

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
KALKINMA İKTİSADI VE İKTİSADİ BÜYÜME BİLİM DALI

**TÜRKİYE’DE HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL VE
EKONOMİK DEĞERLENDİRMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

SİMGE KENET

İSTANBUL, 2020

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
KALKINMA İKTİSADI VE İKTİSADİ BÜYÜME BİLİM DALI

**TÜRKİYE’DE HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL VE
EKONOMİK DEĞERLENDİRMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

SİMGE KENET
DANIŞMAN: PROF. DR. MÜFİT AKYÜZ

İSTANBUL, 2020

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENERJİ KAVRAMI, ARZ GÜVENLİĞİ VE ENERJİNİN VERİMLİLİĞİ

1.1. Enerji Kavramı.....	3
1.2. Enerjinin Kaynakları.....	4
1.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	5
1.2.1.1.Güneş Enerjisi	5
1.2.1.2.Rüzgar Enerjisi	6
1.2.1.3.Jeotermal Enerji.....	7
1.2.1.4.Hidrolik Enerji.....	8
1.2.1.5.Biyokütle Enerjisi.....	8
1.2.1.6.Dalga Enerjisi	9
1.2.1.7.Hidrojen Enerjisi	9
1.2.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları	10
1.2.2.1.Fosil Enerji Kaynakları	12
1.2.2.1.1. Kömür.....	12
1.2.2.1.2. Petrol	13
1.2.2.1.3. Doğal Gaz.....	15
1.2.2.2.Nükleer Enerji	16
1.3. Enerji Arz Güvenliği.....	18

1.3.1. Elde Edilebilir Olması	20
1.3.2. Ulaşılabilir Olması	21
1.3.3. Üretilebilir Olması.....	22
1.3.4. Sürdürülebilir Olması	22
1.4. Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler.....	24
1.4.1. Ekonomik Faktörler.....	25
1.4.2. Siyasi Faktörler	26
1.4.3. Coğrafi Faktörler	28
1.5. Enerji Verimliliği.....	29

İKİNCİ BÖLÜM

2. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Dünyada Yenilenebilir Enerjiye Genel Bakış.....	35
2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji.....	40
2.2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi	44
2.2.2. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi	47
2.2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	50
2.2.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi	53
2.2.5. Türkiye’de Dalga ve Hidrojen Enerjisi	57

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. TÜRKİYE’DE HİDROELEKTRİK SANTRAL (HES) PROJELERİNİN ÇEVRESEL VE EKONOMİK DEĞERLENDİRMESİ

3.1. Hidrolik Enerji Tanımı.....	60
3.2. Hidrolik Enerjinin Sınıflandırılması	62
3.2.1. Depolama Yapılarına Göre HES’ler.....	63
3.2.2. Düşülerine Göre HES’ler	64
3.2.3. Kurulu Güçlerine Göre HES’ler.....	65
3.3. HES İle Baraj Arasındaki Farklar	65
3.4. Türkiye’de Hidroelektrik Enerjinin Gelişimi	66
3.5. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Potansiyeli.....	68
3.6. Türkiye’de Faaliyette Olan Hidroelektrik Santral Projeleri	73
3.6.1. Atatürk Barajı ