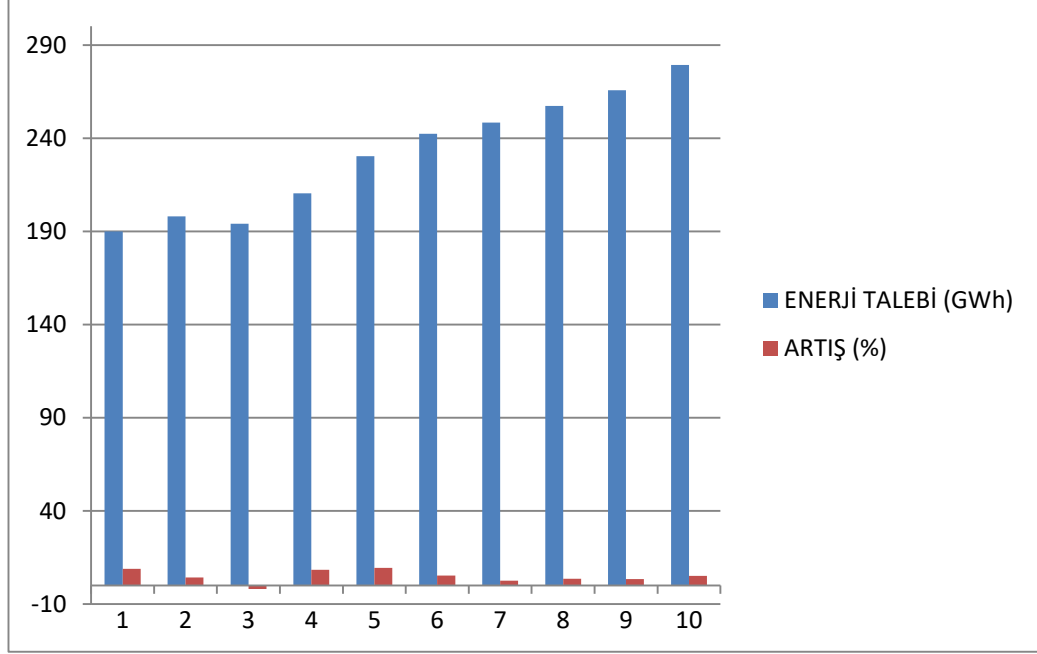
**Tablo 2.3:Türkiye'nin Elektrik Sistemi Puant Güç/Enerji Tüketimi (2007– 2016)**

YIL	PUANT GÜÇ TALEBİ (MW)	ARTIŞ (%)	ENERJİ TALEBİ (GWh)	ARTIŞ (%)	MİN.YÜK (MW)	MİN /PUANT YÜK ORANI (%)
2007	29,249	6	190,001	8,8	11,11	38
2008	30,517	4,3	198,085	4,3	10,409	34
2009	29,87	-2,1	194,079	-2	11,123	37
2010	33,392	11,8	210,434	8,4	13,513	40
2011	36,122	8,2	230,306	9,4	14,822	41
2012	39,045	8,1	242,37	5,2	13,922	36
2013	38,274	-2	248,324	2,5	14,8	39
2014	41,003	7,1	257,22	3,6	14,927	36
2015	43,289	5,6	265,724	3,3	16,269	38
2016	44,734	3,3	279,286	5,1	17,796	40

**KAYNAK: Cihan, 2019.**

Grafik 3.1’de Türkiye’deki enerji talebinin yıllara göre oranı gösterilmiştir. Teknoloji ilerledikçe artış oranı da doğru orantılı olarak artmıştır.

**Grafik 3.1: Türkiye’de Yıllara Göre Enerji Talebi ve Artış Oranı**



**KAYNAK: Cihan, 2019**

Enerji ihtiyacın artışı engellenemez bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde bu durum karşısında gerekli alt yapı sistemlerini kurarak çağın gerektirdiği şekilde çalışmalar yapmaktadır. TEİAŞ’ın dağıtım şirketleri ile ortak olarak yaptığı çalışmada ülkemizin 2027 yılına kadar olan enerji ihtiyacı talep durumu ortaya çıkarılmış ve Tablo 2.4’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.4: Dağıtım Sistemine Bağlı Tüketicilerin Brüt Elektrik Tüketim Tahminleri (GWh)**

YILLAR	DÜŞÜK	ARTIŞ (%)	BAZ	ARTIŞ (%)	YÜKSEK	ARTIŞ (%)
2019	207,069	3,2	215,259	3,9	223,824	4,7
2020	213,274	3	223,155	3,7	233,691	4,4
2021	219,26	2,8	230,861	3,5	243,452	4,2
2022	225,001	2,6	238,367	3,3	253,103	4
2023	230,776	2,6	245,926	3,2	262,864	3,9
2024	236,62	2,5	253,6	3,1	272,845	3,8
2025	242,371	2,4	261,237	3	282,896	3,7
2026	248,179	2,4	268,999	3	293,206	3,6
2027	254,057	2,4	276,904	2,9	303,803	3,6

**KAYNAK: Cihan, 2019**

Tablo 2.4 incelendiğinde, dağıtım sistemine bağlı tüketicilerin 2018-2027 dönemine ait brüt tüketimdeki ortalama artışları; düşük senaryoya göre %2,7 artış ile 250 milyar KWh'i, baz (referans) senaryoya göre %3,3 artış ile 270 milyar KWh'i, yüksek senaryoya göre %4,0 artış ile 300 milyar KWh'i aşması beklenmektedir.

Enerji yoktan var olmadığı ya da vardan yok olmadığı bilinen fiziksel bir gerçek olarak karşımıza form değiştirerek çıkmaktadır. Doğadaki en büyük enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi fotosentez olayı ile bitkiler tarafından kimyasal enerjiye dönüştürülebilir. Görüldüğü gibi doğadaki enerji kaynakları birçok farklı formda bulunabilir (ısı ışık nükleer elektrik mekanik kinetik vb.) ve hangi formda bulunursa bulunsun enerji bu formlar arasında birbirine dönüştürülebilir. Evrendeki toplam enerji miktarı aynı kalmakta ama enerjinin şekli ve yeri değişmektedir. Canlıların yaşantılarını sürdürmek için gereksinim duydukları kimyasal enerjiyi ayırırsak diğer temel enerji kaynaklarımız şunlardır (Gürsoy, 2004).

\*Fosil yakıtlar

\*Kömür

\*Petrol ve türevleri

\*Doğalgaz

\*Çekirdeksel yakıtlar

\*Çekirdeksel parçalanma

\*Çekirdeksel kaynaşma

\*Su gücü

\*Güneş

\*Rüzgâr

\*Biokütle

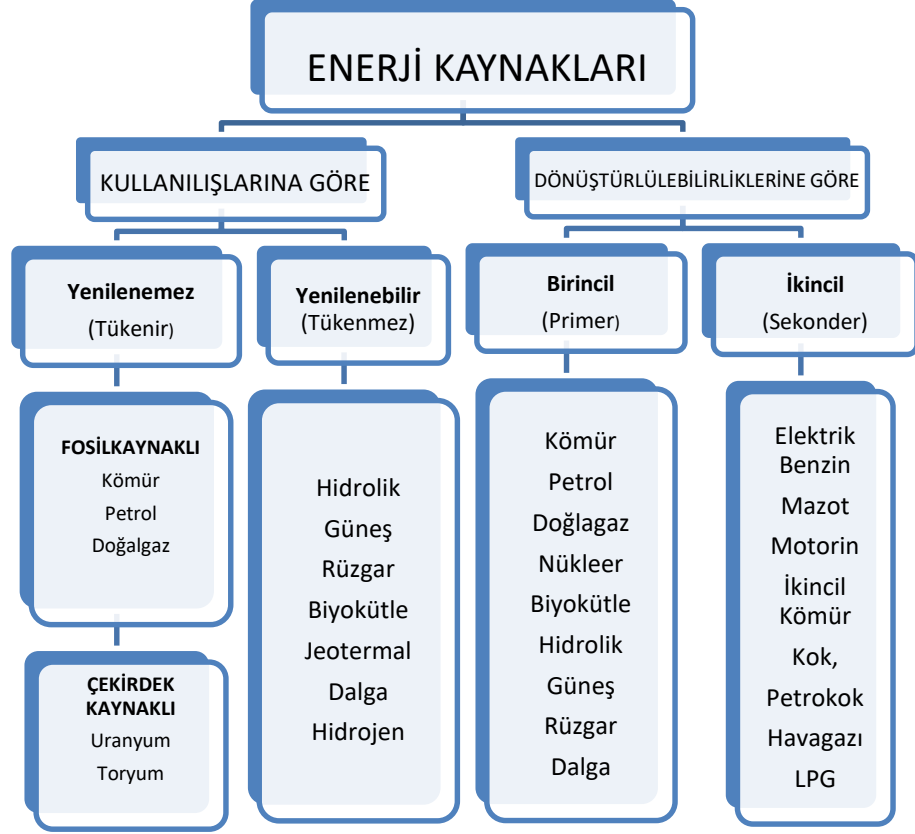
\*Yeraltı ısısı(Jeotermal)

\* Diğer ( Dalga ve Gelgit, Okyanuslardaki Isı, Okyanuslardaki Akıntı )

Bu enerji kaynaklarının dönüştürülmesi sonucunda Mekanik, ısı, kimyasal, elektrik, ışın, atom ve birleşme enerjisi gibi birçok enerji türüne ulaşmak mümkün olmaktadır. Enerjilerin bir başka sınıflandırma şekli ise dünyadaki varlığının durumuna göre tükenebilen ve tükenmeyen enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır (Özdamar, 2000).

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi günümüzde enerji kaynakları kullanılabilirlik ve dönüştürülebilirlik olarak ikiye ayrılmıştır.

**Şekil 4.1: Enerji Kaynakları**



**Kaynak:Koç ve Şenel,2013.**

Kullanılabilirliklerine göre ayırdığımızda yenilenemez ve yenilenebilir olarak ayırtmak mümkün iken dönüştürülebilirliklerine göre de birincil ve ikincil kaynaklar olarak sınıflandırmak mümkündür.

Yenilenemez enerji, nükleer kaynaklı ve fosil kaynaklı yakıtlar olarak ayırırken bu yakıtlar su an enerji kaynaklarının büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu kaynaktan gelen yakıt türü enerjiye dönüştükten sonra yok olmakta ve tekrardan yerine gelmesi mümkün olmaktadır.

Diğer bir tür ise yenilenebilir olarak adlandırdığımız doğanın bize verdiği enerji kaynaklarıdır. Bunlar güneş rüzgâr biokütle gibi tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Dönüşme özelliklerine göre de birincil ve ikincil kaynaklar olarak ayrılabilir ve buda enerji kaynaklarının ilk elde edilmiş durumuna göre sınıflandırılmıştır. Biz burada daha çok yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları üzerinde durmaya çalışacağız



## 2. YENİLENEMEZ (TÜKENİR) ENERJİ KAYNAKLARI

Günümüze kadar elde edilen enerjinin büyük bir bölümü yenilenemez olarak adlandırılan kaynaklardan elde edilmiştir. Ama kısa bir gelecekte bu enerji kaynağının tükeneceği ön görülmektedir (Koç ve Şenel, 2013).

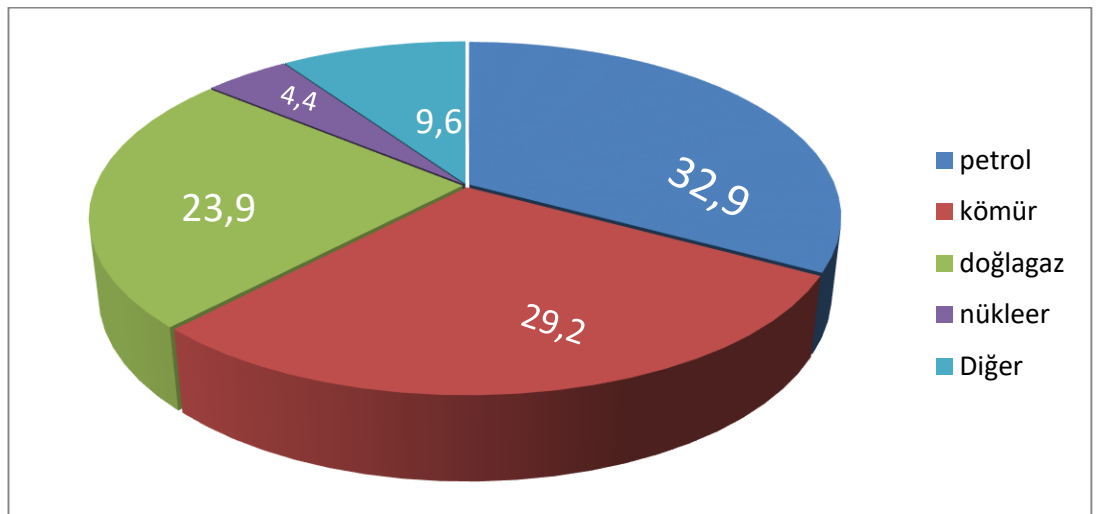
Tükenir enerji kaynaklarını deyince ilk önce fosil yakıtlar akla gelse de daha sonra bu fosil yakıtların yanına çekirdek kaynaklı (nükleer) yakıtlarda bu enerji kaynaklarına dâhil edilmiştir (Elmas, 2012).

Çağımızda enerji kaynaklarda fosil yakıt hâkimiyeti 19.yy. sonu 20.yy. başlarında önce petrolün ve sonrada doğalgazın kullanılmaya başlaması ile başlamıştır. Enerjiye ihtiyacın sürekli artışı ve tüm dünyada gelişmişlik, toplumsal kalkınma ve refah ve devletlerin gücü olarak temsil edilen enerjiye olan bağlılık bu petrol ve doğalgazın değerini her gecen gün artmasına neden olmuştur (Çıtak ve Kılınç Pala, 2016).

Fosil yakıt kaynakları değişik formlarda olsa da dünyanın belli bölgelerinde yoğunlaşmışlardır. Fosil yakıtların taşınması ve depolanmasının uygunluğu nedeni ile insanoğlu bu kaynaklara ulaşmayı ve bu kaynağı işleyerek enerji elde etmeyi öğrenmiştir. Fosil yakıtlar günümüzde hayatın her alanında (ulaştırma, ısı, elektrik, ticari ve endüstri işletmelerde) sıklıkla kullanılmaktadır (Akalp, 2019).

Dünyadaki enerji üretim kaynaklarının dağılımına bakacak olursak yüzde 32,9 ile petrol ilk sırada görülmektedir. Petrolü % 29,2 ile kömür ve % 23,9 ile doğalgaz takip etmektedir. Buda fosil kaynaklı enerjinin ne kadar değerli olduğunu göstermektedir (Bkz. Şekil 4.2).

**Şekil 4.2: Enerji Kaynaklarının Günümüzdeki Durumu**



Kaynak: Akalp, 2019.

Tablo 2.5'i inceleyecek olursak fosil kaynaklı yakıtların ömürlerinin çokta fazla kalmadığı görülmektedir.2011 verilerine göre dünya üzerinde en fazla rezerve sahip olduğu görülen maden taşkömürü olarak görülmektedir.

**Tablo 2.5: Fosil Kaynaklı Yakıtların Dünyadaki Durumu (2011)**

KAYNAKLAR	DÜNYA REZERVİ (2011)	DÜNYA REZERVLERİNİN KULLANILMA SÜRELERİ(YIL)	DÜNYA FOSİL YAKIT DEĞERLERİ 2011 YILI		
			ÜRETİM	TÜKETİM	TÜKETİM PAYI %
Petrol (milyar ton)	225,4	54	3995,6	4059,1	38
Doğalgaz(trilyon m3)	208,4	64	2954,8	2905,6	42
Taşkömürü	404,76	112	3955,5	3724,3	34,8
Linyit	456,18				
TOPLAM			10905,9	10689	100

Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.

Bu tüketim değerleri ile yol almaya devam edeceksek yakın bir gelecekte enerji sorunu çekmemiz olası görülmektedir. 2020 yılı tahminlerinde göre en yüksek paya sahip olan petrol ürünlerinin tükenme süresi çokta uzak olmayan bir gelecektir.(Bkz. Tablo. 2.6).

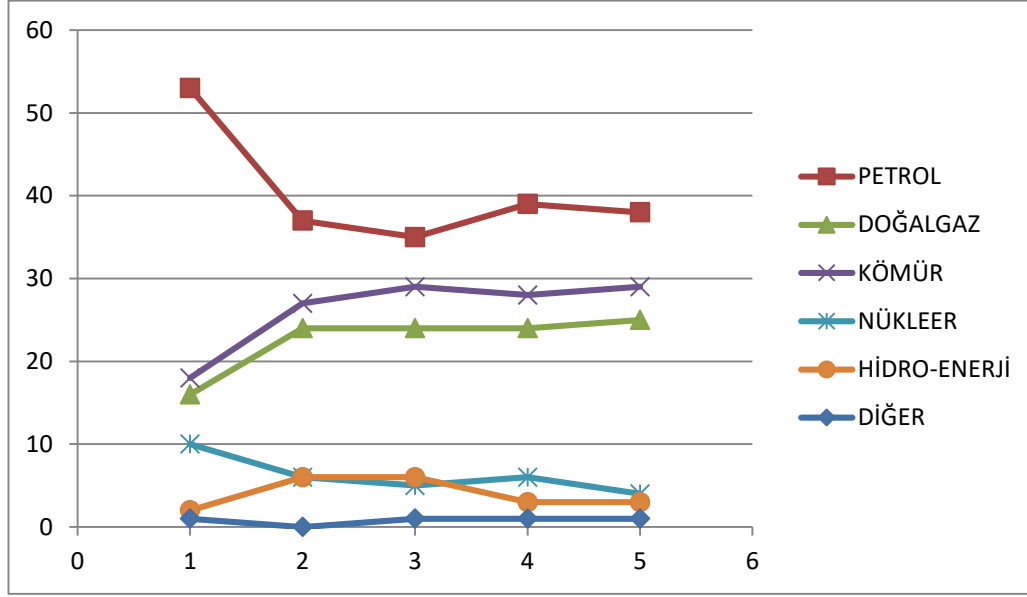
**Tablo 2.6:Dünya Birincil Enerji Tüketim Yakıt Yüzdeler Payları (1973-2020)**

KAYNAKLAR	1973	2004	2008	2010	2020
PETROL	53	37	35	39	38
DOĞALGAZ	16	24	24	24	25
KÖMÜR	18	27	29	28	29
NÜKLEER	10	6	5	6	4
HİDRO-ENERJİ	2	6	6	3	3
DİĞER	1	0	1	1	1

Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.

Dünya üzerinde halen en büyük enerji kaynağı olarak yenilenemez enerji kaynakları büyük rol oynamaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının tüketimdeki oranı toplamda yüzde 90 seviyesindedir (Bkz. Grafik 3.2).

**Grafik 3.2: Dünya Birincil Enerji Tüketim Yakıt Yüzdeleri (1973-2020)**



Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.

Fosil kaynakların 2017 yılı itibari ile mevcut durumuna baktığımızda ise birkaç ülke rezerv olarak bu konuda hayli güçlü durumda görülmektedir (Bkz. Tablo 2.7 ).

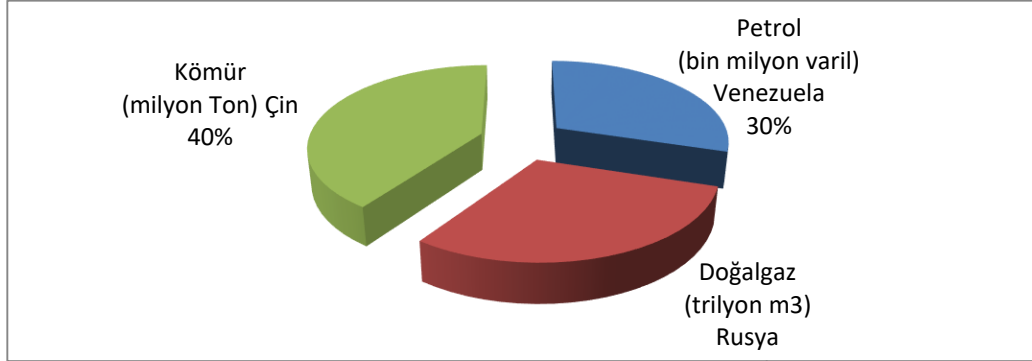
**Tablo 2.7: Dünya’da Fosil Enerji Kaynakları Rezervi (2017 yılı sonu)**

KAYNAKLAR	TOPLAM REZERV	EN BÜYÜK REZERVE SAHİP ÜLKE	PAY %
Petrol (bin milyon varil)	303	Venezuela	17,9
Doğalgaz (trilyon m <sup>3</sup> )	1235	Rusya	18,1
Kömür (milyon Ton)	250916	Çin	24,2

Kaynak: Bartık, 2018.

Petrol rezervi olarak Venezuela, yüzde 17,9’luk pay ile Doğalgaz rezervinde Rusya yüzde 18,1’lik pay ile ve Kömür Rezervlerinde ise Çin yüzde 24,2’lik pay ile dünya üzerinde başı çekmektedir (Bkz. Grafik 3.3).

**Grafik 3.3: Dünyadaki Fosil Yakıtlarda Öncü Ülkeler ve Yüzdeler Oranları**



**Kaynak: Bartık, 2018.**

Halen birincil enerji kaynakları dünya üzerinde kullanılan enerjinin büyük bir bölümünü karşılamaktadır. 2016 yılı verilene göre dünyada tüketilen enerji 13276,3 milyon ton eşdeğer petrol olarak belirtilmiştir. Tablo 2.8’te dünya enerji tüketiminin enerji kaynaklarına dağılımına bakacak olursak %33 pay ile petrol ilk sıradadır.

**Tablo 2.8: 2016 Yılında Dünya Üzerinde Enerji Tüketiminin Kaynaklara Dağılımı**

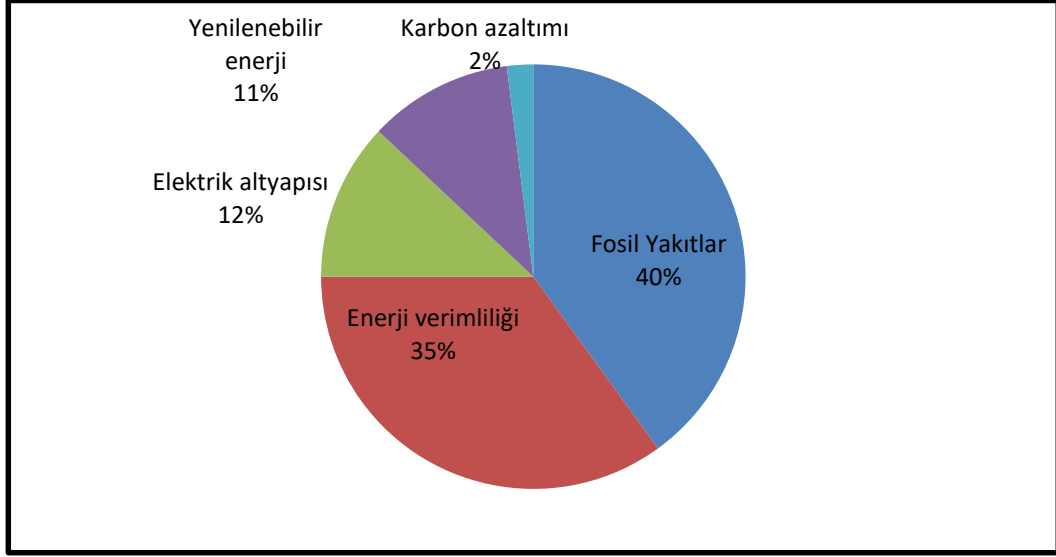
KAYNAKLAR	ENERJİ TÜKETİMİ (MTEP)	YÜZDELİK PAYI %
PETROL	4418,2	33
DOĞALGAZ	3204,1	24
KÖMÜR	3732	28
HİDRO-ELEKTRİK	910,3	7
NÜKLEER	419,6	3
YENİLENEBİLİR	592,1	5

**Kaynak: Kaya, 2018.**

Dünya üzerinde oluşan bu enerji ihtiyacını karşılamak için sürekli yeni üretim sistemleri devreye alınmaktadır. 2016-2040 yılları temel alındığında dünya üzerinde 66,5 trilyon dolarlık bir yatırımın yapılacağı öngörülmüştür.

Bu yatırımların dağılımlarının da su şekilde olacağı tahmin edilmektedir. %40 fosil yakıtlar %35 enerji verimliliği %12 elektrik alt yapısı %11 yenilenebilir enerji ve %2 karbon azaltımı üzerine olacağı görülmektedir (Bkz. Grafik 3.4).

**Grafik 3.4: 2016-2040 Yılları Arasında Enerji Arzı Altyapı Yatırımları**



**Kaynak: Kaya,2018.**

Yenilemez kaynakların çevre üzerindeki Zaraları gün geçtikçe geri dönülemez bir hale gelmektedir. Hatta bu kaynakların oluşturduğu çevre felaketini daha öz olarak adlandıracak olursan bu kaynaklar tükenmeden çevreyi tükenmiş hale getirebileceği öngörülmektedir. Çünkü sera gazı ve küresel ısınma günümüz iklim koşullarını çok olumsuz yönde etkilemektedir (Adaçay, 2014).

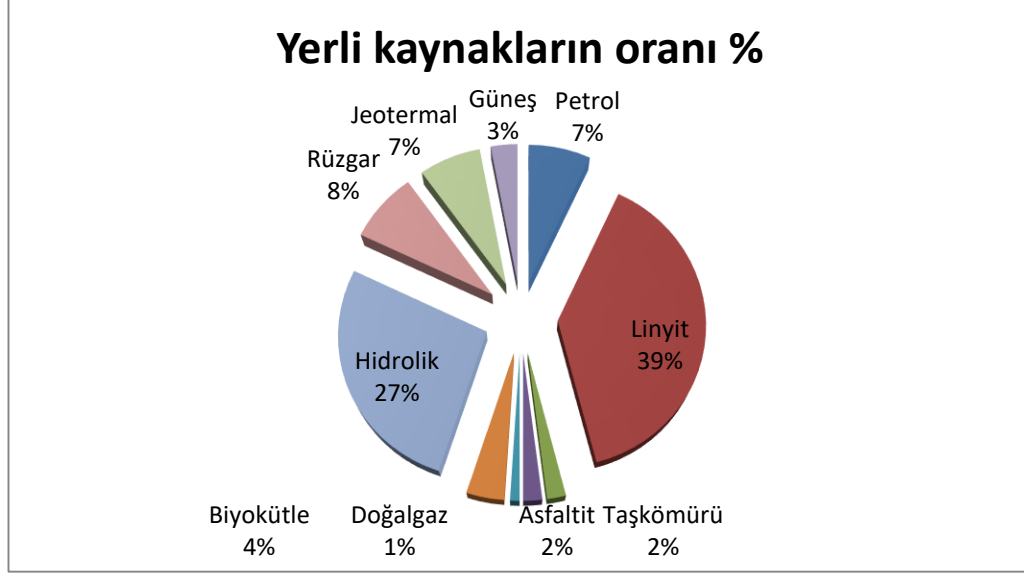
## **2.1. TÜRKİYE’DE BİRİNCİL ENERJİ DURUMU**

Bilindiği gibi fosil kaynaklı yakıtlar canlı kalıntılarının yüksek sıcaklık ve basınç etkisi altında çok uzun yıllar boyunca kalması ile meydana gelmişlerdir. Meydana gelen fosil kalıntılarının çıkarılması çeşitli süreçler altında işlenmesi ve dönüşümü ile içlerindeki mevcut enerji dışa çıkartılır. Fosil kaynaklar ile enerji üretimi yapıldıktan sonra bu kaynakların geri dönüşümü olmamaktadır. Bu yüzden bu kaynaklar gün geçtikçe azalmaktadır (Gedik, 2015).

Dünyada yoğun olarak kullanılan fosil yakıtlar ülkemizde de tercih edilen yakıtlar olmak la birlikte ülkemizin sahip olduğu fosil yakıt potansiyeli Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılayacak durumda değildir. Türkiye’de birçok fosil kaynak rezervleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji ihtiyacı karşılanmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde ki enerji ihtiyacının %60’lık gibi büyük bir kısmı rezerv kaynaklarımızın yetersiz olmasına rağmen fosil kaynaklı enerjiden karşılanmaktadır.

Görüldüğü gibi ülkemiz fosil yakıtlarda yerli kaynak rezervi olarak Türkiye sıkıntılı bir durumdadır. Yerli kaynaklar değerlendirildiğinde hidrolik kaynaklara yönelmek ülkemiz için daha doğru bir strateji olarak görülmektedir (Bkz. Grafik 3.5).

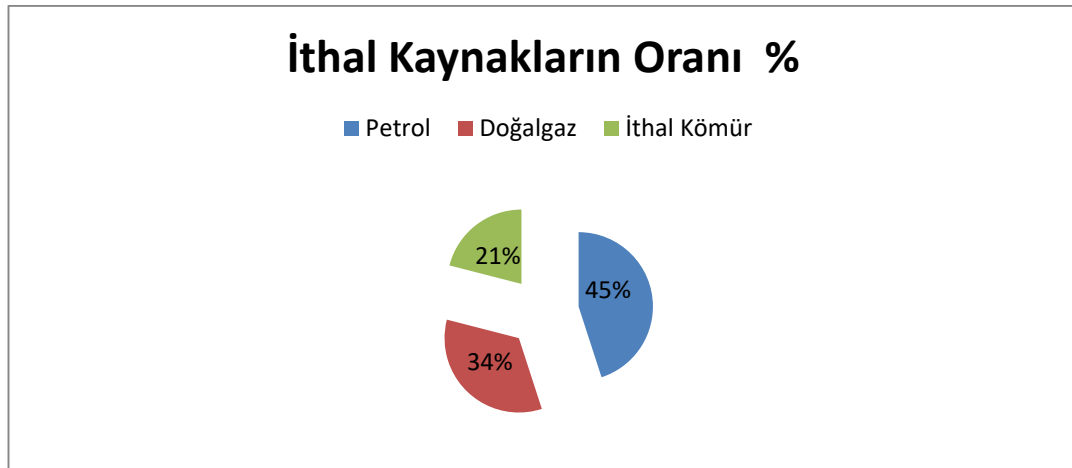
**Grafik 3.5: Türkiye’de Birincil Enerji Üretim Yeri Kaynaklar Bazında Dağılımı**



**Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.**

Fosil kaynaklardan enerji üretme yoluna giden ülkemiz bu kaynakların hammadde ihtiyacını karşılamak için her yıl yüklü miktarda döviz yurtdışına ödemek zorunda kalmaktadır (Bkz. Grafik 3.6).

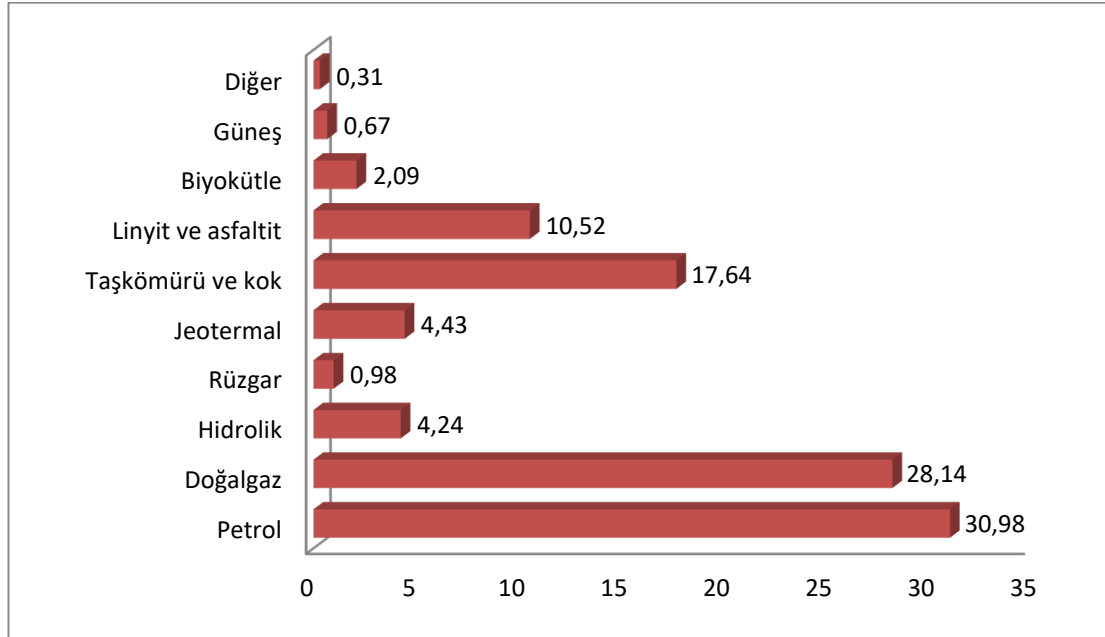
**Grafik 3.6: Türkiye’de Birincil Enerji Üretim İthal Kaynaklar Bazında Dağılımı**



**Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.**

Grafik 3.7 ‘de görüldüğü gibi ülkemizin birincil enerji üretiminde petrol ilk sıradadır. Petrolü sırası ile doğalgaz, taşkömürü ve linyit takip etmektedir.

**Grafik 3.7: Türkiye’de Birincil Enerji Üretim Dağılımı (2016)**



**Kaynak: Koç ve Şenel, 2013.**

Türkiye’de enerji üretimi 2016 yılı itibari ile 78.497 MW olarak hesaplanmıştır. Bu tüketilen gücün enerji kaynaklarına göre dağılımı Tablo 2.9’da görülmektedir.

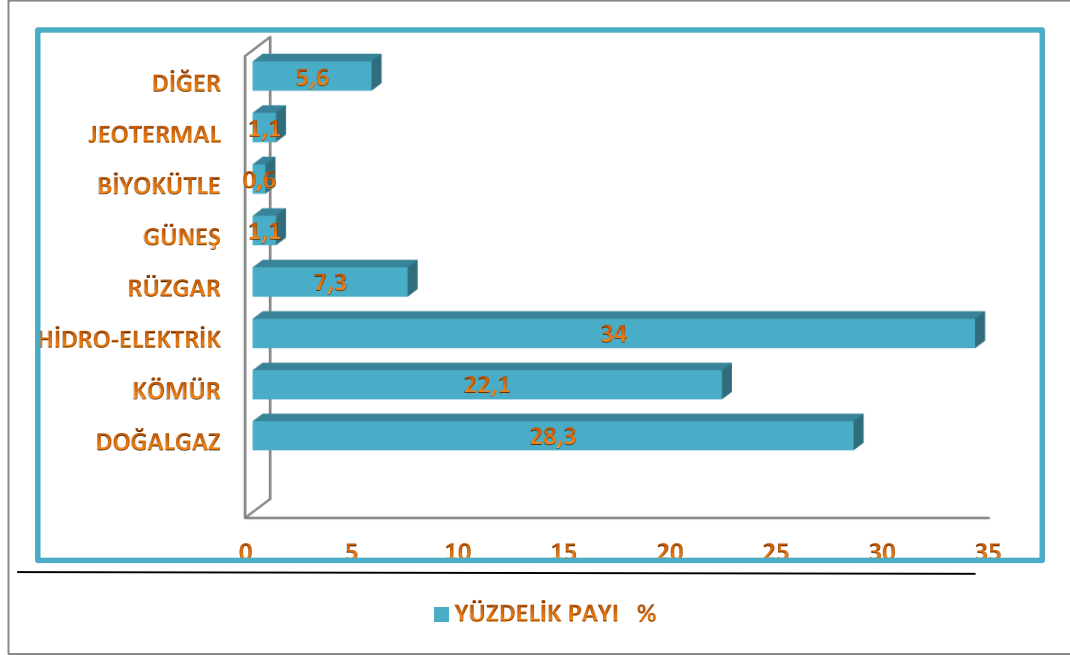
**Tablo 2.9: 2016 Yılında Türkiye’de Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı**

KAYNAKLAR	ENERJİ TUKETİMİ (MW)	YUZDELİK PAYI %
DOĞALGAZ	22156	28,3
KÖMÜR	17316	22,1
HİDRO-ELEKTRİK	26,681	34
RÜZGÂR	5751	7,3
GÜNEŞ	819	1,1
BİYOKÜTLE	467	0,6
JEOTERMAL	858	1,1
DİĞER	4449	5,6

**Kaynak: Kaya,2018.**

Türkiye’nin Kurulu enerji gücünün %34 kısmı hidroelektrik kaynaklarından sağlanmaktadır. Daha sonra doğalgaz %28,3 kömür %22,1 ve rüzgâr enerjisi %7,3 ile gelmektedir. 2016 yılı itibari ile ülkemizin toplam kurulu gücü 78.497 MW olmuştur (Bkz. Grafik 3.8).

**Grafik 3.8: 2016 Yılında Türkiye’de Tüketilen Enerjinin Kaynaklara Oranı**



Kaynak: Kaya,2018.

### 2.1.1 Kömür

Nemli ve sıcak bölgelerde uygun ortam asit değerlerinin oluşması durumunda organik maddelerin su ve toprak altında dönüşümü ile oluşan maddeye kömür denmektedir (Savrul, 2010).

Fosil kaynaklar denildiğinde ilk akla gelen kaynak olan kömür dünyanın birçok bölgesinde bulunur ve günlük yaşantımızın vazgeçilmez enerji kaynağı olarak yerini almıştır. Kömür sanayileşmenin her alanında ısı enerjisi oluşturmak için gerekli en önemli hammaddelerden biridir. Örneğin demir çelik endüstrisinde, endüstriyel üretim sistemlerinde kömürün etkinliğinin fazlalığını görebilmekteyiz. Kömür. Güvenilir bir yakıt olarak, üretim maliyetinin düşüklüğü ve ayrıca bu üretim aşamasında ileri teknoloji ihtiyacı göstermemesi tercih sebeplerinin başlarında yer almaktadır (Demir, 2013).

Elektrik üretiminde kömür kaynağının hammadde olarak kullanıldığı termik santraller günümüzde en çok kullanılan elektrik santralleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu santraller her ne kadar hammadde olarak kolay elde edilen santraller olarak karşımıza çıksa da çevreye verdiği zarar olarak baktığımızda ilk sırada yer almaktadır.

Termik santrallerde çevreye atık olarak birçok zararlı katı ve gaz madde salmaktadır. Bu maddelerden en önemlileri kükürt dioksit, karbon monoksit, azot oksit



gibi maddeler ki bunlar insan, toplum ve tabiat sağlığını olumsuz etkilemektedir (Akdoğan, 2018).

### 2.1.1.1.Dünya’da Kömür Durumu

Dünya üzerinde kömür üretimi son 30 yıl da 2 kat artmıştır. Bu artışın en büyük etmeni Çin ve Asya kıtasındaki teknolojik gelişmeye bağlı olarak artan enerji ihtiyacıdır. Özellikle Çin de son 10 yılda elektrik ihtiyacı 2 kat artmıştır. Söz konusu artışın büyük bir kısmı kömüre dayalı üretimden karşılanmıştır (Tamzok,2018).

Kömür üretimi gelişmekte olan ülkelerde enerji üretimde ilk tercih sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Nedeni ise kömürün daha kolay ve ucuz olarak ulaşılabilir olmasıdır. Ancak gelişmiş ülkelerde ( Avrupa birliği vb.) özellikle çevreye duyarlılıklardan dolayı kömür yerine doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artmıştır (Tamzok,2018).

Dünyada 2014 yılına kadar artarak devam eden kömür üretimi bu yıl 8.275.000 ton’a ulaştıktan sonra gerilemeye başlamış ve 2016 yılı itibari ile 7.460.000 ton olmuştur. Dolayısı ile son yıllardaki gerileme %10 seviyesindedir (Tamzok,2018).

Dünya üzerinde kömür üretimi yapan ülkeler incelendiğinde görülmektedir ki dünya üzerindeki 8 ülke toplam kömür üretiminin %87,7 ‘sini karşılamaktadır (Bkz. Tablo 2.10).

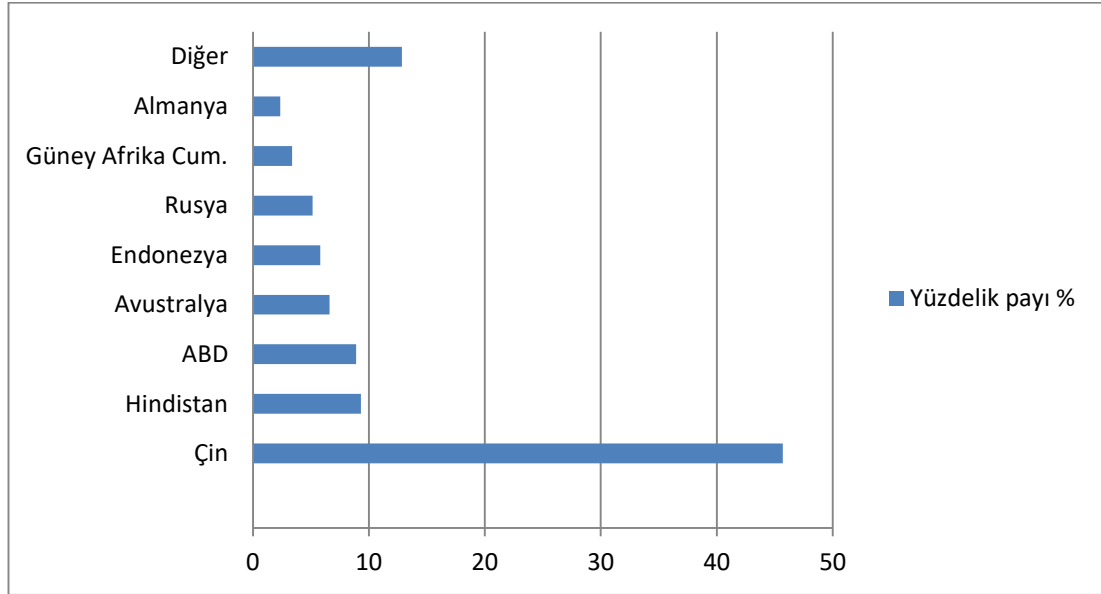
**Tablo 2.10: 2016 Yılında Dünyada En Çok Kömür Üretimi Yapan Ülkeler**

Ülkeler	Kömür Üretim Miktarı (milyon Ton)	Yüzdelik payı %
Çin	3411	45,7
Hindistan	692	9,3
ABD	661	8,9
Avustralya	493	6,6
Endonezya	434	5,81
Rusya	385	5,15
Güney Afrika Cum.	251	3,36
Almanya	176	2,35
Diğer	958	12,83

**Kaynak: Tamzok, 2018.**

Grafik 3.9’da görüleceği gibi üretim yapan ülkelerde ilk sırayı en yüksek pay %45,7 ile Çin almaktadır. Bu ülkeyi sırası ile Hindistan %9,3, ABD %8,9, Avusturalya %6,6 takip etmektedir.

**Grafik 3.9: 2016 Yılında Kömür Üreten Ülkelerin Yüzdesele Payları**



**Kaynak: Tamzok, 2018.**

Son yıllarda kömüre olan ilgi dünya çapında yavaşlarsa da gelişmekte olan ülkelerden bazılarında artışlar çok yüksek seviyelerde olmuştur. Örneğin Endonezya da %124, Hindistan da %54, Çin de %33 Kolombiya da %37 artış olurken ABD, Almanya, Yunanistan, İspanya, İngiltere gibi ülkelerde ciddi düşüşler gerçekleşmiştir.

#### **2.1.1.2 Türkiye’de Kömür Durumu**

Ülkemizde maddi karşılığı olan kömür rezervleri 2016 yılı itibari ile 70.2 milyon ton linyit, 1.3 milyon ton taş kömürü ve 1.5 milyon ton asfaltit olarak toplam 73 milyon ton olmuştur. Bu rezerv miktarları ile dünya üzerinde % 1,5’luk bir dilim elde etmektedir. Bu kömür havzaları ve tahmini büyüklüklerini aşağıdaki Tablo 2.11’de görmekteyiz

**Tablo 2.11: Üretim Amaçlı Kullanılan Başlıca Kömür Sahaları 2016**

Saha	Toplam Kaynak (Bin ton)
Afşin-Elbistan Havzası	4.831.902
Çayırhan Havzası	425.896
Kütahya Seyitömer	160.000
Konya Karapınar	1.833.000
Afyon Dinar	941.000
Eskişehir Alpu	1.453.000
Adana Tufanbeyli	323.329
Bingöl Karlıova	103.662

Bolu Göynük	37.875
Manisa Soma	688.000
Kütahya Tunçbilek	253.000
Tekirdağ Saray	283.000
Şırnak Asfaltit	71.000
Konya Ilgın	143.000
Çankırı Orta	94.390
Adıyaman Gölbaşı	32.000

**Kaynak: Tamzok, 2018.**

1973 yılındaki petrol krizinden sonra ülkemizdeki linyit üretimi ön plana çıkmıştır. Ancak üretilen linyitin kalitesi düşük olduğundan çoğunlukla termik santrallerde kullanılmaya başlanmıştır. 2016 yılında ülkemizde tüketilen kömür miktarı 37,9 milyon tonu yerli veya ithal taş kömürü 69,5 milyon tonu da linyit kömürü be asfaltit olmak üzere 107,4 milyon tona ulaşmıştır (Tamzok,2018).

2016 yılı verilerine bakacak olursak bu tüketim miktarında taş kömürü tüketiminin %48,5'lik kısmı ile linyit ve asfaltit tüketimini de %88,6'sı elektrik üretiminde kullanılmaktadır (Tamzok,2018).

TEİAŞ 2017 verilerine göre termik santrallerde üretilen enerjini gücü 17.316 MW seviyesine ulaşmıştır. Bu da toplam üretilen güç miktarının %22 anlamına gelmektedir. Bu üretilen gücün %12,5'lik kısmı yerli kömür kaynaklarından %9,5'lik kısmına ithal kömür kaynaklarından elde edilmiştir. 1986'da %37,3 seviyelerinde olan yerli kömüre dayalı kurulu güç içindeki 2016 yılsonu itibariyle %12,6 seviyesine kadar düşmüştür. Bu açıdan baktığımızda yerli kömür ile işletilen santrallerdeki azalış önümüzdeki yıllarda da ithal kömür ile enerji üretmeye devam edeceğimizi ve bununla ülke olarak biraz daha fazla dışa bağımlılık getireceğini söylemek yanlış olmaz (Cihan,2019).

Ülkemizde bulunan termik santral güç dağılımı yıllar içerisinde şu şekilde gerçekleşmiştir (Bkz. Tablo 2.12).

**Tablo 2.12: Ülkemiz Termik Santral Kurulu Gücü Dağılımı (MW)**

Ülkemiz Termik Santral Kurulu Gücü Dağılımı (MW)		2002	2012	2014	2015	2016
TEK YAKITLI	Linyit	6503	8148	8238	8663	9087
	Taşkömürü	335	335	335	350	350
	İthal Kömür + Asfaltit	145	4048	6198	6469	7879
ÇOK YAKITLI	Katı + Sıvı	456	676	668	667	667
	Sıvı + D. Gaz	1264	3273	4074	3684	3354

**Kaynak: Tamzok, 2018.**

## 2.1.2 Doğalgaz

Doğalgaz da tıpkı kömür gibi yeraltında yüksek basınç ve ısı altında milyonlarca yıl kalmış olan organik maddelerin değişimi sonucu oluşmuş fosil yakıtlardır (Arı, 2007).

İçerik olarak doğalgaz % 95 oranında metan ve eser miktarda etan, propan, atom, bütan ve karbondioksit gazlarından meydana gelmektedir. Fosil kaynaklı bir enerji kaynağı olan doğalgaz yeraltında gözenekli kayaların arasına sıkışmış ya da petrol havzalarının üzerinde hacimli bir şekilde var olmaktadır (Beyza, 2009).

Tablo 2.13'deki 2015 yılı verilerine göre dünya doğalgaz rezervi olarak Ortadoğu bölgesi % 42,8 gibi bir oranla ilk sırada yer almaktadır. Onu sırası ile Avrasya bölgesi % 30,4, Asya pasifik bölgesi % 8,4, Afrika % 7,5 ile takip etmektedirler.

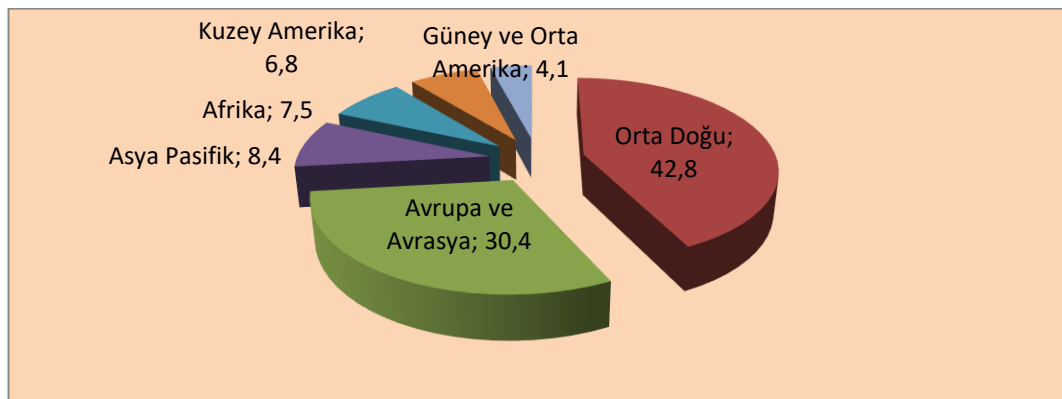
**Tablo 2.13: Bölgelere Göre Dünya Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervi 2015**

BÖLGE	Doğalgaz Rezervi (trilyon M3)	Dünya Üzerindeki Payı %
Orta Doğu	80	42,8
Avrupa ve Avrasya	56,8	30,4
Asya Pasifik	15,6	8,4
Afrika	14,1	7,5
Kuzey Amerika	12,8	6,8
Güney ve Orta Amerika	7,6	4,1
Dünya Toplamı	186,9	100

**Kaynak: Kaya, 2018.**

Dünya üzerindeki doğalgaz rezervlerini incelediğimizde en yüksek rezervin Ortadoğu bölgesinde var olduğunu görmekteyiz. Bu bölgeyi sırası ile Avrupa ve Asya bölgesi takip etmektedir (Bkz. Grafik 3.10).

**Grafik 3.10: Doğalgaz Rezervlerini Dünya Üzerindeki Oransal Gösterimi**



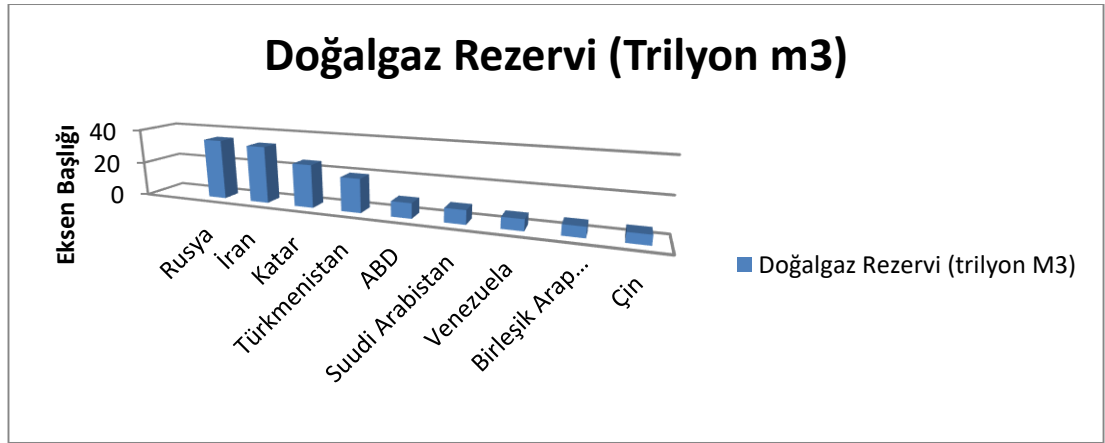
**Kaynak: Kaya, 2018.**

Dünya üzerinde oransal olarak baktığımızda var olan doğalgaz rezervinin neredeyse yarısının orta doğu bölgesinde var olduğu görülmektedir. Ve buda günümüzde Ortadoğu bölgesindeki karışıkların neden olduğunun en güzel göstergelerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 2.1.2.1. Dünya’da Doğalgaz Durumu

Doğalgaz rezervi olarak dünya ülkelerine baktığımızda Ortadoğu ve Asya ülkeleri bu kategoride baş sıralarda yer almaktadır. İran, Rusya, Katar ve Türkmenistan dünya doğalgaz rezervinin %60’ına sahiptir (Bkz. Grafik 3.11).

**Grafik 3.11: Küresel Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervleri (Trilyon m3 )2017**



**Kaynak: Kaya, 2018.**

Doğalgaz üretim açısından Ortadoğu ve Asya ülkeleri ilk sırada yer alırken, doğalgaz tüketimine baktığımızda dünya üzerinde gelişmiş olan ülkeler bu kategoride üstünlüklerini yeniden göstermişlerdir. Teknolojik olarak gelişmiş ülkelerin bulunduğu Avrupa ve Kuzey Amerika bölgesi tüketim sıralamasında başı çekmektedir (Bkz. Tablo 2.14):

**Tablo 2.14: Bölgelere Göre 2015 Yılı Doğalgaz Tüketimleri**

BÖLGE	Doğalgaz Tüketimi (trilyon M3)	Dünya Üzerindeki Payı %
Avrupa ve Avrasya	1003,5	28,8
Kuzey Amerika	963,6	28,1
Asya Pasifik	701,1	20,1
Ortadoğu	490,2	14,1
Güney ve Orta Amerika	174,8	5
Afrika	135,5	3,9
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>3468,6</b>	<b>100</b>

**Kaynak: Kaya, 2018.**

### 2.1.2.2. Türkiye’de Doğalgaz Durumu

Ülkemiz doğalgaz rezerv kaynakları olarak dünya üzerinde sınırlı bir kaynağa sahip olarak görülmektedir. Yapılan incelemelerde ülkemizdeki doğalgaz rezervi 18,7 milyar m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. 2016 yılı itibari ile ülkemizde doğalgaza dayalı enerji üretim gücü 22.150 MW olup bunun da toplam güce oranı % 28,3 olarak hesaplanmıştır (Deniz, 2018).

Ülkemiz doğalgaz üretimi olarak sınırlı bir kaynağa sahip olsa da tüketim olarak oldukça üst seviyelerde yer almaktadır. Buda üretim ve tüketim arasında büyük bir açık olmasına ve bu açığında ithal yolu ile giderilmesine sebep vermektedir. 2016 yılı itibari ile ülkemizde 381,6 milyon m<sup>3</sup> doğalgaz çıkarımı gerçekleşmiştir. Bunun 248,1 milyon m<sup>3</sup>’ü TPAO tarafından üretilmiştir. Türkiye genelinde 2016 yılsonu itibarıyla 46,1 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz tüketimi gerçekleşmiştir (Bkz. Tablo 2.15).

**Tablo 2.15: Ülkemizin Yıllara Göre Doğalgaz Üretim ve Tüketim Değerleri**

YIL	DOĞAL ÜRETİMİ (milyon m <sup>3</sup> )	GAZ ÜRETİMİ (milyon m <sup>3</sup> )	TPAO DOĞAL ÜRETİMİ (milyon m <sup>3</sup> )	GAZ ÜRETİMİ (milyon m <sup>3</sup> )	DOĞAL TÜKETİMİ (milyon m <sup>3</sup> )	GAZ TÜKETİMİ (milyon m <sup>3</sup> )
2008	1014,5		495,6		36100	
2009	729,4		277,3		34400	
2010	726		260,7		36900	
2011	793,4		317,7		43800	
2012	664,4		339,7		45242	
2013	561,5		307,6		45270	
2014	502,1		251,8		48717	
2015	398,7		165,7		47999	
2016	381,6		248,1		46146	

**Kaynak: Deniz, 2018.**

Tablo 2.15’ de görüldüğü gibi ülkemizin doğalgaz ihtiyacı nerdeyse tamamen dışa bağımlı olarak gerçekleşmektedir. 2016 yılı itibari ile ihtiyacın % 99’a yakın bir kısmı ithal olarak karşılanmıştır. Bu ithal edilen doğalgazın % 50’lik kısmı elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Ülkemiz 2016 yılı itibari bu ithalatı dünya çapında çeşitli ülkelerden gerçekleştirmektedir. Ağırlık olarak komşu ülkelerden ithalat yapılırsa da deniz aşırı ülkelerden de doğalgaz ithalatı yapılmaktadır (Kaya, 2018).

Komşu ülkelerden yapılan doğalgaz ithalatı daha çok doğalgaz boru hatları vasıtası ile gerçekleşirken deniz aşırı ülkelerden yapılan ithalat ise deniz yolu ile tankerler kullanılarak sıvılaştırılmış lpg (LNG) olarak yapılmaktadır. Dünya üzerinde doğalgaz ithalatında öncü ülkeler Tablo 2.16’da görülmektedir.

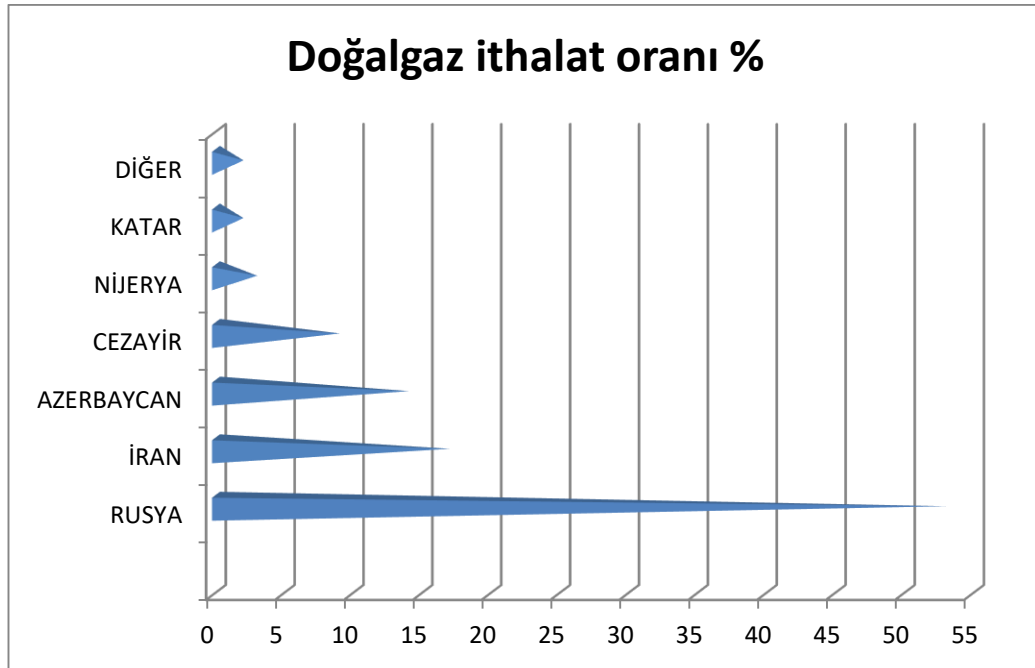
**Tablo 2.16: Ülke Bazında Doğalgaz İthalatı (milyon m3 ) (2016)**

ÜLKELER	İthal Edilen Doğalgaz ( Milyon m3)	Doğalgaz ithalat oranı %
RUSYA	24740	53
İRAN	7705	17
AZERBAYCAN	6480	14
CEZAYİR	4193	9
NİJERYA	1120	3
KATAR	935,1	2
DİĞER	933,5	2

**Kaynak: Deniz, 2018.**

Grafik 3.12 incelendiğinde Rusya %53'lük oranla ilk sırada yer almaktadır. Ardından %17 ile İran ve %14 ile Azerbaycan gelmektedir.

**Grafik 3.12: Ükelere Göre İthalat Oranları 2016 yılı**



**Kaynak: Deniz, 2018.**

### 2.1.3 Nükleer Enerji

Çekirdek Enerji denilen nükleer enerji adından da anlaşılacağı gibi atom çekirdeğindeki parçalanma sonucu ortaya çıkan enerjinin adıdır (Şengelen, 2016). Bu

bölünme sonucunda açığa çıkan enerji kontrollü ve sürekli olarak enerjinin üretildiği sistemlere nükleer santraller denmektedir

Bu santraller kullanılan yakıt çoğunlukla zenginleştirilmiş olan uranyumdur. Nükleer enerji kavramı ilk olarak 2. Dünya savaşının sonundaki Hiroşima ve Nagazaki şehirlerine atılan atom bombasının etkisi ile daha çok bilinir hale gelmiştir. Bu konuda ilk çalışmalar 1945 yılında ABD de yapılmıştır. Görüldüğü gibi yeni bir kaynak olan nükleer enerjinin yaklaşık 80 yıl gibi bir geçmişi vardır (Bartik, 2018).

Bahsi geçen enerji kaynağının barışçıl amaçlarla kullanımı deneysel amaçlarla da olsa 1930 yıllara kadar dayanmaktadır. 1942 yılında Chicago üniversitesin de ilk nükleer tesisi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında yaygınlaşan bu enerji türüne ait ilk santraller ABD ve Rusya hızlıca devreye girmiştir. 1975 yılına gelindiğinde dünya üzerinde 19 ülkede 157 santral hizmete girmiştir. Dolayısıyla nükleer santral ve nükleer enerji kavramı hayatımıza girmiştir (Bartik, 2018).

Tüm fosil yakıtlı santraller de olduğu gibi nükleer santrallerde de insan ve toplum sağlığı açısından büyük risk taşıyan durumlar söz konusu olmaktadır. Enerjinin üretilmesi esnasında ortaya çıkacak olan radyasyonun insan ve çevre için az tehdit olması için her geçen gün teknolojik çalışmalar yapılmakta ve nükleer santraller her geçen gün geliştirilmektedir. Günümüzde artık ikinci ve üçüncü nesil santraller birçok ülkede kullanılsa da ve hatta dördüncü nesil santraller için gerekli çalışmalar yapılsana ortaya çıkabilecek olan risk hiçbir zaman azalamayacaktır (Bartik, 2018).

Her ne kadar ortaya çıkan riskin boyutları çok ciddi boyutlarda olsa da nükleer enerji hakkında günümüzde olumlu görüş belirten oldukça büyük bir uzaman çevresi bulunmaktadır. Nükleer enerjinin en önemli yönlerinden birkaç tanesinin şu şekilde açıklanmaktadır. Nükleer enerji sayesinde enerji fosil kaynaklı yakıtlardan kurtulmak mümkün olur ve ülkelerin dışa bağılılıkları en aza indirilebilir. Ayrıca canlı yaşamına ve çevresel etkiye zararı en aza indirilebilecektir (Tuğrul, 2006).

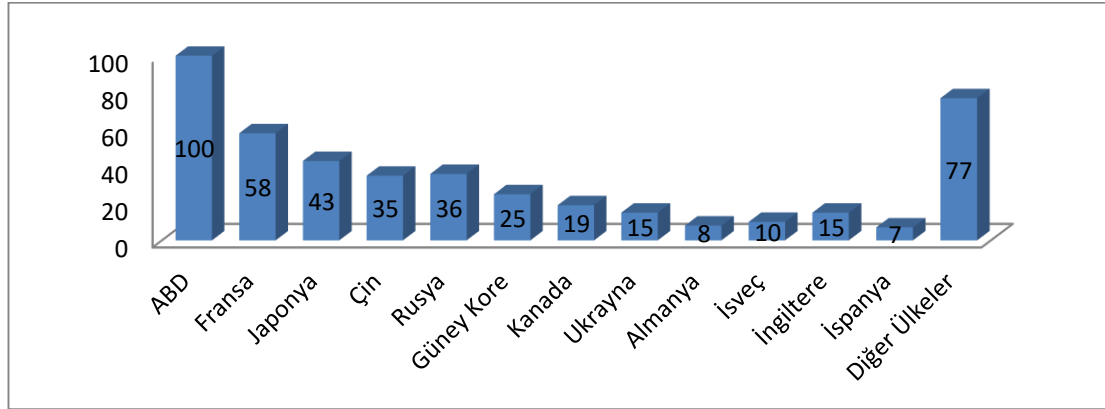
Artan nüfus ve sanayileşme oranı enerji ihtiyacını her geçen gün büyük bir hızla artmaktadır. Nükleer enerji bu artan talep karşısında fosil yakıt ve dışa bağımlılığı en aza indirebilecek enerji türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Tuğrul, 2006).

### **2.1.3.1. Dünya’da Nükleer Enerji Durumu**

Dünya üzerinde çalışmasına devam eden 448 adet nükleer enerji reaktörü bulunmaktadır. Burada 100 reaktör ile ABD başı çekmektedir. Bu ülkeyi sırası ile Fransa 58 Japonya 43, Çin 35, Rusya 36 izlemektedir. Dünyada birçok ülke kendi nükleer santrali kurmak için her geçen gün çalışmalarını artırmıştır (Bkz. Tablo 2.17).



**Tablo 2.17: Bazı Ülkelerde Nükleer Reaktör Sayısı**



**Kaynak: Bartık, 2018.**

Bu var olan nükleer reaktörlerden elde edilen kurulu güce bakacak olursak bu gücün hiçte azımsanmayacak kadar çok olduğunu görebiliriz. 100 reaktörle dünya üzerindeki en fazla reaktöre sahip ABD'nin bu reaktörlerden elde ettiği enerji miktarı 100.350 MW olarak karşımıza çıkmaktadır ve bu üretim miktarı toplam üretimi içinde % 19,5'lik bir dilime denk gelmektedir (Bkz. Tablo 2.18).

**Tablo 2.18: Dünya Üzerinde Bazı Ülkelerin Nükleer Güç Üretimi**

Ülkeler	Reaktör Sayısı	Net Elektrik Kapasitesi (MWe)	Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Yüzdesi (%)
ABD	100	100350	19,5
Fransa	58	63130	76,9
Japonya	43	40290	1,7
Çin	35	30402	3,5
Rusya	36	26557	18,6
Güney Kore	25	23133	30,4
Kanada	19	13500	16,8
Ukrayna	15	13107	49,4
Almanya	8	10799	15,8
İsveç	10	9648	41,5
İngiltere	15	8883	17,2
İspanya	7	7121	204
Diğer Ülkeler	77	43183	
Dünya	448	390165	11

**Kaynak: Bartık, 2018.**

Görüldüğü gibi ABD'nin nükleer enerji santrallerinden ürettiği enerji toplam ürettiği enerjinin yaklaşık % 20'sidir. Fransa'ya bakıldığında üretilen güç 63.130 MW olup toplam enerjisine oranladığımızda % 76,9'a çıkmaktadır. Gelişmiş olan

ülkelerde nükleer enerji kullanımının çok daha fazla yer aldığını yukarıda ki tablodan daha iyi anlayabiliriz (Bartik, 2018).

Nükleer enerji santrallerinde enerji üretimi esnasında iki adet çekirdek kaynağı bulunmaktadır. Bunlar Uranyum ve Toryumdur. 2016 yılı verilerine bakıldığında dünya üzerinde uranyum bakımından en zengin ülke Avustralya'dır. Dünya toplam uranyum rezervinin 1.664.000 tonu bu ülkede bulunmaktadır. Avustralya'yı Kazakistan 745.000 ton Kanada 509.000 ton ve 507.000 ton ile Rusya takip etmektedir. Türkiye deki Uranyum rezervine bakıldığında ise 9.129 ton ile dünya üzerindeki ülkelerden çok geride bulunduğu görülmektedir. 2016 yılı toryum rezervine bakacak olursan dünya üzerindeki toryum rezervi yaklaşık olarak 6.350.000 ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu rezervin 846.000 tonu Hindistan da olup bu oran ile Hindistan dünya toryum rezervinde ilk sırada yer almaktadır. Hindistan'ı sırası ile Brezilya 632.000 ton, Avustralya 595.000 ton, ABD 590.000 ton ve Türkiye 374.000 ton işle gelmektedir (Bartik, 2018).

### **2.1.3.1. Türkiye'de Nükleer Enerji Durumu**

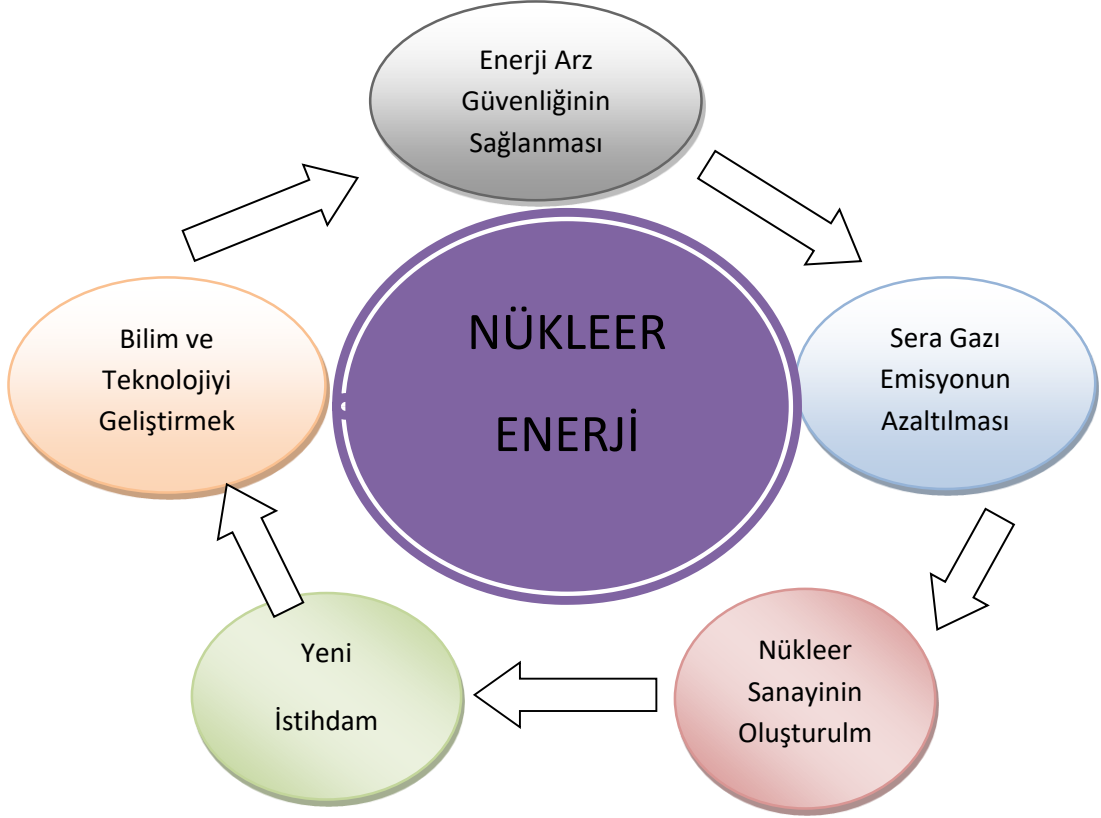
1956 yılında dünyada kurulan uluslararası atom enerjisi kurulu IEA ajansına Türkiye kuruluş yılı içerisinde dâhil olmuştur. Türkiye 1965 yılı itibari ile ilk nükleer enerji santrali için çalışmalar başlasa da 1974 yılında ilk nükleer santraller için saha lisansı alınmıştır. Bu lisans şu an Akkuyu sahası için geçerlidir. Rusya ile ilk nükleer anlaşmalar 2010 yılında Akkuyu nükleer santrali için yapılmıştır. Anlaşmaya göre kurulacak santral VVER-1200 tipi 4 adet üniteye sahip ve toplam kurulu gücü 4.800 MW olacaktır. Bu santralin ilk ünitesi 2021 yılında devreye girecek ve tamamı 2024 yılında devrede olacaktır (Bartik, 2018).

Türkiye'nin 2. Nükleer santrali olacak olan Sinop nükleer santrali ile ilgili antlaşmalar 2013 yılında Japonya ile yapılmıştır. Anlaşmaya göre yapılacak santral ATMEA-1 tipi 4 ünite ve toplam 4.480 MW Kurulu gücünde olacak ve santralin ilk iki ünitesi 2023-2024 yıllarında devreye girecek tamamı ise 2028 yılında tamamlanacaktır (Bartik, 2018).

Üçüncü nükleer enerji santrali içinde çalışmalar yapılmakta olup 2014 yılında EÜAŞ, Westinghouse Electric ve SNPTC (State Nuclear Power Technology Corporation) arasında anlaşmalar yapılmıştır. Şu an bu firmalar ile birlikte gelişim raporunun çalışılması yapılmaktadır. Ülkemizin nükleer enerjiye geçiş aşamasında bizim için önemli kriterler olarak karşımıza çıkan bazı şartlar söz konusudur (Bartik, 2018).

Ülkemizin nükleer enerjiye geçişi birçok alanda katkı sağlayacaktır. Bu faydaları Şekil 4.3 'de ayrıntılı bir şekilde görmekteyiz.

**Şekil 4.3: Nükleer Santrallerin Türkiye İçin Önemi**



Nükleer santraller günümüzde tercih edilen santraller haline gelmişlerdir. Bu santralleri bu kadar tercih sebebi haline getiren sebepleri ise şöyle sıralayabiliriz.

\* Nükleer santraller iklim koşullarından en az etkilenen santrallerdir. Neredeyse 7/24 ve %90 kapasite ile çalışabilmektedirler

\* Bu santrallerden elde edilen elektrik enerjisinin birim fiyatı oldukça düşük seviyelerde olmaktadır. Dolayısı ile Elektrik üretiminde yakıt fiyat dalgalanmaları gibi aksaklıklar elektrik fiyatlarını en az etkileyen enerji türüdür.

\* Ham madde (Uranyum, Toryum) kaynağı dünya üzerinde çeşitli coğrafyalara yayılmıştır. Bu hammaddeye sahip ülkeler büyük bir avantaja sahip olmakla birlikte hammaddeye ulaşım nispeten kolay durumdadır.

\* Nükleer santrallerdeki gelişmiş koruma önlemleri sayesinde radyasyon salınımı ihmal edilebilir seviyelere kadar indirilmiştir. Sera gazı gibi dünyamızı tehdit eden gaz salınımı gerçekleştirmezler. Bu nedenle artık dünyamızın gelişmiş büyük şehirlerinin sınırları içerisinde dahi nükleer enerji santrallerine rastlamak mümkündür (Londra Paris, New York vb.).

## **2.2. Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynaklarının Kullanım Maliyetleri**

Yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanmanın insanlık açısından birçok olumsuz maliyeti olsa da bu maliyetleri 4 ana başlık altında incelemek mümkündür;

1. Sürdürülebilirlik,
2. Petrol fiyatlarındaki dengesizlikler,
3. Enerji güvenliği ve dışa bağımlılık,
4. İklim – çevre – sağlık problemleri,

### **2.2.1.Sürdürülebilirlik**

Dünya Üzerindeki teknolojik gelişmeler ve Sürekli yükselmekte olan nüfus yakın zamanda fosil yakıtların bu artan enerji ihtiyaçlarını tek başına karşılayamayacağını göstermektedir. Yapılan araştırmalara göre petrol ve türevlerinin rezerv ömrü 40 yıl gibi görülürken doğalgaz 60 kömür ise 250 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir. Bu hızla tüketmeye devam edecek olursak 2030 yılı itibari ile petrol rezervleri %85, Doğalgaz %60, Kömür ise %25 oranında azalacağı yapılan çalışmalarda görülmüştür (Alemdaroğlu, 2007).

### **2.2.2. Petrol Fiyatlarındaki Dengesizlikler**

Petrol ve türevleri enerji piyasasında başrolü oynamasına karşın bu piyasanın fiyat tutarsızlıkları temel enerji kaynağı olan petrolün sıkıntılı olarak tanımlanmasına neden olmuştur.

70’li yıllarda Arap –İsrail savaşının tetiklemesi ile başlayan ve petrol üreten ülkelerin arz talep dengesizlikleri bu dönemde varil fiyatı 3\$ olan petrolü bir anda 13\$ seviyelerine çekmiştir. Oluşan bu durum bir anda dünya çapında bir sıkıntıya sebep olmuştu .(Alemdaroğlu, 2007). 90 ‘lı yıllarda oluşan körfez savaşı, 2003 yılında Irak’ın işgali sırasında ve günümüzde Suriye oluşan karışık durumların sonucu olarak görülmektedir ki arzı elinde tutan belli ülkeler yaşanan bu siyasi ve toplumsal olaylardan kolayca etkilenmekte ve sabit bir petrol fiyatı günümüze kadar sağlanmamıştır.

### **2.2.3.Enerji Güvenliği ve Dışa Bağımlılık**

Ülkemizin en önemli enerji sorunlarından birisi sahip olmadığımız enerji hammadde kaynaklarına yapılan yatırımlar sonucu dışa bağımlı bir yük altına girmiş olmasıdır. Nihayetinde maliyet ve ücretlendirme politikası egemen güçlerin elinde olan bu fosil yakıt kaynakları üzerinde oynan oyunlardan dolayı ülke ekonomisinde büyük sıkıntılar oluşmaktadır (Akalp, 2019).

Egemen güçlerin belirlediği bu fiyatlandırma tarifesi fosil yakıtlar konusunda sınırlı rezerve sahip ülkemizde ihracat açıklarına sebebiyet vermektedir. ETKB’nin

verilerine göre 2011-2015 yılları arasında petrol ithalatına 67,4 milyar\$ harcanmıştır (Akalp, 2019). Yukarıdaki ödenen tutar dikkate alındığına bu ülke ekonomisi için hayli ağır bir yük getirmektedir. Bu ağır yüklerden kurtulmak için ‘enerji çeşitlendirilmesi ve Enerji güvenliği gibi kavramlar üzerinde daha ciddi atılımlar yapılması gerekmektedir (Gediz ve Arpazlı, 2016).

Ülkelerin teknolojik ve sosyal gelişimleri için olmazsa olmazı olan enerjidir. Bu enerjiyi Ucuz, kesintisiz, güvenilir, temiz yollardan bulmak ve çeşitlendirmek ülkeler için önemli bir devlet ilkesi haline gelmeli ve bu ilkeler üzerinde ciddi şekilde yatırımlar yapılmalıdır (Bolat ve Özdemir, 2016). Özellikle sınırlı fosil yakıt kaynağına sahip olan Türkiye gibi ülkelerin ana politikası enerji kaynaklarını çeşitlendirmek olmalıdır.

#### **2.2.4. İklim – Çevre – Sağlık Problemleri**

Oluşumu 5,5 milyar yıl olduğu tahmin edilen yerküre üzerindeki fosil yakıtların 200 yıl gibi bir süreçte bitme durumuna gelmesi korkutucu bir durumdur (Polatkan, 2009).

200 yıl gibi bir süreçte kullanılan bu fosil yakıtlar bugün karşımıza küresel ısınma veya sera etkisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Atmosferde artan başta karbondioksit ve diğer gazlar dünyanın ısını giderek artırmıştır (Kumbur, Özer, Özsoy, Avcı, 2005).

Bu durumu iklim değişikliği olarak adlandırmak mümkündür (Abalı, Arısoy, Atik, Gümüş, 2009). Toplumların sosyal ve ekonomik refahlarının artmasında ve bireylerin yaşam kalitesinin kolaylaşması ve artması için enerji önemli bir husustur. Bu enerjiyi güvenli, kolay ulaşılabilir, ucuz ve sürdürülebilir olarak elde etmek ülkelerin en önemli ilkelerinden biri olmalıdır. Ancak günümüz koşullarında enerji elde etmek için yaptığımız çalışmaların büyük bir çoğunluğu çevreye zararlı olmakta bölgesel ve evrensel anlamda soruna sebebiyet vermektedir (Akalp, 2019).

2030 yılında karbondioksit emisyonunun 75 milyar tona erişmesi 2050 yılında 100 milyar ton 2100 yılında ise 149 milyar ton olması beklenmektedir. Ve bu oluşan karbondioksit emisyon değerlerinin %80 den fazlasının sorumlusunun enerji üretimi sırasında ortaya çıkan gazlardan dolayı olduğu tespit edilmiştir. Elektrik enerjisine ulaşmada günümüzdeki en önemli gelişmelerden biriside nükleer enerjidir. İçinde bulunduğumuz çağa atom çağı denmesinin sebeplerinden biride budur. Nükleer enerji günümüzde önemli bir enerji türüdür. Lakin bu enerji ile 2. Dünya savaşı sırasında atom bombası ile tanıştığımız için genel anlamda barışçıl amaçlarla kullanılması insanın bu enerjiye şüphe ile bakmasına sebebiyet vermiştir. Ayrıca 1986 yılındaki Çernobil ve 2011 yılındaki Fukişima nükleer enerji kazaları bu güce karşı olumsuz bir seyir takınılmasına sebebiyet vermiştir. Nükleer santrallerde kullanılan radyoaktif elementlerin oluşturduğu atık sorunu da dünya çapında büyük bir sorun olarak halen gündemdeki yerini tutmaktadır (Akalp, 2019).

### 3.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yerküre var olduğundan beri varlığını koruyan ve varlığını gelecek nesillere de taşıması muhtemel olan kendini sürekli olarak yenileyebilen kaynaklara denir (Şenel, 2012).

Yenilenebilir enerji Tüketilebildiğinden daha kısa sürede yeri dolabilen ve güneş rüzgâr vb. dünya kurulduğundan beri var olan doğa olaylarından üretilebilecek enerji olarak ta tanımlanabilir (Karalı,2017). Bu kaynakların önemli tarafı sürekli kendini yenileyebilen, en az düzeyde çevresel etki yaratan, güvenilir olan, çalışma, tamir ve bakım giderlerinin düşük olan bir enerji türü olmasıdır (Karalı, 2017).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını doğada farklı şekillerde görmek mümkündür ( Güneş, Rüzgâr, Dalga Gücü, Jeotermal, Hidrolik vb.) Doğanın dengesinin korunması bakımından bu kaynaklara yönelmek çok önemli bir hale almıştır (Mahmutoğlu, 2013). Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hidrolik güç 1/3 gibi bir oran ile Türkiye’de ilk sıradadır.

Temiz enerji kaynaklarına artan eğilim küresel çapta giderek artan bir trende girse de var olan kaynaklar içerisinde bilinçsiz ve yoğun tüketim sonucunda doğaya zarar veren kaynaklar olan hidrolik ve biokütle enerjisi artarken doğa için zararsız kabul edilen güneş ve rüzgâr enerjisi kullanımını nispeten daha geride kalmıştır.

Teknoloji olarak ileri seviyeyi ulaştırmış ülkeler bu doğaya zararsız kabul edilen güneş rüzgâr ve dönüştürülmüş biokütle enerjisinin kullanımını gün geçtikçe daha da artırmış durumdadırlar. Gelişmekte olan ülkelerde ise bu kaynaklar hala yeterli ilgiyi görememektedir (Cihan, 2019).

Enerji piyasasında ki bu sürekli maliyet artışına seçenek olarak yenilenebilir enerji kaynakları çözüm olabileceği tahmin edilse de asıl yapılması gereken artan teknoloji ve temiz enerji kaynakları ile ekonomik hale getirilmesi gerekliliğidir. Böyle bir yol izlendiği takdirde gelişen teknoloji ve temiz enerji kaynakları şu an mevcut durumdaki fosil yakıtların önünde daimi olarak kullanılabilir (Ağaçbiçer, 2010).

Enerji kaynaklarını, enerjiyi, kullanım şekilleri, elde ediliş yöntemleri ve ömürlerine göre çeşitli sınıflara ayırmak mümkündür (Koç ve Şenel, 2013). Ama temiz enerji dediğimiz yenilenebilir enerji kapsamında şu enerji kaynaklarından bahsetmek mümkündür (Bkz. Şekil 4.4).

**Şekil 4.4: Yenilenebilir Enerji Kaynakları 1**



İnsanoğlu hayatını devam ettirmek kolaylaştırmak ve refah seviyesi artırmak için enerjiye hayatının her aşamasında ihtiyaç duymuştur. Netice itibari ile ihtiyaç olan enerjiye kaynak yaratmak için çözüm odaklı birçok çalışmada bulunmuştur (Adaçay, 2014). Küresel olarak başlayan sanayileşme hareketi enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artırmıştır.

Bu süreçte çözüm olarak karşımıza yenilenebilir enerji kaynağı çıkmıştır. Bu kaynak her geçen gün önem kazanarak varlığını sürdürmektedir. Doğada var olan mevcut kaynakların kullanımından elde edilen bu enerji çözüm odaklı yaklaşımların başrolü olmuştur (Cingil, 2008).

Yenilenebilir enerji hem ihtiyaç duyulan iç enerjiyi karşılamakta hem de çevresel olarak hava kirlenme potansiyeli ve sera gazı emisyonunu sıfıra yakın bir seviyeye çekmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları hammaddesinin büyük bir çoğunluğunu dolaylı ya da doğrudan Güneşten elde etmektedir. Bu da sürekli yenilenen bir enerji kaynağı olmasına sebeptir (Koçak, 2011).

Doğada mevcut olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kendini yenilemesi, güvenilir doğa dostu ve bağımsız olmaları öne çıkan özellikler olarak karşımıza çıkmaktadır (Özcan, 2015).

Ulaşımı kolay ve kendine yenileyebilir olması ve uygun fiyat yapılandırılması ile ülkelerin ekonomik olarak hedeflerini tutturmasında yararlı bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Enerji alanında yaşanan krizlerden sonra karşımıza çıkan iki faktör enerji güvenliği ve enerji çeşitlendirilmesi idi bu kavramların enerji için vazgeçilmez maddeler haline gelmesinin neticesinde yeni enerji kaynakları değerlendirildi. Ayrıca mevcut yakıtların azalması, çevreye verdikleri zararlar temiz enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır (Gediz ve Arpacılı Fazlılar, 2016).

Günümüz dünyasının en önemli sorunlarında birisi sera gazı etkisi ve küresel ısınma durumu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumla başa çıkmamızın birinci yolu da fosil yakıtlara olan bağılıktan kurtulmaktan geçmektedir. Fosil yakıt kullanımı devam ettikçe iklim değişikliği hem dünyamız hem de insanlık için geri dönülemez derecede kötü sonuçlara varacaktır (Mutlu, 2013).

WWF'nin sunduğu rapor da 2050 yılına da dünya enerji ihtiyacının %100'ü temiz enerjiden karşılanabilecektir. Teknik yasal ve ekonomik alt yapı küresel olarak gerçekleştirildiğinde ve hükümet, özel sektör ve bireysel olarak gerekli sorumluluklar üstlenerek bu hedefe ulaşmak mümkün gözükmektedir (Gedik, 2015).

Temiz enerji kaynakları tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Bu enerjinin hammaddesi doğada vardır ve doğa için kötü etkileri de bulunmamaktadır. 04/08/2002 tarih ve 24836 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yasalaşan Elektrik Piyasası lisans yönetmeliğine göre biyogaz, biokütle, dalga, jeotermal, güneş, rüzgâr ve hidrojen enerjisine dayalı santraller ile rezervuarsız nehir ve kanal tipi hidroelektrik santralleri ve gücü 20 MW ve altında olan rezervuarlı hidroelektrik santralleri yenilenebilir enerji santralleri sınıfına dâhil edilmiştir. Görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kaynakları çok çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir (Savrul, 2010).

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının ciddi ve etkin olarak kullanılması ile birlikte,

\* Enerji hammaddesinde ithalatı büyük ölçüde azaltacaktır.

- Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma sağlanacaktır.
- Yerli kaynaklara öncelik verilmesi sağlanacaktır.
- Yerli üretim ve istihdam sağlanacaktır.
- Ekonomik artış ve refah sağlayacaktır.
- Enerji arz güvenliğini sağlanacaktır.
- Enerji sektöründe yatırımlar artacaktır
- Enerji üretiminde ve tüketiminde sağlanacak güven ortamı ile istikrar artacaktır.
- Temiz çevre ve doğa oluşacak ve gelecek nesillere temiz bir ortam bırakılabilecektir (Gedik, 2015).

\*Sera gazları, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları büyük ölçüde önlenecektir.



Türkiye önümüzde dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını daha çok artırarak fosil yakıttan kaynaklı dışa bağımlılık yüzdesini düşürmelidir. Bunun yanı sıra elektrik üretimde yenilenebilir kaynaklara yönelmeli, tarım sektöründe de bu potansiyelden daha çok faydalanmak temel hedefleri arasında olmalıdır (Kaya,2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları, genel olarak yedi gruba ayrılmaktadır;

- 1) Hidroelektrik Enerjisi
- 2) Rüzgâr Enerjisi
- 3) Güneş Enerjisi
- 4) Jeotermal Enerji
- 5) Biokütle Enerjisi
- 6) Dalga Enerjisi
- 7) Hidrojen Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının ihtiyacı olan hammadde desteği doğada tükenmez bir şekilde bulunmaktadır (Bkz. Şekil 4.5).

#### Şekil 4.5: Yenilenebilir Enerji Kaynakları 2



ETKB “Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı’na göre 2023 yılı hidrolik kurulu gücü 34.000 MW rüzgâr enerjisi kurulu gücü 20.000 MW güneş enerjisi 30.00 MW jeotermal enerjisi kurulu gücü 1.000 MW çıkarılması hedeflenmiştir (Bkz. Tablo 2.19). Böylece 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut kurulu güç içindeki oranı %30’lar seviyesine çıkarılabilecektir (ETKB,2014).

**Tablo 2.19: Yenilenebilir Enerji Kaynak Türüne Göre Kurulu ve Hedef Güç**

KURULU GÜÇ MW				ELEKTRİK ÜRETİMİ (GWh)		
Santral Tipi	2013	2023	Artış %	2013	2023	Artış %
HİDROLİK	22289	34000	53	59420	91800	54
RÜZGAR	2759	20000	625	7558	50000	562
JEOTERMAL	310	1000	223	1364	5100	274
BİYOKÜTLE	224	1000	346	1171	4553	287
GÜNEŞ	0	5000		0	800	

**Kaynak: Kocakuşak, 2018.**

Elektrik mühendisleri odasının Ülkemizde 2016 yılı itibari ile kurulu elektrik enerjisi gücü 74.627 MW olarak tespit etmiş ve bu gücün yaklaşık %40’ı yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılandığı açıklanmıştır. 2017 verilerinde bu güç artmış 83.138 MW seviyelerine çıkmıştır. Tablo 2.20 incelendiğinde 2016 yılı verilerine göre kurulu gücün %40’ı karşılayan yenilenebilir enerji kaynaklarının için en yüksek payı %35,1 ile hidrolik santraller alırken onu rüzgâr enerjisi takip etmiştir.

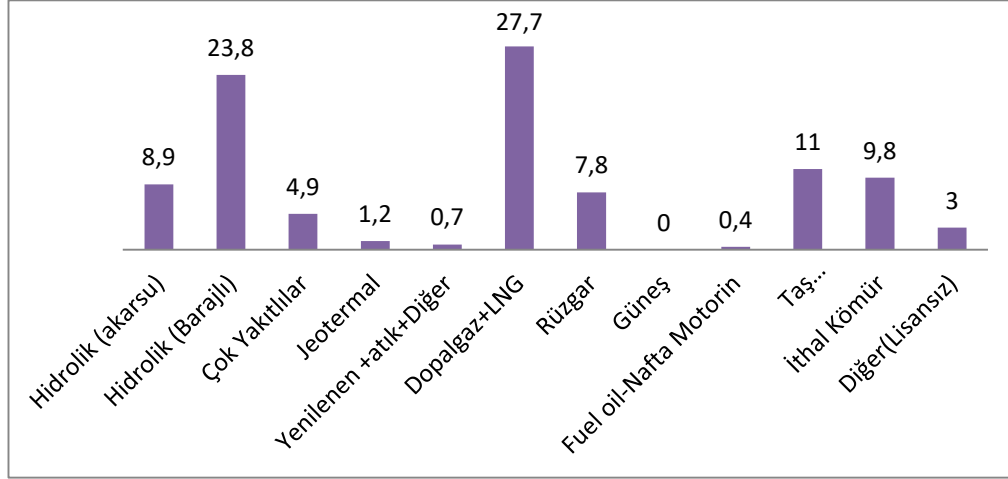
**Tablo 2.20: Yenilenebilir Enerji Kaynaklara Göre Dağılımı 2016**

KAYNAK	KURULU GÜÇ MW	ORAN %
Hidrolik (akarsu)	7428,7	8,9
Hidrolik (Barajlı)	19776,9	23,8
Çok Yakıtlılar	4052,4	4,9
Jeotermal	1019,7	1,2
Yenilenen +atık+Diğer	562,7	0,7
Doğalgaz+LNG	23063,7	27,7
Rüzgâr	6447,8	7,8
Güneş	13,9	0
Fuel oil-Nafta Motorin	303,6	0,4
Taş Kömürü+Linyit+Asfaltit	9872,6	11
İthal Kömür	8133,9	9,8
Diğer(Lisansız)	2463,9	3

**Kaynak: Cihan, 2019.**

Grafik 3.13'e göre yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek oran Hidrolik kaynakların olurken onu rüzgâr ve jeotermal enerji takip etmektedir.

**Grafik 3.13: 2016 Yılı İtibari ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Diğer Kaynaklara Göre Oranı**



**Kaynak: Cihan, 2019.**

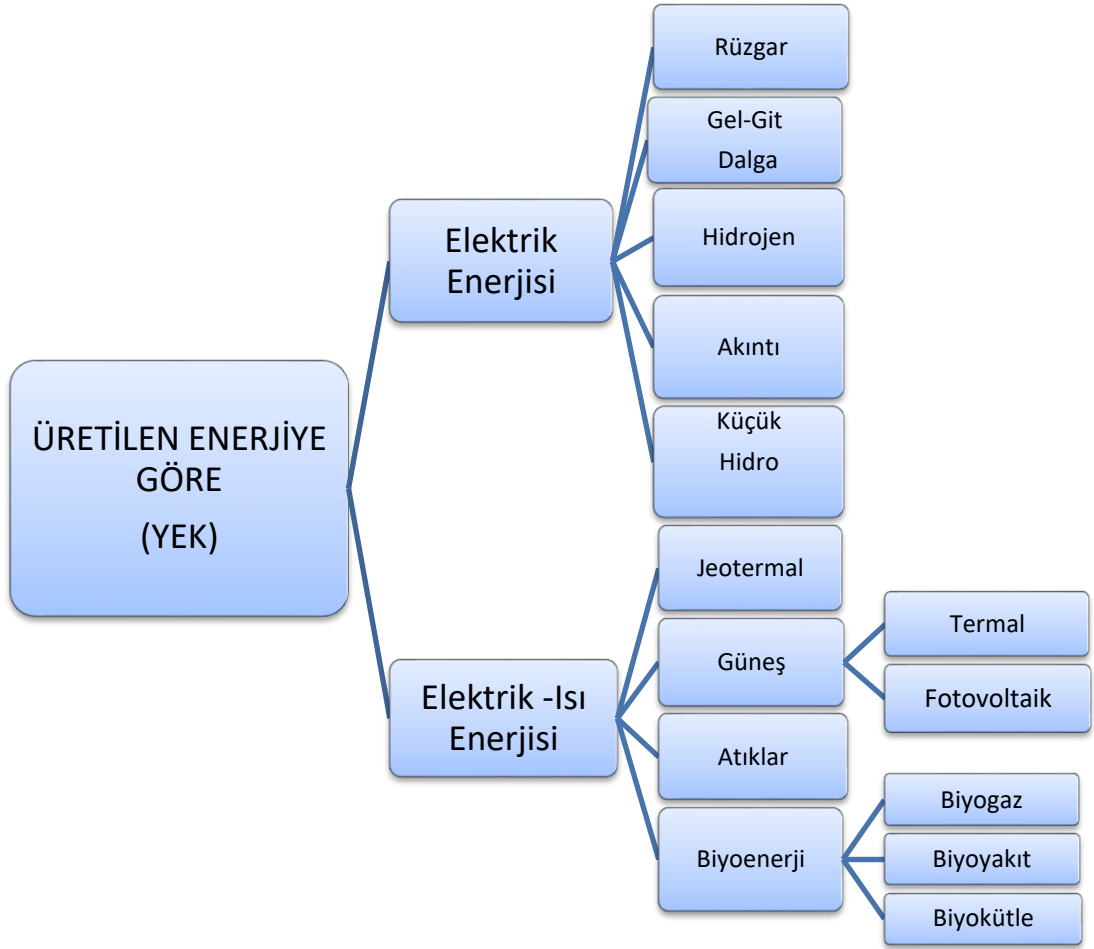
Uluslararası enerji ajansının enerji tanımına göre; sosyoekonomik çevresel olarak toplumların gelişimi enerji ile olmuştur. Bununla birlikte enerji birçok alanda toplum üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Örneğin kamu sağlığı, eğitim, ekonomik gelişim, yiyecek ve giyecek ihtiyacının karşılanmasında etkin rolü bulunmaktadır. Modern enerji hizmetleri hava emisyon değerlerinin azalmasına ve yerel çevre gelişimine de büyük etki etmektedir. Günümüzde kullanılan fosil yakıt teknolojisi sera gazı emisyonunun artışına ve iklim değişikliklerine yol açmaktadır (Kocakuşak, 2018).

İklim bilimciler; iklim değişikliği ve küresel ısınmadaki bu oluşan durum 2040 yıllarda felaket boyutlarına ulaşabileceği hatta denizlerdeki su seviyesinde ciddi artışlar olup bazı büyük şehirlerin sular altında kalabileceğini bildirmişlerdir (Kocakuşak, 2018). Bu çevre felaketin oluşmasında büyük rol oynayan sera gazı etkisinin tüm dünya üzerinde azaltılması için yenilenebilir enerji teknolojisi en önemli kurtuluş planı olarak görülmektedir. Yapılacak olan çalışmalar karbon emisyon değerlerini oldukça azaltacak, enerjide dışa bağımlılıktan kurtulmasına sebebiyet verecek ve istihdam yaratacaktır (Çoban ve Şahbaz Kılınç, 2016).

Sürdürülebilir ve bitmeyen kaynak olan yenilenebilir enerji kaynaklarını “yeşil enerji” ya da “sürdürülebilir enerji” olarak ta adlandırmak mümkündür. Temiz enerjiye ile planlanan üretim yaklaşımlarını çok farklı açılardan değerlendirmek gerekmektedir. Bunun için Yeşil enerji için çok farklı sınıflandırma ve değerlendirme yapılabilir (Cihan, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynakları üretim kaynaklarına göre çeşitlendirecek olursak önce iki kısımda toplayabiliriz. Elektrik üretimi ve elektrik -ısı üretimi (Bkz. Şekil 4.6).

**Şekil 4.6: Üretilen Enerjiye Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması**

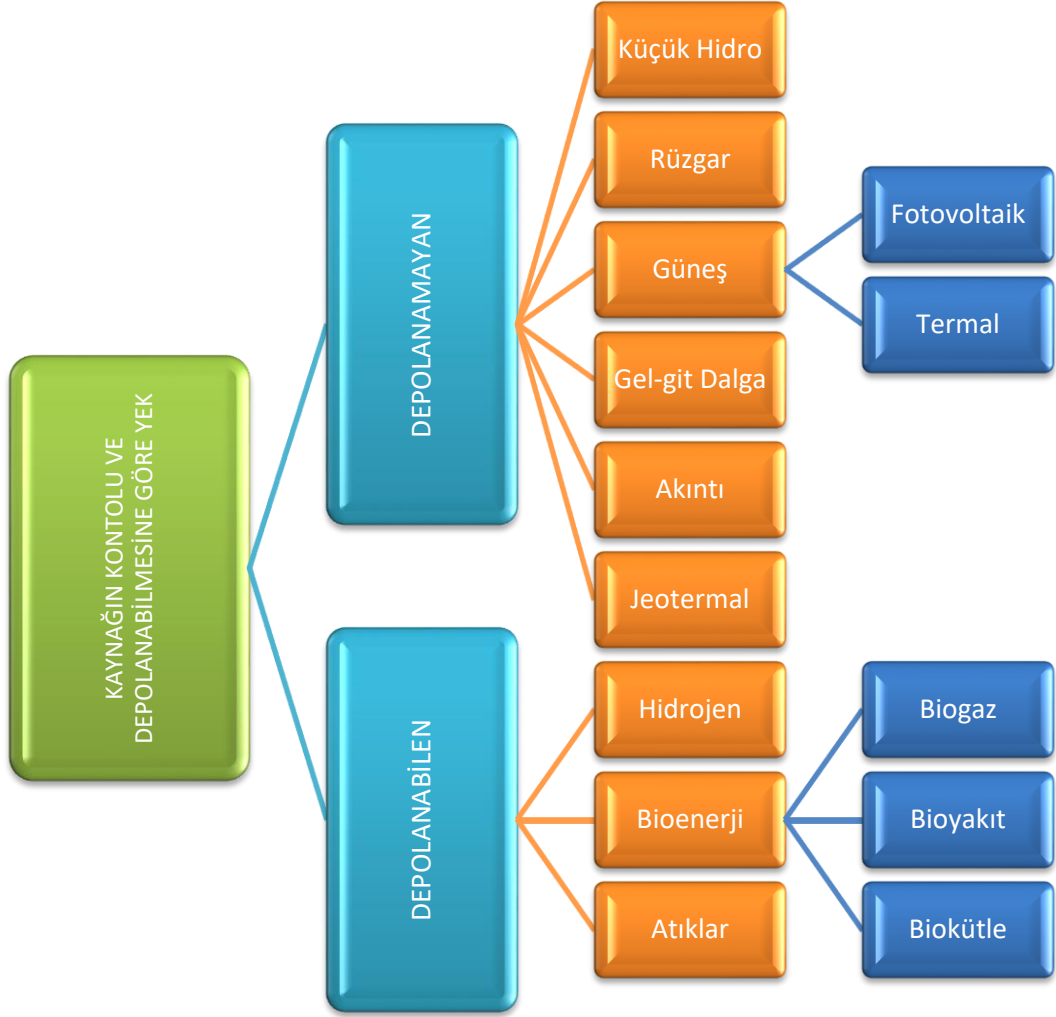


**Kaynak: Cihan, 2019.**

Yalnızca elektrik üreten kaynaklar Rüzgâr dalga hidrojen ve hidrolik kaynaklar olurken elektriğin yanında ısı enerjisi de ortaya çıkaran kaynaklar ise jeotermal, güneş, biyoenerji ve atık kaynaklar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yeşil enerji için bir başka sınıflama türü de kaynak kontrolü ve depolanması üzerine yapılmalıdır (Bkz. Şekil 4.7).

**Şekil 4.7: Kaynağın Kontrolü ve Depolanmasına Göre Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

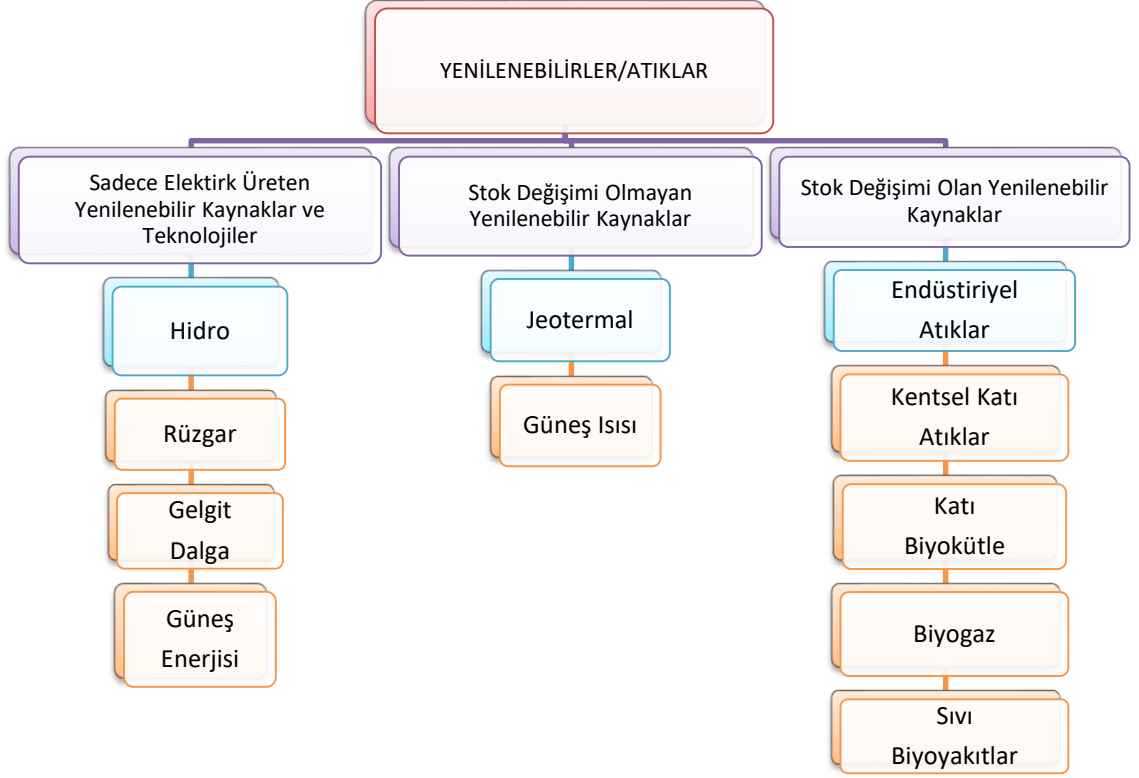


**Kaynak: Cihan, 2019.**

Yenilenebilir enerji kaynakları kaynak kontrolü olarak ta sınıflandırılabilir. Depolanmayan kaynaklar Hidrojen, biyoenerji ve biokütle kaynakları olarak öne çıkarken depolanamayanlar ise doğanın bize vermiş olduğu enerji türleri olarak karşımıza çıkmaktadır (su, rüzgâr, jeotermal dalga vb.).

Şekil 4.8’te yenilenebilir enerji kaynaklarını yenilenebilir ve atıklar olarak ta sınıflandırmak mümkündür.

**Şekil 4.8: Temiz Enerji Kaynaklarının Yenilenebilir ve Atık Kaynaklar Olarak Sınıflandırılması**



**Kaynak: Cihan, 2019.**

### **3.1.Dünyada Yenilenebilir Enerjinin Mevcut Durumu**

Her geçen gün atan enerji ihtiyacı dünya üzerindeki ülkeleri yeşil ve temiz enerji arayışına yönlendirmiştir. Kullanım payı değişse de tüm ülkeler ortaya çıkan bu temiz enerji kaynaklarından yararlanmak için giderek artan bir şekilde çalışmalar yapmaktadırlar Uluslararası enerji ajansına göre yapılan yatırım oranı 2014 yılında %20, 2016'da %22, 2020'da ise %26 seviyesine çıkması beklenmektedir (Doğan, 2019).

Tablo 2.21'de 2015 yılı verilerine göre yenilenebilir enerjiye yönelimde kapasite artışı yapan ülkeler verilmiştir. Ülkemiz jeotermal enerji ve güneş enerjisi yatırımlarında ciddi adımlar atmıştır.

**Tablo 2.21:Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre En Fazla Kapasite Artışı Yapan Ülkeler 2015**

Yenilenebilir Enerji ve Yakıtlara Olan Yatırım	ÇİN	ABD	JAPONYA	BİRLEŞİK KRALLIK	HİNDİSTAN
Yenilenebilir Enerji ve Yakıtlara Olan Birim GSYİH Başına Yatırımı	MORİTANYA	HONDURAS	URUGUAY	FAS	JAMAİKA
Jeotermal Enerji Kapasite Artışı	TÜRKİYE	ABD	MEKSİKA	KENYA	ALMANYA
Hidrolik Enerji Kapasite Artışı	ÇİN	BREZİLYA	TÜRKİYE	HİNDİSTAN	VİETNAM
Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasite Artışı	ÇİN	JAPONYA	ABD	BİRLEŞİK KRALLIK	HİNDİSTAN
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Sistemleri Kapasite Artışı	FAS	GÜNEY AFRİKA	ABD		
Güneş Kollektörü Kapasite Artışı	ÇİN	TÜRKİYE	BREZİLYA	HİNDİSTAN	ABD
Rüzgar Enerjisi Kapasite Artışı	ÇİN	ABD	ALMANYA	BREZİLYA	HİNDİSTAN
Biyodizel Üretimi	ABD	BREZİLYA	ALMANYA	ARJANTİN	FRANSA
Etanol Yakıt Üretimi	ABD	BREZİLYA	ÇİN	KANADA	TAYLAND

**Kaynak: Karalı, 2017.**

British Petroleum (BP)'nin 2018 yılında yayınladığı 2017 Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'na göre; Dünya üzerinde temiz enerji kaynaklarından üretilen elektrik %14,1 artış ve 419 MTEP'e (milyon ton eşdeğer petrol) ulaşmıştır. Bu artışı bölgesel olarak inceleyecek olursak Asya Pasifik bölgesi bu artışta ilk sırada yer almaktadır. Sonrasında Avrupa ve Avrasya bölgeleri gelmektedir. Ülke bazında ise Çin yenilenebilir enerji üretimi de başı çekmektedir. Fosil kaynak olarak zengin görülen Katar ve Cezayir gibi ülkeler de ise yenilenebilir enerji kaynaklarında azımsanmayacak artışlar olmuş Katar %580, Cezayir %190 oranında bu kaynaklardan enerji üretimini arttırmıştır (Şengelen, 2016).

Yenilenebilir enerji tüketimine başta gelen ülkeler ve tükettikleri enerji miktarına bakınca ilk sırada ABD 317,1 Mtoe, ardından Çin 277,2 Mtoe, Almanya 176,6 Mtoe ve Birleşik Krallık 77 Mtoe ile gelmektedir (Bkz. Tablo 2.22).

**Tablo 2.22: Yenilenebilir Enerji Tüketim Miktarı, İlk 10 Ülke, 2015(Mtoe)**

ÜLKELER	TÜKETİM	ÜLKELER	TÜKETİM
ABD	317,1	HİNDİSTAN	68,5
ÇİN	277,2	İSPANYA	68,1
ALMANYA	176,6	İTALYA	64,9
BİRLEŞİK KRALLIK	77	JAPONYA	64
BREZİLYA	71,8	FRANSA	34,7

**Kaynak: Özşahin, Mucuk ve Gerçeker, 2016.**

Tablo 2.22 incelendiğinde en çok yenilenebilir enerji tüketen 10 ülkeden İspanya hariç diğer ülkelerin hepsinin GSYİH (Milli Gelir) seviyesinin dünyanın en yüksek ilk 9 ülkesi olduğu görülecektir. Artan teknoloji ve refah seviyesi doğrudan enerji tüketimi ile paralellik göstermektedir. Dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar 2016 yılı itibari ile şu değerler ulaşmıştır (Bkz. Tablo 2.23 ).

**Tablo 2.23: Yenilenebilir Enerji Göstergeleri, (2016)**

YATIRIM		BİRİMİ	2015	2016
Yenilenebilir enerji ve yakıtlarda yeni yatırım (yıllık)		MİLYAR ABD DOLARI	312,2	241,6
<b>GÜÇ</b>				
Yenilenebilir kapasitesi (toplam, içermez)	güç hidro	GW	785	921
Yenilenebilir kapasitesi (toplam, dahil)	güç hidro	GW	1856	2017
Hidro-güç kapasitesi		GW	1071	1096
Biyogüç kapasitesi		GW	106	112
Biyoenjerji (yıllık)	üretimi	TWh	464	504
Jeotermal güç kapasitesi		GW	13	13,5
Güneş enerjisi kapasitesi		GW	228	303
Güneş enerjisi güç yoğunlaştırmak	termal kapasitesini	GW	4,7	4,8
Rüzgâr enerjisi kapasitesi		GW	433	487

**Kaynak: Deniz, 2017.**

Tablo 2.24 incelendiğinde 2016 yılı yatırımı maddi olarak azalsa da üretim kapasitesi olarak her kaynakta artışlar olmuştur. Tablo 2.24'te dünya üzerinde temiz



enerjiye yapılan yatırımlar verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde gelişmekte olan ülkelerinde kendi potansiyelleri doğrultusunda artış gösterdiği tespit edilmiştir.

**Tablo 2.24: Gelişmekte Olan Bazı Ülkelerde Yenilenebilir Enerji Kullanımı (2016)**

ENERJİ KAYNAĞI	HİDROLİK	RÜZGÂR	GÜNEŞ	BİYOKÜTLE	TOPLAM (MW)
ÇEKYA	2260	281	2000	776	4693
POLONYA	2382	5800	99	1000	7930
MACARİSTAN	57	329	225	560	1171
YUNANİSTAN	3393	2375	2600	58	8435
TÜRKİYE	26710	5376	827	395	33308

Kaynak: Bartık, 2018.

Hidroelektrik santralleri saymazsak ülkemiz diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımı olarak hala yeterli seviyelerde olmadığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları genel anlamda temiz ve yeşil enerji olarak adlandırılrsa da az da olsa olumsuz şartlarını taşıdığı da dünya üzerinde kabul edilmiştir. Çevresel olarak etkileri fosil yakıtlar kadar yıkıcı boyutlarda olmasa da yeşil enerji kaynakları da çevreye bazı şartlarda olumsuz koşullar ekleyebilmektedir (Bkz. Tablo 2.25).

**Tablo 2.25: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri**

Temiz Enerji Kaynağı	Zararlı Etkileri
<u>Biokütle</u>	Toprak erozyonu, Su tüketiminin artması, Su niteliğinin bozulması, Ekosistemin olumsuz etkilenmesi
<u>Rüzgâr</u>	Estetik bozulma, Rüzgâr hızının azalmasından dolayı ekosisteme etki
<u>Jeotermal</u>	Toprak çölleşmesi, Gürültü, Termal kirlilik, Su kirlenmesi Hava kirlenmesi
<u>Güneş</u>	Üretim aşamasında çeşitli metaller ve çözücülere vb. maruz kalma
<u>Barajsız Su Gücü</u>	Bilinen bir maliyet yok

Kaynak: Uğurlu, 2009.

Fosil kaynaklı enerjiye göre yeşil enerjinin ortaya çıkardığı yararlı etkiler büyük sorun teşkil etmeyecek seviyededir. Bunun için temiz enerjini önündeki engeller kaldırılmalı ve yenilenebilir enerji konusundaki bilgi eksikliği giderilerek bu konunun önü hızlıca açılmalıdır.

Tablo 2.26 'da enerji sistemlerinin çevreye verdikleri zararlı etkiler gösterilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının verdiği zararlar diğer enerji kaynaklarının yanında önemsenmeyecek kadar az kalmaktadır.

**Tablo 2.26: Var olan Enerji Sistemlerinin Çevresel Etkileri**

KAYNAK	İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	ASİT YAĞMURLARI	SU KİRLİLİĞİ	TOPRAK KİRLİLİĞİ	GÜRÜLTÜ	RADYASYON
PETROL	X	X	X	X	X	
KÖMÜR	X	X	X	X	X	X
DOĞALGAZ	X	X	X	X	X	
NÜKLLER	X		X	X		X
HİDROLİK	X		X	X		
RÜZGAR					X	
GÜNEŞ						
JEOTERMAL			X	X		

Kaynak: Uğurlu.2009.

### 3.2. Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kavramı denildiğinde ilk akla gelen kaynaklardan birisidir. Güneş enerjisi bir çeşit ışımaya enerjisidir. Güneşin çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjidir. Atmosfer dışında yaklaşık 1.370 W/m<sup>2</sup> dünyada ise 110 W/m<sup>2</sup> güneş enerjisi var olmaktadır. Görülüyor ki güneş enerjisini çok küçük bir kısmı bile tüm insanla için gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilecek güçtedir. Güneşin bir gün içerisinde yaydığı enerjinin on milyar da biri dünyamıza güneş enerjisi olarak yansır. Dünyamıza bir yılda düşen enerji miktarı 200 trilyon ton kömürün vereceği enerjiye eşittir. Buda dünya üzerinde kullanılan enerjini 15 katı kadardır (Ataman, 2007).

Güneş enerjisinden faydalanmak insanoğlunun tarihi kadar eskidir. M.Ö.400' lerde filozof Sokrat evlerin camlarına güney cepheye yaparak güneş enerjisinden faydalanmayı göstermiştir. M.Ö. 250'de Arşimet güneşten gelen ısınları sabit bir noktaya toplayarak 40 metre uzaktaki roma gemilerini yaktığı mitolojik kaynaklarda yazılmaktadır. Güneş enerjisinin hızlıca yol almasını sağlayan en önemli icat 1600 yıllarda Galileo'nun merceği icadıdır.1725 yılında Belidor solar enerji ile çalışan su pompasını bulmuştu bu güneş enerjisi ile çalışan ilk alet olarak kayıtlara geçmiştir (Akova, 2008).

Dünya ve güneşin atmosferik olarak konumları güneş ışınımlarından faydalanma açısından farklılıklar göstermektedir. Ayrıca deniz seviyesi, atmosferdeki su buharı seviyesi bulut örtüsü ve kirletici etmenler bu ışınım seviyesinde farklılaşma olmasına sebeptir ( Kocakuşak, 2018).

Güneş enerjisine bağlı ısıtma soğutma sistemleri, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri, güneş pilleri ile elektrik enerjisi üretiminde faydalanılmaktadır (Yılmaz, 2016).

Güneş enerjisi hayatımıza ilk önce ısınma enerjisi olarak girmiştir ama günümüzde güneş enerjisinin kullanım amaçları çok çeşitli hale gelmiştir. Toplumsal hayatın birçok alanında güneş enerjisinden faydalandığımız durumlar çıkmaktadır. Evlerimizin sıcaklık değişimi tarım sektöründe güneş pillerinde, sinyalizasyon ve otomasyon sistemlerin de kullanılmaktadır (Deniz, 2018).

Güneş enerjisi son yıllarda elektrik enerjisi üretiminde fazlaca talep edilen kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Fotovoltaik sistemler (PV) ve yoğunlaştırılmış Güneş enerji sistemleri (CSP) ile elektrik üretimi yapılmaktadır.

Fotovoltaik PV sistemler ile güneşten gelen enerji güneş termik enerjisine ve güneş kaynaklı ısı sistemlerine çevirebilen gelişmiş bir teknolojidir. Yoğunlaştırılmış sistemler ise doğrudan güneşten gelen enerjiyi yüksek sıcaklıklara yükselterek ısı enerjisine dönüştürür. Bu ısı sonrasında elektrik enerjisine dönüştürülür (Deniz, 2018).

2010 yılında başlayan gelişmeler ile fotovoltatik sistemler günümüzde çok ileri bir hal almış durumdadır. 2013 yılında günlük 100 MW kapasite oranına dayalı bir sistem kurulmuştur. Bu oran 2014 yılında 150 GW 'a çıkmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinde Almanya ve Avrupa birliği örnek olurken 2013 yılından itibaren piyasada ki söz sahibi teknoloji fotovoltaik sistemler olmuştur (Deniz,2018).

Fotovoltaik sistemlerde 2016 yılı verilerine göre Çin, Japonya, Almanya ABD ve İtalya ilk 5'i tamamlamışlardır. Aynı yıl itibari ile bu sistemin kapasitesi 303 GW a ulaşmıştır (Akdoğan, 2018).

Dünya üzerinde ilk güneş santrali ABD tarafından 1970 yılında kurulmuştur. İlk santralin gücü 19 MW'tı. Güneş enerjisi için verimli güneş sahalarına ve büyük alanlara ihtiyaç vardır aksi takdirde kurulum ve kazanım maliyeti verimli olmayacaktır (Çepik, 2015). Shell'in tahminlerine göre 2050 yılı itibari ile dünyadaki enerji kaynaklarının değişimi Tablo 2.27'deki gibi olacaktır.

**Tablo 2.27: Exajolule Cinsinden 2050 Yılı Tahmini Enerji Kaynaklarının Kullanımı**

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Petrol	147	176	186	179	160	141
Doğalgaz	88	110	133	134	124	108
Kömür	97	144	199	210	246	263
Nükleer	28	31	34	36	38	43
Bioyakıt	44	48	59	92	106	131
Güneş	0	0	2	26	62	94
Rüzgar	0	2	9	18	27	36
Diğer	13	19	28	38	51	65

**Kaynak: Çepik,2015.**

Tablo 2.27’de görüldüğü gibi 2050 yılı shell tahminlerine göre güneş enerjisinin yeri % 10 civarına kadar yükselmektedir.bunun yanı sıra EPIA nın raporlarına göre de bu oran %26 civarında olacağı öngörülmüştür (Çepik,2015).

Dünya üzerinde güneş enerjisi bakımından en ideal bölge ekvator bölgesi olarak karşımıza çıkarken ikinci sırada Akdeniz iklim kuşağı gelmektedir ki Türkiye’de bu iklim kuşağında yer almaktadır.

Günümüzde giderek artan güneş enerjisi kullanım alanı olarak şu yerlerde karşımıza çıkmaktadır;

\*Yapıların ısıtılmasında

\*Elektrik enerjisinin elde edilmesinde

\*Suyun elektroliz işlemi ile güneş enerjisinden hidrojen gazının elde edilmesi ve elektrik üretimine dâhil edilmesi

\*Güneş enerjisinin avantajları şu şekilde sıralanmaktadır;

\*Bitmez enerji kaynaklarındandır.

\*Hammadde ihtiyacı yoktur.

\*Kullanım alanları geniştir.

\*Natürel bir kaynak olması nedeni ile çevre zararı yoktur.

\*Bakım masrafları diğer üretim noktalarına göre daha düşük ve bakımları kolaydır.

\*Kurulum için özel mekânlar gerektirmez kurulum her yere gerçekleştirilebilir

\*Kurulum işlemi çabuk ve basit bir şekilde yapılabilir.

\*İhtiyaca göre sistem kapasitesi ayarlanabilmektedir.

\*Modüler bir sistem olduğundan bir modül bozulsa diğer modüller elektrik üretmeye devam edebilmektedirler.

\*Kullanım ömürleri uzundur en az 20 yıl

\*Çevre dostu, devamlı ve güvenilir kaynaktır.

Bu kaynağının eksi yönleri ise şunlardır;

\*Güneş ışınları süreklilik arz etmediğinden depolanması gerekmektedir. Ancak depolanma işlemi mümkün değildir.

\*Sistem açık arazide olmalı gölge oluşturacak alanlardan uzak olmalıdır. .

\*Kış aylarında enerji ihtiyacı fazla olmasına rağmen güneşlenme süresi azdır buda enerji üretiminde sorun yaratabilir.

\*Kurulum maliyeti yüksektir.

\*Verimlilikleri düşüktür %15 civarı (Güneş Pillerinin)

Fotovoltaik sistemlerin üretim ve başlangıç kaynaklı maliyetleri yüksektir. Fakat ilerleyen yıllarda teknolojinin gelişmesi ile bu maliyetler düşme eğilimi göstermeye başlamıştır (Kocakuşak, 2018).

Güneşten gelen enerji ağırlıklı olarak elektrik ve ısı enerjisine çevrilerek kullanılmaktadır. Sıcaklık seviyesine göre kullanım şekillerini şöyledir:

Sıcaklık aralığı Düşük seviye (150 o C den düşük sıcaklıklar) kullanım şekilleri;

\*Kullanım suyunun ısıtılması

- Binaların ısıtılması ve havalandırılması
- Seracılık ve tarımda ürün kurutulması
- Tuz elde edilmesi ve suyun damıtılması

\*Sıcaklık aralığı orta seviye (150-600 o C aralığındaki sıcaklıklar) kullanım şekilleri;

\*Küçük güçlü motorlar ve güneş tencerelerinde

- Buhar jeneratörüyle elektrik üretimi

\*Sıcaklık seviyesi yüksek (600 o C üzeri sıcaklıklar) kullanım şekilleri;

- Güneş fırınları
- Elektrik Üretimi
- Madde araştırılması

Güneş enerjisini dönüştürmek için kullanılan teknolojiler içerisinde de ne yaygın olarak kullanılan iki ayrı yöntem bulunmaktadır.

Bu yöntemlerden birinci ısıl güneş teknolojileridir. Birincil güneş teknolojisinde ilk işem güneş enerjisini ısı enerjisine çevirmektir. Doğrudan yöntemlerle ile de elektrik üretilebilmektedir. Bu yöntem kısaca PW ile gösterilebilir. Esas materyal güneş pilleridir (Kocakuşak, 2018).

Güneş piline alternatif yöntem ise yoğunlaştırılmış güneş santralleridir CSP ile kısaltılmıştır. Bu yöntemde ise güneşten gelen enerji yüksek sıcaklıkta ısıya dönüştürülür ve sonrasında elektrik üretimi yapılır (Mahmutoğlu, 2013). Solarcells adı da verilen csp teknolojisi gün geçtikçe yoğun bir kullanım alanına sahiptir (Ataman, 2007).

### **3.2.1.Fotovoltaik Güneş Teknolojileri (Güneş Pilleri)**

Photo (ışık) ve Voltaik (enerji) anlamına gelen kelimelerin birleşiminden meydana gelmiştir. Güneş pilleri olarak ta tanımlanmaktadırlar. İçerisinde bulunan güneş hücreleri üstlerine düşen güneş ışınını elektriğe çeviren yarı iletkenlerden meydana gelmişleridir. fotovoltaik sistemler güneş ışının doğrudan elektrik enerjisine dönüşebilmektedir (Karataş, 2009).

Yapı itibari ile genellikle kare ve dikdörtgen şekindedirler. Alan olarak 100 cm<sup>2</sup> ve kalınlık olarak 0,2-0,4 mm aralığında tasarlanmaktadırlar (Ceylan, 2012). PW sistemlerinin üzerlerine güneş ışını düştüğünde güneş hücrelerinde bir elektrik gerilimi elde edilir.

Bu hücreler yapısal değişikliklerine bağlı olarak gelen ışını %5-%20 arasında verimle elektrik enerjisine dönüştürmektedirler. Bu güneş hücrelerinden çok sayıda olanı bir araya getirilerek fotovoltaik modüller elde edilmektedir (Kaya, 2018).

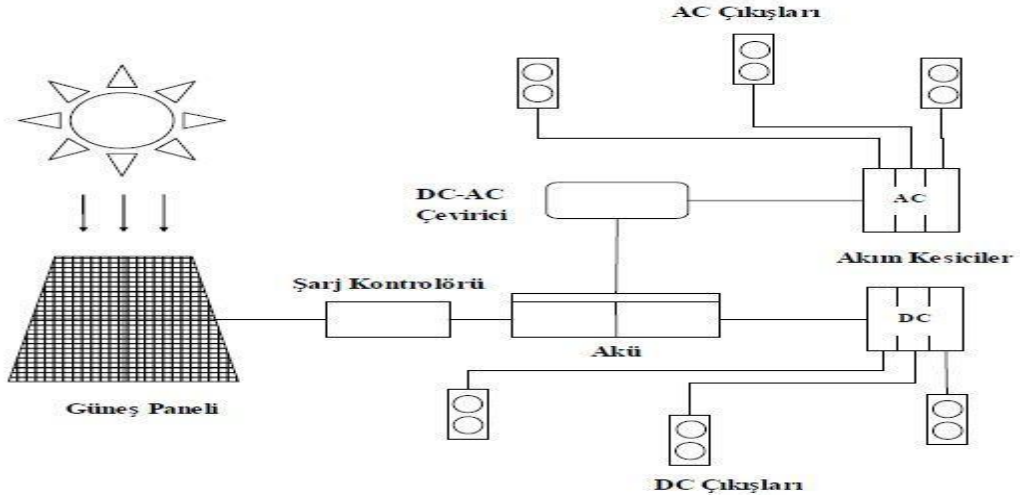
Güneş pilleri yaşantımızın birçok alanında bize yardımcı olmaya başlamışlardır. Sokak lambaları konutlardaki elektriksiz ihtiyaçlar gibi basit çözümler sunmaktadır.

Her geçen gün güneş pillerinin kapasiteleri ve verimleri teknoloji ile beraber doğrusal olarak artmakta ve buda maliyetlerin düşmesine sebep olmaktadır Buda güneş pillerinden faydalanma oranının artması demektir (Karataş, 2009).

Fotovoltaik elektrik üreticisini şebekeden bağımsız ya da bağımlı olarak ta çalıştırılması mümkündür Şebekeden bağımsız sistemlerde depolama alanı olarak akümülatör tarzı bir depolama aygıtına ihtiyaç duyulmaktadır.

Şekil 4.9'da görüleceği gibi sistem ülke şebekesinden bağımsız olarak çalışmakta olup üretilen enerji kendi içerisinde tüketilmektedir. Bu sistemde üretilen fazla enerji sistem tarafından depolanmaktadır.

**Şekil 4.9: Şebeke Bağımsız Sistemin Çalışması**

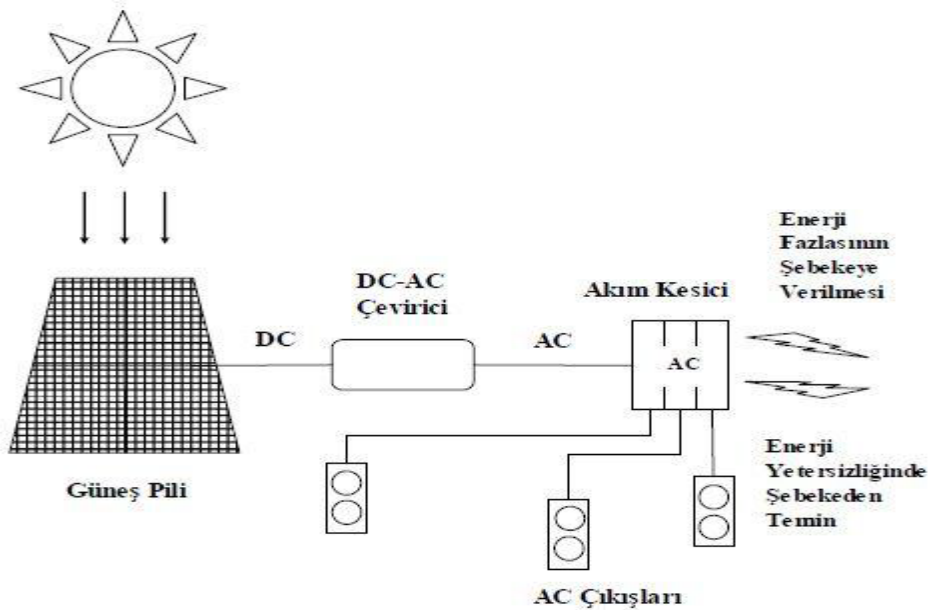


**Kaynak: Cihan, 2009.**

Şebekeli iletim halinde olan durumlarda depolama aygıtı olan akü bulunmaz üretilen enerji alternatif akım elektrik enerjisine dönüştürülür ve kullanıma sunulur. Artan enerji fazlası dağıtım şebekesine satılır. Aynı zamanda üretilen enerji yetersiz kaldığında dağıtım şebekesinden maliyet karşılığında enerji alınır (Karataş, 2009).

Şekil 4.10'da ise sistem ülke şebekesi ile bağlantılı çalışmaktadır. Sistemde üretilen enerjini fazlası ülke şebekesine aktarılmaktadır.

**Şekil 4.10: Şebeke Bağlantılı Sistemin Çalışması**



**Kaynak: Cihan, 2009.**

### 3.2.2.Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi

CSP olarak adlandırılan bu yöntemle güneş enerjisi yüksek sıcaklıklara çıkartılır ve çok yüksek derecede buhar elde edilerek elektrik enerjisi üretilir (Ceylan, 2012).

Bu yöntemin öncüsü olarak kabul edebileceğimiz Fransız bilim insanı Auguste Mouchouts 1860 yılında güneşin enerjisini kullanarak çalışan bir buhar makinesi icat etmiştir.1900'lere geldiğimizde Aubrey Eneas' ın ilk ticari güneş motoru ile süreç gelişimini devam ettirmiştir. 1980 de ilk ticari elektrik üretimi gerçekleşmiştir (Cihan, 2019).

CSP siteminde güneş ışınları bir noktada biriktirilir sonrasında oluşan sıcaklık buhar türbini vb. gibi bir sistem vasıtası ile elektrik enerjisi üretilir. Bu teknoloji gün geçtikçe ilerleme kaydetmektedir (Karataş, 2009).

CSP teknolojisi kullanılarak elektrik enerjisi elde etme yöntemleri şunlardır

- \*Doğrusal yoğunlaştırıcı ısıl sistemler
- \*Merkezi güneş kuleleri ve parabolik çanak kolektörler
- \*Noktasal yoğunlaştırıcı kolektör

Yoğunlaştırıcı ısıl sistemleri kullanılırken ön olana çıkan maddeler ise şunlardır.

\*Bölgenin belirlenmesi: Tesis için ideal alan belirlerken yıllık yağış miktarının minimum seviye olmasına dikkat edilmelidir.

\*İklim koşullarının ve güneş miktarının belirlenmesi, sissiz ve bulutsuz bir atmosferin olması için dikkat edilmesi gerekmektedir. Ağaçlık ve ormanlık alanlardan uzak olmalı ve nispeten düşük bir rüzgâr atlasına sahip olmalıdır (Cihan, 2019).

- \*Parametrelerin uygunlaştırılması

### 3.2.3.Dünya Güneş Enerji Piyasası

Güneş enerjisi potansiyelin yüksekliği ve çevreye zararsız bir kaynak olduğu için dünyada gelişen bir eğilim artışına uğramıştır. 70'li yıllardaki enerji darboğazından sonra yapılan arayışlar içerisinde güneş enerjisi alternatif kaynaklar içerisinde yerini almıştır (Keskin, 2006).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar içerisinde en yüksek yüzde güneş enerjisine aittir. Almanya ve Avrupa birliğinden 12 şirket 560 milyar \$'lık proje ile Avrupa ya güneş enerjisini getirmeye çalışmaktadır. "Desertec Projesi" ile Sahra çölünde kurulacak güneş enerjisi santrali ile Avrupa'nın 2050 yılın kadar %15'lik enerjisini karşılamayı hedeflemiştir (Çanka Kılıç, 2015).



IEA 'ya göre PV ve CSP teknolojilerini yol haritaları çıkarılmıştır. Bu teknolojiler ile 2030 yılına kadar küresel elektriğin %5'lik kısmı karşılanacaktır (Kocakuşak, 2018).

2050 yılında ile bu oran %20-%25 bandına çıkabilecektir.2016 yılı itibari ile güneş enerjisi PV kapasitesi 300 GW civarındadır. Önümüzdeki 5 yılda solar pv yaklaşık olarak 440 GW'lık artış yapması beklenmektedir (Evli, 2018) .

Güneş enerjisi üretim aşamasında Fotovoltaik sistemler toplam güneş sitemlerini %55'i kapsamaktadır (Deniz, 2018).

Tablo 2.28 incelenecek olursa 2016 yılı verilerine göre solar pv kapasitesinde ilk sıraları Çin, Japonya ve Almanya almıştır. Yıllık bazda artış olarak değerlendirdiğimizde ise yine ilk sırada Çin ardında ABD ve Japonya gelmektedir.

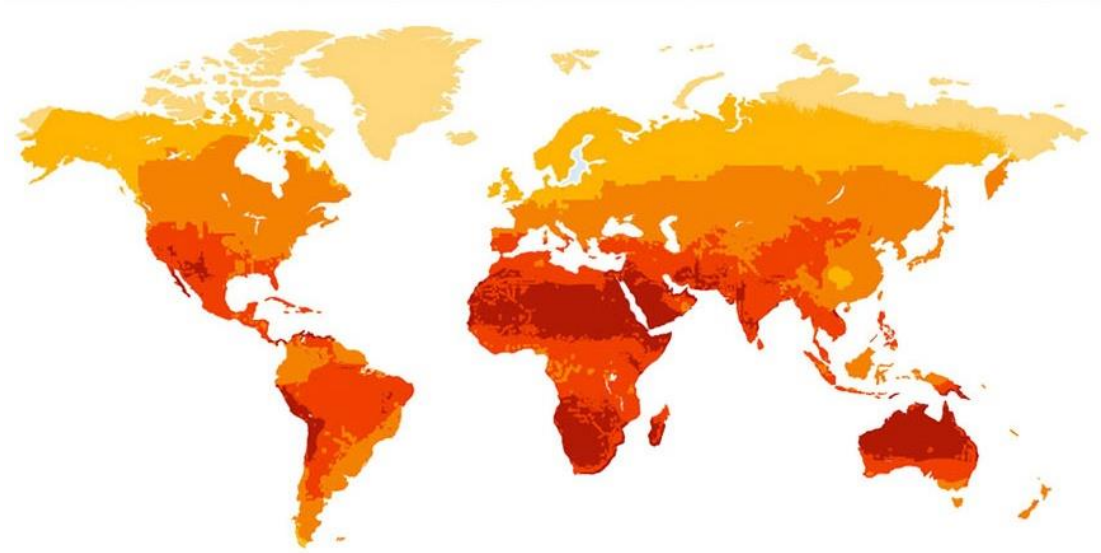
**Tablo 2.28: Solar PV Küresel Kapasite Olarak İlk Sıralarda Yer Alan Ülkeler**

ÜLKELER	2015	(GW)	2016	(GW)
ÇİN	43,5		77,4	
JAPONYA	34,2		42,38	
ALMANYA	39,8		41,3	
ABD	26,2		40,9	
İTALYA	18,9		19,3	
BİRLEŞİK KRALLIK	9,7		11,7	
HİNDİSTAN	5,1		9,1	
FRANSA	6,6		5,8	
AVUSTRALYA	4,9		5,5	
İSPANYA	5,4		3	
DÜNYA TOPLAMI	228		303	

**Kaynak: Deniz, 2018.**

Dünya üzerinde güneş enerjisinden faydalanmanın en yüksek bulunduğu bölgeler aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir. Güneş ışınının en yüksek olduğu bölge olan ekvator bölgesindeki alanlar bu konuda şanslı bir durumda oldukları görülmektedir (Bkz. Şekil 4.11).

#### Şekil 4.11:Dünya'daki Güneş Işınımı Yüksek Bölgeler



**Kaynak: Cihan, 2019.**

Bölge bazında bakıldığında güneş enerjisi tüketimi en yaygın olan bölge Asya pasifik bölgesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşağıdaki tabloda bölge bazında güneş enerjisi tüketim değerlerini görmek mümkündür.

Tablo 2.29'a göre 2018 yılında BP'nin hazırladığı rapora göre güneş enerjisinin dünya tüketimindeki payı 100,3 Mtep'tir. Bu tüketim oranının içindeki en büyük pay 48,9 Mtep'lik oranla Asya pasifik bölgesine aittir.

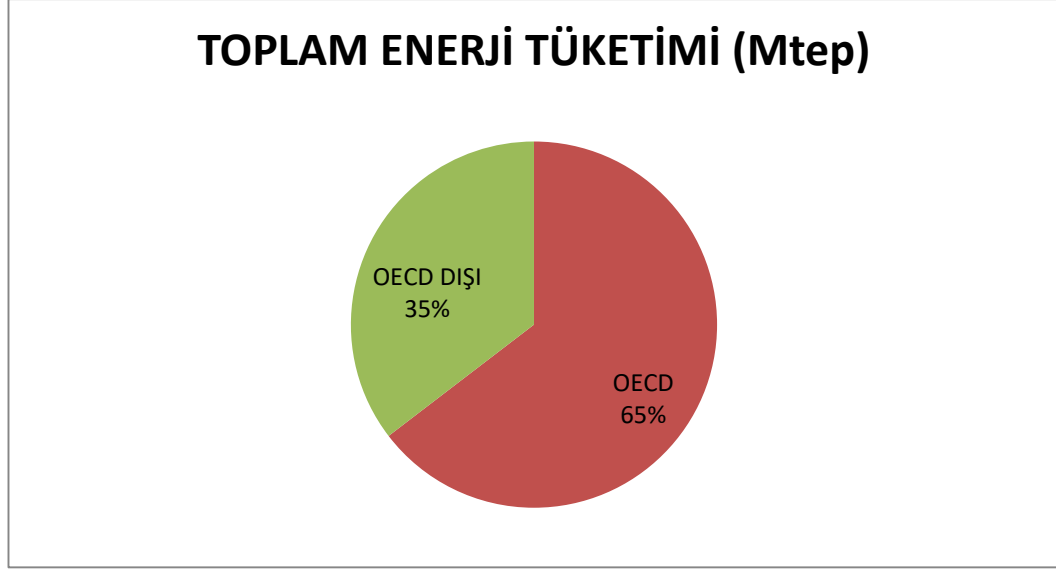
**Tablo 2.29: 2017 yılı İtibariyle Dünyada Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Tüketimi**

BÖLGELER	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ (Mtep)
ASYA PASİFİK	48,9
AVRUPA	28,1
KUZEY AMERİKA	18,5
GÜNEY AMERİKA	2
AFRİKA	1,3
ORTADOĞU	0,3
DÜNYA TOPLAMI	100,3

**Kaynak: Doğan, 2019.**

Ekonomik kalkınma ve işbirliği örgütüne dâhil ülkelerin tüketimi ise 64,6 Mtep olmuştur. OECD ülkelerinin enerji tüketim oranları diğer ülkelere göre oldukça yüksektir (Bkz. Grafik 3.14).

**Grafik 3.14: OECD Ülkelerinin 2017 Yılı İtibari ile Güneş Enerjisi Tüketim Oranı**



**Kaynak: Doğan, 2019.**

Ülke bazında baktığımızda ise güneş enerjisi kurulu gücü 2017 verilerine göre en üstte olan ülke Çin (102.500 MW) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu ülkeyi sırası ile Japonya (42.800 MW), Almanya (42.700 MW) ve ABD (40.300 MW) izlemektedir (Bkz. Tablo 2.30).

**Tablo 2.30: Ülkelere Göre Dünyada Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü (2017)**

Sıra No	ÜLKELER	KURULU GÜÇ (MW)
1	ÇİN	102500
2	JAPONYA	42800
3	ALMANYA	42700
4	ABD	40300
5	İTALYA	19280
6	BİRLEŞİK KRALLIK	11650
7	HİNDİSTAN	9000
8	FRANSA	7150
9	AVUSTRALYA	6730
10	İSPANYA	5900

**Kaynak: Doğan, 2019.**



Karadeniz bölgesi konum itibari ile yağmurlu gün sayısının fazla olmasından dolayı güneşten faydalanma potansiyeli az olan bölgemiz olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 2.32 incelendiğinde görüleceği gibi en yüksek güneş enerjisinden yararlanılabilecek bölge olarak Güneydoğu Anadolu bölgesi 1.460 kWh/m<sup>2</sup> olmakta iken kuzeye doğru gidildikçe güneş potansiyelin düştüğü ve Karadeniz bölgesinde 1120 kWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir.

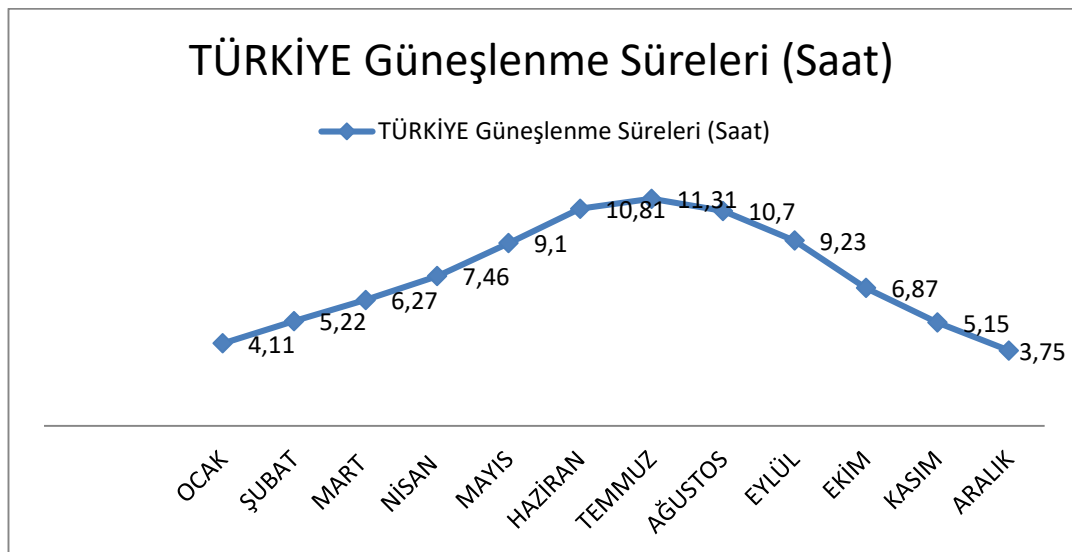
**Tablo 2.32: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı**

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m <sup>2</sup> -YIL)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (SAAT/YIL)
Güneydoğu Anadolu	1640	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: Çanka Kılıç, 2015.

Türkiye'nin ay bazında güneşlenme süreleri ve dünya çapında radyasyon değerlerine Grafik 3.15 te belirtilmiştir.

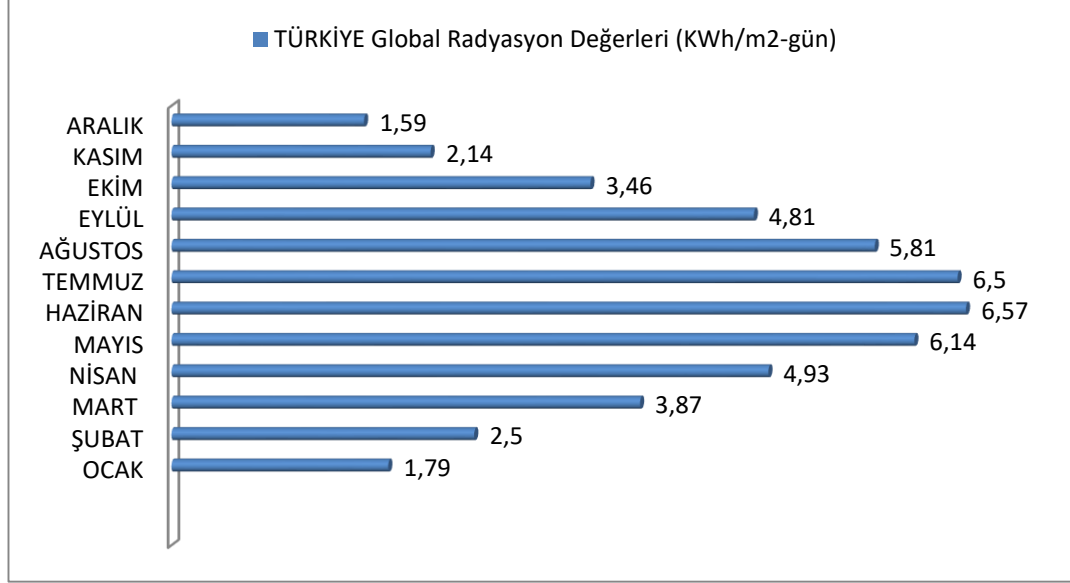
**Grafik 3.15: Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat)**



KAYNAK : Kaya , 2018.

Grafik 3.15 incelendiğinde Türkiye’de en yüksek güneşlenme ay olarak Temmuz ayında 11,31 saat ile gerçekleşmektedir Temmuz ayını sırası ile Haziran 10,81 saat ve Ağustos 10,7 saat ile izlemektedir. Güneş enerjisinin en az olduğu ay ise 3,75 saat ile aralık ayı olarak gerçekleşmektedir (Bkz. Grafik 3.16).

**Grafik 3.16: Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)**



**KAYNAK : Kaya , 2018.**

Global radyasyon değerleri incelendiğinde Grafik 3.16’da görüleceği gibi Haziran ve Temmuz ayları güneş ışımalarının en yüksek olduğu aylar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan ölçümler neticesinde Türkiye’nin güneş potansiyelinin belirtilen değerlerden % 20-25 oranında daha yüksek bir değere sahip olduğu belirtilmiştir (Kaya,2018).

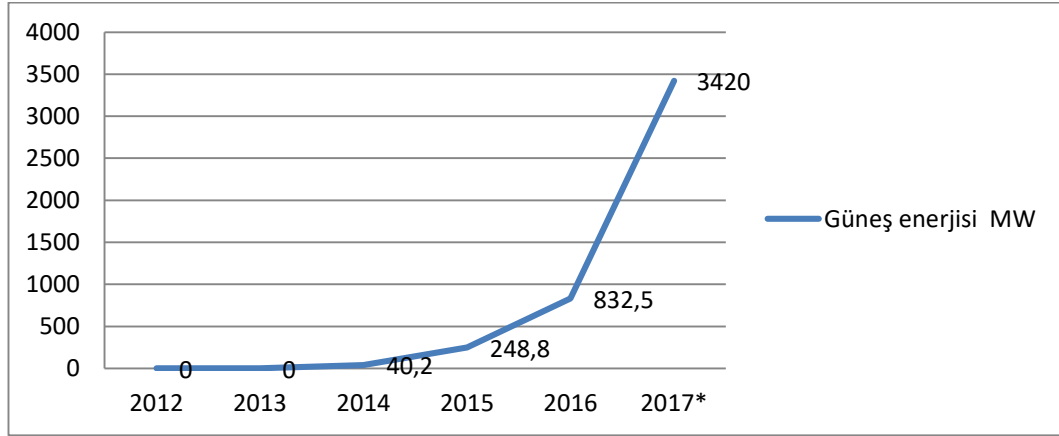
Türkiye dünya üzerinde 36-45 kuzey paralelleri, arasında yer almaktadır. Bulunduğu konum itibari ile güneş enerjinden yararlanmak için verimli bölge sayılan bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Ülkemizde yıllık baz da 1 m<sup>2</sup>/saate, 36,5 kalorilik güneş enerjisi düşmektedir. Bu güneşlenme süresi yıllık baz da 2.610 saat civarında olduğu bilinmektedir. Bilimsel çalışmalar da görülmüştür ki yıllık baz da 2000 saat güneşlenme süresi alan bölgeler güneş enerjisi için uygun kabul edilmiştir (Özsabuncuoğlu ve Atilla, 2016).

Ülkemizde güneş enerji sistemlerinin faal olarak kullanımı yakın geçmişe dayanmaktadır. 2010 yılına kadar ağırlıklı olarak bireysel su ısıtma sistemi olarak çatılarda termal güneş sistemleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Doğan, 2019). 2010 yılından sonra yasal düzenlemeler ile güneş enerjini elektrik üretimi için önü açılmış ve o tarihten itibaren elektrik üretimi için çalışmalar başlamıştır (Adıyaman, 2012). Bu

çalışmalardan sonra lisansız olarak elektrik üretimine de izin verilmesinden sonra 2016 yılında güneş enerjisi santral sayısı 861'e ulaşmıştır (Doğan, 2019).

Grafik 3,17 incelendiğinde Türkiye'nin güneş enerji kurulu gücü büyük bir ivme ile artmaya devam etmektedir. 2012 ve 2013 yıllarında hiç güneş enerjisi kurulu gücü olmayan Türkiye 2014 'te 40,2 MW'a, 2015 ' te 248,8 MW' a, 2016 'da da 832,5 MW' a çıkmıştır (Doğan, 2019).

**Grafik 3.17: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Gelişimi (MW), 2012-2017**

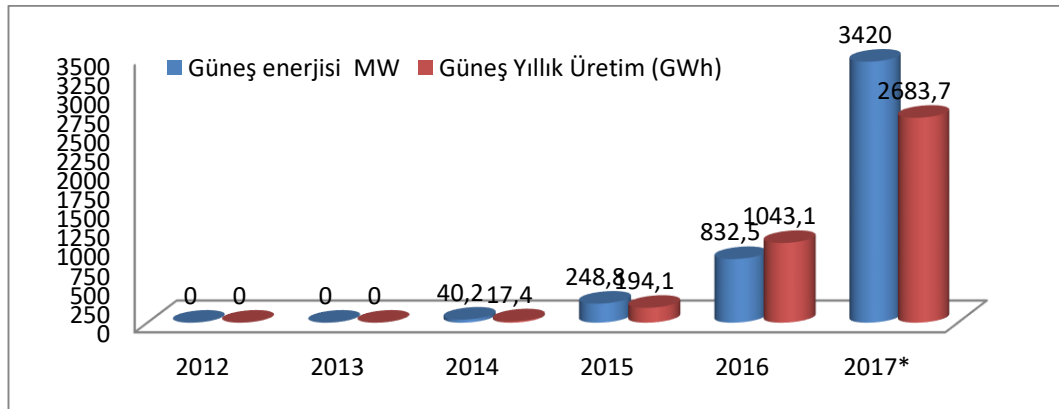


**Kaynak: Doğan, 2019.**

2017 yılı itibari ile Türkiye dünya güneş enerjisi kurulu listesinde 2.246 MW'lık kurulu gücü ile 15. sırada yer almaktadır. Enerji bakanlığı tarafından yapılan tahminlere göre 2019 yılında 3.000 MW'lık bir kurulu güce 2023'te ise 5.000MW'lık güce ulaşılması hedeflenmiştir (Kaya, 2018).

Grafik 3.18 'de güneş enerjisi santrali (GES)'inden elde edilen enerji ve güneş yıllık üretim raporu yukarıda ki şekilde görülmektedir

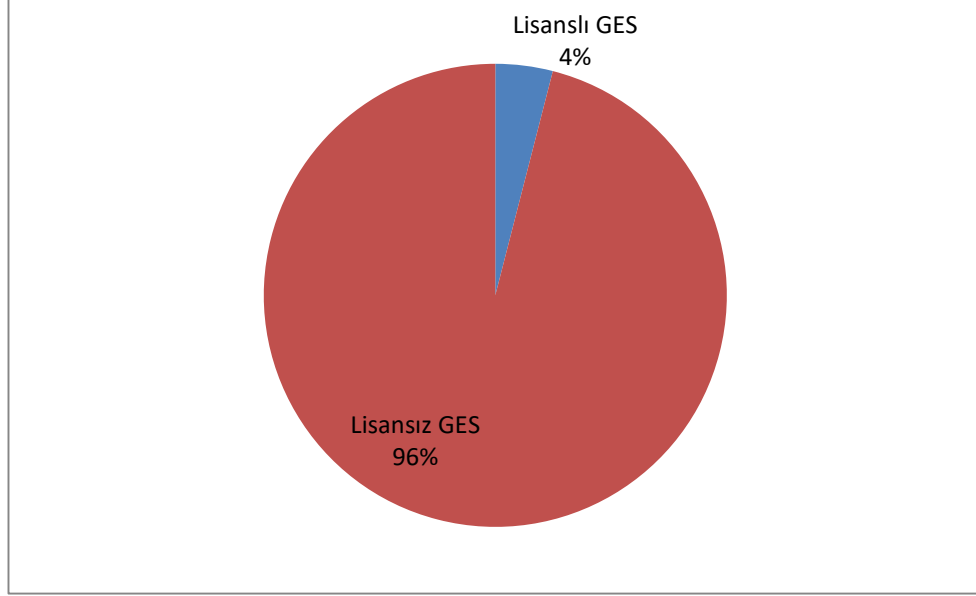
**Grafik 3.18: Yıllara Göre GES Kurulu Gücünün ve Elektrik Üretiminin Değişimi**



**Kaynak: Özgür, 2018.**

2017 yılı itibari ile lisanslı GES'lerin Kurulu gücü 17,9 MW olmuştur. Lisanslı GES'lerin toplam gelse içindeki oranı da %4 civarında olmuştur (Bkz. Grafik 3.19).

**Grafik 3.19: Türkiye'de GES'lerin Oranı**



**Kaynak: Özgür, 2018.**

Lisanslı GES oranının bu kadar az olması önemli bir sorun olarak görülmektedir. Bunun en büyük nedeni lisans almada yaşanan zorluklar, Bürokratik işlemlerin uzunluğu, idareler arasında yetki karmaşası ve uygulama farklılıkları gelmektedir. Umuyoruz ki yakın gelecekte bu sıkıntılı durumlar ile ilgili yasal düzenlemeler yapıp lisanslı olarak GES'lerin önü açılacaktır.

2017 yılı sonu itibari ile lisanslı güneş enerjisi santrallerinin kapasitesi Tablo 2.33'te gösterilmiştir.

**Tablo 2.33: 2017 Yılı Sonu İtibarıyla Lisanslı Santrallerin Kapasiteleri ve Mevcut Durumları**

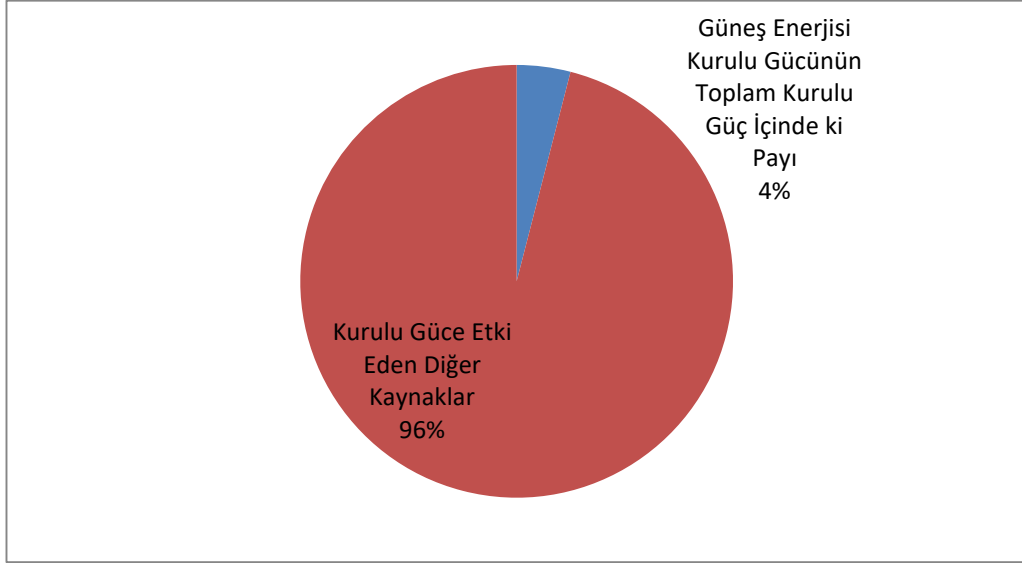
Toplam Elektriksel Kapasite (MWe)	51,86
Toplam İşletmedeki Kapasite (MWe)	17,9
Toplam İnşa Halindeki Kapasite (MWe)	34,96

**Kaynak: Özgür, 2018.**

2017 yılında Güneş enerjisi kurulu gücünün toplam kurulu güç içerisindeki payı % 4,01 seviyelerine kadar çıkmıştır (Bkz. Grafik 3.20).



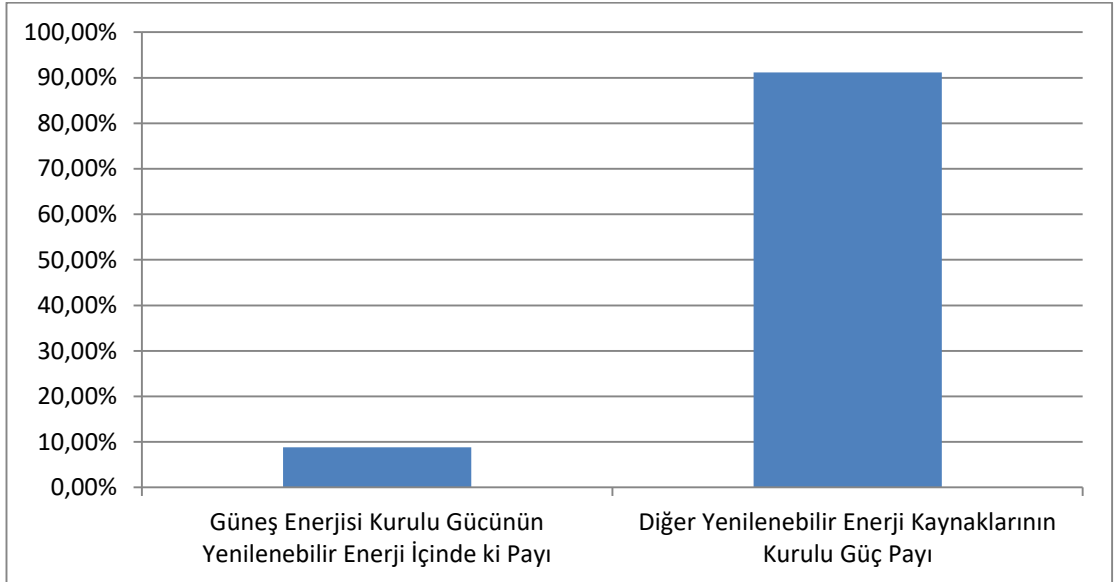
**Grafik 3.20: Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Toplam**



**Kaynak: Özgür, 2018.**

Temiz enerji kaynakları içerisinde Güneş Enerjisinin payına bakarsak % 8,81 seviyesini görmekteyiz (Bkz. Grafik 3.21).

**Grafik 3.21: Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Yenilenebilir Kaynaklar İçindeki Payı**



**Kaynak: Özgür, 2018.**

### 3.3.Rüzgâr Enerjisi

Dünyanın güneşe olan uzaklığının her an değişmesi ve dünya üzerindeki ısı dengesinin farklı olarak ortaya çıkması havadaki sıcaklığı nemi ve basıncı etkilemektedir. Bu değişkenler doğrultusunda havada bir reaksiyon meydana gelir (Bartik, 2018).

Bu oluşan durumu rüzgâr olarak adlandırıyoruz. Güneşin sürekli dünyayı ışınları ile beslemesi rüzgârın da sürekliliğini getirmektedir. Yani rüzgâr ve güneş doğru orantılı olarak gelişmektedir (Batı, 2013).

Rüzgâr Enerjisi bu oluşan hava akımı reaksiyonlarının gücünden yararlanmak sureti ile ortaya çıkmıştır. Bu enerji çok çeşitli şekillerde kullanılmakla beraber rüzgâr türbin oluşan bu rüzgâr enerjisini hareket enerjisine dönüştürmek ve sonrasında da elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır.

Yaklaşık 4000 yıl öncesine dayanan rüzgâr enerjisinden faydalanma süreci karşımıza gemilerin yelkenler ile hareket ettirilmesi ve buğday öğütülmesi gibi süreçlerde kullanılmıştır. Günümüzde ise bu süreç daha çok elektrik üretimi için kullanılmaktadır. 1890'lı yıllarda New York şehrinde Poul la cour tarafından ilk elektrik üretimi sağlanmıştır. Yeni farklılık yaratan rüzgâr enerjisi fosil yakıtların ortaya çıkardığı çevresel sorunlardan uzak temiz enerji kaynağı olarak dünya üzerindeki yerini her geçen gün artırmaktadır (Bartik,2018).

Şüphesiz ki dünya var oldukça rüzgâr da dünya üzerinde her an aktif olarak var olacaktır. Fakat bu enerji kaynağından faydalanma aşamasında bu oluşan rüzgârın şiddetli ve sürekli olarak gerçekleşmesi gerekmektedir (Çıtak ve Kılınç Pala,2016).

Günümüzdeki fosil yakıtların getirisi olarak ortaya çıkan CO2 yayılımı gün geçtikçe zararlı boyutlara gelmektedir. Yapılan araştırmalar göstermekteki 500kWh lık bir rüzgâr türbini 57.000 ağacın yaptığı CO2 temizleme işlemine denk bir işleme sahiptir. 2025 yılı itibari ile hedeflenen rüzgâr enerjisi altyapısına ulaşıldığı takdirde 1,41 Gton 'a yakın karbon emisyonunun azalacağı öngörülmektedir (Ayдын, 2013).

1970 yılında ortaya çıkan petrol krizinden sonra ortaya çıkan yeni enerji kaynakları arayışında rüzgâr enerjisi potansiyel olarak ön plana çıkmıştır. Rüzgâr enerjisi tükenmeyen bir kaynak olarak görülmektedir.

Bu nedenle kullanım sahası giderek artan bir eğilim göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporlarına dayanarak dünya üzerindeki yüksek rüzgâr potansiyeli, olan bölgelerde dahi mevcut potansiyelin %4'ü kadar kullanılabilir (Kocakuşak, 2018 ).

Dünya üzerinde rüzgâr potansiyelini bölgeler bazında dağılımı Tablo 2.34'te görülmektedir. Kuzey Amerika (14000 TW/yıl) sahip olduğu rüzgâr potansiyeli olarak dünya üzerindeki en yüksek rüzgâr alan bölge olarak karşımıza çıkmaktadır

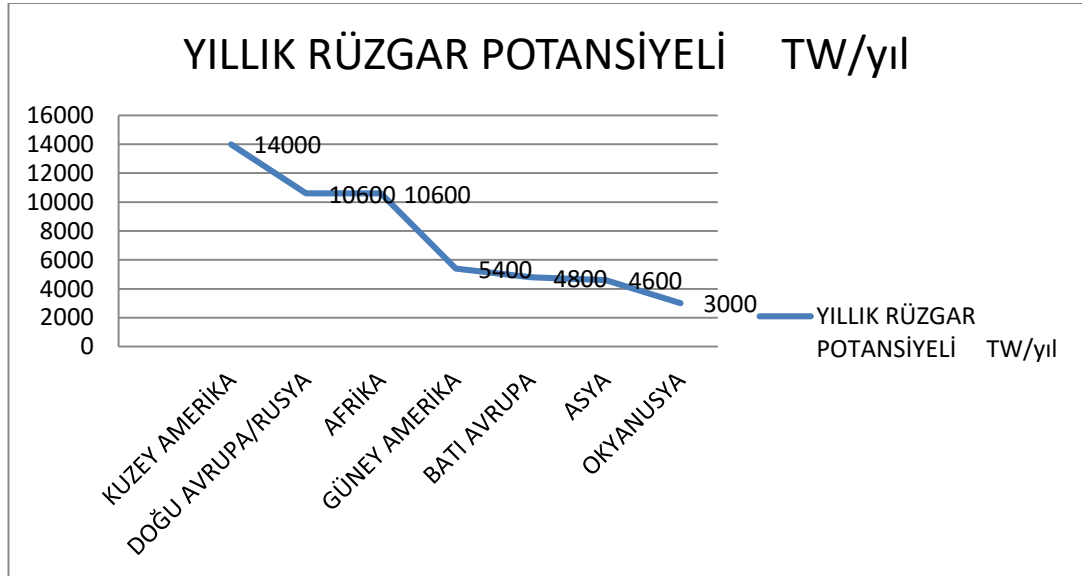
**Tablo 2.34: Dünya Rüzgâr Potansiyelinin Bölgeler Göre Dağılımı 2015**

BÖLGE	YILLIK RÜZGÂR POTANSİYELİ TW/yıl
KUZEY AMERİKA	14000
DOĞU AVRUPA/RUSYA	10600
AFRİKA	10600
GÜNEY AMERİKA	5400
BATI AVRUPA	4800
ASYA	4600

Kaynak: Kocakuşak, 2018.

Görülmekteki rüzgâr potansiyeli gelecekte en çok kullanacağımız enerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Grafik 3.22 incelendiğinde dünyamızın rüzgâr enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir.

**Grafik 3.22: Dünya Üzerindeki Bölge Bazında Rüzgâr Potansiyelinin Dağılımı**



Kaynak: Kocakuşak, 2018.

Enerji kaynağı olarak rüzgârın kullanımı yakın gelecekte elektrik enerjisi üretim maliyetlerini düşürecektir. Rüzgâr enerjisi için gerekli olan güneş ışınlarını yalnızca %2'si kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi teknolojik yükselişi ve uygun maliyet imkânları ile en yüksek gelişim sağlayan enerji kaynağı durumundadır. 2008 yılı itibari

ile istihdama 440.000 kişi rüzgâr enerjisi istihdamına katılmıştır. Bu sayının 2020 yılı itibari ile 1.500.000 kişi olacağı öngörülmektedir (Vural, 2010).

1990 yıllardan sonra rüzgâr enerjisi tüm dünyada hızlıca bir destek bulmuştur. 1990’da Almanya Elektrik Besleme Kanunu (Electricity Feed Law) ile enerji kaynağı olarak rüzgâra ilk destek veren ülke olmuştur. İlerleyen dönemlerde ABD bu alandaki liderliği 1997 yılında Almanya’dan almıştır. Bu ülkeleri Hindistan İspanya, Birleşik Krallık, İtalya, İrlanda ve Danimarka, takip etmektedir (Önal ve Yarbay, 2010).

### 3.3.1.Dünya Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Rüzgâr enerjisi küresel çapta hızla gelişen bir enerji türü olarak karşımız çıkmaktadır. 2017-2022 yılları arasında %80 oranında mevcut sistemin artması beklenmektedir. 2016 yılı itibari ile şebekelere bağlı rüzgâr enerjisi kapasitesi 466 GW seviyesine ulaşmıştır. Bu kapasitenin 451 GW karasal rüzgâr 15 GW ‘ı ise açık deniz rüzgârdan elde edilmiştir. Rüzgâr enerjisi küresel elektrik enerjisi üretiminin % 4’ünü oluşturmaktadır. Yapılan yatırımlar göstermektedir ki önümüzdeki beş yıl içerisinde kıyı rüzgâr kapasitesi 295 GW seviyelerine çıkacaktır (Kocakuşak, 2018).

Rüzgâr santrallerinden açık denizdeki olanları, karadakileri ne göre daha verimli çalıştığı görüldükten sonra önümüzdeki yıllarda açık deniz rüzgâr santralleri hızlıca artacaktır. 2016 ‘da 14 GW olan açık deniz santrallerinin 2022 ‘de 41 GW ‘a çıkması hedeflenmektedir. 2016 yılı verilerine göre Rüzgâr kaynaklı enerji üretim kapasitesi 469 GW ‘a çıkmıştır buda %12 artışa denk gelmektedir. Bu alanda En yüksek kapasiteye sahip ülke Çin olarak karşımıza çıkmaktadır(149GW). 2016 yılındaki çalışmalara göre de yıllık baz da en fazla yatırım Çin tarafından yapılmış olup (19,3) bu ülkeyi sırası ile ABD(8,2GW) ,Almanya ( GW), Hindistan (3,6GW) ve Brezilya (3,6GW) izlemektedir (Kocakuşak, 2018).

Tablo 2.35’te görüleceği gibi küresel baz da rüzgâr enerjisi kapasitesi her yıl katlanarak artmaktadır.2017 yılı itibari ile rüzgâr gücü kapasitesi 600 GW’a ulaşmıştır.

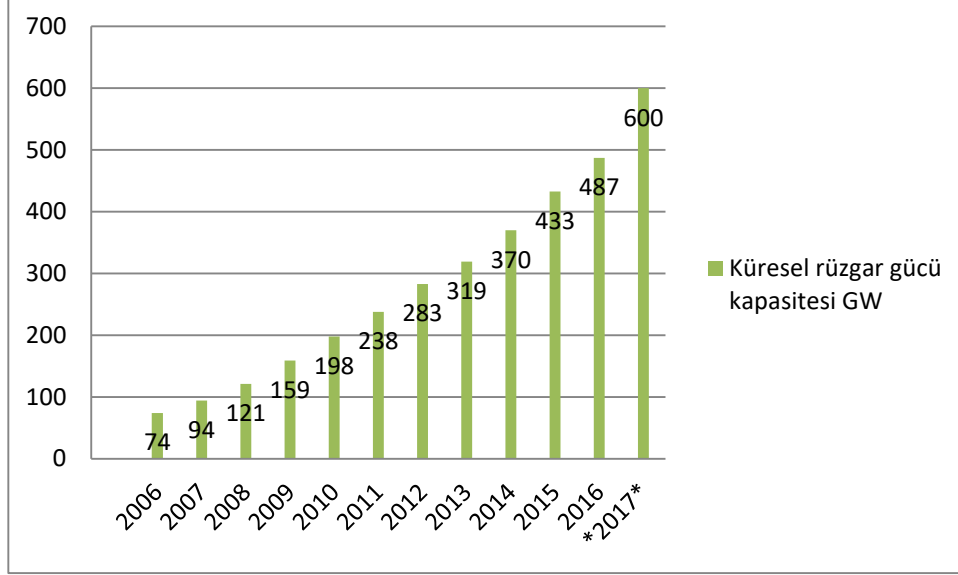
**Tablo 2.35: Rüzgâr Gücü Küresel Kapasitesinin Yıllara Göre Gösterimi 2006-2016**

YILLAR	Küresel rüzgâr gücü kapasitesi GW	YILLAR	Küresel rüzgâr gücü kapasitesi GW
2006	74	2012	283
2007	94	2013	319
2008	121	2014	370
2009	159	2015	433
2010	198	2016	487
2011	238	*2017*	600

**Kaynak: Deniz, 2018.**

Oransal baz da bu kapasite artışı incelendiğinde en yüksek artışın 2017 yılı itibari ile olduğu görülmektedir (Bkz. Grafik 3.23).

**Grafik 3.23: Rüzgâr Gücü Küresel Kapasitesinin Yıllara Göre Gösterimi 2006-2016**



**Kaynak: Deniz, 2018.**

IEA verilerine göre 2050 yılında dünya üzerindeki elektrik enerjisinin % 18' i rüzgârdan üretileceği tahmin edilmektedir. Buda mevcut kapasitenin yaklaşık 8 kat artırılması gerekeceğini göstermektedir. Dünya üzerindeki ülkeler Rüzgâr enerji üretimi çalışmalarını arttırarak devam ettiriyorlar. Bu konuda Çin Kurulu güç olarak ilk sırada yer almaktadır (Bkz. Tablo 2.36).

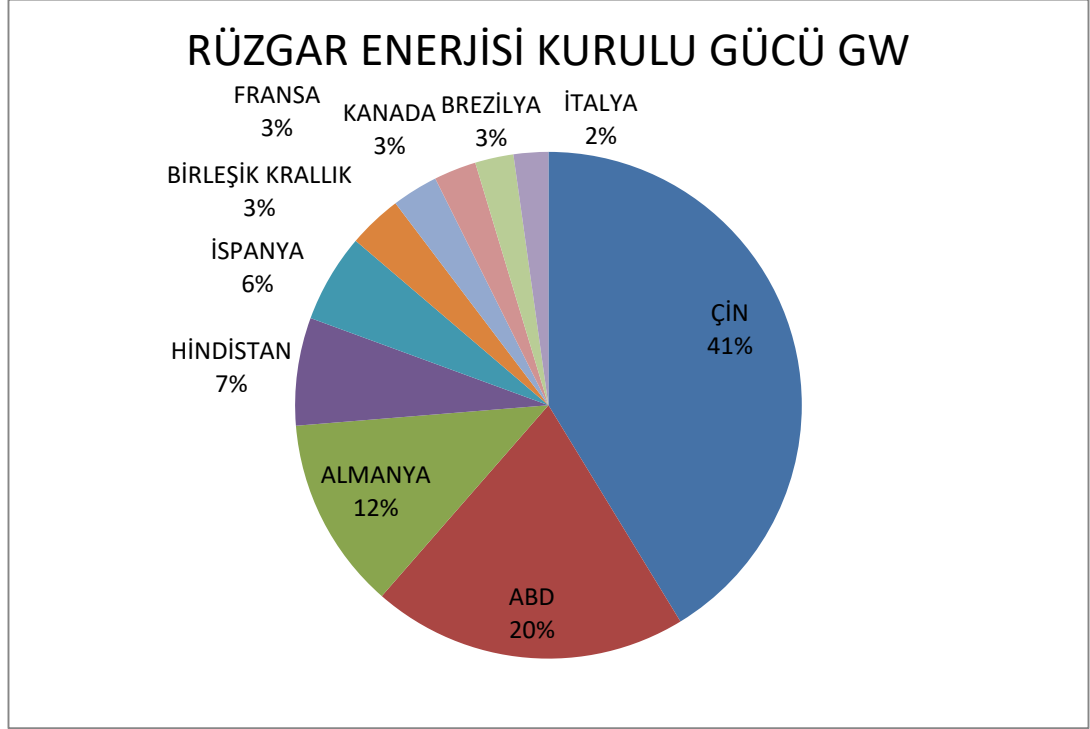
**Tablo 2.36: Ülkelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü 2016**

ÜLKELER	RÜZGÂR ENERJİSİ KURULU GÜCÜ MW	ORAN %
ÇİN	168730	41
ABD	82184	20
ALMANYA	55340	12
HİNDİSTAN	28700	7
İSPANYA	22841	6
BİRLEŞİK KRALLIK	14543	3
FRANSA	12066	3
KANADA	11900	3
BREZİLYA	10740	3
İTALYA	9257	2

**Kaynak: Kocakuşak, 2018.**

Grafik 3.24'te görüldüğü gibi Rüzgâr kaynaklı enerji kurulu gücü olarak Çin başı çekerken sonrasında ABD, Almanya ve Hindistan ve diğer ülkeler gelmektedir.

**Grafik 3.24: Ülkelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü 2016**



**Kaynak: Kocakuşak, 2018.**

Dünya üzerinde ülkelerin rüzgâr enerjisi kurulu gücünü oranlarsak % 41 gibi bir oranla Çin ilk sıradaki yerini korumaktadır. 2016 yılı itibari ile kapasite artışına baktığımızda da Çin % 23 ile yine bu alandaki liderliği sürdürmektedir (Bkz. Grafik 3.12). 2016 yılı itibari ile dünya üzerindeki toplam kapasite 486 MW seviyesindedir (Doğan, 2019).

2017'de rüzgâr enerjisi santrali, kurulu gücüne baktığımızda 163.730 MW ile Çin en yüksek güce sahip ülke olarak görülmektedir. ABD 82184 MW, Almanya 55.340 MW ve Hindistan 28.700 MW ile onu izlemektedir (Kocakuşak,2018).

2016 yılı artışı %23 olan Çin 2017 Yılında da %25,5'lik artış oranı ile bu alanda yatırımlarına devam etmektedir (BP, 2018). BP'nin 2018 yılı verilerine göre dünyada rüzgâr enerjisi kurulu gücü toplam tüketim gücü içerisinde 1.122,7 Mtep olarak tespit edilmiştir (Doğan,2019).

Tablo 2.37'e göre rüzgâr enerjisi kurulu gücü bakımından Asya pasifik bölgesi ilk sırada yer alırken tüketim değerlerinde Avrupa ilk sırayı almıştır. Bu da gösteriyor ki enerji tüketiminde gelişmişlik seviyesi belirleyici bir unsur olarak görülmektedir.

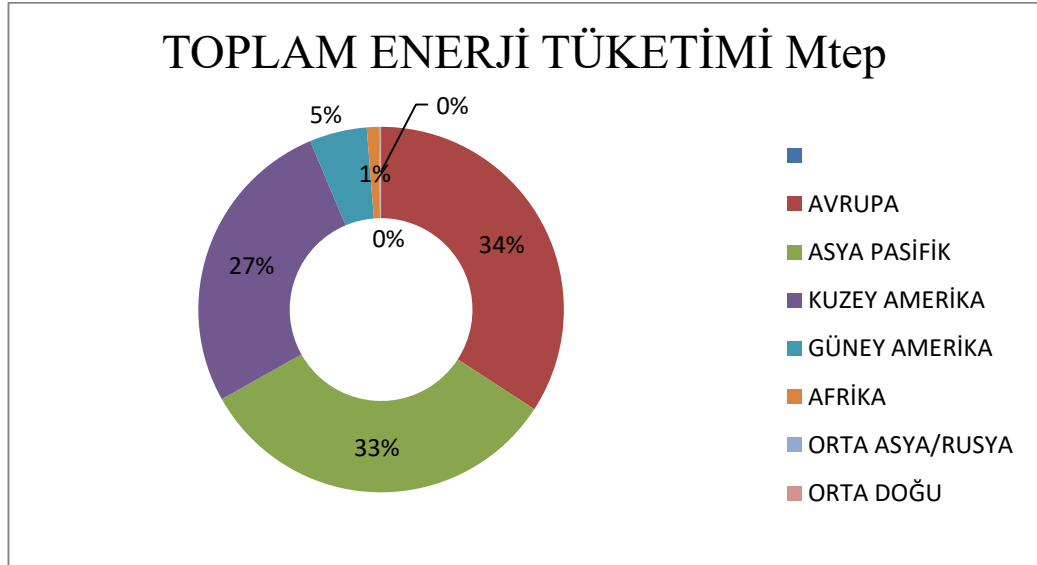
**Tablo 2.37: 2017 Dünyada Bölge Bazında Rüzgâr Enerjisi Tüketimi**

BÖLGE	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ Mtep
AVRUPA	86,8
ASYA PASİFİK	83
AMERİKA (KUZEY)	68,1
AMERİKA (GÜNEY)	12,9
AFRİKA	2,7
ORTA ASYA/RUSYA	0,3
ORTA DOĞU	0,2

Kaynak: Doğan, 2019.

Teknolojik açıdan ilerlemiş ülkelerin bulunduğu bölgeler oransal olarak gösterildiğinde de Avrupa bölgesi %34 ile ilk sırada yer alırken onu Asya bölgesi %33 ile takip etmektedir. (Bkz. Grafik 3.25).

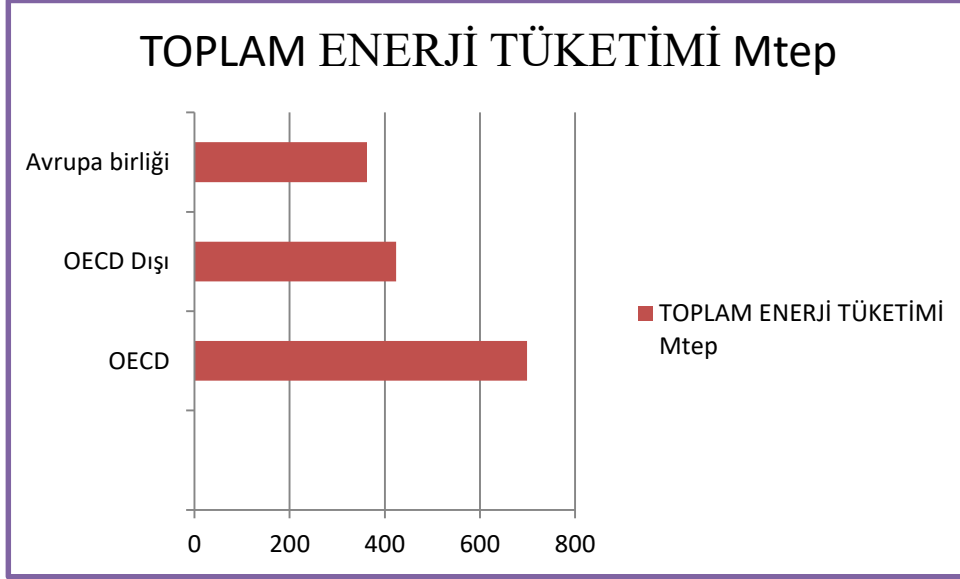
**Grafik 3.25: Bölgesel Bazda Enerji Tüketiminin Oransal Gösterimi**



Kaynak: Doğan, 2019.

OECD ülkelerinin enerji tüketimindeki verileri incelendiğinde 698,9 Mtep olarak gerçekleştiği görülmektedir. OECD dışındaki ülkelerde 423,8 Mtep ve Avrupa birliği ülkelerinde ise 362,3 Mtep olarak ölçülmüştür (Bkz. Grafik 3.26).

**Grafik 3.26: Gelişmişlik Seviyesine Göre Enerji Tüketimi**



**Kaynak: Doğan, 2019**

Bölgeler göre yapılan rüzgar enerjisi tüketimini ülkelere bazında yapacak olursak karşımıza yine Çin 64,7 Mtep 'lik değerle ilk sırada çıkmaktadır. Bu ülkeyi ABD 58,1 Mtep ,Almanya 24,1Mtep ve Hindistan 11,9 Mtep değerlerle takip etmektedir (Bkz.Tablo 2.38).

**Tablo 2.38: Dünyada Seçilmiş Bazı Ülkelerin Rüzgar Enerjisi Tüketimi (Mtep) 2017**

ÜLKELER	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ Mtep
ÇİN	64,7
ABD	58,1
ALMANYA	24,1
HİNDİSTAN	11,9
BİRLEŞİK KRALLIK	11,2
İSPANYA	11,1
BREZİLYA	12
KANADA	11
FRANSA	10
TÜRKİYE	9

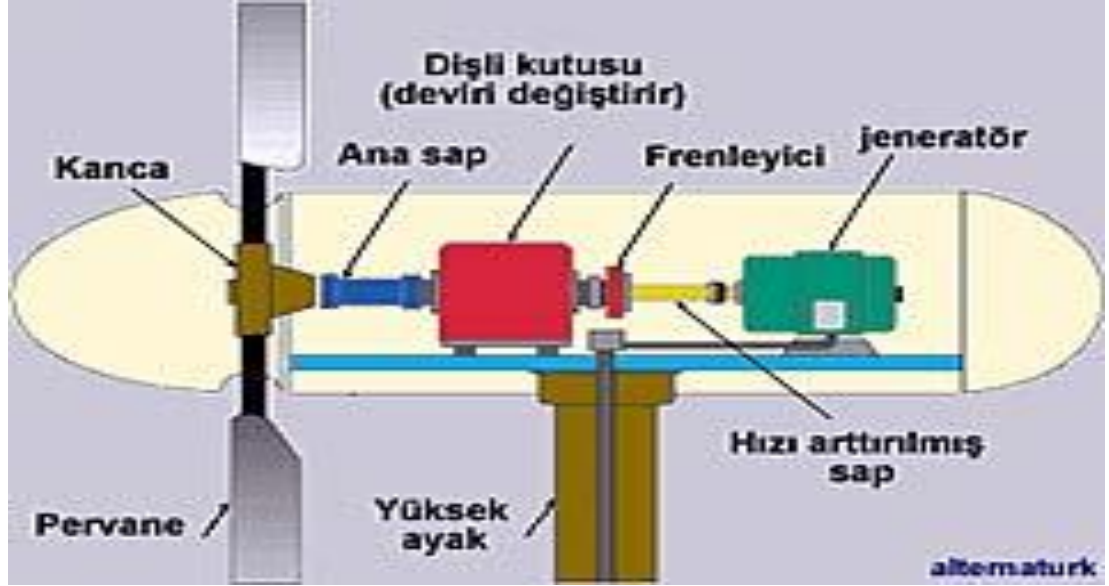
**Kaynak: Doğan, 2019.**

Rüzgârı meteorolojik tarafından inceleyecek olursak, etkili rüzgârlar yükseklerde, engebese ve engeli az olan vadi ve tepelerde, sahil kıyısında bulunur.



Rüzgâr santralinin çalışmasını basitçe açıklayacak olursak havanın hareketi esnasında oluşan kinetik enerji önce mekanik enerjiye sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir (Bkz. Şekil 4.13).

**Şekil 4.13: Rüzgâr Enerjisi Üretim Şeması**



Kaynak: Gedik, 2015.

Rüzgâr santrallerini en önemli yapı parçası türbin olarak gözükmektedir bu yüzden dikey ve yatay türbinli olarak iki ayrılabilirler. Günümüzde yatay eksenli türbinler daha çok kullanım alanına sahiptir (Kaya, 2018).

Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte büyük ölçekli rüzgâr santrallerinde 1,0-7,5 MW gücündeki yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Modern rüzgâr türbinlerinde elektrik enerjisinin üretildiği türbin göbek (rotor göbek) yer seviyesinden 60 ila 120 m arasında bir yüksekliktedir (Kaya,2018).

Bu yükseklik elde edilecek enerji miktarını etkileyen birinci öncelik olarak gözükmektedir. Türbin göbek yüksekliğinin artırılması ile rüzgâr gücünden maksimum verim elde edilecektir (Kaya, 2018). Rüzgâr kaynaklı enerji üretimini avantajlarını ve dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

\*Rüzgâr kaynağı havada fazlası ile bulunmaktadır.

\*Temiz sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerjidir.

\*Tükenme ihtimali olmadığından maliyet artış riski bulunmamaktadır.

\*Gelişen teknoloji ile birlikte kurulum ve işletme maliyeti günümüz diğer güç santralleri ile rekabet edecek güce gelmiştir.

\*Bakım ve işletme sorunu yoktur.



Türkiye’de 2006 yılında REPA tarafından rüzgâr enerjisi atlası hazırlanmıştır (Bkz. Şekil 4.14). 50 metre yüksekte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızı olan yerlerde 5MW’lık santraller kurulabilmektedir (Kaya, 2018).

Bölgesel baz da bakıldığında rüzgâr potansiyeli en yüksek bölgemiz Marmara bölgesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ortalama rüzgâr gücü 51,91 W/m<sup>2</sup> olurken yıllık ortalama rüzgâr hızı 3,29 m/s olarak hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 2.39).

**Tablo 2.39: Bölgeler Göre Ortalama Rüzgâr Gücü**

BÖLGE ADI	ORTALAMA RÜZGÂR GÜCÜ YOĞUNLUĞU (W/M <sup>2</sup> )	YILLIK ORTALAMA RÜZGÂR HIZI (M/S)
AKDENİZ	21,36	2,45
İÇ ANADOLU	20,14	2,46
EGE	23,47	2,65
KARADENİZ	21,31	2,38
DOĞU ANADOLU	13,19	2,12
GÜNEYDOĞU ANADOLU	29,33	2,69
MARMARA	51,91	3,29
ORTALAMA	25,82	2,58

**Kaynak: Vural, 2010.**

Rüzgâr enerjisi kurulu gücü her geçen gün artış trendi göstermektedir. Ülkemizde rüzgâr potansiyeli teknik olarak 48.000 MW seviyesinde olduğu bilinmektedir. Bu potansiyelin karşılanması için gereken yüzölçümü alanı ise ülkemiz topraklarının %1,3’üne denk gelmektedir.

Yükseklik referansı olarak 50 m olarak aldığımızda Marmara bölgesi, Ege bölgesi ve Akdeniz bölgesinin doğusu potansiyeli en yüksek bölgeler olarak görülmektedir (Doğan, 2019).

İyi ile sıra dışı kaynak derecesi arasında yer alan Türkiye’nin enerji gücü 47.849,44 MW seviyesindedir. Türkiye’nin rüzgâr potansiyelinin yüksek olmasının yanı sıra artı özellik olarak ta rüzgâr hızının ortalama 7,5 m/s olmasıdır (Bkz. Tablo 2.40 ). Bu özellik rüzgâr gücünden faydalanmada avantajlar getirmektedir.

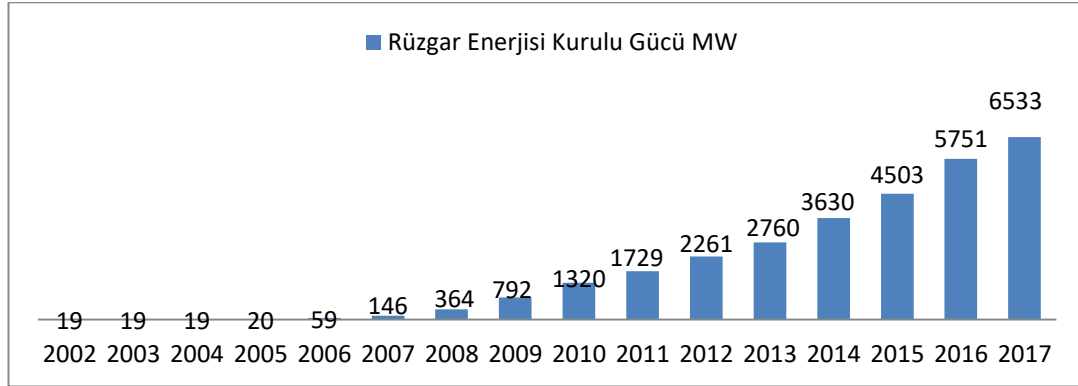
**Tablo 2.40: Türkiye'nin Sahip Olduğu Rüzgâr Potansiyeli**

Rüzgâr Kaynağı Derecesi	Rüzgar Bölümü	50 m'de Rüzgar GücüYoğunluğu (W/m2)	50m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Mevcut Toplam Alan (km2)	Rüzgarlı Arazi Yüzdeliği	Toplam Kurulu Gücü (MW)
Orta	3	300-400	6,5-7,0	16781,39	2,27	83906
İyi	4	400-500	7,0-7,5	5851,87	0,79	29259,36
Harika	5	500-600	7,5-8,0	2598,86	0,35	12997,32
Mükemmel	6	600-800	8,0-9,0	1079,98	0,15	5339,92
Sıradışı	7	>800	>9,0	39,17	0,01	195,84
Toplam				26351,28	3,57	131756,4

**Kaynak: Altuntaşoğlu, 2018.**

Ülkemizde yıllar içerisinde rüzgâr gücü kapasitesi artarak gelişmeye devam etmektedir. 2000 yılların başında 19 MW seviyesindeki güç 2017 yılına gelindiğinde 6533 MW seviyesine çıkmıştır (Bkz. Grafik 3.27).

**Grafik 3.27:Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllar İçerisindeki Gelişimi.**



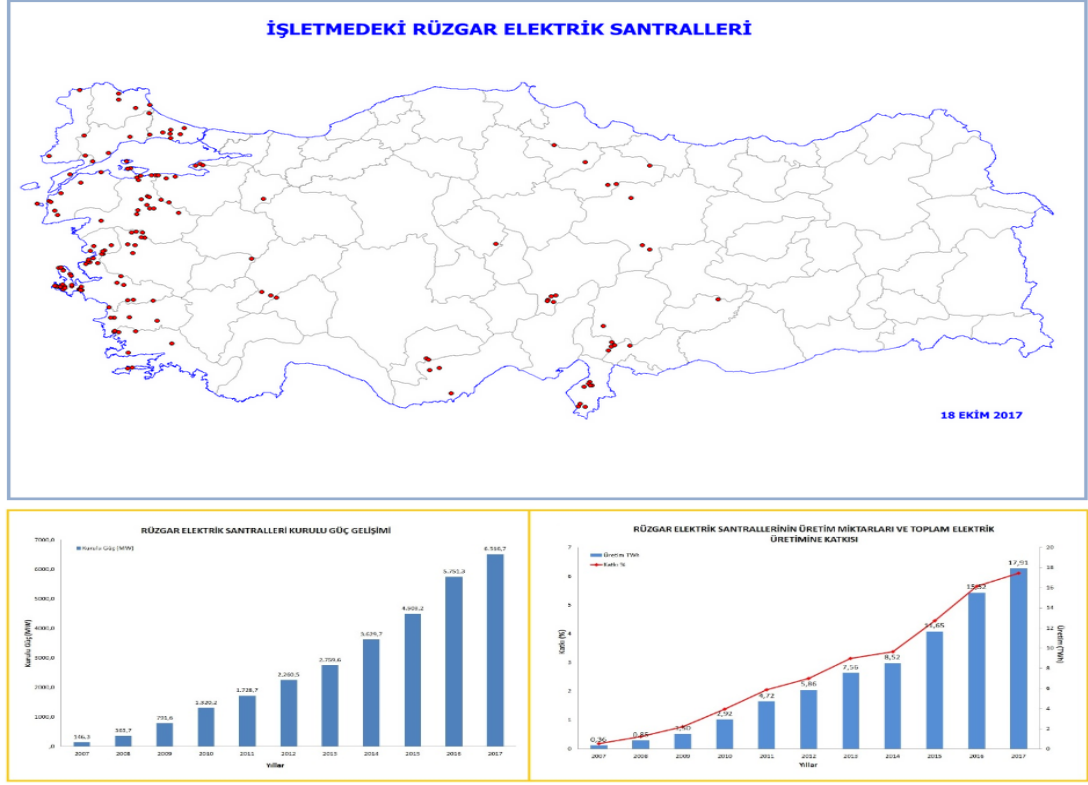
**Kaynak: Altuntaşoğlu, 2018.**

Rüzgâr enerjisi hidroelektrik gücünden sonra Türkiye de en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olmayı başarmıştır. Yine de teknik olarak 48.000 MW'lık bir potansiyele olan bir ülkede 6.533 MW gibi değer çok düşük kalmaktadır (Akdoğan, 2018).

İlk rüzgâr santrali İzmir çeşmede 1998 'de yapılmıştır ve günümüze kadar rüzgâr enerji santralleri artarak devam etmektedir.2017 yılı itibari ile 155 tane RES mevcuttur. Ve işletmedeki bu RES'lerin toplam kapasitesi 6.437,9 MW seviyesindedir. Lisansız olarak faaliyet gösteren 39 adet RES bulunmaktadır. Ve bu lisansız RES'lerin üretim kapasitesi 28,48 MW' tır (Akdoğan, 2018).

Şekil 4.15'te işletmedeki RES'lerin Türkiye üzerindeki yerleri gösterilmektedir. Görüldüğü gibi Rüzgâr enerjisi santralleri çoğunlukla Marmara ve Ege bölgesinin sahil kıyısındadır (Akdoğan, 2018).

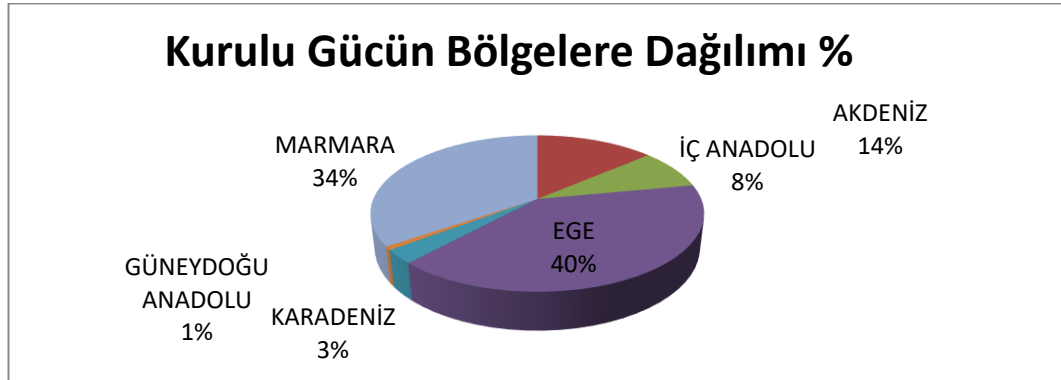
**Şekil 4.15: Türkiye'deki İşletmedeki RES'lerin Yerleşim Yerleri**



Kaynak: [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/isletmedeki\\_resler.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/isletmedeki_resler.aspx)

İşletmedeki RES'lerin Kurulu güçlerini bölgesel ve il bazında inceleyecek olursak Ege ve Marmara bölgesi açık ara önde olduğunu görebiliriz (Bkz. Grafik 3.28).

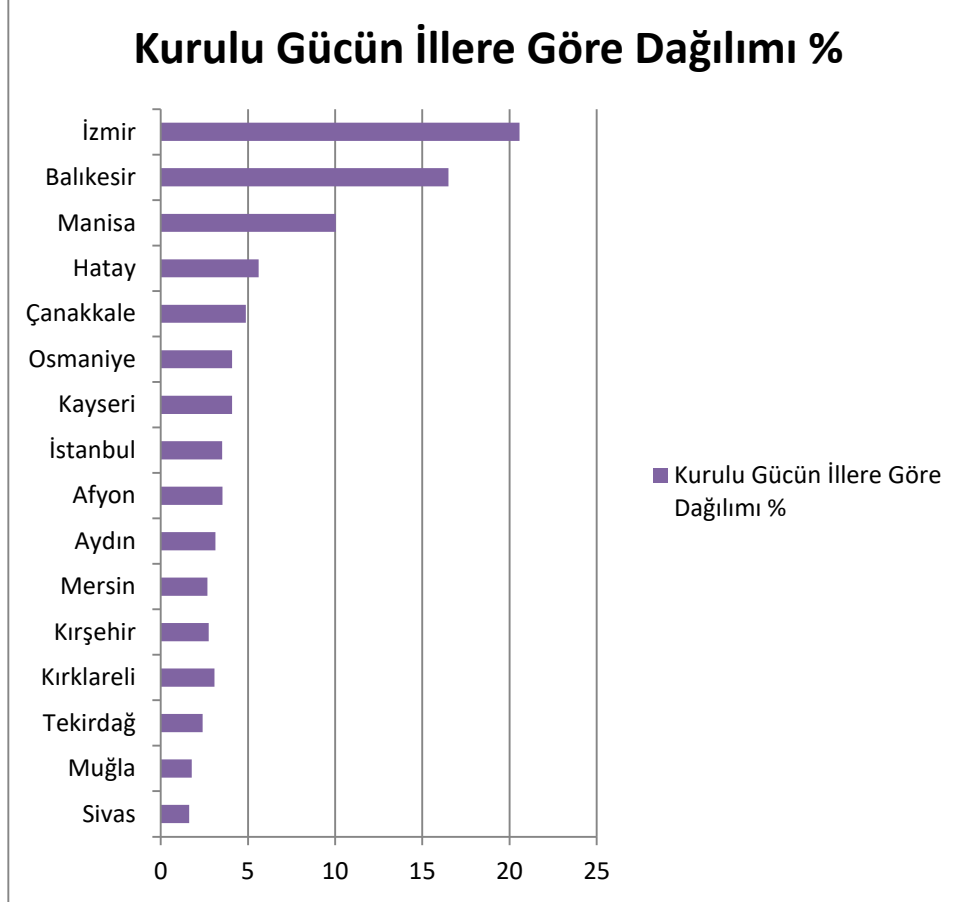
**Grafik 3.28: Bölgesel Olarak Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Oranı (%)**



Kaynak: Altuntaşoğlu, 2018.

Kurulu gücün il bazında dağılımına bakacak olursak İzmir, Balıkesir, Manisa, Hatay, Çanakkale illeri bu konuda ilk sıraları paylaşmaktadır (Bkz. Grafik 3.29).

**Grafik 3.29: Kurulu Gücün İllere Göre Dağılımı %**



**Kaynak: Altuntaşoğlu, 2018.**

Türkiye’de hidroelektrikten sonra en çok kullanılan rüzgâr enerjisinin genel anlamda avantajlarını değerlendirecek olursak karşımıza şöyle bir tablo çıkmaktadır.

- Ham madde ihtiyacı yoktur. Atmosferde fazlası ile mevcuttur.
- Temiz enerji kaynağıdır güvenilir, yenilenebilir, çevre dostu ve sürdürülebilir bir kaynaktır.
- Yerli ve milli kaynaktır. Hiç bir şekilde dış bağımlılık gerektirmez.
- Yatırım alanları ülke topraklarının %1,3 gibi küçük bir bölümüne kurulabildiği için tarım, hayvancılık teknolojik çalışmalara bir engel oluşturmaz. Ayrıca atıl alan olarak adlandırılan yamaç ve dik yokuş gibi alanların kullanımımız imkân verir.
- İnşaat aşamasında ve sonrasında tesisi işletmesi sırasında istihdam oluşturarak sosyoekonomik katkısı vardır.
- Güvenilir çevre dostu kaynaktır. Emisyon gibi sorunlar teşkil etmez.

- Hammadde fiyat dengesi bulunmakta fiyatında ani yükselmeler söz konusu değildir.
- Kurulum maliyeti son yıllardaki teknolojik gelişmeler ve yerli sanayi tarafından üretilebilmesi nedeni ile diğer kaynaklarla rekabet edecek duruma gelmiştir.
- İşletmesi basit işletme maliyetleri minimum seviyededir.
- Kurulumu ve işletmeye alınma süresi mümkün olduğunca azdır.

Yukarıdaki tespitler doğrultusunda rüzgâr enerjisi temiz, çevre dostu, hammadde maliyeti bulunmayan kısa veya uzun vadeli fiyat dengesizliği bulunmayan diğer ülkelere bağımlılığı en aza indiren yerli ve milli bir kaynaktır (Akdoğan, 2018).

### 3.3.3.Rüzgâr Enerjisinin Çevresel Etkileri

Rüzgâr santrallerini kurulduğu alan itibari ile büyük araziye ihtiyaç gösteriyor gibi olsa da rüzgâr türbinlerinin kapladığı ana %1-2 civarındadır. Geri kalan %98-99'luk kısım tarım alanı olarak rahatlıkla değerlendirilebilmektedir. Ayrıca rüzgâr santralleri tarımsan yapıya zarar vermediği gibi kurulduğu bölge de yaşayan kişilere iş imkânı sağlamaktadır (Gedik,2015).

Ayrıca rüzgâr santralleri karada kurulabildiği gibi denizde de rüzgâr tarlaları inşa etmek mümkündür. Tek türbin değerlendirmeye alındığında ihtiyaç duyulan alan 700-1000 m<sup>2</sup>/MW'tır. Bu santrallerinin birim güç- alan gereksimi 0,1-0,2 km<sup>2</sup>/MW seviyesindedir (Gedik,2015). Rüzgâr santralleri ile hidroelektrik santralleri alan ve güç açısından karşılaştırılması Tablo 2.41' de yapılmıştır.

**Tablo 2.41: Rüzgâr ve Hidroelektrik Santrallerinin Kurulu Güç ve Enerji Üretimine Göre Arazi Kullanım Oranları**

Santral türü	Kurulu güce göre arazi kullanım oranı (km <sup>2</sup> /GW)	Üretilen enerjiye göre arazi kullanım oranı (km <sup>2</sup> /GWh)
Hidrolik enerji santrali	1600-9000	0,75
Rüzgâr enerji santrali	47-160	0,12

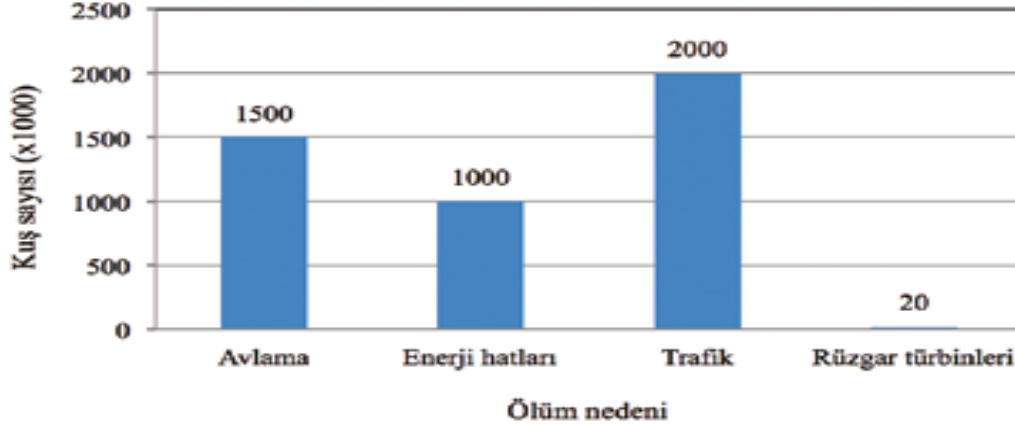
**Kaynak: Gedik, 2015.**

A-Kuş ölümleri: Rüzgâr santrallerinin olumsuz yönlerinde biriside kuş ölümlerine yol açabilmesidir. Kuş ölümleri çoğunlukla göçmen kuşların göç zamanında toplu halde uçtukları sırada meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalarda yıllık 20000 civarında kuş ölümü rüzgâr türbinleri nedeni ile olmaktadır ama bu sayı avlanma, trafik ya da enerji hatlar yüzünden oluşan ölümler düşünülünce yok sayılacak kadar azdır. Sonuç olarak bu kuş ölümlerinin önüne geçmek için rüzgâr santrallerinin göç yolları üzerine kurulmamasında fayda vardır (Kocakuşak, 2018)



Grafik 3.30 incelendiğinde kuş ölümlerinde rüzgâr türbinlerinin etkisi diğer trafik, avlanma ve enerji hatlarına göre çok daha azdır.

**Grafik 3.30: Yıllık Tahmini Kuş Ölümleri ve Nedenleri**



Kaynak: Özkaya, Variyenli ve Uçar, 2008.

B- Gürültü Kirliliği: Rüzgâr Santrallerinin kurulumu sırasında mühendisliği yapılan konulardan biriside gürültüdür. Gürültü rahatsız eden istenmeyen ses olarak adlandırılabilir. Bir rüzgâr türbininde oluşabilecek iki tür gürültü vardır. Birincisi rüzgârın türbin kanatlarına çarpması ile oluşan aerodinamik gürültü ikincisi ise rüzgâr türbinin oluşturan jeneratör dişli sistemi ve diğer parçaların çalışması sırasında oluşan mekanik gürültüdür. Teknolojik gelişmeler türbinlerde oluşan mekanik gürültüyü yok denecek kadar azaltmıştır. 600 KW ve 2 MW güç kapasiteli rüzgâr türbininden belli uzaklıkta seviyeleri desibel (dB) cinsinden Tablo 2.42’de verilmiştir (Gedik, 2015).

**Tablo 2.42: Rüzgâr Türbininden Belli Uzaklıkta Hissedilen Gürültü Seviyeleri (db)**

Rüzgar Türbini	200m	250m	300m	500m
600kW	46,5	44,4	42,7	37,4
2mW	47	44,9	43,2	37,9

Kaynak: Gedik, 2015.

C- Görüntü ve Estetik etkisi: Rüzgâr Türbinleri büyük yapılar olduğundan bulunduğu coğrafya içerisinde görüntü ve estetik açıdan olumsuz bir etki bırakabilmektedir. Ayrıca türbinlerin parlak ve cilalı yapıları güneş ışınlarını yansıtma özelliği taşıyabildiğinden parıltı denilen bir etki bırakabilmektedir. Bu parıltı etkisini azaltmak için türbin kanatları gri renkte boyanarak bu sorun çözülmektedir. Oluşan görüntü kirliliğini de en aza indirmek için kule tipi kafesten, Boru tipine geçiş yapılmıştır (Özkaya vd. ,2008).



D- Gölge Etkisi: Gölge etkisi Bütün büyük yapılarda olduğu gibi rüzgâr santrallerinde de oluşabilecek bir durumdur. Ancak rüzgâr türbinlerinin uzun ama ince yapılarından dolayı bu etkileri oldukça düşük bir bölgeyi kapsamaktadır. Oluşan gölge etkisi maksimum 1 km bir alandan sonra yok olmaktadır.

E-Televizyon Yayınları: Tüm büyük yapı projelerinde olduğu gibi Rüzgar santralleri de elektromanyetik alan oluşturma gibi bir olumsuz durum meydana getirebilirler. Oluşan bu elektrik alanı radyo ve televizyon yayınlarını bozucu bir etki gösterdiği gibi türbinin bulunduğu lokasyondaki deniz ve hava sinyal trafiğini de olumsuz şekilde etkileyebilir (Özkaya vd. ,2008).

Bölgedeki TV sinyalleri ile rüzgâr türbinin pervane büyüklüğü arasında bir bağlantı vardır. TV sinyallerindeki bu bozulma anten düzenlemesi ve yardımcı verici sistemleri ile düzenlenmektedir.

F- İklima Etki: Rüzgar gücünden alınabilecek optimum enerji için pervane öncesinde ve sonrasında rüzgar 1/3 oranında düşer bundan dolayı rüzgar santrallerinin iklim üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Rüzgâr türbinleri düşük güçlü rüzgârlarda çalışmaz ama gücü yüksek olan hava akımlarında çalışarak oluşan güçlü rüzgârları düşürme gibi bir etkisi vardır. Dolayısıyla rüzgâr santrallerinin iklima olumlu bir katkısı olduğu söylenebilir (Özkaya vd. ,2008).

### **3.4 Hidroelektrik Enerjisi**

Dünya’da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı içerisinde en fazla kullanılan kaynak hidroelektrik enerjidir. Hidroelektrik enerji suyun düşüş ya da akış hızından oluşan güç kazanımı ile bu gücün elektrik enerjisine dönüştürülme işlemidir. Hidroelektrik enerji santralleri yenilenebilir, temiz, çevre dostu, yakıt maliyeti olmayan, verimi yüksek ve kullanım ömrü uzun santraller olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca birçok çevresel soruna sebep olan fosil yakıtlara en önemli alternatif kaynaktır. Türkiye hidroelektrik enerji sistemlerinde dünya üzerindeki payı %1, Avrupa’daki payı ise %16’dır (Özkaya vd. ,2008).

Durgun suda bulunan potansiyel enerji suyun hareketi ile kinetik enerjiye dönüştürülür Bu kinetik enerji daha sonrasında elektrik enerjisine dönüşür. Dolayısıyla bu tip santraller su kaynaklarının üzerlerinde olmalıdır (Akkaya ve Uzar, 2012). Üretilebilecek enerjinin büyüklüğün de bu potansiyel enerjiye sahip suyun miktarı, düşüş ya da akış hızı belirleyici faktördür.

Büyük nehirler üzerinde olan santrallerde yüksek miktarda enerji üretilebilir. Ya da yüksekten düşüş hızı sağlanabilen santrallerde de yüksek miktarda enerji üretimi sağlanmaktadır (Gedik, 2015).

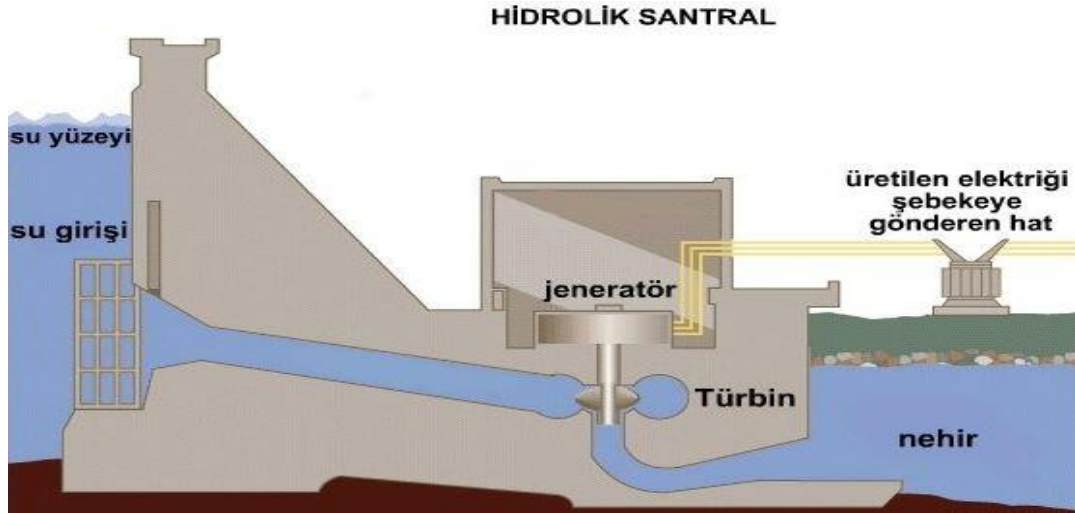
Hidroelektrik santrallerin birçok yönden avantajlı olarak karşımıza çıkması bu santrallerin tercih edilme sebeplerini artırmıştır. Kurulum maliyeti olarak ta doğalgaz termik santralleri dışında diğer tüm santrallerden daha ekonomik bir maliyet tablosu

ile karşılaşmaktayız. Bunun en önemli sebepleri ise bu santrallerin kurulum aşamasındaki araç ve donanım tedarik işleminin % 75-80 civarında ki kısmı yerli üreticiler tarafından karşılanabilmektedir. Kurulum aşamasında olduğu gibi işletme safhasında da bu santraller daha avantajlıdır. Ayrıca bir hidroelektrik santralin ömrünün minimum 75 yıl olduğu düşünüldüğünde uzun kullanım ömrü ile de diğer santrallere göre öne çıkmaktadır (Koçak, 2011).

Enerji iletim hatlarının daha da yaygınlaşması ile birlikte hidroelektrik santrallerde artış son derece hızlı olmuştur. Hidrolik enerji dünyadaki 35'e yakın ülkenin en önemli enerji kaynağı olarak görülmektedir (Bartık,2018).

Su yolları üzerine kurulan bu santraller suyun akış ya da düşüş gücünden faydalanılarak türbinlerin döndürülmesi sağlanmaktadır. Bu türbinlerin dönüşü ile oluşan mekanik enerji jeneratörler sayesinde elektrik enerjisi üretimine dönüşür (Gedik, 2015). Şekil 4.16'da Hidrolik enerji santralinin üretim şeması gösterilmiştir.

**Şekil 4.16: Hidrolik Enerji Üretim Şeması**



**Kaynak:** [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h\\_hidrolik\\_nedir.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx)

Dünya üzerindeki suyolları yağmur ve kar ile yenilenecek nehirlerin potansiyellerini her yıl yenilenmektedir. Bu işlem dikkate alındığında hidroelektrik enerjiye çevre dostu, temiz enerji denilebilir.

Hidroelektrik santralleri, kurulu güç varlıklarına göre 4 kısımda incelenmektedir.

- \* Mikro santraller (sahip olduğu kurulu güç, 0,1-100 KW)
- \* Mini santraller (sahip olduğu kurulu güç, 101-1000 KW)
- \* Küçük ölçekli santraller (sahip olduğu kurulu güç 1001-10000 KW)
- \* Büyük ölçekli santraller (sahip olduğu kurulu güç 10000 KW'tan büyük)

(Bartık, 2018).

Büyük güçlü hidroelektrik santrallerini yapım aşamalarının uzunluğu ve bu aşamada ortaya çıkan olumsuzluklardan dolayı daha küçük ölçekli santrallerin(KHES) yapımına hız verilmiştir ve gün kullanım trendi atmıştır (Kaya, 2011).

KHES'ler kurulum, işletme ve bakım – onarım maliyetinin az olması, inşaat aşamasının kısalığı ve bulunduğu bölgede balıkçılık, turizm gibi istihdamı artırması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmeye başlanmıştır (Bartık, 2018).KHES'ler düşük maliyetler ile de yapılabildiği için proje ve inşaat aşaması kolaylıkla karşılanabilmektedir (Uğurlu, 2006).

Hidroelektrik enerjini avantajlarını genel olarak değerlendirecek olursak karşımız şu maddeler çıkmaktadır.

\*Temiz, yenilenebilir, sürekli ve çevre dostu kaynaktır.

\*Sera gazı ve küresel ısınmaya bir etkisi bulunmamaktadır.

\*Yakıt hammadde masrafı bulunmamaktadır.

\*Artan yük taleplerine göre kolaylıkla güncellenebilirler.

\* Enerji iletim hatlarının yaygınlaşması ile ülke çapında yayılmış büyük veya küçük tüm su varlıklarının değerlendirilmesini sağlar.

\*%80 civarında yerli ve milli imkânlar kullanılarak inşa edilebilmektedirler.

\*Ömürleri uzun, işletme ve bakım maliyetleri düşüktür.

\*Enerjide dışa olan bağımlılığı azaltabilecek en önemli yatırım kaynağıdır.

\*Yüksek verimle çalışabilmektedirler.

\*Sosyoekonomik ve istihdam katkısı sağlar (Kaya, 2018).

### **3.4.1. Dünya Hidrolik Enerji Piyasası**

Hidroelektrik enerji tüm herkesin kabul ve tercih ettiği bir enerji türü olarak karşımız çıkmaktadır. İlk olarak 1882 yılında ABD 'de kullanılmaya başlanmış olup sonrasında tüm dünyaya yayılmıştır (Deniz, 2018).

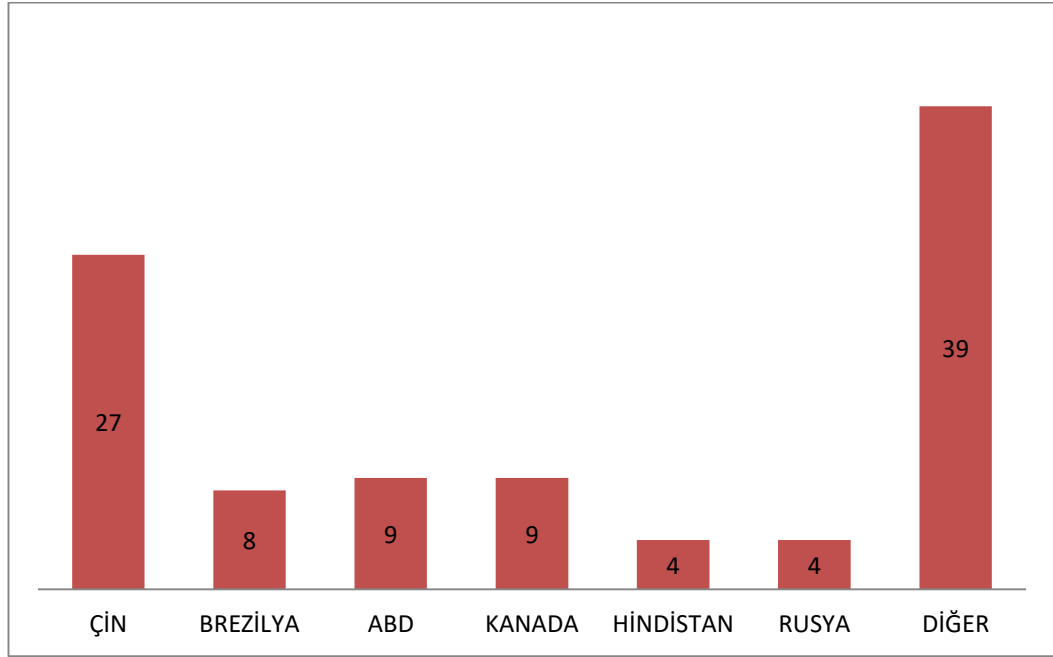
Dünya üzerinde yağışların denizler ve göllere ulaşan sı miktarı yaklaşık 117.000 km<sup>3</sup> kadardır. Ama kullanılması mümkün olan miktar ise yalnızca 8.000km<sup>3</sup> tür. Türkiye Çevre Vakfı'nın 2014 yılındaki rapora göre Türkiye'nin var olan hidroelektrik potansiyeli brüt olarak 40.000 TW/yıldır. Bu potansiyelin 8,000 TW/yıl kısmı yıllık olarak kullanılabilir seviyede olduğunu göstermiştir (Ural, 2014).

2050 yılında hidroelektrik enerji gücünün 200 GW küresel kapasiteye çıkması ve 700 TWh'lık enerjiye ulaşması öngörülmektedir. Hidroelektrik enerji dünya elektrik enerjisinin yaklaşık %17 sini oluşturmaktadır. Bu payın büyük bir kısmı Çin ve Brezilya tarafından oluşturulmaktadır. Son yıllarda hidroelektrik enerjinin gelişim

aşaması hız kesmiş gibi gözükse de 2022 yılına kadar 119 GW'lık bir artışın olması beklenmektedir (Deniz, 2018).

2016 yılı itibari ile Küresel bazda hidroelektrik kapasitenin 25GW olduğu ve toplam kapasitenin de 1096 GW olduğu öngörülmektedir. Bu kapasite içinde ki en büyük pay Çin, Brezilya, ABD, Kanada, Rusya ve Hindistan'dadır. Bu ülkeler toplam kapasitenin %61'lik kısmına denk gelmektedir (Bkz. Grafik 3.31).

**Grafik 3.31: Ülkelere Göre Hidroelektrik Enerji Gücü İçindeki Oranı %**



**Kaynak: Deniz, 2018.**

Küresel bazda yıllık artışın %3,2 ve 4012 TWh olması tahmin edilmektedir. 2016 yılı itibari ile en yüksek hidroelektrik kapasitesini artıran ülkeler Çin, Brezilya, Ekvator, Vietnam Peru ve Türkiye olmuştur (Deniz, 2018).

Hidroelektrik enerji kaynakları bulunduğu coğrafi konum ile ilgilidir. Bu kaynaklar için engebeli arazi ve sulak bölgelerin olması bu enerjiden faydalanmak adına önemli kriterleridir. Bu açıdan bakıldığında Malezya, Hindistan, Brezilya gibi ülkeler avantajlı yapıdadır (Deniz, 2018).

Tablo 2.43 incelendiğinde 2017 yılında hidroelektrik enerjinin dünya üzerinde ki payı 918,6 Mtp'e'dir. Bu tüketim değerleri içerisinde en yüksek pay Asya Pasifik bölgesine aittir. Onu sırası ile Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Avrupa takip etmektedirler.

**Tablo 2.43: Dünyada Bölgelere Göre Hidroelektrik Tüketimi**

Bölgeler	Toplam Enerji Tüketimi Mtpe
Asya Pasifik	371,6
Kuzey Amerika	164,1
Güney Amerika	162,3
Avrupa	130,4
Bağımsız Devletler Topluluğu	56,7
Afrika	29,1
Ortadoğu	4,5
Dünya Toplamı	918,6

Kaynak: Doğan, 2019.

Tablo 2.44'deki verilere göre hidroelektrik enerji tüketim değerlerine bakacak olursak Çin yine ilk sırada olduğu görülmektedir. Hidroelektrik enerji tüketim değerlerinde Çin'i sırası ile Kanada, Brezilya ve ABD takip etmektedir.

**Tablo 2.44: Dünyada Seçilmiş Ülkelere Göre Hidroelektrik Enerji Tüketimi.**

SIRA	ÜLKELER	TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ Mtp
1	ÇİN	261,5
2	KANADA	89,8
3	BREZİLYA	83,6
4	ABD	67,1
5	RUSYA	41,5
6	NORVEÇ	30,7
7	HİNDİSTAN	32
8	JAPONYA	17,9
9	VENEZUELA	17,4
10	VİETNAM	15,9

Kaynak: Doğan, 2019.

### 3.4.2. Türkiye'de Hidrolik Enerji

Türkiye 'de yıllık yağış ortalama olarak 450 milyar m<sup>3</sup> suya denk gelmektedir. Brüt yer üstü suyu 172 milyar m<sup>3</sup>, tüketilebilecek miktar ise 94 milyar m<sup>3</sup>'tür. Buna yer altı sularını da eklersek toplamda tüketilebilecek su miktarı 112 milyar m<sup>3</sup>'e denk gelmektedir kullanımdaki su miktarı ise 54 milyar m<sup>3</sup>' tür (Yılmaz, 2018).

Ülkemizin sahip olduğu su kaynakları potansiyelini Tablo 2.45'te detaylı bir şekilde gösterilmiştir

**Tablo 2.45: Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli.**

Su Kaynakları Potansiyeli	
Türkiye'nin Yüz Ölçümü	779.452 km <sup>2</sup>
Yıllık Ortalama Yağış	574 mm/yıl
Yıllık Yağış Miktarı	450 milyar m <sup>3</sup>
Yüzey Suyu	
Yıllık Yüzey Akışı	172 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir Yüzey Suyu	94 milyar m <sup>3</sup>
Yer Altı Suyu	
Yıllık Çekilebilir Su Miktarı	18 milyar m <sup>3</sup>
Tahsis Edilen Miktar	15 milyar m <sup>3</sup>
Gelişme Durumu	
DSİ Sulamalarında Kullanılan	40 milyar m <sup>3</sup>
İçme Suyunda Kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
Sanayide Kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
<b>Toplam Kullanılan Su</b>	<b>54 milyar m<sup>3</sup></b>

**Kaynak: Kaya,2018.**

Hitit uygarlığı M.Ö 1300'lü yıllarda ilk baraj olarak adlandırabileceğimiz yapıyı inşa etmişlerdir. Sonrasında Van ili sınırları içerisinde M.Ö 100'li yıllarda Urartular tarafından bazı hidrolik yapıların inşa edildiği bilinmektedir. 6.yy da Mardin'de dara barajı dünyanın ilk ince kemer ipi barajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye cumhuriyetinin kurulması ile inşa edilen ilk baraj Çubuk I barajıdır (Deniz. 2018).

Ülkemizde hidroelektrik santral ise 1902 yılında Tarsus ta yapılmıştır. Sonrasında 1929' da Visera santrali,1940'ta İvriz santrali gibi yapılar yapılmıştır. Ama esas hızlanma 1950'li yıllardan sonra olmuştur. Sarıyar, Hirfanlı, Kesikköprü Seyhan baraj ve hidroelektrik santralleri yapılmıştır. 1970'li yıllarda ise Keban barajı ve santrali inşa edilmiştir. Türkiye cumhuriyetinin hidroelektrik enerji konusundaki atılım projeleri de GAP projesi ile birlikte hayata geçmiştir (Akpınar, 2005).

Yapılan araştırmalar sonucunda ülkemizin hidroelektrik potansiyeli 433 milyar KWh' tır. Teknik olarak kullanılabilir potansiyel ise 216 milyar KWh iken ekonomik potansiyel ise 140 milyar KWh/Yıl olarak hesaplanmıştır (Doğan, 2019).

Türkiye'nin hidroelektrik kurulu gücü her geçen yıl artmaya devam etmektedir. Tablo 2.46'da 1985-2017 yıllarındaki değişimindeki artış net bir şekilde görülmektedir.

**Tablo 2.46: Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Güç ve Üretiminin 1985-2017 Arası Gelişimi**

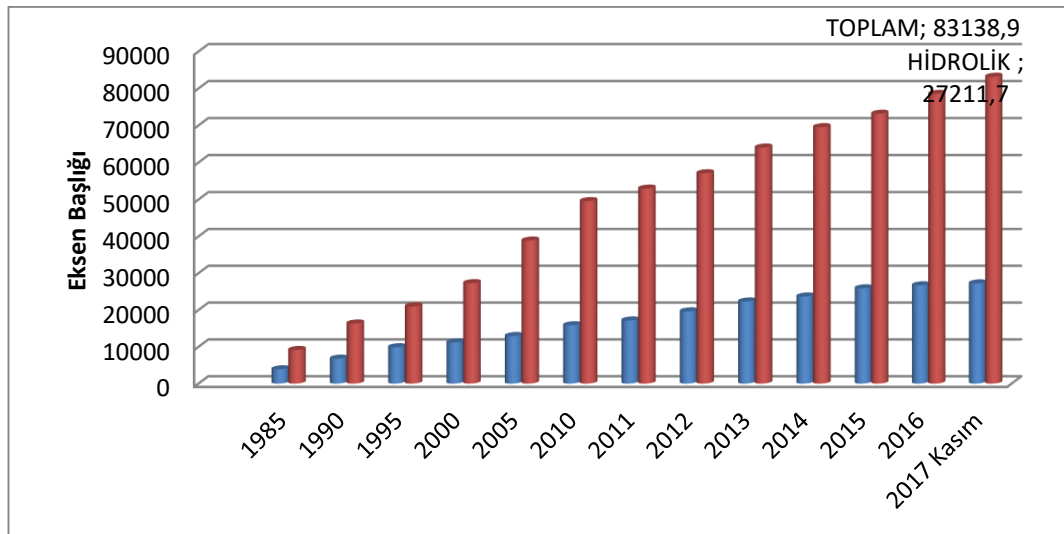
YIL	KURULU GÜÇ (MW)				ÜRETİM (GWh)			
	TERMİK	HİDROLİK	TOPLAM	TOPLAM/HİDROLİK	TERMİK	HİDROLİK	TOPLAM	TOPLAM/HİDROLİK
1985	5229,3	3874,8	9121,6	42,5	22168	12044,9	34218,9	35,2
1990	9535,8	6764,3	16317,6	41,5	34315,3	23147,6	57543	40,2
1995	11074	9862,8	20954,3	47,1	50620,5	35540,9	86247,4	41,2
2000	16052,5	11175,2	27264	41	93934,2	30878,5	124921,6	24,7
2005	25902,3	12906,1	38843,5	33,2	122242,3	39560,5	161956,2	24,4
2010	32278,5	15831,2	49524,1	32	155827,6	51795,5	211207,7	24,5
2011	33931,1	17137,1	52911,1	32,4	171638,3	52388,6	229395,1	22,8
2012	35027,2	19609,4	57059,4	32,4	174871,7	57865	239496,8	24,2
2013	38648	22289	64007,5	34,8	171256	59245,8	239293,3	24,8
2014	41801,8	23643,2	69519,8	34	200416,6	40644,7	251962,8	16,1
2015	41847,4	25867,8	73147,6	35,4	177852,2	66897,9	259611,5	25,8
2016	43862,2	26681,1	78497,4	34	182688,4	67274	273387,6	24,6
2017 Kasım	45619,7	27211,7	83138,9	32,7	189652,3	53492,9	264876,9	20

Kaynak: Yılmaz, 2018.

1985 yılında Türkiye'nin Kurulu gücü 3.878,4 MW iken 2017 Kasım itibari ile 83.138,9 MW seviyelerine çıkmıştır. Aynı yıllarda üretim miktarına bakacak olursak ta 12.044,6 GWh seviyelerindeyken 2017 yılında bu oran 53.492,9 GWh'te çıkmıştır.

Hidroelektrik santrallerinin kurulu gücünün toplam kurulu güce oranına bakacak olursak (Bkz. Grafik 3.32).

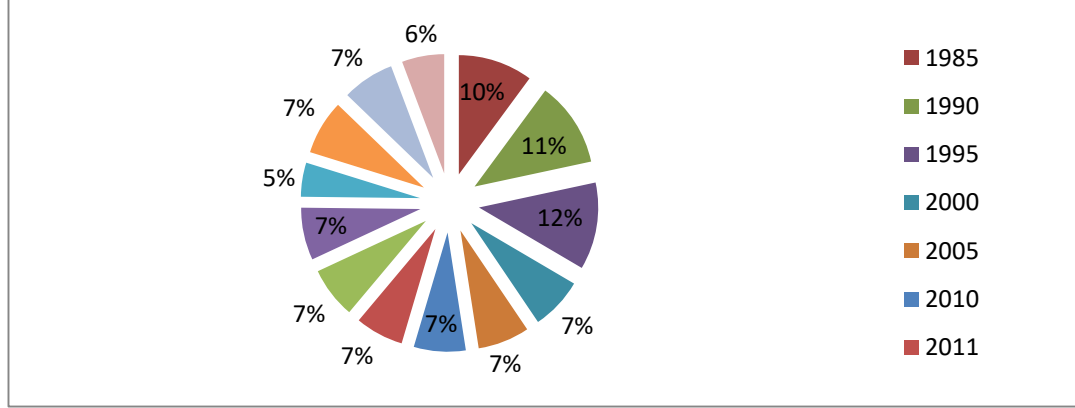
**Grafik 3.32: 1985-2017 Yılları Arasında Türkiye Toplam Kurulu Gücü ile Hidrolik Kurulu Güç**



Kaynak: Yılmaz, 2018.

Bu kurulu güç değerleri üzerinden 1985-2017 yılları arasındaki üretim miktarının yüzdesel olarak gösteren grafiğe bakıldığında hidroelektrik santrallerden elde edilen gücün toplam güce oranı yıllar içinde azalmıştır (Bkz. Grafik 3.33).

**Grafik 3.33: Hidroelektrik Santrallerden Elde Edilen Gücün Toplam Üretilen Güce Oranı (GWh)**



**Kaynak: Yılmaz, 2018.**

Ülkemizde son yıllarda yapılan çalışmalarla hidroelektrik santraller önemli yer tutmaktadır. Toplam enerji ihtiyacı içerisinde ki yeri hergecen gün artan hidroelektrik enerji ülkemiz için önemli bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizdeki HES'lerin potansiyel durumu Tablo 2.47'de görülmektedir.

**Tablo 2.47: HES Potansiyeli Durumu.**

HES POTANSİYEL DURUMU				
Varlık	HES (adet)	Top. Kurulu Kap. (MW)	Ort. Yıllık Üret. (GWh/yıl)	Pay (%)
Faaliyette	596	26819	93653	59
Yapım Süren	83	5425	16508	10
Yapımına Henüz Başlanmayan	639	15330	48383	31
<b>Toplam</b>	<b>1318</b>	<b>47573</b>	<b>158544</b>	<b>100</b>

**Kaynak: Kaya, 2018.**



Türkiye’de özel sektör tarafından geliştirilen HES’ler gün geçtikçe hız kazanmıştır (Bkz. Tablo 2.48 ve Tablo 2.49).

**Tablo 2.48: Özel Sektörce Geliştirilecek Projeler.**

6446 Sayılı EPK Çerçevesinde Özel Sek.Geliştirilecek Proje. (Ülke Geneli)						
Çalışma	Ort. Yıl. Üret. (GWh/yıl)	Pay (%)	Top. Kurulu Kap. MW	Kamu (MW)	Özel Sek. (MW)	HES (adet)
Faaliyette	41184	43	26819		12106	454
İnşaat Halinde	10195	11	5424	1920	3504	80
Planlama ve Proje	44216	46	15330	1315	14015	616
<b>Toplam</b>	<b>95595</b>	<b>100</b>	<b>47573</b>	<b>3235</b>	<b>29625</b>	<b>1150</b>

**Tablo 2.49: Özel Sektörce Geliştirilecek Projeler (GAP).**

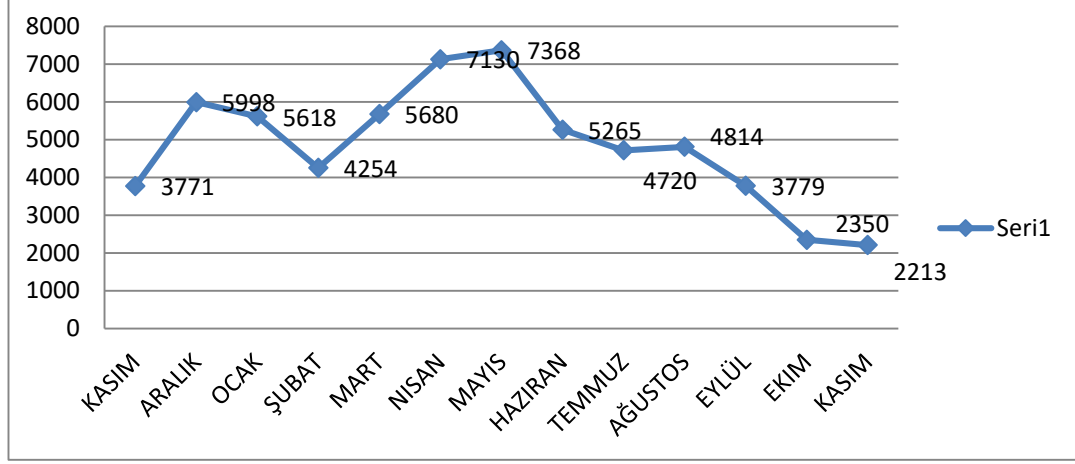
6446 Sayılı EPK Çerçevesinde Özel Sek. Geliştirilecek Proje. (GAP)						
Çalışma	Ort. Yıl. Üret. (GWh/yıl)	Pay (%)	Top. Kurulu Kap. MW	Kamu (MW)	Özel Sektör (MW)	HES (adet)
Faaliyette	22790	61,7	6175	5527	648	34
İnşaat Halinde	6907	18,7	2370	1399	971	7
Planlama ve Proje	7246	19,6	2192	270	1922	65
<b>Toplam</b>	<b>36943</b>	<b>100</b>	<b>10737</b>	<b>7196</b>	<b>3541</b>	<b>106</b>

**Kaynak:Kaya, 2018.**

2017 DSİ verilerine bakılacak olursa GAP ülkemiz hidroelektrik enerjisi için büyük bir atılım imkanı vermiştir. Yakın bir gelecekte planlanan projelerinde hayat geçmesi ile birlikte ülke çapında kurulu gücümüz yaklaşık 2 katına çıkması planlanmaktadır.

Günümüzde hidroelektrik santralleri çok tercih edilen enerji üretim tesisleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Nisan ve Mayıs ayları elektrik üretiminin en yüksek olduğu zamanlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Bkz. Grafik 3.34).

**Grafik 3.34: 2016 Kasım ve 2017 Kasım Ayları Arasında Aylık Bazda Hidroelektrik Enerjisi Üretimi GWh**



Kaynak: Evli , 2018.

Ülkemiz bu konuda şanslı sayılabilecek coğrafi bir konumdadır. Hemen hemen her bölgemizde çok önemli su havzalarına sahiptir (Bkz. Şekil 4.17). Türkiye'nin teknik olarak Avrupa da %17,6 dünyada ise %1,5 gibi bir hidroelektrik potansiyeli vardır.

**Şekil 4.17: Türkiye'nin En Önemli Su Havzaları**



Kaynak:Kaya, 2018.

Ülkemizi Avrupa da 2. Sıra yer almaktadır. Bu kategoride ilk sırayı Rusya almıştır. Ama mevcut bu potansiyeli kullanma aşamasında henüz istenilen veriler elde edilmemektedir. Bu dezavantajlı durumu avantaja dönüştürdüğümüzde hammaddesi su olan ve yenilenebilir enerji santralleri elektrik enerjisi üretim maliyetlerini çok aza indirecek ve ülkemizde hidroelektrik santralleri en önemli enerji üreten santraller olacaktır.

Ülkemizde mevcut su potansiyelinin yaklaşık %30 civarı Fırat havzasında yer almaktadır. Dicle havzası Çoruh ve Kızılırmak havzaları önemli su havzaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek bir su potansiyeline sahip ülkemizde bunda üretilen enerji miktarı oldukça azdır. Örneğin mevcut su kaynaklarının yıllık enerji üretim bakımından debisi 186 km<sup>3</sup>/yıl gibi yüksek bir durumdadır. Bu mevcut enerji üretimdeki akarsularımızın payları ise şöyledir. Fırat nehri %17,Doğu Karadeniz %8, Dicle nehri %11,5, Doğu Akdeniz %6 ve Antalya bölgesi %2,6 seviyesindedir (Öztürk,2008).

Türkiye'nin mevcut birincil enerji üretiminin %14'ü hidroelektrik santrallerinden karşılanmaktadır. Bu oran toplam tüketime göre %3,9'a denk gelmektedir. Tablo 2.50'de ülkemizde bulunan en önemli hidroelektrik santralleri kapasiteleri ve bulunduğu coğrafi konum ile listelenmiştir.

**Tablo 2.50: Türkiye'deki Önemli Hidroelektrik Santralleri**

	Kap. (MW)	Üret.(GWh)	Konum
Atatürk Barajı	2405	3659,946	Şanlıurfa
Keban Barajı	1330	4098,266	Elazığ
Karakaya Barajı	1800	4846,311	Diyarbakır
Hırfanlı Barajı	128	209,834	Kırşehir
Altınkaya Barajı	702,6	652,93	Samsun
Sarıyar Barajı	160	156,383	Ankara
Seyhan Barajı	60	265,136	Adana
Kılıçkaya Barajı	120	168,577	Sivas
Aslantaş Barajı	138	366,627	Osmaniye
Demirköprü Barajı	69	87,323	Manisa
Menzelet Barajı	124	345,406	Kahramanmaraş
Deriner Barajı	669,6	1242,704	Artvin

**Kaynak: Yılmaz, 2018.**

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli Atlası (HEPA) ETKB tarafından yayınlanmış olup bu sayede daha açık şeffaf ve erişilebilir bilgiye sahip olunmuştur HEPA hidroelektrik enerjisinin izlenebilmesi, şekillenmesi ve yatırımcılar tarafından takip edilebilirliği için önemli bir kaynak olmuştur (Akdoğan, 2018).

### 3.4.3.Hidroelektrik Enerjinin Çevre Etkisi

Hidroelektrik santraller çevre dostu yeşil enerji santralleri olarak kabul edilmektedir. Çünkü hava kirliliğine, sera etkisine sebep olmazlar. Ayrıca radyoaktif çöpler gibi riskli ürünler oluşturmazlar. Ayrıca hidroelektrik santraller bulunduğu konumdaki tarım alanlarına sulamada, aşırı yağışlardan dolayı oluşan sel baskınlarını önlemede ve ağaçlandırmada önemli katkılar sağlamaktadır. Tabii hidroelektrik santrallerin yapımı aşamasında büyük sistemler meydana gelmektedir. Buda çevre üzerinde zaman zaman olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Mutlu, 2013).

Hidroelektrik santrallerin kurulacağı bölgelerde zaman zaman ağaçların yok edilmesi ve çevrenin tahrip edilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca büyük su depolayan barajlara sahip olunmasında dolayı mikro iklim etkisi ile ekolojik sistemin etkilenmesine sebebiyet vermektedir. Tarımsal alanların sulanmasında etkili rol oynayan nehir ve su göletlerinin kullanımı bu tarım alanlarında verimliliği düşürdüğü gibi erozyon sebebi ile de verimli toprakların kaybolmasına sebep olabilir (Gedik, 2015).

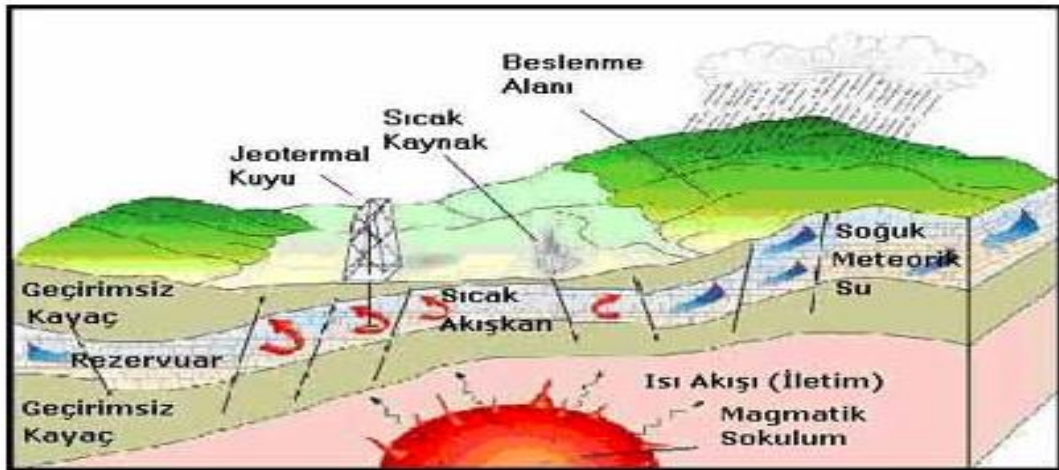
Yapılan Barajlar akan su kanallarının akışını engellediğinden suda yaşayan canlıların yaşam alanlarını daraltabilmektedir. Buda nehir ve göllerdeki balıkçılık faaliyetlerine olumsuz olarak etkilemektedir. Geniş su yüzeyine sahip baraj göllerinde bulaşıcı hastalıkların oluşma durumu gözlemlenmiştir. Tüm bu olumsuz nedenlerden dolayı dünya bankası hidroelektrik santralleri desteklememeye karar vermiştir (Ağaçbiçer, 2010).

### 3.5. Jeotermal Enerji

Yeryüzü ısısı ya da yer ısısı anlamına gelen jeotermal sözcüğü yunanca geo (yer) ve Therm (ısı) kelimelerinin birleşmesi ile ortaya çıkmıştır. Dünyanın oluşumu sırasında yüksek ısıya maruz kalmış toz ve gazların oluşturduğu bu kaynak sürekli olarak hala kendini yenilemektedir. Yer kürenin derin katmanlarında bulunan bu sıcak akışkanların zayıf katmanlardan geçerek yer üstüne ulaşması ile ortaya çıkmaktadır (Ataman, 2007).

Bu yeraltında erişilebilir derinliklerde bulunan ısının akışkanlar aracılığı ile taşınarak veya depolanması ile oluşan buhar, sıcak su, kızgın kuru kayalar, kuru buhardan bu enerji elde edilir (Bkz. Şekil 4.18). Biriken bu ısı yerüstüne yüksek sıcaklıktaki yeraltı suları ile çıkabileceği gibi kızgın kuru kayalardan geçen akışkanların ısınması yardımı ile de alınabilir (Önal ve Yarbay,2010).

#### Şekil 4.18: Jeotermal Enerjinin oluşumu



Kaynak:[http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/20ad4d76fe97759\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/20ad4d76fe97759_ek.pdf)

Jeotermal kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yağmur, kara ve deniz suyu gibi kaynaklardan sürekli olarak beslenmektedirler (Gürsoy, 2004).

Jeotermal kaynaklar kullarımdaki fosil kaynaklı yakıtlara ve diğeri temiz enerji kaynaklarına daha ekonomik bir enerji türüdür. Ayrıca temiz ve çevre dostu olarak ta adlandırabiliriz. Jeotermal kaynakları enerji üretmenin yanında daha birçok kullanım alanı vardır (konut, tarım, endüstri ve sera ısıtması gibi) (Koçak, 2011).

Geçmişten gelen bilgiye göre de insanlar jeotermal kaynaklara yakın yerlerde yaşamayı uygun görmüşlerdir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte önemli bir enerji kaynağı haline gelmiştir (Evrarı ve Evran, 2018).

Jeotermal enerji fosil yakıtlara göre işletim maliyetleri daha düşük seviyedir. Fiyat dalgalanmasına sebebiyet verilmemesi ve ithal hammadde desteğine ihtiyaç göstermemesi gibi birçok üstün tarafı vardır (Doğarı, 2019).

Yapılan araştırmalar yeryüzünde bulunan jeotermal kaynakların %1'lik bile kısmı bile enerjiye çevrildiğinde mevcut fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin 500 katı gibi bir enerji elde edileceğini göstermiştir. Yenilenebilir kaynaklar içerisinde jeotermal enerji hidroelektrik ve biokütle enerjisinde sonra kullanım olarak 3. sıradadır (Doğarı, 2019).

Dünya üzerinde her ülke kendi normuna göre sınıflandırma yapsa da genel olarak jeotermal enerji kabaca üç gruba ayrılır:

- \* Sıcaklık seviyesi Düşük Konumlar (20-70 °C)
- \* Sıcaklık seviyesi orta konumlar (70-150 °C)
- \* Sıcaklık seviyesi yüksek konumlar (150 °C'den yüksek)

Günümüzde jeotermal enerji kullanımı birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Tablo 2.51'de Jeotermal enerjinin sıcaklık seviyesine göre kullanım alanları listelenmiştir (Yılmaz,2018).

**Tablo 2.51: Jeotermal Enerjinin Sıcaklığa Göre Kullanım Alanları**

ISI	KULLANIM ALANI
180	Yüksk Konsantras. solüsyonun buhar, amonyum absorp. ile soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağırsu eldesi, diyatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilikte)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
110	Çimento kurutulması
100	Organik madde kurutma (yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar (kaplıca tedavisi)
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınır) sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

**Kaynak: Yılmaz, 2018.**

Jeotermal Enerjinin Üstünlüklerinden bahsedecek olursak

\*Aynı anda birden fazla amaç doğrultusunda kullanılabilir.

\*Yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yeraltı kaynaklarındaki rezervuarlar sürekli beslenmektedir.

\*Jeotermal enerji mevcut kaynaklara göre daha ekonomik bir enerji kaynağıdır. Dışa bağımlılığı olmayan doğal ve yerli bir kaynaktır. Yapılan işletme maliyetleri kısa sürede amorti edebilmektedir (Etemoğlu, İşman ve Can, 2006).

\*Jeotermal sistemlerde ısı kaybı çok az seviyelerdedir. Ayrıca atık taşıma ve depolama gibi sorunlar teşkil etmez (Erden, 2002).

\* Birçok yenilenebilir enerji kaynağı gibi mevsimsel durumlardan etkilenmez. Buda enerji üretiminde yıl içerisinde dalgalanma yaşanmaz.

\*Ortalama 3 yıl gibi bir sürede santral inşa edilebilir ve hizmete girebilmektedir.

\* Gelişen teknolojik imkânlarla tamamen yerli ve milli olarak oluşturulabilir (Doğan, 2009).

### 3.5.1.Dünyada Jeotermal Enerji

Jeotermal su kaynakları genellikle fay hatlarının ya da volkanik alanların yakınlarında ya da 5000 m derinlikte bulunmaktadır. Bu nedenle deprem bölgeleri ve volkanik alanlar jeotermal kaynakları doğuran en önemli yerlerdir (Karagüç, 2013).

Yapılan araştırmalarda volkanik alanların birçoğunun jeotermal alanlar oluşturduğu görülmüştür. Jeotermal kuşaklar dünya üzerindeki jeolojik katmanlardan dolayı meydana gelmiştir.

And Volkanik Kuşağı: Güney Amerika'nın batı kıyıları boyunca uzanan hat Venezuela, Kolombiya, Ekvador, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin gibi ülkeler,
Alp Himalaya Kuşağı: Hindistan ve Avrupa Platoları'nın çarpışmasıyla oluşan bu kuşak, sahip olduğu 3000 km uzunlukla dünyanın en büyük jeotermal kuşaklarından. Türkiye, İtalya, Sırbistan Karadağ, Hindistan, Makedonya, Arnavutluk, Yunanistan, İran, Çin, Pakistan, Tibet ve Tayland'ı kapsar.
Doğu Afrika Rift Sistemi: Zambiya, Malavi, Tanzanya, Kenya, Uganda, Cibuti ve Etiyopya gibi ülkelerin sınırlarında yer alan aktif bir sistemdir.
Karayip Adaları Kuşağı: önemli potansiyele sahip bölgelerdendir.
Orta Amerika Volkanik Kuşağı: El Salvador, Guatemala, Nikaragua Kosta Rika ve Panama'yı kapsayan volkanik sistemdir

**Kaynak: Yılmaz, 2018.**

Dünya Üzerinde bilinen en uzun jeotermal kuşak Himalaya Kuşağı ve en geniş alana sahip kuşak ise Orta Amerika volkanik kuşağıdır. Jeotermal enerjiden ilk fayda sağlayan ülke ise İtalya'dır (Yılmaz,2018).

Jeotermal enerjinin tarihsel gelişimine bakacak olursak 1904 yılında İtalya da ilk olarak elektrik üretimi denemesi yapılmıştır. 1911 yılında ise yine İtalya da ilk ticari elektrik santrali kurulmuştur. Ve bu santral 1958 yılına kadar tek üretici olarak devam etmiştir. 1958 yılında Yeni Zelanda da ikinci büyük elektrik santrali kurulmuştur. 1967 yılında Rusya da iki elemanlı çevrim santrali kurulmuştur. 1981 yılında ABD bu konuda hızlı adımlar atmaya başlamış olup daha düşük sıcaklıkta da kaynak kullanımına imkân vermiştir (Karalı, 2017)

2016 yılına gelindiğinde dünya üzerindeki jeotermal üretim 84 TWh'e kümülatif kapasite ise 13GW'ın üstüne çıkmıştır. Türkiye Meksika Endonezya ve Filipinler gibi ülkelerdeki Jeotermal yatırımlar ile bu kapasitenin 2021 yılında 17GW'a çıkması beklenmektedir. Jeotermal enerji yatırımlarına dünya üzerindeki tüm ülkeler yeni teşvik uygulamaları getirmektedir. Bu teşvik uygulamaları ile bu enerji

kaynağından daha fazla yararlanma hedeflenmektedir. Günümüzde dünyada jeotermal enerjiden faydalanma yüzdesi %0,04 seviyesindedir (Doğan, 2019). 2050 yılında Uluslararası Enerji Ajansı'nın raporlarına göre dünya üzerinde elektrik üretiminin %3,5 jeotermal kaynaklardan olacaktır. Dünya üzerinde kurulu güç olarak lider ülke ABD'dir. ABD'yi sırası ile Filipinler, Endonezya ve Türkiye izlemektedir (Bkz. Tablo 2.52).

**Tablo 2.52: 2017 Yılı İtibari ile Seçili Ülkelerdeki Jeotermal enerji santrali (JES) Kurulu Gücü**

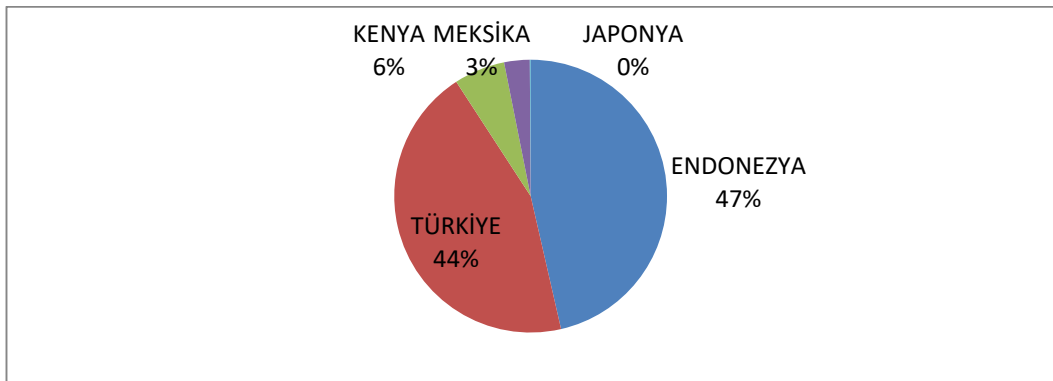
SIRA	DEVLETLER	KURULU GÜÇ (MW)
1	ABD	3567
2	FİLİPİNLER	1868
3	ENDONEZYA	1699
<b>4</b>	<b>TÜRKİYE</b>	<b>1028</b>
5	YENİ ZELANDA	980
6	İTALYA	944
7	MEKSİKA	926
8	KENYA	676
9	İZLANDA	665
10	JAPONYA	542

**Kaynak: Doğan, 2019.**

Son yıllara yapılan çalışmalar jeotermal enerjiden faydalanmak adına olumlu göstergeler sahiptir. Bu konuda en çok kapasite artışı yapan ülkelere bakacak olursak Endonezya, Türkiye, Kenya ve Meksika'yı sayabiliriz

Grafik 3.35 incelendiğinde jeotermal güç artışında 2016 yılı verilerine göre Endonezya ilk sırada yer almıştır. Bu ülkeyi Türkiye izlemektedir.

**Grafik 3.35: Jeotermal Güç Kapasitesi Artış Oranı 2016**



**Kaynak: Deniz, 2018.**



### 3.5.2. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Bilindiği gibi ülkemiz Alp- Himalaya orojenik kuşağında yer almaktadır. Alp- Himalaya orojenik kuşağında bulunan aktif faylar ve yanardağlar ülkemizde en çok ege bölgesinde, Kuzeybatı Anadolu bölgesinde bulunmaktadır (Bilgiç, 2015).

Türkiye dünya jeotermal enerjisi kurulu gücünün %2,65’ine sahiptir. Türkiye’nin toplam jeotermal enerji kapasitesi 31.500 MW’tır (Doğan, 2019). Maden Tetkik Arama Kurumu 2018 yılında jeotermal kaynaklar uygulama haritası oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.19).

**Şekil 4.19:MTA Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası 2018**



**Kaynak:** <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>

Türkiye’de potansiyel jeotermal enerji kaynak bölgeleri

- %78 ile Batı Anadolu
- %9 ile iç Anadolu
- %7 ile Marmara Bölgesi
- %5 ile Doğu Anadolu
- %1’i Diğer bölgelerdir (Doğan, 2019).

Türkiye Elinde bulunduğu potansiyel jeotermal kaynak alanları ile dünya da 7. Sırada yer almaktadır. Bu kaynakları doğrudan kullanıma geçirme konusunda ise dünyada 4. Sırada yer almaktadır (Doğan, 2019).

Ülkemizde jeotermal sular ile yapılan ilk çalışmalar 1891 ve 1926 yıllarında Bursa ilinde Vakıfbahçe ve Bademlibahçe kaynak sularında yapılmıştır. Bu yapılan

çalışmaların ilk tahlilleri MTA tarafından 1946 yılında yapılabilmektedir (Canik, Çelik ve Arıgün, 2000).

1963 yılında İzmir/Balçova da jeotermal amaçlı ilk kuyu açılmıştır. Bu kuyu 40 m derinlikte olup 124 °C sıcaklıkta su ve buhar karışımı akışkan bulmuştur. 1965 yılında Balıkesir /Gönen de kaynaktan alınan sıcak suyun ısıtılarak kullanılması ilk jeotermal uygulama olmuştur.1968 yılında Denizli /Kızıldere de ilk derin kuyu çalışması yapılmıştır. Açılan kuyu 449 m derinlikte olup 180°C-200°C arasında sıcaklıkta ve %65 buhar ve %35 sıcak su verimi elde etmiştir. Daha sonra Aynı yerde 0,5MW kapasiteli elektrik üretim pilot tesisi yapılmıştır. Jeotermal enerji amaçlı çalışmalara MTA tarafından 1982'den sonra hız verilmiş ve çoğunluğu Batı Anadolu'da olan birçok saha bulunmuştur (Canik vd. , 2000).

Tablo 2.53'e göre Türkiye'de en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal bölgesi 242 derece ile Denizli –Kızıldere bölgesidir. Bu bölgeyi Aydın-Germencik bölgesi 232 derece ile takip etmektedir.

**Tablo 2.53: Türkiye'nin Sahip Olduğu Yüksek Sıcaklıktaki Jeotermal Alanlar**

Bölgeler	Sıcaklıklar (°C )
Denizli – Kızıldere	242
Aydın – Germencik	232
Manisa – Alaşehir – Kurudere	184
Manisa – Salihli - Göbekli	182
Çanakkale- Tuzla	174
Aydın – Salavatlı	171
Kütahya – Simav	162
İzmir – Seferihisar	153
Manisa-Salihli-Caferbey	150

**Kaynak: Bilgiç, 2015.**

Enerji bakanlığı tarafından hali hazırda bulunan kaynakların güncellenmesi ve yeni kaynaklar elde edilmesine dair çalışmalar 2005 yılından itibaren başlamıştır. 2004 yılında 3100 MWt olan kapasite 2015 yılı sonunda ilave olarak 1900MWt sisteme dâhil edilmiştir. MTA tarafında 230 adet sondajlı jeotermal sahası bulunmaktadır. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyel kapasitesi 31500MWt olarak tespit edilmiştir. Türkiye'deki jeotermal kaynakların %90'a yakın kısmı düşük ve orta sıcaklıkta olup ısıtma ve termal turizm vb. alanlarda kullanıma uygundur. Geri kalan kısmı elektrik üretimi vb. gibi işleme için uygunluk göstermektedir (Deniz, 2018).Ülkemizin jeotermal kaynaklarının elektrik üretimi için müsaitlik durumunu incelersek işletmede bulunan 7 santral ve lisans olan 20 santral bulunmaktadır (Bkz. Tablo 2.54).

**Tablo 2.54: Elektrik Üretimine Müsait potansiyel (MWe)**

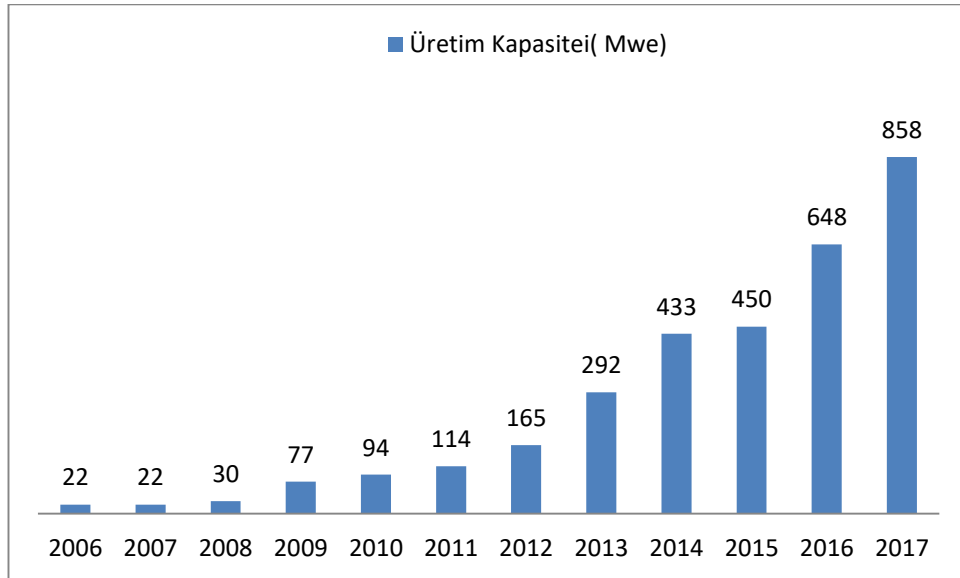
	Firma Sayısı (Adet)	Kurulu Güç Kapasitesi (Mwe)
Elektrik üretimi amaçlı lisans alan	20	465,69
İşletmede bulunan elektrik üretim santrali	7	114,2
İncele ve değerlendirmeye alınan lisans başvurusu	16	327,95

**Kaynak: Deniz, 2018.**

Türkiye’de yüksek sıcaklığa sahip jeotermal alanlar Batı Anadolu ve Kuzeybatı Anadolu bölgelerindedir. Bu yüksek sıcaklık elektrik enerjisi üretimine uygun bölgelerdir (Karagüç, 2013).

Ülkemizin jeotermal enerji üretim kapasitesi her geçen gün artarak yol almaktadır. 2007 yılında 22MWe olan kapasite 2017 yılı itibari ile 858 MWe ‘ye ulaşmıştır (Bkz. Grafik 3.36).

**Grafik 3.36: Türkiye’de Jeotermal Üretim kapasitesi (MWe)**

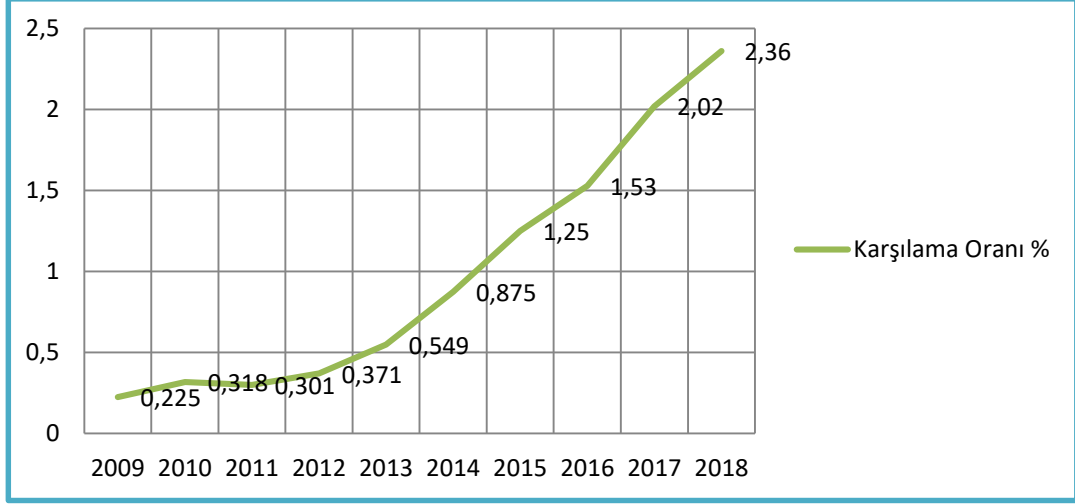


**Kaynak: Deniz, 2018.**

Ülkemizde Jeotermal enerjiden en çok faydalanılabildiğimiz bölge olarak ege bölgesi karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizdeki mevcut jeotermal santraller yaklaşık 1.900.000 ev halkının ihtiyacını karşılamaktadır.

Grafik 3.37’ten anlaşılacağı gibi her geçen yıl jeotermal kaynaklı üretilen elektrik miktarı artmaktadır. Toplam güç içerisinde jeotermal kaynakların oranı %1,2’ye yükselmiştir.

**Grafik 3.37: 2018 Yılı Türkiye Jeotermal Santralleri Yıllık Elektrik Üretim Miktarı**



**Kaynak: Doğan. 2018.**

Türkiye’de jeotermal enerjinin toplam enerjiyi karşılama oranı 2009-2018 yılları için verilmiştir. Ülkemizde jeotermal santrallerin gelişimi elektrik enerjisinin karşılama oranında hızla yukarıya çekmiştir. 2007 yılında çıkarılan Jeotermal Enerji ve Mineralli Sular Hakkında Kanunun, söz konusu enerji kaynağının kullanımının artış yaşanmasında etkili olmuştur. 2018 yılı itibari ile jeotermal kaynaklarda elde edilen enerjinin toplam enerji içerisindeki payı %2.36 seviyesine çıkmıştır. Türkiye’nin toplam elektrik gücü 80.343 MW’tır. Jeotermal enerjiden elde edilen elektrik enerjisi 1.028 MW seviyesindedir. Buda %1,24’lük bir orana tekabül etmektedir (Doğan, 2019).

Türkiye sahip olduğu potansiyel jeotermal enerji tam kapasite ile kullandığında bu oran %5 seviyesine rahatlıkla çıkacaktır. Bu %5’lik oran Türkiye’nin enerji konusunda dışa bağımlılığını önemli derecede azaltacaktır (Doğan, 2019).

### 3.5.3. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri

Yukarıda bahsedilen çok sayıda üstünlüğe sahip olmasına rağmen jeotermal enerjinin kullanımı kimyasal kirlilik, termal kirlilik ve toprak –arazi ve maddi hasar gibi birçok çevresel zarara da sebebiyet verebilmektedir (Doğan, 2019).

Jeotermal suların ihtiva ettiği kimyasallar çevreye zarar verebilmektedir. İçerisinde bulunabilecek Bor, Cıva gibi metaller bitki örtüsü için son derece zehirli kimyasallardır. Nadiren de olsa ani gelişen olumsuzluklarda jeotermal sularının göl

veya nehir gibi alanlar boşaltılması burada ki canlı yaşamına zarar verebilmektedir. Jeotermal bölgelerin çoğunluğu tarıma elverişli alanlar olduğu için buradaki olumsuz durumlar tarım alanlarına da zarar verebilmektedir (Karagüç, 2013).

#### 3.5.4. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları

2005 yılından sonra jeotermal enerji daha çok gündemdeki yerini alır olmuştur. 2015 yılında 70.329 MW'a 2017 de ise 100.000 MW'a ulaşmıştır (Doğan, 2018).

Tablo 2.55 incelendiğinde dünya üzerinde önde gelen 5 ülke Çin ABD, İsveç, Türkiye ve Almanya'dır. Bu ülkeler toplam 46.620 MW'lık kapasite ile dünya jeotermal enerji kapasitesinin %66,28'lik kısmını oluşturmaktadır

**Tablo 2.55:Jeotermal Enerji Doğrudan Kullanımda Dünyadaki ilk 5 Ülke**

ÜLKELER	MWt	TJ/Yıl
ÇİN	17870	174352
ABD	17415,91	75862
İSVEÇ	5600	51920
TÜRKİYE	2886,3	45126
ALMANYA	2848,6	19531,3
TOPLAM	46620,81	366791,3

Kaynak: Kaya , 2018

Jeotermal kullanımı olarak ta bu 5 ülke % 63,6'lık kısmı oluşturur. Bununla birlikte jeotermal enerji kullanımı her geçen gün dünya genelinde artmaktadır. Son 30 yılda 1.000 MW' tan fazla jeotermal enerji kullanan ülke sayısı 11 den 36' ya çıkmıştır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı birçok alanda gerçekleşmektedir (Bkz. Tablo 2.56).

**Tablo 2.56:Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Dağılımları**

	KAPASİTE		KULLANIM	
	(MWt)	%	(TJ/Yıl)	%
Jeotermal ısı pompası	49898	70,95	325,028	55,3
Merkezi ısıtma	7556	10,74	88,222	15,01
Sera ısıtma	1830	2,6	26,662	4,54
Su ürünleri havuz ısıtma	695	0,99	11,958	2,03
Tarımsal kurutma	161	0,23	2,03	0,35
Endüstriyel Kullanım	610	0,87	10,453	1,78
Banyo ve yüzme	9140	13	119,381	20,31
Soğutma/Kar eritme	360	0,51	2,6	0,44
Diğer	79	0,11	1,452	0,25
Toplam	70329	100	587,786	100

Kaynak: Doğan, 2019.

Jeotermal enerji dünya üzerinde binaların kentlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır.400 °C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan Türkiye, Fransa, Yeni Zelanda, İzlanda Japonya vb. ülkeler kentlerin ısıtılmasında yararlanmaktadır (Karagüç, 2013).

Türkiye, İtalya, Macaristan Rusya Çin ve ABD 300°C'den fazla sıcaklığa sahip jeotermal akışkanlar konusunda en çok kullanıma sahip ülkeler olarak öne çıkmaktadırlar (Doğan, 2019).

Endüstriye uygulamada jeotermal akışkan kullanımı çok tercih edilir. Bu konuda dünya üzerinde 14 ülke jeotermal akışkandan faydalanmaktadır.

### **3.5.5.Jeotermal Enerjinin Dolaylı Kullanım Alanları**

Jeotermal enerjinin dolaylı kullanımına en önemli örnek elektrik üretimidir. Dünya üzerinde bu şekilde elektrik üreten ülke sayısı 27'yi bulmuştur. Ancak son zamanlarda çevresel etkiler bahsedilerek birçok ülkede bu santraller kapatılmış ve bu sayı 24 'e düşmüştür (Doğan, 2019).

### **3.6.Biokütle Enerjisi**

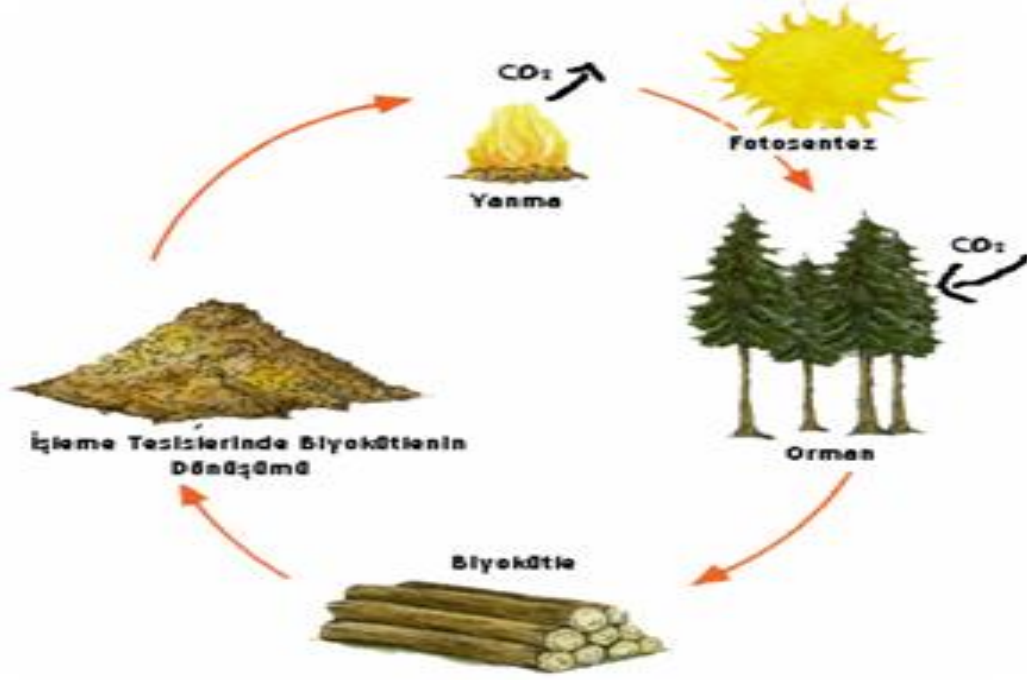
Biokütle enerjisi canlı organizmaların ürettikleri her türlü maddeyi kapsayan enerji kaynağıdır. Sürdürülebilirlik, kolay bulunma, çevre duyarlılığı ve enerji verimliliği nedeni ile tercih edilebilmektedir (Akdoğan, 2018).

Biokütle yakıtı olarak günümüzde en yaygın olarak kullanılan materyaller Mısır tahılı (etanol ) ve soya fasulyesi (biyodizel) dir. Güneş enerjisini içerisinde absorbe eden biyolojik maddeler ve atıklar biokütle için hammaddeyi oluşturmaktadırlar bu maddelerden elde edilen enerjiye de biokütle enerjisi adı verilmektedir (Akdoğan, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde baktığımızda biokütle enerjisi sürekli ve kesintiye uğramayan depolanabilen bir enerji kaynağıdır. Ayrıca biokütle enerjisi çevre dostu ve istihdamı arttırıcı etkisi ile bulunduğu bölgeye ekonomik atkısı olan bir enerji türüdür (Akdoğan, 2018). Biokütle enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi iki temel esasa dayanmaktadır. Birincisi termokimyasal dönüşüm, ikincisi biyokimyasal dönüşümdür.

Termokimyasal dönüşüm süreci yanma-piroliz-gazifikasyon ve sıvılaştırma aşamalarından oluşur biyokimyasal dönüşüm süreci ise dijesyon ve fermentasyon olarak aşamalandırılabilir. Yakıt kaynağı olarak atıklar ve biyolojik kaynaklar her iki süreçte de kullanılır (Şeker, 2010). Şekil 4.20'de biokütle döngüsü detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

**Şekil 4.20: Biokütle Döngüsü**



Kaynak: [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle\\_enerjisi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx)

Biyolojik kütle döngüsünü incelediğimizde sistemin çok doğru çalıştığı ve hiçbir atık malzemenin ya da biyolojik materyalin atıl şekilde kalmadığı görülmektedir.

Biokütle enerjisinin özelliklerini inceleyecek olursak

\*Dünya üzerinde fosil yakıtlardan sonra en çok kullanılan enerji kaynağıdır.

\*Hammadde yeterliliği bakımından ilk sırada yer alan yenilenebilir enerji kaynağı seçeneğidir.

\*Diğer enerji kaynakları ile beraber kullanılabilirliği ve farklı enerji türlerine dönüşebilme avantajı vardır.

\*Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde süreklilik ve depolanabilirlik açısından üstünlüğe sahiptir.

\* Her şartta var olabilmektedir.

\*Kullanım tarihi olarak çok eski olmasında dolayı üretim ve çevrim teknolojisi ne iyi bilinen enerji türüdür (İllez, 2018).

### **3.6.1. Biokütle kaynakları**

Biokütle kaynaklarını kendi içinde sınıflandırmak mümkündür içeriğine göre ve kaynak orijinine göre bu sınıflandırma yapılabilir. Biokütle kaynaklarını içeriğine göre organik ve inorganik olarak ikiye ayrılmaktadır.(Bkz. Tablo 2.57).

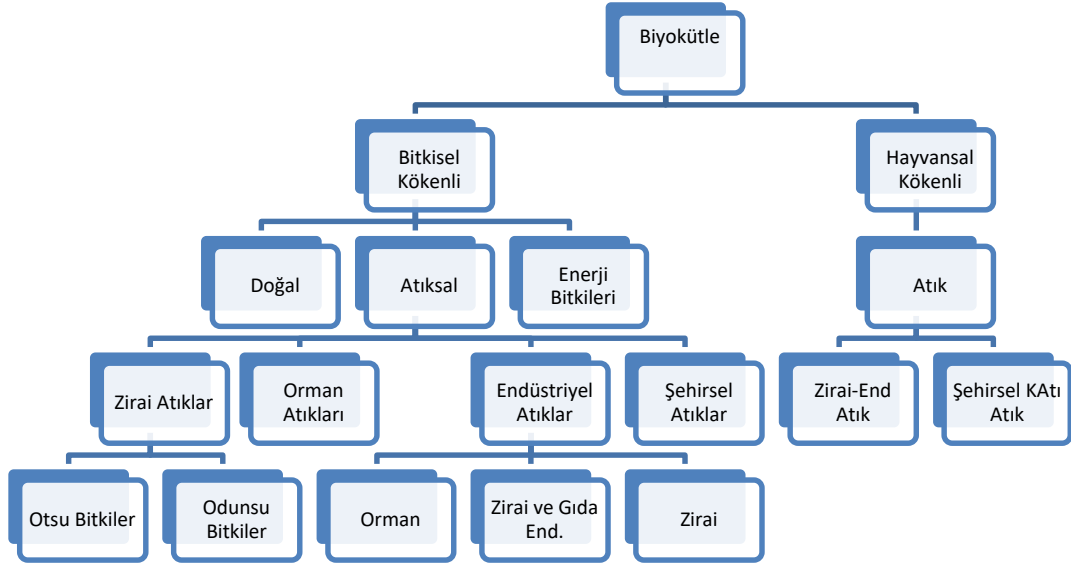
**Tablo 2.57: Biokütle Kaynaklarının İçeriğine Göre Sınıflandırılması**

ORGANİK		İNORGANİK	
Çürüyebilen (Monomerler ve düşük dirençli polimerler)	Çürüyemeyen (Yüksek dirençli polimer)	Parçalanabilir	Parçalanamaz
Gıda Atıkları	Kağıt	Metaller( çeşitli sevilere korozyona uğrayabilen)	Cam,Seramik, Mineral yağ, Çakıl,Balçık,Kül, Beton,Duvar ve İnşaat Molozları
Bahçe Atıkları	Odun		
Hayvansal Atıklar	Tekstil		
Ve bu atıklardan kirlenen malzemeler	Deri		
	Plastik ,Kauçuk		
	Boya,yağ,gres		
	Kimyasallar ve organik çamur		

**Kaynak: İllez, 2018.**

Şekil 4.21’de biokütle kaynakları kaynak içeriğine göre Bitkisel ve hayvansal kökenli olarak önce ikiye ayrılmakta daha sonra bu kökenler kendi içerisinde dallandırılmıştır.

**Şekil 4.21:Kaynağına (orijinine) Göre Biokütle Sınıflandırması**



**Kaynak: İllez, 2018.**

Biokütle kaynaklarını klasik ve modern kaynaklar olarak ayırmak yanlış olmayacaktır. Klasik kaynaklar odun, bitki ve hayvan atıklarının yakılması ile elde edilenlerdir. Bu yöntemde verim çok yüksek alınmaz. Modern biokütle kaynakları ise günümüzde yaygınlaşan enerji ormanlarında özel olarak yetiştirilmiş bitkilerin alçak



biokütle yöntemleri ile (Biyogaz-biyodizel-biyoetenol) yüksek biokütle yöntemleri(hidrojen)'nin kullanımı sonucu elde edilen enerjilerden oluşmaktadır. Bu enerjiler ısı elektrik ya da sentetik yakıt türü olarak karşımıza çıkmaktadır (İllez, 2018).

Sıvı haldeki biokütle yakıtlarının en yaygın olanları biyodizel ve biyoetonoldur gaz halindeki biokütle yakıtı ise biyogazdır. Katı halde olanları ise biyokömür ve biyobriket olarak adlandırılmaktadır. Ancak birçok yaygın tür olmasına rağmen biokütle enerjisi dendiğinde en çok kullanılanlar biyodizel ve biyoetonoldur (Öztürk, 2013).

Dünya üzerinde giderek artan bir enerji türü olan biyoyakıtın avantajlarını sıralayacak olursak karşımıza şöyle bir tablo çıkmaktadır.

\*Sürdürülebilir ve depolanabilir olması nedeni ile fosil yakıt ithalatın azalmasını sağlar.

\*Enerji kaynaklı tarımın gelişmesini sağlar.

\*Kırsal kesimin gelişmesinde etkili olmaktadır.

\*Sosyoekonomik gelişmeyi sağlayarak yerel iş istihdamını artırır.

\*Çevrenin ve doğanın korunmasını sağlar.

\*Biyodizel kullanımı araçlar için motor korumasında destek olur.

\*Parlama sıcaklığı yüksek bir yakıt olduğu için depolanma ve taşınmasında sıkıntı oluşmaz (Kaya, 2018)

### **3.6.2.Dünya Biokütle Enerji Piyasası**

Biyoenerji dünya üzerinde en büyük ve önemli enerji kaynaklarında biri olarak görülmekte olup dünya üzerinde tüketilen enerjinin yaklaşık %14'ü oluşturmaktadır. Bu enerjinin çoğu ısıtma ve pişirme gibi amaçlarla kullanılıyor olsa da günümüzde elektrik enerjisi ve yakıt olarak ta geniş kullanım alanı bulmaya başlamıştır (Kocakuşak, 2018).

Bahsi geçen enerji türünün dünya üzerindeki tüketimine baktığımızda %74 oranında etanol yakıtların %22'si de biyodizel yakıtlardan oluştuğu görülmektedir. Dünya üzerinde biyoyakıt teknolojisi en çok geliştiren ülke olarak ABD %46 ile karşımıza çıkmaktadır. ABD 'ni %24 ile Brezilya takip etmektedir (Doğan, 2019).

2050 yılında dünya üzerindeki biyoenerji kullanımının 3 katı kadar artması beklenmektedir. Bu ulaşılması beklenen oran dünya üzerindeki ulaşımda kullanılan yakıtların %27' sinin elektrik üretimdeki ise %7,5' ini karşılayacaktır (Doğan, 2019).

Günümüz itibari ile bölge bazında biokütle ve jeotermal enerji tüketiminde Avrupa ilk sırada yer almaktadır. Avrupa'yı, Kuzey ve Güney Amerika takip etmektedir (Bkz. Tablo 2.58).

**Tablo 2.58: 2017 Yılı Dünyada Bölgelere Göre Jeotermal, Biokütle ve Diğer Yenilenebilir Enerji Tüketimi**

Bölgeler	Toplam Enerji Tüketimi (Mtpe)
Avrupa	47
Asya Pasifik	43,2
Kuzey Amerika	22,9
Güney Amerika	17,7
Afrika	1,5
Bağımsız Devlet Topluluğu	0,2
Orta Doğu	0,1
Dünyada Toplam	132,6
OECD	82,2
OECD dışı	50,4
Avrupa Birliği	43,3

**Kaynak: Doğan, 2019.**

Dünya üzerindeki biokütle ve diğer temiz enerji kaynaklarının ülkeler bazında tüketim değerlerini inceleyecek olursak karşımıza ABD ilk sırada çıkmaktadır. ABD 'yi sırası ile Çin Brezilya ve Almanya takip etmektedir (Bkz. Tablo 2.59).

**Tablo 2.59:2017 Yılı Dünyada Seçilmiş Ülkelere Göre Jeotermal, Biokütle ve Diğer Yenilenebilir Enerji Tüketimi**

Ülkeler	Toplam Enerji Tüketimi (Mtpe)
ABD	19,1
Çin	17,5
Brezilya	12,3
Almanya	11,7
Birleşik Krallık	7,2
Japonya	7
İtalya	5,8
Endonezya	2,9
Filipinler	2,6
Türkiye	2

**Kaynak: Doğan, 2019.**

### 3.6.3. Türkiye’de Biokütle Enerjisi Potansiyeli

Türkiye’nin neredeyse her tarafında bulunan ve evlerin yanında taşıtlarda da yakıt olarak kullanılan bir enerji türüdür. Biokütle enerjisinin diğer yenilenebilir kaynaklardan ayrılan en büyük tarafı kaynağı direk çevreden almayan yetiştirilme yöntemi öve atık malzemelerin kullanılması ile oluşan bir enerji türü olmasıdır (Akdoğan, 2018).

İlk olarak klasik biokütle kullanımı olarak hayatın içinde yer almış olan bu enerji türü ilerleyen yıllarda modern biokütle kullanımına doğru evrilmiştir. Çoğunlukla odun, hayvansal ve bitkisel atıklar ve tezeklerin kullanımı ile başlayan kullanım şimdilerde enerji tarımı haline doğru gelmeye başlamıştır (Akova, 2008). Bu kapsamda Türkiye’de 1978 yılında ilk enerji ormanı kurulmuştur. Bu ormanın büyüklüğü 5.030 hektardır (Karayılmazlar, Saraçoğlu, Çabuk ve Kurt, 2011).

Türkiye tarım ülkesi olma durumu itibari ile biokütle kullanımı alanında da geniş potansiyele sahiptir. Türkiye’de yaklaşık olarak 26.350 milyon hektar tarım arazisi vardır. Mevcut tarımsal arazinin %44’ü ormanlık arazi %10 ‘u ekilmeyen alan (nadas) %7 si bahçecilik için kullanılan alan ve % 28 ‘ de ekili alandır. Türkiye’de biokütle kullanımı da en önemli ürünler tahıllar, yumrulu ürünler ve yağlı tohumlar olarak göze çarpmaktadır (Akdoğan, 2018).

YEGM 2016 yılı verilerine göre Türkiye’nin biokütle enerji atlasını hazırlamıştır. Buna göre Türkiye’nin toplam enerji eşdeğeri 20.307.069,02 tep/yıl (94.000GWh/Yıl) olmuştur. Ülkemizdeki atıkları kentsel atık, hayvansal atık ve bitkisel atık olarak ayırdığımızda bu alanda en çok hayvansal atıklara aittir (Akdoğan, 2018). Ancak enerji karşılığı dikkate alınırsa bitkisel atıklardan elde edilen enerjinin daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz (Bkz. Tablo 2.60).

**Tablo 2.60: Türkiye Biokütle Enerjisi Potansiyeli Atlasına Göre Enerji Değerleri**

Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	156.759.836,61
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	1.323.714,67
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	142.441.285,37
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri(TEP/yıl)	15.941.321,26
Kentsel Atık Miktarı (ton/Yıl)	29.618.188,14
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	2.186.228,09
Orman Atıklarının Enerji Değeri (TEP/yıl)	855.805,00
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	20.307.069,02
Biyodizel İşletme Lisansı Sahibi Firmalar	24
Biyooctanol İşletme Lisansı Sahibi Firmalar	3
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	42

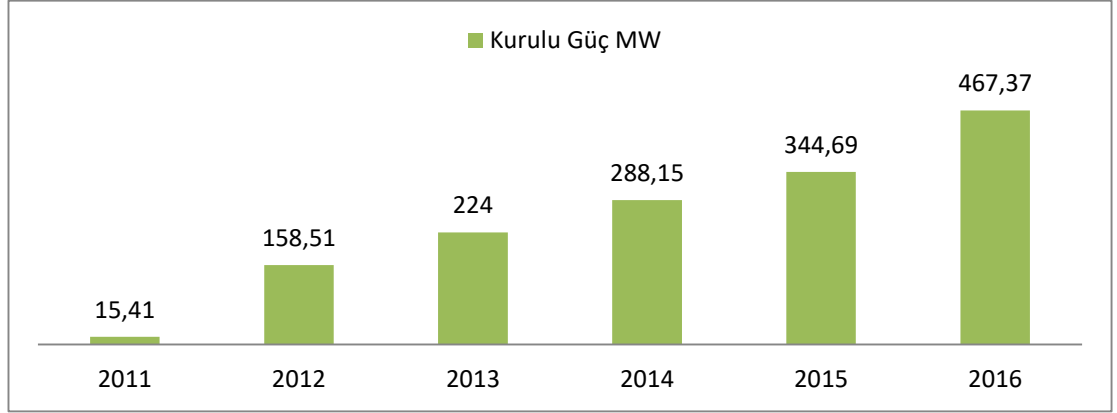
**Kaynak: Akdoğan, 2018.**

Ülkemizdeki biokütle atık potansiyeli yaklaşık 8,6 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. Üretilecek biyogaz değeri de 1,5-2 MTEP’dir. Türkiye de 2016 yılı sonunda biokütle enerjisi kurulu gücü 467,37MW’tır. 2023’te için hedeflenen kurulu güç miktarı ise 200 MW seviyesindedir (Akdoğan, 2018).

Grafik 3.38’da görüldüğü gibi ülkemiz 2011 yılında 15,41MW’lık biokütle kurulu gücüne sahip iken bu aran 2016 yılında 467,37 MW seviyesine çıkmıştır.

Ülkemizin potansiyel olarak çok güçlü bir enerji gücü olan biokütle enerjisine yapılan yatırımlar her gecen gün artarak devam etmektedir.

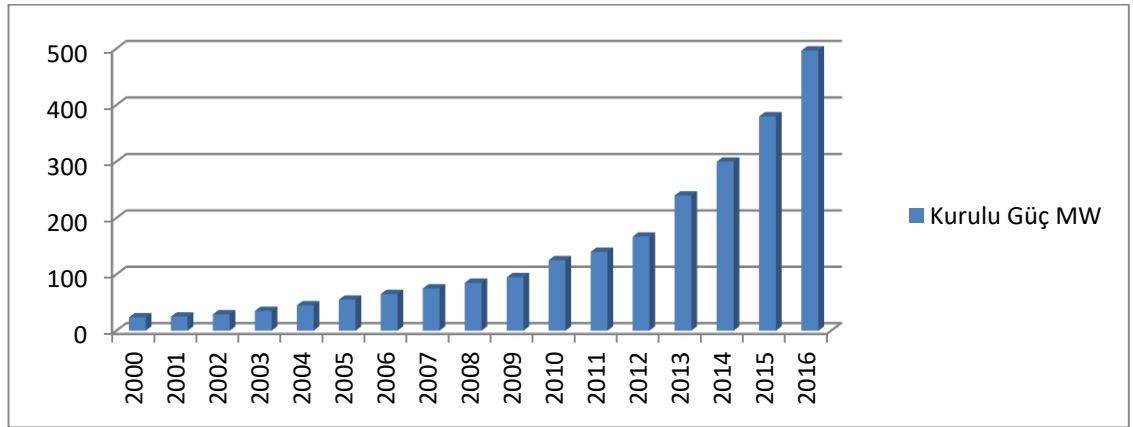
**Grafik 3.38: Türkiye’de Biokütle Enerjisi Kurulu Gücünü Gelişimi.**



**Kaynak: Akdoğan, 2018.**

Türkiye’nin atık+atık ısı kurulu gücünde biokütle enerjisi kurulu gücü gibi yıllar içinde ciddi artışlar göstermiştir. 2000 yılında 23,8 MW olan güç değeri yıllar içerisinde önemli bir şekilde artarak 2016 yılında 469,4 MW seviyesine çıkmıştır(Bkz. Grafik 3.39).

**Grafik 3.39: Türkiye’nin 2010-2016 Yılları Arasındaki Yenilenebilir Atık+Atık Isı Kurulu Gücü**



**Kaynak: Akdoğan, 2018.**

Ülkemizde biyokütle enerjisi ağırlıklı olarak ısınma ve pişirme alanlarında tercih edilmektedir. Potansiye olarak çok yüksek olan bu alan diğer kaynakların gerisinde kalmaktadır.

Orman açısından zengin olan Türkiye’de bu ormanlık alanlardan elde edilecek atık miktarı 4,8 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Buda 1,5 Mtep’lik bir enerji potansiyeline denk gelmektedir. Ülkemizdeki 15,3 milyon ton bağ ve bahçe atığı vardır ve bu miktar 24 Mtep’lik bir enerjiye karşılık gelmektedir. Görüldüğü gibi Türkiye biyokütle enerjisi bakımından oldukça zengin bir potansiye sahiptir (Doğan, 2019).

Modern biokütle enerjisi kullanımı ülke sosyoekonomik yapısı ve doğa açısından büyük önem kazanmıştır. Günümüz de dünya üzerindeki birçok ülke coğrafi ve iklim koşullarına göre uygun tarımsal enerji ürünlerinden üreterek enerji kaynağı olarak kullanmaya başlamıştır. Ülkemizde tarımsal enerji kaynaklı ürün üretimde uygun ekolojik koşullara sahip ülkelerden birisidir (Ağaçbiçer, 2010).

Türkiye de enerji tarımına uygun alanlardan yalnızca %15'lik kısmı kullanılmakta olup %85'lik arazi ise çalışılmaya hazır alan olarak beklemektedir. Ülkemizde enerji ormancılığına uygun olarak belirlenmiş ürünlerden yerli ürün olarak akkavak, titrek kavak, kızılağaç, kızılçam, meşe, dişbudak, fıstık çamı, karaçam, sedir ve servi ağaçlarını yabancı ürün olarak ta ise okaliptüs, papulus euramericana, pinus pinaster, acacia cynophilla gibi türleri saymak mümkündür (Kaya, 2018). Tablo 2.61'te ülkemizin orman kaynaklı biokütle potansiyeli gösterilmiştir.

**Tablo 2.61: Türkiye Orman Kaynaklı Biokütle Potansiyeli**

BİOKÜTLE POTANSİYELİ	GÜÇ DEĞERİ
Orman Kaynaklı Toplam Atık Miktarı	4.8 milyon ton (1,5 MTEP)
Kurulabilecek Gazlaştırma Tesisi Kapasitesi	600 MW

**Kaynak: Kaya, 2018.**

Türkiye'de biyoyakıt uygulamasında başrolü enerji tarımı almalıdır. Bunun için şeker pancarı ve yağlı tohum tarımın desteklenmesi gerekmektedir. Pankobirlik rakamlarına göre biyoetanol yapımında kullanılabilir olan şeker pancarı potansiyel alanı 4,5 milyon dekar seviyesindedir iyi bir planlama ile buradan elde edilecek güç ihracata bile dönüştürülebilir (Gedik, 2015).

Ülkemizin tarımsal biokütle enerji potansiyeli oldukça yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu potansiyel doğru kullanıldığında ülkemizde biokütle enerjisinden üretilen enerji yeterli seviyelere ulaşabilir (Bkz. Tablo 2.62).

**Tablo 2.62: Türkiye'nin Tarımsal Biokütle Enerji Potansiyeli**

TÜRKİYE TOPLAMI	Toplamda Kullanılabilir Atık Miktarı (ton)	Toplam Isıl Değeri
Tarla Ürünleri	11,766,995	228,4 PJ
Bahçe Ürünleri	3,569,040	74,8PJ
Toplam	15,336,035	303,2 PJ

**Kaynak: Gedik,2015.**

### **3.6.4.Biyokütle Enerjisinin Çevresel Etkileri**

Sanayileşme ve refah yaşam arzusu enerjiye olan ihtiyacı da artırmıştır. Bu oluşan açığı kapatma noktasında enerjinin üretilmesi işleminin çevresel kirliliğe yol açmadan yapılması büyük önem kazanmıştır.

Bu noktada biyoyakıt doğru enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tükenmez bir kaynak olması ve her yerde elde edebiliyor olması ve kırsal alanlar için ekonomik ve sosyal getirisinin olması bu kaynağın tercih sebepleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Gedik, 2015).

Biokütle enerjisinin kullanımı sera gazı salınımlarının azaltılmasında etkili olabilmektedir. Biyoyakıtların yanması sonucu ortaya çıkacak olan karbondioksit fotosentez sonucu bitkiler tarafından emildiğinden doğada ekstra karbon salınımı olmayacaktır (Gedik, 2015).

Biyoyakıt hammaddesinin temini aşamasında enerji ormancılığı önem kazanmıştır. Yalnız bu yüksek düzeydeki enerji ormancılığı, orman ekosistemine zarar vermesi olasıdır. Çok sayıda ağacı kesilmesi ve yerine uygun ağaçların dikimi Kısa vadede kendini yenileyemeyecek olması doğanın dengesinin bozulmasına sebebiyet verebilmektedir (Mutlu, 2013).

Sıvı biyoyakıtların çok yüksek miktarlarda üretimi aşamasında ortaya çıkabilecek olan alkol, sıvı atıklar ve baz gaz emisyonlarından oluşacak olan yan ürünler su ve havanın kirlenmesine neden olurlar.

Bu da insan sağlığını olumsuz olarak yansıyabilir. Biyoyakıt kullanımındaki talebin artışı zamanla gıda amaçlı kullanılan tarımsal alanlarında enerji tarımına dönüştürülmesine sebebiyet verecektir.

### **3.7.Dalga Enerjisi**

Dünya üzerindeki okyanuslar büyük bir enerji kaynağıdır. Bu enerjiyi de alabilmenin yolu dalgaları kullanmaktan geçmektedir. Dalga üzerindeki potansiyel enerji su kabarcıklarının dairesel hareketi ile kinetik enerjiye dönüşür. Ayrıca su sıcaklık farkından oluşan enerjide dalga enerjisi olarak adlandırılabilir (Erdal, 2012).

Rüzgârın etkisi ile açık denizlerde 50 metreye varan dalgalar oluşabilmekte ve çok fazla ağırlıktaki bir su kütlesi yer değiştirmektedir. Oluşan bu enerjiyi kullanılabilir enerji haline dönüştürecek sistemler verimli sonuç vermektedir. Bu doğa olayından faydalanmak için dünya üzerinde 30-60 derecesi arasında kalan enlemler uygun bölgelerdir (Batı, 2013).

Deniz kökenli enerji kaynakları kullanımı henüz yeni bir enerji kaynağıdır. Gelgit gücü, sıcaklık değişimi, dalga gücü, akıntılar bu enerji türü için iyi bir hammadde kaynağıdır. Deniz kökenli enerji üretimi sınırlı sayıda olsa dünya üzerinde faaliyetlerini sürdürmektedir.

Dalga üzerinde ve yüzey altındaki basınç kullanılarak dalga enerjisi elde edilmektedir. Açık denizlerde rüzgârın gücü ile oluşan dalga gücü rüzgârlar esmeye devam ettikçe var olacak bir enerji türüdür. Bu büyük güçten faydalanmak için günümüzde birçok teknolojik tasarım yapılmıştır. En verimlilerinden birkaç tanesi ticari kullanıma yönlendirilmiştir. Dalga gücünden faydalanmak tasarlanan sistemlerin kullanım yeri olarak açık deniz, kıyıya yakın ve kıyı bölgelerine kurulması planlanmıştır (Adıyaman, 2012).

Rüzgâr ve Güneş enerjisinden en önemli kaynak olan deniz kökenli enerji dalganın büyüklüğü ve kapladığı yüzey ile bağlantılıdır. Dünyamızın %75'ini kaplayan denizler dikkate alındığında dünya için önemli bir enerji kaynağı olma potansiyeli yadsınamaz bir gerçektir. Deniz kökenli enerjiden aktif olarak faydalandığımızda yapılan araştırmalar bunun 2-3 milyon MW'lık bir enerjiye denk geldiğini göstermiştir 1.000W'tan 100 MW her türlü güç aralığında kurulumu mümkündür (Gedik, 2015).

#### **3.7.1.Dünya'da Dalga Enerjisi Potansiyeli**

Rüzgârların güçlü olarak etki ettiği bölgelerde dalga enerjisinden faydalanmak daha mümkün olmaktadır. Bu yüksek rüzgâr ve dalga potansiyeline sahip bölgeler ise dünya üzerinde şöyle sıralanmaktadır. İngiltere kıyıları, Güney Afrika kıyıları, Kuzey ve Güney Amerika ve Avustralya kıyılarıdır (Gedik, 2015).

Bu kıyılarda olan ülkeler iyi planlamalar ile toplam enerji ihtiyaçlarının %5'lik kısmını deniz kökenli enerjiden karşılayabilirler (Adıyaman, 2012).

### 3.7.2. Türkiye’de Dalga Enerjisi Potansiyeli

Deniz kökenli enerji üretiminde ülkemizde bir yatırım bulunmamaktadır. Bu konu üzerine çeşitli çalışmalar ve deneyimlerde bulunulsa da henüz ticari ve endüstriyel alanda bir yatırım yapılamamıştır. Yapılan teorik çalışmalarda bu enerji türünden yararlanmak adına ülkemizin gayet uygun şartları taşıdığı tespit edilmiştir.

Tablo 2.63’te görüleceği gibi ülkemizde dalga yoğunluğu dalga enerjisinden faydalanmak için uygun şartları taşımaktadır.

**Tablo 2.63: Bölgesel Olarak Dalga Yoğunluğu**

Dalga Gücü ( kWh/m)	Bölge
3,91-12,05	İzmir-Antalya kıyı şeridi
2,86-8,78	Ege denizi
2,59-8,26	Akdeniz
1,96-4,22	Karadeniz
0,31-0,69	Marmara denizi

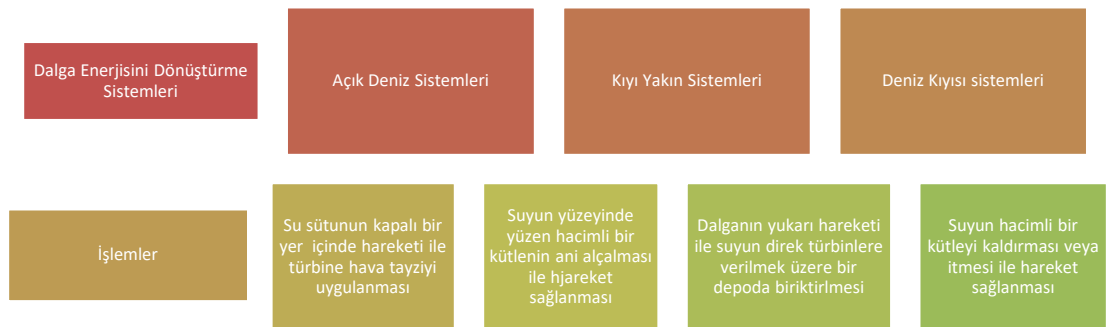
**Kaynak: Sağlam ve Uyar, 2005.**

Görüldüğü gibi dalga enerjisini kullanımı için en uygun bölge İzmir Antalya arasındaki bölge olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca il bazında baktığımızda İstanbul, Düzce, Bartın, Sinop, Kırklareli ve Sakarya gibi illerimiz uygun yerler olarak görülmektedir yerlerdir (Akdoğan, 2018).

2008 yılında Türkiye’de Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş.’nin beraber geliştirdiği proje ile günlük 5kWh’lık enerji üretecek olan dalga santrali Karasuda kurulmuştur. Bireysel olarak ta bu enerji türünden faydalanmak için girişimler olsa da mali yetersizliklerden dolayı başarılı olmamıştır (Deniz, 2018).

Dalga Gücünden faydalanmak için birçok çeşitli sistem geliştirilmiştir. Türkiye’de yapılan çalışmalarda daha çok Arşimet prensibi denilen dalga ve yerçekimi arasında oluşan enerjinin dönüşümünden faydalanan sistemler kullanılmıştır (Bkz. Şekil 4.22).

**Şekil 4.22: Dalga Enerjisi Mevcut Sistemleri ve Yapılan İşlemler**



**Kaynak: Sağlam ve Uyar, 2005.**



Dalga enerji üretme adına çalışma yapan bilim adamları bu konuda üretmeye devam etseler de dalganın oluşmasında yardımcı olan rüzgâr enerjisi sistemlerindeki çalışmaların ve düşen maliyetlerin dalga enerjisi gelişimi için olumsuz bir durum oluşturmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Denizlerle sarılı olan ülkemizde bu çevreci, ucuz, enerji kaynağına dair çalışmaların artması gerekmektedir. Yaklaşık olarak 1 metrelik dalga yüksekliğine sahip ülkemizde buradan elde edilecek enerji fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı çok büyük derece de azaltacaktır. Ülkemizin açık deniz kıyı şeridi 8.210 km dir. Ancak tüm kıyıları bu şekilde değerlendirmek mümkün değildir. Ancak mevcut kıyı şeridinin %20' si değerlendirilmiş olsa buda yıllık 18,5 TWh'lik enerjiye denk gelmektedir (Deniz, 2018).

### 3.7.3. Dalga Enerjisinin Çevresel Etkileri

Bu enerji türü tamamen zararsız bir enerji türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Deniz kökenli enerji dünya durdukça rüzgâr estikçe ve gelgit kuvveti oldukça var olacak sürekli bir enerji türüdür. Bu enerjinin yükselmesi fosil yakıtların oluşturduğu Küresel sorunlardan dünyamızı kurtaracaktır. Ayrıca gelişmiş bir elektrik şebekesinin olmadığı ada vb. gibi yerlerde tek başına kullanımı mümkündür (Ağaçbiçer, 2010).

Dalga santralleri bulunduğu su ortamına hiçbir şekilde atık malzeme bırakmamaktadır. İlk kurulum maliyetinden sonra önemli bir maliyet unsuru taşımamaktadır. Fiziki kapasite olarak istenilen kapasite de tesis edilebilir. Deniz kökenli enerji santrallerinin üstünlüklerini şu şekilde sıralayabilmekteyiz.

\*Yerli bir kaynaktır. Dış bağımlılık teşkil etmez.

\*Bir karmaşık olarak tesis edilebilir santralin üzerine turizm tesisleri inşa edilebilir.

\*Yapay bir resif görevi görerek deniz canlılarının çoğalmasına yardım eder.

\*Enterkonnekte sisteme dâhil edilebilmektedir.

\*Kış aylarında artan enerji ihtiyacını karşılamakta sorun yaşamaz.

Olumsuz yanlarına da açıklayacak olursak,

\*Enerji üretimi kesintili olabilmektedir. Sürekli dalga oluşmadığı için enerji üretimi kesintili olabilmektedir.

\*Açık deniz enerji santrallerinin ilk kurulum maliyetleri diğer santraller göre yüksektir.

\*Kıyı santralleri gürültü ve estetik sorunlar yaşatabilmektedir. Ayrıca kıyı santralleri bazı durumlarda deniz taşımacılığını olumsuz etkileyebilir (Gedik, 2015).

Günümüzde her saniyede milyonlarca tok suyun hareket ettiğini göz önüne alırsak bu enerji kaynağı dünyamız için önemli bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Adıyaman, 2012).

### **3.8.Hidrojen Enerjisi**

Havadan 14 kez daha hafif olan hidrojen gazı tamamen zararsız ve en çok sahip olunan gaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Serbest halde bulunmayan bu gaz dünya üzerinde daha çok su halinde bulunmaktadır. Dolayısıyla tüm su kaynakları birer hidrojen kaynağıdır (Ataman, 2007).

İlk olarak hidrojenden enerji temini 1500 yıllarda karşımıza çıkmaktadır. 1.700 ler de hidrojenin yanıcı bir gaz olduğu anlaşılmıştır.20. yy. da ise hidrojen kaynaklı enerjiden faydalanılma yöntemleri oluşturulmaya başlanmıştır (Kükreler,2007).

Her geçen gün oluşan enerji ihtiyacına verilen cevaplardan biride yenilenebilir enerji kaynağı olan hidrojen enerji sistemidir. Hidrojen enerjisi tam anlamı ile yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasa da başka bir enerji kaynağından elde edilen yakıt konumundadır (Karadağ, 2009).

Üretim aşaması ileri teknoloji gerektiren birçok safhadan geçmektedir. Üretimi tamamlanan hidrojen boru hatları ve tankerler ile taşınabilmektedir (Tutar ve Eren, 2011). Hidrojeni sıvı ve gaz formatında kullanmak mümkündür.

Oluşan talebe göre hidrojeni depolamak gerekmektedir. Ancak şu an için depolama alanları üzerinde çalışmak en önemli unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Küçük alanlarda çok hidrojen depolanması gerekliliği oluşmuştur (Ural ve Karaca, 2016).

Hidrojen taşıma kolaylığı, güvenli olması ve birçok alanda kullanılacak olmasının yanında tükenmez, temiz, diğer enerji türlerini kolay dönüşmesi nedeni ile geleceğin enerji kaynağı olarak görülmektedir. Renksiz ve kokusuz bir element olması ve birim kütle başına en yüksek enerji yoğunluğunda ve ısı değeri 141,9 MJ/kg olması önemli özellikleridir (Tezcan, 2003).

Üretim maliyetinin yüksek olması bu alandaki çalışmalar için şu anki en önemli engel gibi görülse de bu alandaki çalışmalar gün geçtikçe olumlu dönüşler vermektedir (Gedik, 2015). Hidrojen enerjisi sistemi çok yüksek teknoloji gerektiren sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Bkz. Şekil 4.23).

Hidrojen enerjisinin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

\*Tek başına doğal bir yakıt değildir. Ancak birçok birincil kaynaktan elde edilmesi mümkündür.

**Şekil 4.23: Hidrojen Enerjisi Sistemi**



**Kaynak: Gedik, 2015.**

\*Yenilenebilir enerji kaynaklarından da üretimi mümkün haldedir. Solar enerjiden de üretim teknolojileri geliştirilmiştir.

\*Günümüzdeki fosil yakıtlardan yaklaşık %40 daha fazla verime sahiptir.

\*Gaz şeklinde, sıvı olarak ve metal hibrit olarak depolanabilir.

\*Taşıma işlemine uygun bir enerji kaynağıdır(boru hatları ve tankerler ile )

\*Diğer yakıtlarla göre güvenlik işlemler farklı olsa da tehlikeli bir yakıt türü değildir. Yangın ve zehirlenme riski dikkatle ele alındığında hidrojen en güvenilir yakıt olarak görülmektedir.

\*Üretim, taşıma ve depolama sırasında çevreye zararı yoktur. Kullanımı çevre dostu bir yakıttır.

Hidrojen enerjisinin dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

\*Yanıcı bir gaz olduğu için yanma noktası düşük kolay yanabilen bir maddedir. Gerekli güvenli tertibatlarının alınması gerekmektedir.

\*Sıvı forma depolanması nispeten zordur.

\*Düşük sıcaklıklarda temin etmek gerekmektedir (Mutlu, 2013).

### **3.7.1.Dünya Hidrojen Enerji Piyasası**

Dünya üzerinde ilk çalışmalar 1960'lı yıllarda yakıt pilleri üzerinden başlamıştır. Enerji ihtiyacını karşılamak amacı ile 1970 yıllarda bu konu hızlıca gelişmeye başlamıştır.2000'li yıllarda hidrojen enerjisi bir ülke politikası haline gelmiştir. Japonya 11MW'lık bir hidrojen elektrik santrali kurarak Rokko adasının ısı ihtiyacını bu şekilde karşılamaya başlamıştır. Gelişen teknoloji sayesinde Tokyo şehrinin 40.000 KWh'lik enerji ihtiyacı hidrojen enerjisi tarafından karşılanmaktadır (Deniz, 2018).

Geleceğin enerjisi olarak gösterilen bu enerji türü dünyada ve AB ülkelerinde geniş çalışma alanları bulmaktadır. (Tutar ve Eren, 2011). Dünya üzerindeki hidrojen üretimi 2014 yılı itibari ile 3.983 TWh olmuştur. Bu üretim değerinin %36,8'lik kısmı OECD ülkeleri tarafından yapılmıştır. Çin %26,7 ile bu konuda ülke olarak ilk sıradadır (Deniz, 2018).

### **3.7.2.Türkiye'de Hidrojen Enerjisi Potansiyeli**

Hidrojen enerjisi oransal olarak diğer enerji türlerine göre daha verimli bir kaynaktır. Örneğin 1kg hidrojenin üreteceği enerji 2.1 kg doğalgaza, 2,8 kg petrole denk gelmektedir. Ayrıca diğer enerji kaynaklarına göre de %33 daha temiz ve çevre dostu bir yakıttır. Ülkemizde Karadeniz'in tabanında depolanmış hidrojen bulunmaktadır. Karadeniz suyu H<sub>2</sub>S ten oluşmuştur. H<sub>2</sub>S'en hidrojen üretimi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Gedik, 2015).

### **3.7.3. Hidrojen Enerjisinin Çevresel Etkileri**

Hidrojenden elde edilen enerjinin sonucunda atık madde olarak yalnızca su ve su buharı oluşmaktadır. Buda hiçbir çevresel kaynağa zarar vermediği anlamına gelmektedir. Diğer yakıtlara göre güvenilir bir kaynak olan hidrojen gazı herhangi bir kaçak durumunda hafif bir gaz olduğundan yükselerek atmosfer yükselir.

Alevli yanma işleminde hidrojen gazı kullanılırsa az miktarda NO<sub>x</sub> oluşur. Hidrojen gazının üretimi esnasında su dışında bir kaynak kullanımı olursa atık madde olarak çevreye zarar veren gazlar oluşabilmektedir. Biyolojik ya da fosil kaynaklı hidrojen üretimi de serbest kalan birçok gaz oluştuğu görülmüştür. Bu gazların bazıları sera etkisi ve küresel ısınmaya neden olabilmektedir (Gedik, 2015).

Hidrojen gazının kullanımı sınır değerleri aşması durumunda yükselen hidrojen gazı atmosfer üzerinde zararlı etkiler bırakabileceği ve bununda eko dengeyi bozabileceği tahmin edilmektedir.

2025 yılında dünya üzerindeki enerji ihtiyacının 17,400-30,160 milyon MWh'lık kısmının hidrojen kaynaklı üretim kaynaklı olacağı tahmin edilmektedir. Bu da mevcut kaynakların %10-15 kısmının dönüşüme uğrayacağı ve çevresel sorunların önüne bir nebze olsa geçileceği anlamına gelmektedir (Ağaçbiçer, 2010).

## **4.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ**

### **4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yöneliş Nedenleri**

Gelişmişlik ve uygarlık göstergelerinden biri olan enerji ülkelerin önündeki en önemli ihtiyaç olarak görülmektedir. İlerleyen teknoloji ile enerjiye olan bağımlılık şüphesiz ki artarak devam edecektir (Gedik,2015).

Günümüzde ihtiyaç olunan enerji fosil yakıtlar, nükleer kaynaklar ve yenilenebilir enerjiden elde edilmektedir. Ancak var olan fosil yakıt kaynaklarının tükenme noktasında olduğu bilinmektedir. Bunun için bu yok olan kaynakların yerini yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynakları ile doldurma zorunluluğu hâsıl olmuştur.

Dünyada enerji üretimi esnasında neden olunan fosil yakıt kaynaklı iklim zararları,nükleer kaynaklı çevresel ve ekonomik zararlar kullanılan birinci enerji kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılması gerekliliğini doğurmuştur. Bunun yerine yerli kaynakların kullanımı ve sürdürülebilirliğin önemi ortaya çıkmıştır. Oluşan bu şartların sağlanmasında yenilenebilir enerjiye geçiş ile mümkündür (Ağaçbiçer, 2010).

Enerji kullanımının da en önemli durum enerjinin ucuz, temiz, güvenilir, çeşitli kaynaklardan elde edilmesi, kesintisiz olmasıdır. Ama bugüne kadar enerji üretiminde kullanılan kaynaklar insanlığa ve çevreye büyük zararlar vermiştir. Özellikle son yıllarda üretimdeki insaf bilmez üretim çılgınlığı ve daha fazla kar elde etme düşkünlüğü bu zararı en son noktaya getirmiştir (Gedik, 2015).

Gelinen bu son noktada artık insan ve çevre için daha iyi bir yatırım programı yapılması gerekliliği kaçınılmaz olmuştur. Temiz enerji önümüzdeki dönemde yeni atılımlar ve eylemler ile daha fazla ön plana çıkarılmalıdır (Mutlu, 2013).

#### **4.1.1.Enerji Arzının Sürekliliği**

Sınırlı Hammadde ve enerji kaynak kapasitesine sahip olmamıza karşın dünya üzerinde artan teknoloji ve refah yaşam arzusu her geçen gün daha fazla enerji ihtiyacına sebep olmaktadır. Tüklenen hammadde kaynak rezervlerini göz önüne aldığımızda tüm dünya ülkeleri yeni kaynak arayışı içine girmişlerdir.

Gelinen noktada enerji ihtiyacını karşılamak için en uygun kaynak yenilenebilir enerji kaynakları olarak ortaya çıkmıştır. Enerjinin güvenli, çeşitli ve kolay ulaşılabilir olması gerekmektedir. Bu kavramların yanına günümüz koşullarında çevreye zararsız olması şartı da önemli, bir ilke olarak gelmiştir (Ağaçbiçer, 2010).

Yenilenebilir enerjiye geçiş ile

\*Hammadde kaynak ithalatı azalmaya başlayacak, yerli kaynaklarımızın kullanımını öncelikli olacak,

- \*Yerli kaynak ile üretim yapılmaya başlandığında istihdam artışı olacak,
- \*Enerjinin üretimi sürdürülebilir olacak ve teknolojik gelişmeler için imkân verecek,
- \*Enerji güvenlik arzı artacak, Artan talep karşılandığı için yatırım teşviki olacak,
- \*Sürekli ve temiz enerji elde edildiği için enerji istikrarı ve güven sağlanmış olacak,
- \*Enerjiye bağımlı teknolojilerin artışı ile yaşam kalitesi istikrarlı bir şekilde artacak,

#### **4.1.2.Sosyal ve Ekonomik Nedenler**

Yeni enerji santralleri kurulum planlanması yapılırken dikkat edilecek birçok husus vardır. Mesela işletme masrafı, üretim masrafı, atık madde ve bunların yok edilmesi gibi birçok konu dikkatle incelenmelidir. Yapılan araştırmalarda yukarıdaki konular itibari ile yenilenebilir enerji kaynakları ideal sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkenin birçok bölgesi için uygun olacağı düşünüldüğünde iletim ve dağıtım masraflarının azalacağı görülmektedir. .yeni yatırımlar için devlet bu konuda teşviklerini artırmalıdır (Gedik, 2015).

Ülkelerin kırsal bölgeleri için güneş ve rüzgâr enerji sistemleri uygun sistemler olarak görülmektedir. Büyük güçlü santraller yerine bu tarz santraller maliyet açısından daha uygundur. Ayrıca güneş ve rüzgâr tesisleri kurulduğu bölgedeki istihdamı artırıcı yönü olacağından işsizliği ve göçü azaltacaktır. Temiz enerji kaynakları dışa bağımlı fosil kaynaklı yakıt ithalatı azaltacak buda ülke ekonomisi için olumlu bir yansıma olacaktır. Yenilenebilir enerji santralleri kurulumundan işletilmesine kadar bulunduğu yerel halk için ciddi bir iş gücü temini yapacaktır (Savrul, 2010).

Yenidünyanın geldiği bu noktada yenilenebilir enerji üzerinde toplumsal bir destek sağlanmalı ve devlet teşvikleri ile bu yatırımların yapılması sağlanmalıdır. Temiz enerji kaynakları ülke içerisinde geri kalmış bölgelerin gelişiminde de önemli bir etki yapacaktır.

#### **4.1.3.Çevresel Nedenler**

Çevre ve enerji ilişkisi her zaman sıkıntılı bir süreç olarak arşımıza çıkmaktadır. Ancak gelinen noktada karbon salınımının fazlalığı asit yağmurları, ozon tabakasındaki zararlar ve sera etkisi gibi sonuçlar enerji üretim aşamasında çevreye fazlası ile zarar verdiğimizi göstermektedir. Üretim sonucunda yaşanan bu zararlı etkilerden dolayı iklim değişiklikleri meydana gelmiş olup bu da bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz yansımalar neden olmuştur. Yeni nesil enerji kaynaklarının

kullanımı ile enerji ve çevre ilişkisinin doğru bir zemin üzerine oturtulması gerekliliği gerçektir.

#### **4.1.4.Enerji – Çevre İlişkisi**

Çevre –enerji ilişkisi her zaman aynı düzlemde düşünülmesi gereken bir konu olarak görülmektedir. Enerjiye yönelik yapılan planların içinde her zaman çevresel faktörlerde yer almalıdır (Mutlu, 2013).

Yerküre her gecen gün zenginliklerini kaybediyor ve bu kaybetme yok olama noktasına doğru yönelmekte. İşte bu yok oluşu azaltmak için dahi olsa yeni planlar projeler geliştirmeye ihtiyaç vardır. Fosil kaynakların kullanımından vazgeçerek yenilenebilir enerjiyi kullanmak bile bu yok oluşu azaltmada büyük rol oynayacaktır.

#### **4.1.5.Enerjinin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri**

İnsan eliyle yapılan her türlü etkinlik doğa üzerinde bir etki yaratmaktadır. Doğayı en çok etkileyen durumların başında enerji üretimi gelmektedir. Fosil yakıt ve çekirdeksel enerji kullanımı canlı hayatı üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır (Gedik, 2015).

Dünya üzerinde bir çok ülkenin katılımı ile imzalana KYOTO protokolü yüksek karbon emisyon değerleri oluşturan sistemlere karşı çözüm yolları üretmektedir.

Çevresel zararlar dikkate alındığında yenilenebilir enerji kaynakları öne çıkmaktadır. Hava kirliliği, Karbon Emisyonu, sera etkisi gibi zararlı etkiler yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hiç bulunmamaktadır. Hidrojen enerjisi ve Güneş enerjisi bu alanda en az zararlı enerji türleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Savrul, 2010).

1.200 MW kapasiteli bir hidroelektrik santralinin ürettiği enerjiyi karşılamak için kurulacak olan santral Linyit kullanırsa 5milyon ton Taşkömürü kullanılırsa 4 milyon ton, Doğalgaz kullanılırsa 2 milyon ton CO2 salınımına sebep olacaktır. Ülkemizde en önemli üretim kaynağı olan kömür MWh başına 1.041 tonluk CO2 üretmektedir. Bu oran doğalgaz dan 2 hidroelektrik santralden 60 kat fazladır. Bu artan CO2 salınımı azaltmak için tüm ülkelerde yeni çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Gedik, 2015).

Var olan enerji üretim santrallerini kullanmaya devam edecek olursak yakın bir gelecekte iklim değişikliğinin ve sera gazlarının getirdiği olumsuz etkiler tüm dünya ülkelerini dolaylı veya doğrudan etkileyecektir (Gedik,2015).

## **5.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ DÜNYA VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI**

### **5.1.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dünya Ekonomisine Katkısı**

Günümüzde enerji kaynağı olarak fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Ancak görülen o ki bu kaynakların rezervleri hızlıca tükenmesi, Bu kaynaklarla üretim yapan teknolojinin geri kalması ve çevresel zararları nedeni ile bu kaynakların kullanımı sınırlandırma yoluna gidilmiştir. Bu yeni anlayışta yenilenebilir enerjinin yükselmesine neden olmuştur (Karalı, 2017).

#### **5.1.1. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Ekonomik Yansımaları**

Temiz enerji kaynakları her geçen gün yatırım oranını artırarak gelişmektedir.2015 'te 286 Milyar dolar seviyesine çıkmıştır. Her yıl yeşil enerji yatırımlar yaklaşık %5'lik bir artış göstermektedir. 2015 yılında yapılan bu yatırım oranı aynı dönemde fosil yakıtlara yapılan yatırımın 2 katından fazla olmuştur (Karalı, 2017).

Günümüzde enerji kişi başına ve ülkesel olarak gelirin belirlenmesinde en önemli etkenlerden biri olmuştur. Dolayısıyla artan enerji ihtiyacı ülke ekonomisini de ciddi şekilde etkileyen bir faktördür. Devletin yenilenebilir enerji yatırımları için teşvik ve desteklemelerde bulunması gerekmektedir. Ülkenin refah seviyesinin gelişiminde enerji sektörüne yapılan yatırımların önemli bir etkisi vardır. Günümüzde yapılan yatırımlara fiyat ve alım garantisi enerji sektörünün gelişmesinde önemli destek olmuştur.

#### **5.1.2.Yenilenebilir Enerjinin İstidama Katkıları**

2015 yılı itibari ile dolaylı ve direk olarak istihdam sayısı 8 milyon kişi seviyesine ulaşmıştır. Giderek artan otomasyon sistemleri ile insan gücü kullanımı bir yavaşlama döngüsüne girse de dünya üzerinde artan iş imkânı ile bu istihdam her geçen gün yükselmeye devam etmiştir (Karalı, 2017).

Şekil 4.24'ten de anlaşılacağı gibi dünya üzerinde en çok iş gücü yaratan yenilenebilir enerji sistemi güneş enerjisidir. Güneş enerjisi yatırımlarında ilk sıradaki ülke olan Çin 1.652 kişi ile bu alanda en çok istihdam yaratan ülkedir. Çin'i daha sonra Japonya, ABD ve Bangladeş izlemektedir. Solar enerjiden sonra ne çok istihdam kaynağı yaratan yenilenebilir enerji sistemi biyoyakıtlardır (Karalı, 2017).



**Şekil 4.24:Dünyada Yenilenebilir Enerjide İstihdam Durumu**



**Kaynak: Karalı, 2017.**

Tablo 2.64 inceleyecek olursak dünya genelinde 8.052.000 kişi yenilenebilir enerji sistemlerinde istihdam edilmektedir. Bu istihdam içerisinde en büyük payı 3.523.000 kişi ile Çin almaktadır.

**Tablo 2.64: Ülke Bazında Yenilenebilir Enerji Sistemlerinde Var Olan İstihdam Durumu**

ÜLKELER	GÜNEŞ ENERJİSİ	SIVI BİOYAKIT	RÜZGAR ENERJİSİ	GÜNEŞ (ISI)	KATI BİOKÜTLE	BİYOĞAZ	HİDROLİK	JEOTERMAL	CSP	TOPLAM (BİN)
DÜNYA	2772	1678	1081	939	822	382	204	160	14	8052
ÇİN	1652	71	507	743	541	209	100			3523
BREZİLYA	4	821	41	41			12			918
ABD	194	277	88	10	152		8	35	4	769
HİNDİSTAN	103	35	48	75	58	85	12			416
JAPONYA	377	3	5	0,7				2		388
BANGLADEŞ	127		0,1			9	5			141
ALMANYA	38	23	149	10	49	48	12	17	0,7	355
FRANSA	21	35	20	6	48	4	4	31		170
DİĞER AB ÜLKELERİ	84	47	162	19	214	14	31	55	5	644

**Kaynak: Karalı, 2017.**

Solar enerji ve rüzgâr enerjisi en dinamik sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Güneş ve biyoyakıt teknolojisi en fazla istihdamın olduğu sistemlerdir. Günümüzde yaklaşık 8 milyon kişi doğrudan ya da dolaylı olarak bu sistem içinde

çalışmaktadır. Küresel baz da bakıldığında azalan ekonomik gelirler ve istihdam alanları göz önüne alındığında yenilenebilir enerji bir kurtarıcı olarak görülmektedir. (Karalı, 2017).

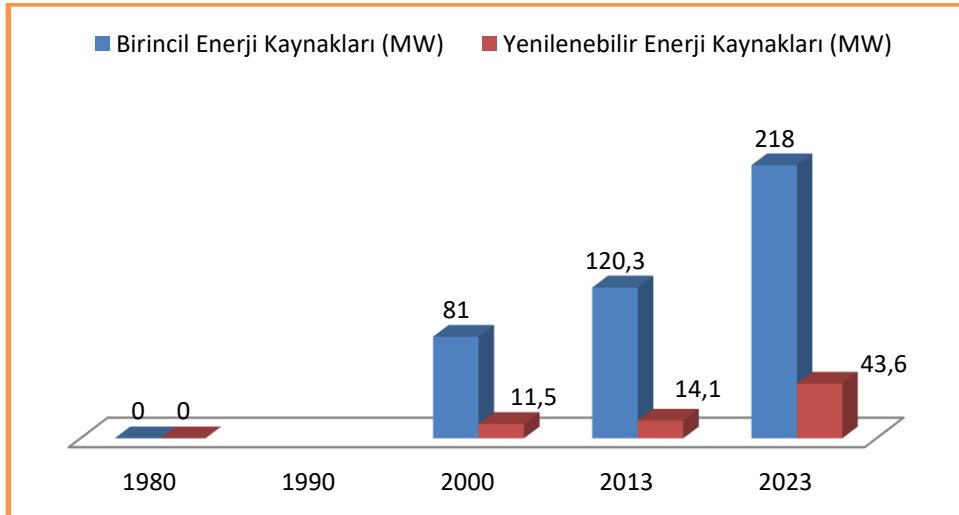
## 5.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Yatırımları

Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli olarak ülkemiz yüksek seviyelerdeki ülkelerden birisidir. Bu kaynakların bir kısmı yeterli denecek kadar kullanılsa da bazı kaynaklardan ne yazık ki hiç yararlanılmamaktadır. 2011 ETKB araştırmalarına göre toplam enerji ihtiyacının %32’si doğalgaz, %31 petrol, %4 kömür ve %6 temiz enerji kaynaklarından karşılanmaktadır (Evli, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları ülkemizde yeteri kadar ilgi görmeyen kaynaklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak devlet teşviki ve azalan maliyetlerden dolayı kamu ve özel sektör bazında yeni yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji kullanımı için 2000 yılında binalarda da ısı yönetmeliği çıkartılmış olup bu yönetmelik ile ısı yalıtımı zorunlu hale gelmiştir. Yine 2011 yılında çıkartılan yönetmelik ile 500 KW’a kadar lisansız elektrik üretimine izin verilmiştir. Bu da binalarda bile elektrik enerji üretimi yapılmasına imkân tanımıştır. Lisansız üretim için günümüzde en uygun yöntem solar enerji olarak görülmektedir (Erdal, 2012).

Grafik 3.40’den anlaşılacağı gibi ülkemizde yenilenebilir enerji yatırımları her geçen gün artmaktadır. Bu konudaki hedef toplam enerji ihtiyacı içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını %30’ lar seviyesine çıkarmaktır.

**Grafik 3.40: Birincil Kaynak ve Yenilenebilir Kaynak Tüketim Değerleri**



**Kaynak: Evli, 2018.**

2023 yılı hedeflerinde rüzgar enerjisi 20.000 MW jeotermal 600 MW ve güneş enerjisi kapasitesi 3.000 MW’a çıkarmaktır (Erdal, 2012). Ülkemiz mevcut

yenilenebilir kaynak gücünü son yıllarda artırmaktadır. Bu konuda ilk sırayı rüzgâr enerjisi almaktadır (Bkz. Tablo 2.65).

**Tablo 2.65: Yenilenebilir Kaynakları Kurulu Gücü MW**

MW	Güneş	Rüzgar (Lisanslı)	Rüzgar (Lisansız)	Bioenerji	Jeotermal	Toplam
2010		1320,2		96,9	94,2	1511,3
2015	248,8	4498,4	4,8	344,7	623,9	5715,8
2016	443,3	4762,1	8	385	65,4	6293,8

**Kaynak: Evli , 2018.**

Bu istatistiklere göre hidrolik kaynaklı enerji sistemlerini dâhil etmediğimizde 2010 yılında toplam kurulu gücümüzün 1.511 MW olduğunu görmekteyiz. 2016 yılına gelindiğinde kurulu gücümüz 6.294 MW olmuştur ki bu da yaklaşık olarak 2 katı gibi bir artışa denk gelmektedir. Yenilenebilir santral sayısı 2016 yılı itibari ile 829 tanedir (Evli, 2018).

Temiz enerji olarak adlandırdığımız yenilenebilir enerji yerli kaynak kullanımı ile dışa bağımlılığı azaltmakta ve ekonomik olarak ta çok ciddi tasarruf katkısı sağlamaktadır. Bu tasarruftan elde edilen kaynaklar ülke içinde yatırımlarının artırılması için kullanılmaktadır (Özşahin vd. , 2016).

Türkiye'nin yenilenebilir kaynak konusunda çok ciddi bir potansiyeli var olmakla birlikte bu kaynakları kullanımı konusunda çok iyi durumda olmadığımız söyleyebiliriz. Son yıllarda yapılan yatırımlar ile az da olsa bu konuda yol alınmıştır.

Tablo 2.66'da Türkiye'nin yenilenebilir teknik ve ekonomik potansiyel ve kullanım durumu gösterilmektedir. Görülen durum var olan potansiyelden yararlanma oranı çok az durumdadır.

**Tablo 2.66: Türkiye'nin Yenilenebilir Kaynak Potansiyeli ve Kullanım Durumu**

Yenilenebilir Enerji Türü	Teknik Potansiyel (MW)	Ekonomik Potansiyel (MW)	Kurulu Güç (MW)	Kullanım Oranı %	
				Teknik	Ekonomik
Hidroelektrik	54000	42000	27173,1	39,2	50
Rüzgar	114000	20000	6253,8	5,6	31,2
Jeotermal	31500	2046,2	1019,7	3,2	49
Bioyakıt	4000		554,2	13,8	
Güneş	56000		2046,2	3,6	

**Kaynak: Deniz, 2015.**

Güneş enerjisi ve jeotermal enerjiden faydalanma oranı %3,5 seviyesindedir ki bu çok düşük bir orandır. Yapılan araştırmalar ülkemizde biokütle kaynaklarının en verimli katkıyı sağlayacağı tespit edilmiştir. Daha sonra rüzgâr ve jeotermal kaynaklar en çok katma değere sahip kaynaklar olarak görülmektedir. Ülkemizin 2023 yılı hedef kapasitesi teknik ve ekonomik potansiyelin çok altında olarak belirlenmiştir (Deniz, 2015).

Tablo 2.67 incelendiğinde 2023 yılı hedefleri yeterli olmadığı görülmektedir. Özellikle potansiyelinin yüksek olduğu biyoyakıt ve rüzgâr gibi enerji kaynaklarına daha yüksek hedefler ile belirlenmesi ülkemiz açısından daha doğru bir hedef olacaktır.

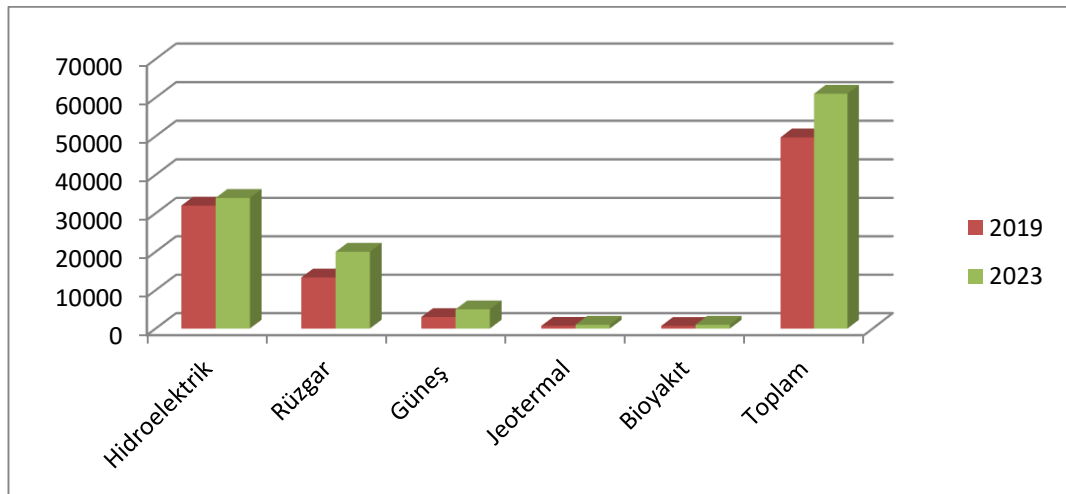
**Tablo 2.67: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Üretim Hedefleri MW**

Yenilenebilir Kaynak	2019	2023
Hidroelektrik	32000	34000
Rüzgar	13308	20000
Güneş	3000	5000
Jeotermal	706	1000
Biyoyakıt	683	1000
Toplam	49697	61000

Kaynak: Doğan, 2019.

Grafik 3.41 incelendiğinde biyoyakıt ve jeotermal enerji hedeflerindeki artışın çok düşük seviyelerde olduğu görülmektedir

**Grafik 3.41: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Üretim Hedefleri**



Kaynak: Doğan, 2019.

2023 üretim hedefleri doğrultusunda bu kaynakların yaratacağı istihdam katsayıları Tablo 2.68’te görülmektedir.

**Tablo 2.68: Yenilenebilir Enerji Tesislerini İstihdam Yaratma Katsayıları**

Yenilenebilir Kaynak	İnşaat-Kurulum	İşletme -Bakım
Rüzgar	2,57-13	0,1-0,4
Güneş	7,1-34,6	0,1
Hidroelektrik	18,6	1,4
Jeotermal	4-17,5	1,7
Biokütle (Elektrik)	4	0,14
Biyogaz	25	6

**Kaynak: Deniz, 2015.**

Tablo 2.68’te ki istihdam katsayılarının istihdamdaki insan sayısı karşılığı Tablo 2.69’da gösterilmiştir.

**Tablo 2.69: Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Hedefleri ve İstihdam 2023**

Yenilenebilir Kaynak	İnşaat-Kurulum	İşletme -Bakım	Toplam
Rüzgar	51400-260000	28000	79400-288000
Güneş	35500-173000	500	36000-173500
Hidroelektrik	632000	47600	679600
Jeotermal	4000-17500	1700	4000-19200
Biokütle (Elektrik)	4000	140	4140
Toplam	726900-1086900	77940	778840-1164840

**Kaynak: Deniz, 2015.**

61.000 MW’lık olan 2023 hedefleri gerçekleştiği takdirde yenilenebilir enerjinin iş gücüne katkısının 700 bin ila 1 milyon kişilik bir istihdam olöası hedeflenmektedir. Ayrıca bu hedefler tutturulduğu takdirde ülkemizin doğalgaz tasarrufu 15.250.000 m<sup>3</sup> olacağı hesaplanmıştır (1m<sup>3</sup> doğalgaz =4KWh elektrik üretimi ) (Bölük, 2013). 2023 yılı hedefleri itibari ile ülkemizin enerji tasarruf miktarının 15.440.000 m<sup>3</sup> olması hedeflenmektedir (Deniz,2015).

2015 yılı itibari ile 25 milyon ton olan petrol ithalatımızın faturası 9,4 milyar dolar olarak ülkemiz ekonomisine yansımıştır. Eğer 2023 yılı hedefleri tutturulursa unun ekonomiye yansması 5,5 milyar dolarlık tasarruf olacaktır (Kaya,2018).

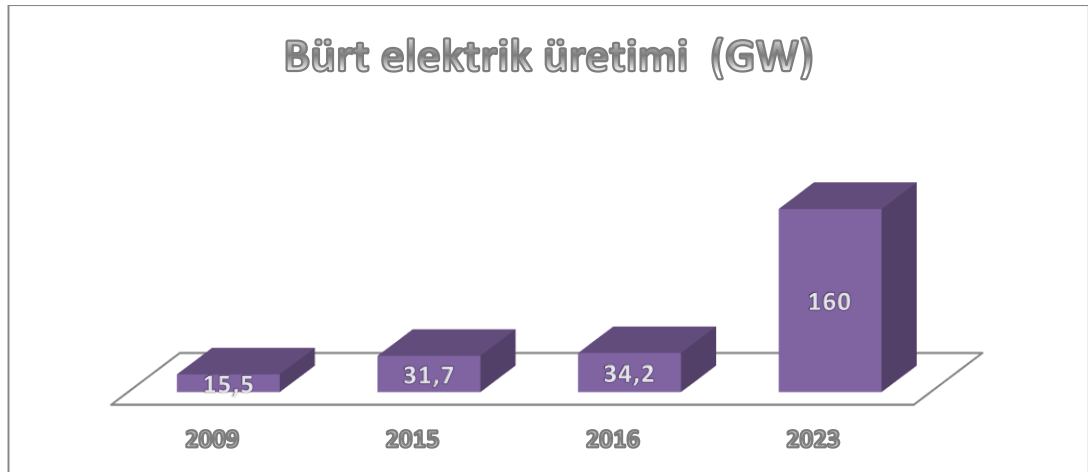
### 5.2.1 Yenilenebilir Enerji Alanında Türkiye'nin Geleceği

Yenilenebilir enerji dışa bağımlılığın azalması, sürdürülebilirlik, çevre faydası gibi etkenlerden dolayı çok önemli bir hale gelmiştir. Dünya üzerinde toplam üretilen enerjini %20'si yeşil enerjiden karşılanmaktadır. Fosil kaynaklara bağımlılığın her geçen gün azalması sevindirici bir gelişmedir (Kaya,2018).

Ülkemiz bu yeni oluşum içerisinde kaynak bakımından oldukça şanslı bir coğrafi konumdadır. Ancak bu büyük potansiyel karşısında bundan faydalanma oranı hala çok düşük seviyelerdedir. Bunun sebeplerine baktığımızda ise yüksek maliyet, kanuni süreçler ve yasal düzenleme eksikliği olarak görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile yenilenebilir enerji için umut verici bir haldedir.2016 yılı verilerine göre toplam enerji kurulu gücümüz içerisinde yenilenebilir enerjinin payı %44 seviyesindedir. Bu oran içerisinde %34'lük pay hidroelektrik santrallerine aittir. Buda göstermektedir ki diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranı çok düşük seviyededir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile bu oran arttırılsa da hala yeterli seviyede değildir (Kaya, 2018).

2009 yılı itibari ile başlayan yenilenebilir enerji hamlesi ile önemli gelişmelerin altına imza atılmıştır. 2009 yılında mevcut kurulu güç 15,5 GW seviyesinde iken grafik 5.3'te görüleceği gibi 2016 yılında 34,2 GW seviyesine çıkmıştır. 2023 yılı hedefi ise 160 GW olarak belirlenmiştir (Bkz. Grafik 3.42).

**Grafik 3.42: Toplam Elektrik Üretimi İçinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı ( Brüt )**



**Kaynak: Kaya, 2018.**

Türkiye'nin 2023 yenilenebilir enerji hedeflerinde rüzgâr enerjisinden 20 GW Hidrolik enerjiden 34GW Güneş enerjisinden 1GW ve Jeotermal enerjiden 1GW seviyesinde faydalanmak ön görülmüştür (Bkz. Tablo 2.70).Yapılan hesaplamalar da bu hedeflere ulaşmak için 60 milyar dolarlık yatırım yapılması gerekmektedir.

**Tablo 2.70: Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) ile Yapılan Üretim ve Hedefler**

Yenilenebilir Kaynak	2015 (MW)	2017 (MW)	2019 (MW)	2023 (MW)
Rüzgar	5660	9549	13308	20000
Güneş	300	1800	3000	5000
Hidroelektrik	25526	28763	32000	34000
Jeotermal	412	900	950	1000
Biokütle (Elektrik)	377	530	683	1000

**Kaynak: Kaya,2018.**

2023 yılı brüt elektrik üretim hedefi olarak toplam enerjinin yaklaşık 1/3'ünü YEK 'larından karşılama vardır. Bu doğrultuda Hidroelektrik santrallerinden 91.800 MW, Rüzgâr santrallerinden 50.000 MW, Güneş santrallerinden 8.000 MW, Jeotermal sistemlerden 5.100 MW ve Biokütle sistemlerden 4.500 MW'lık elektrik üretimi hedeflenmektedir (Kaya, 2018).

Bu öngörülen hedefler doğrultusunda devlet ve özel sektör olarak yatırım kaynakları oluşturulmaya başlanmıştır. 2016 yılı içinde ETKB tarafında 5 milyon lira ödenek sağlanmıştır.

### **5.2.2.Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Ekonomik Önemi**

Türkiye'nin 2018-2020 yılları Orta vadeli programına göre Cari açığın azaltılması amacı ile dışa bağımlı ürünlerde özellikle enerji ve enerji hammaddesi ithalatının azaltılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu ithalatın düşürülmesi için bir takım önemleler alınması kararına varılmıştır (Kaya, 2018).

\*Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kurulu güç içerisindeki payı arttırılacak.

\*Yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumu ve işletilmesinde gerekli donanım araç ve gereçlerde ithalat azaltılarak yerli üretim için teşvikler sağlanacak.

\*Yerli kaynak arama faaliyetleri arttırılacak.

\*Konut, sanayi ve ulaşımda enerji daha verimli kullanımı teşvik edilecek.

\*Elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde verimlilik arttırılacak.

Kalkınma Bakanlığının 2016 yılı raporlarına göre Türkiye'nin toplam ithalatı 198 Milyar dolar ve bunun 27,5 Milyar doları enerji için yapılmıştır. 2016 yılı ham petrol varil fiyatı 30 dolar seviyesinde iken 2017 yılında bu fiyat 50 dolar seviyesine çıkmıştır ( Kaya, 2018). Bu durum ülkemizi oldukça olumsuz etkilemiştir. İthal edilen

miktar değişmese de ödenen tutar oldukça artmıştır. Ülkemizin enerji ithalat değerleri yıllara göre aşığıdaki Tablo 2.71' de gösterilmiştir.

**Tablo 2.71: Türkiye'nin Enerji İthalat Verileri ve Tahminleri**

YIL	Enerji İthalatı (Milyar Dolar)
2015	37,8
2016	27,5
2017	35
2018	42
2019	45
2020	49

**Kaynak: Kaya, 2018.**

Yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli ve etkin kullanımı halinde ülkemiz enerji konusunda kendi kendine yetebilen hatta ihraç edebilen bir ülke konumuna gelebilecektir. Temiz enerjini ülkemiz üzerinde getireceği yararlarından bazılarını şu şekilde açıklayabiliriz.

\* Enerjideki dışa bağımlılığın bitmesi milli gelirin artması yönünde pozitif etkisi olacaktır.

\*Yenilenebilir enerji santrallerindeki artış destek sanayi sektörünün ve iş gücünün artışına pozitif etki edecektir.

\*Dışa bağlı enerji hammaddesi özellikle doğalgaz gibi kaynakların ithalatını azalmasına sebebiyet verecektir.

\* Temiz enerji kaynak kullanımı çevre açısından olumlu bir gelişme olacaktır. Hedeflenen tesislerini kurulması ile yıllık baz da 47 milyon ton karbon emisyonu azalacaktır.

\*Bu alana yapılacak yatırımlar istihdamı artıracak ve bu sektörde yıllar içerisinde nitelikli ve kaliteli iş gücü oluşturacaktır.

\*Elektrik enerjisi üretimde yerli kaynak kullanımı dışa bağımlılığın azalması elektrik fiyatlarında ekonomik rahatlamaya sebep olacaktır.

\*Yenilenebilir kaynaklardan faydalanma oranı artıkça kırsal kesiminde kalınmasına sebebiyet verecektir. Buda ülke ekonomisine dinamizm katacaktır. Kırsal kesimdeki iş ve göç sorunu azalacaktır



### **5.2.3.Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin evresel nemi**

Fosil kaynaklı enerji kullanımının günümüzde ortaya koyduğu sorunlar dünyamız için sıkıntı teşkil etmeye devam etmektedir. Fosil kaynaklı yakıtların tükenmesi ve ortaya çıkardıkları çevresel sorunların (Ozon tabakasının incelmesi, Küresel ısınma)giderek artması bu kaynakların kullanımında bir an önce vazgeçilmesi gerçeğini ortaya koymuŐtur (Ataman,2007).

Üretim aşamasında tüketim aŐamasına kadar her dönemde evre sorunu teşkil eden fosil kaynaklı enerji yerine sürdürülebilir, ekonomik ve evre ile uyumlu bir denge içerisinde üretim yapabilecek enerji türlerine geçiş yapılmalıdır (Nurdeni,2000).

Fosil kaynaklı enerji üretimi çevreye ne kadar çok zarar verirse yenilenebilir enerji kaynakları da o kadar çevreci bir enerji olarak karşımıza çıkmaktadır.

## 6.SONUÇ ve ÖNERİLER

Enerji teknolojik gelişmede ve ekonomik refah seviyesini belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Enerji ve ekonomik çalışmalar arasında doru orantılı bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Enerjide dışa bağımlılık özellikle üretim konusunda zayıf ve enerji üretimi için gerekli hammaddeyi dışarıdan sağlayan ülkeler için bu durum çok büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu anlamda yenilenebilir enerji ülkelerin kendi kendilerine yete bilme açısından önemli hale gelmiştir.

Enerjiye olan bağımlılık gün geçtikçe artmakta ve artan bu ihtiyaç fosil yakıtlardan karşılandığı süre içerisinde ortaya büyük çevresel sorunlar çıkmaktadır. Bu çevresel sorunlardan kurtulmak ve sürdürülebilir enerjiye kavuşmak için uzun vadeli çalışmalar gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim bu dışa bağımlılığı ve çevre sorunlarını büyük ölçüde yok edecektir. Ayrıca bu yeni yatırım kaynağı ülkeler için yeni istihdam kaynağı da yaratmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında ki istihdam sayısı 10 milyon kişiyi geçmiştir. Bu rakam ülkemizde 90.000 kişi civarındadır.

Dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış 2012 yılından bu yana yüzde 5,3 oranında artmıştır. Bu yaratılan istihdam daha çok yenilenebilir enerji santrallerinin inşasında kullanılan makine ve ekipmanları üreten ülkelerde ağırlıklı olarak artış göstermektedir. Ne yazık ki ülkemiz bu makine ve ekipmanları ithal eden ülkeler arasında bulunmaktadır.

Türkiye yıllar geçtikçe gelişerek enerjiye olan ihtiyacını arttıran bir ülke haline gelmiştir.1980 li yıllardan itibaren yapılan yasal düzenlemeler ile enerji sektörünü özelleştirerek rekabete imkân vermiştir.

Ülkemiz birincil enerji kaynakları bakımından sınırlı kaynağa sahip bir durumda olduğundan ihtiyacı olan enerjinin büyük bir kısmı dışarıdan satın alınmak yöntemi ile karşılanmaktadır. Bugün itibari ile %75 olan dışa bağımlılık her geçen gün artarak devam edeceği öngörülmektedir.

Fosil kaynak rezervi olarak sahip olunan yerli kömür rezervlerinin verimli olmaması ve oluşturduğu çevresel kirlilik son yıllarda ülke olarak doğalgaza yönelmeyi sağlamıştır. Ancak bu yönelim dışa olan bağımlılığı daha da artırmıştı.

Ülkemiz yenilenebilir enerji potansiyeli olarak zengin bir kaynağa sahiptir. Güneş, Rüzgâr ve su gücü bakımından gerekli düzenlemeler ve yatırımlar yapıldığı takdirde gerekli enerji ihtiyacının büyük bir bölümü karşılanabilecektir. 2050 yılı itibari ile %100 temiz enerji geçişi için öngörülen yatırım planı şu şekildedir.

- Güneş panelleri %1,9
- Güneş enerji santralleri %39,1
- Karasal rüzgâr santralleri %16
- Açık deniz rüzgâr santrali %0,1
- Ticari ve devlet binalarının çatılarına güneş panelleri %10,2
- Jeotermal %0,8
- Hidrolik %14,5

Dünya üzerinde yapılan tespitlerde kömür 200 yıl, doğal gaz 65 yıl ve petrol içinde 40 yıl ömür tespit edilmiştir. Oysa bu süre yenilenebilir enerji kaynakları için sonsuzdur.

Yenilenebilir enerjiye geçiş için belirlenen hedeflerin gerçekleşmesinde yasal düzenlemelerin ivedilikle yapılması, Kamu ve özel sektör yatırımları artırılmalı ve özel sektör yatırımları için teşvik düzenlemeleri yapılmalıdır

Türkiye Yenilenebilir enerji kaynak yatırımları için bir yol haritası çıkarmalı ve belirlenen hedefler ulaşmak için hızlıca hareket etmelidir. Bu hedefler belirlenirken şu kriterlere dikkat edilmelidir.

- Türkiye gelecek yıllardaki enerji politikasını gerçekçi sağlam temellere oturtmalı ve güvenilir projeler yapmalıdır.
- Yenilenebilir enerji konusunda dünya üzerinde gelişmiş ülkeler ile işbirliği yapılmalı, bu ülkelerdeki yasal düzenlemeler ve yatırımlar ülke gerçeklerine uygun olarak dizayn edilmelidir.
- Yatırımların teşvik edilmesi ve fosil yakıtlar ile rekabet için sabit fiyat garantisi Avrupa'da ki ülkeler seviyesine çekilmeli
- Yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumunda kullanılan ekipman ve makinaların çoğunluğu yurtdışından ithal ederek elde edilmektedir. Bu kurulum aşamasında olumsuz bir durum ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle bu alanda kullanılacak yerli ve milli ekipman üretimine önem verilmeli bu iş için devlet tarafından teşviklendirme sistemi getirilmelidir.
- Bu alanda yatırımların uzun vadede düşünülmesi gerekmektedir. Bunun için de bunun bir devlet politikası haline getirilmesi esastır. İç ve dış yatırımcılar için siyasi iktidarın olması önemli bir konudur.
- Yenilenebilir enerji, yatırımlarında plan proje ve yatırım faaliyetleri sırasında ortaya çıkan bürokratik engeller yok edilmelidir. Bu konu ile ilgili ayrı bir birim oluşturulmalıdır.

- Gelişmekte olan bir iş kolu olarak görülen yenilenebilir enerji istemlerindeki ortaya çıkan kaliteli iş gücü eksikliği giderilmelidir. Bu konuda eğitimler verilmeli ve eksikler giderilerek bunun geliştirilmesi üzerine bir plan yapılmalıdır.
- Yenilenebilir enerjinin üretimi kadar depolanması ve iletilmesi ile ilgilide çalışmalar yapılmalı bu konuda dünya üzerindeki teknolojik gelişmeler yakından takip edilmelidir.
- Yenilenebilir enerji santrallerini kurulum maliyetlerini yüksekliği bu konuda büyük bir engel oluşturmaktadır. Bunun ortadan kalkması için kurulum işlemi için devlet teşvikleri oluşturulmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları kurulum aşamasında çevreye yüksek hassasiyet ile kurulmalı ve santraller özellikle ormanlık alan ve turistik bölgelere zarar vermemesi gereklidir.
- Yenilenebilir enerji hakkında ulusal bir bilgilendirme politikası belirlenmeli basın yayın, görsel ve sosyal medyada bu konuda faydalı bilgiler yayınlamalıdır.
- Sektörün gelişimi ve AR-GE uygulamaları yakından takip edilmeli ve gün geçmeden uygulanabilir hale getirilmelidir

Ülkemiz sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynak potansiyelini kullanıp elindeki veriler doğrultusunda kararlar alırsa çevresel olarak zararları en aza indirecek, enerji hammaddesi olarak dışa bağımlı olmaktan kurtulup, ekonomik olarak rahatlama sağlayacak, yerli ve milli sanayi gelişip istihdam alanında atılım sağlanacaktır. Tüm bu veriler Türkiye'nin ekonomik olarak ferah çevre dostu ve sanayileşmede yerli ve milli bir ülke olmasını getirecektir.

## 7.KAYNAKLAR

- Abalı, Y, Arısoy, K. Atik, E. ve Gümüş, R. (2009). *Kullanım Süresi Geçen Mayonezden Biyodizel Üretim: 5. Yenilenebilir enerji kaynakları Sempozyumu*, 19-21 Haziran, Diyarbakır,137-141.
- Adaçay, R. F. (2014).Türkiye için enerji ve kalkınmada perspektifler. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 87-103.
- Adıyaman, Ç. (2012). *Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Niğde Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü. Niğde.
- Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan swot analizler*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Onsekiz Mart Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Akalp, F.M. (2019). *Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki; Türkiye örneği*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Akdoğan, D. A. (2018). *Yenilenebilir enerjide kamu politikaları ve Türkiye*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi).Marmara Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Akpınar, E. (2005). Nehir tipi santrallerin Türkiye'nin hidroelektrik üretimindeki yeri. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 1-25.
- Akkaya, G. C. ve Uzar, C. ( 2012). Karbona dayalı finansal gelecek sözleşmeleri ve fiyat gelişimi üzerine bir inceleme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32 (1),67-80.
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları: Teknik Bilimler Dizisi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Alemdaroğlu, N. (2007). *Enerji sektörünün geleceği alternatif enerji kaynakları ve Türkiye'nin önündeki fırsatlar*. İstanbul: İTO Yayınları.
- Altuntaşoğlu, Z. (2018). Türkiye'nin enerji görünümü 2018.*TMMOB Oda Raporu* MMO/691,Ankara: TMMOB, 331-346.
- Arı, V. (2007). *Türkiye enerji kaynakları, enerji planlaması ve enerji stratejileri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ataman, A.R. (2007). *Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Aydın, İ. 2013. Balıkesir'de rüzgâr enerjisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 18(29), 29-50.
- Bartık, A. (2018). *Türkiye'nin enerji ihtiyacını ve bu ihtiyacın giderilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars.
- Batı, O. (2013). *Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji kaynakları*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı Uluslararası İktisat Bilim Dalı, İstanbul.

- Bayraç, H. N. (2009). *Küresel enerji politikaları ve Türkiye: Petrol ve doğalgaz kaynakları açısından bir karşılaştırma*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(1), 115-142.
- Beyza, İ. (2009). *Türkiye birincil enerji kaynakları piyasasının zaman serileri ile istatistiksel analiz*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bilgiç, M. (2015). *Salavatlı (Aydın) jeotermal alanının hidrojeokimyasal ve jeotermal enerji potansiyelinin değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bolat, A. ve Özdemir, N. (2016). Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları yenilenebilir enerjide yeniden yapılanma. *Meslek Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 6 (4), 148-158.
- Canik, B. , Çelik, M. ve Arıgün, Z. (2000). *Jeotermal enerji*: Ankara: A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları.
- Çanka Kılıç, F. (2011). Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'de ki yeri. *Mühendis ve Makine*, 52 (617), 94-106.
- Çanka Kılıç, F. (2015). Güneş enerjisi, Türkiye'deki son durumu ve üretim teknolojileri, *Mühendis ve Makine*, 56(671), 28-40.
- Çepik, B. (2015). *Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye'de yenilenebilir enerji politikaları*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Maltepe Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ceylan, M. (2012). *Elektrik enerji santralleri ve elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımı, (1. Baskı)* Ankara: Seçkin Yayınları.
- Cihan, E. (2009). *Yenilenebilir enerji ve Türkiye'de güneş enerjisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Hasan Kalyoncu Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Gaziantep.
- Cingil, İ. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları ve ekonomik etüdü*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çıtak, E. ve Kılınç Pala, P. B. (2016). Yenilenebilir enerjinin güvenliğe etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25, 79-102.
- Çoban, O. ve Şahbaz Kılınç, N. (2016). İstanbul enerji kullanımının çevresel etkilerinin incelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 33, 589-606.
- Demir, M. (2013). Enerji ithalatı cari açık ilişkisi, var analizi ile Türkiye üzerine bir inceleme. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 5(9), 2-26.
- Deniz, S. (2018). *Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyeli ve politikalarının sürdürülebilir kalkınma açısından değerlendirilmesi*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Akdeniz Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Doğan, S. (2019). *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından jeotermal enerji ve istihdam yaratma potansiyelinin değerlendirmesi: Aydın ili örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Aydın Adnan Menderes Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

- Elmas, B. (2012), *Ortadoğu'daki enerji kaynaklarının önemi ve Türkiye üzerinden taşınması ile Türkiye'nin kazandığı jeopolitik konum*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atılım Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Erdal, L. (2012). Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımları ve istihdam yaratma potansiyeli. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4(1), 171-181.
- Erdal, L. ve Karakaya, E. (2012). Enerji arz güvenliğini etkileyen ekonomik, siyasi ve coğrafi faktörler. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1),107-136.
- Erden, O. (2002). *Türkiye'de jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile klasik merkezi ısıtma sistemi teknolojilerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erkan, A. Ç. (2014). Küresel doğalgaz krizlerine karşı enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerji arz güvenliği için kriz yönetimi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*,7, 87-110.
- Ertaş, C. (2011). *9.Sınıf Ders Kitabı*. Ankara: Paşa Yayıncılık.
- Etemoğlu, A. B. , İşman, M. K. ve Can, M. (2006). Bursa ve çevresinde jeotermal enerjinin kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1), 55-64.
- Evli, S.(2018). *Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji kaynakları*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma İktisadi Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Evran, U. ve Evran B. (2018). *The importance Of geothermal energy* ,(Birinci baskı). İzmir: Printer Ofset Yayıncılık.
- Gedik, Ö.T. (2015). *Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gediz Oral, B. ve Arpazlı Fazlılar, T. (2016). Yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında kamu-özel sektör işbirlikleri: rüzgâr enerjisi santralleri örneği. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 3(1),99-115.
- Gülay, A. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa birliği ile karşılaştırılması*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Gürsoy, U. (2004). *Enerjide toplumsal maliyet ve temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları*. Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları.
- İlleez, B. (2018). Türkiye'nin enerji görünümü 2018.*TMMOB Oda Raporu* MMO/691,Ankara: TMMOB, 391-420.
- Karadağ, H. (2009). *Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisinin önemi ve rüzgâr türbini tasarımı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karagüç, B. (2013). *Balıkesir ilinde jeotermal enerji potansiyeli ve ekonomik etkileri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

Karalı Ş. (2017). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ve Dünya ekonomisine katkısı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Karataş, S. (2009). *Türkiye’de yenilenebilir kaynaklar içerisinde rüzgâr ve güneş enerjilerinin yeri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi /Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Karayılmazlar, S. , Saraçoğlu, N. , Çabuk, Y. ve Kurt, R. (2011). Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.

Kaya, T.O.(2018). *Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve önemi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).Aksaray Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Aksaray.

Kaya, T. (2011). Türkiye’de su gücü ve küçük hidroelektrik santralleri. *Nevşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*,1(1),207-238.

Keleş, R. , Hamamcı, C. ve Çoban, A. (2009). *Çevre Politikası*. Ankara: İmge Kitapevi Yayınları.

Keskin, N. (2006). Türkiye’de güneş enerjisi araştırma ve geliştirme. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 74-82.

Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu - genel değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639),32-44.

Kocak, M.E. (2011), *Yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik santraller ve sırakonaklar HES projesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Kocakuşak, R. (2018). *Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin, Türkiye’deki önemi ve GES kurulum araştırması*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi ).T.C. Maltepe Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kumbur, H. , Özer, Z. , Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D. (2005). *Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması*: III. Yenilenebilir enerji kaynakları Sempozyumu. 19-21 Ekim, Mersin.

Kükrer, B. (2007). *Hidrojen enerjisinin potansiyeli ve Türkiye ekonomisi açısından değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Nurdeni, D. 2000. *Enerji ve çevre mevzuatı, Türkiye II. enerji sempozyumu, 2000’li yıllarda ulusal enerji politikaları*, İstanbul: TMMOB, EMO Yayını.

Mahmutoğlu, M. (2013). *Türkiye elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin rolü*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.



- Mutlu, E. (2013). *Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait swot analizler*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Önal, E. ve Yarbay, R.Z. (2010). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 18, 77-96.
- Özgür, E. (2018). Türkiye’nin enerji görünümü 2018. *TMMOB Oda Raporu* MMO/691, Ankara: TMMOB, 352-370.
- Uğurlu, Ö. (2009). *Çevresel güvenlik ve Türkiye’de enerji politikaları*. İstanbul: Örgün Yayınevi,
- Özcan, B. (2015). *Yenilenebilir enerjide mevzuat: mevzuat sorunlarına yönelik bir araştırma*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Türk Hava Kurumu Üniversitesi,/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özdamar, A. (2000). Dünya ve Türkiye’de rüzgâr enerjisinden faydalanılması üzerine bir araştırma. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2-3),133-145.
- Özkaya M. G. , Variyenli, H. İ. ve Uçar, S. (2008). Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ve Kayseri ili için çevresel etkilerinin değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*,29(1), 1-20.
- Özsabuncuoğlu, İ. ve Atilla, U. (2005). *Doğal kaynaklar ekonomi, yönetim ve politika*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Özşahin, Ş. , Mucuk, M. ve Gerçekler, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.
- Öztürk, H. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı*. Ankara: Teknik Yayınevi.
- Öztürk, H. H. (2013). *Yenilenebilir enerji kaynakları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Polatkan, D. S. (2009). *Fotovoltaik güneş elektriği sistemleri: 5.Yenilebilir enerji kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı* Diyarbakır: EMO Yayınları.215-218.
- Sağlam, M. ve T. S. Uyar. (2005). *Dalga enerjisi ve Türkiye’nin dalga enerjisi teknik potansiyeli: I* Yenilenebilir enerji kaynakları Sempozyumu (YEKSEM), 19-21 Ekim, Mersin.
- Savrul, M. (2010), *AB ilişkileri çerçevesinde Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının iktisadi açıdan değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Şeker, V. (2010). *Türkiye’nin elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının ANP ile modellenmesi ve analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şenel, M, C. (2012). *Rüzgâr türbinlerinde güç iletim mekanizmalarının tasarım esasları dinamik davranış*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Şengelen, H.E. (2016), *Yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin panel veri analizi ile incelenmesi*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Tamzok N.(2018). Türkiye'nin enerji görünümü 2018.*TMMOB Oda Raporu* MMO/691,Ankara: TMMOB, 230-260.

Tezcan Ün, Ü. (2003). Hidrojen enerjisi: depolanması, güvenliği, çevresel etkisi ve dünyadaki durumu. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 44(525),17-22.

Tuğrul, B. (2006). *Türkiye'nin Nükleer Enerji Seçeneği: Kalkınma için nükleer enerjinin önemi* Semineri, TASAM, 26 Nisan, İstanbul.

Tutar, F. ve Eren, M. V. (2011). Geleceğin enerjisi: hidrojen ekonomisi ve Türkiye. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 3(6),8-15.

Uğurlu, Ö. (2006). *Türkiye'de çevresel güvenlik bağlamında sürdürülebilir enerji politikaları*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Ural, E. (2014). *Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları*, Ankara: Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını,

Ural, T. ve Karaca, G. (2016). Hidrojen ekonomisi. *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi*, 3(2),145-154.

Vural, E. (2010). *Sürdürülebilir kalkınma sürecinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve Türkiye'de uygulanabilirliği*.(Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Manisa.

Yılmaz, S. S. (2019). *Türkiye'de ve Dünya'da yenilenebilir enerji kaynakları* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).T. C. Maltepe Üniversitesi /Sosyal Bilim Enstitüsü,İstanbul.

Yılmaz, Ş.(2018). Türkiye'nin enerji görünümü 2018.*TMMOB Oda Raporu* MMO/691,Ankara: TMMOB, 310-330.

Yılmaz, Ö. (2016). *Enerji ekonomi politikasında yenilenebilir enerjinin değişim rolü ve Türkiye açısından önemi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.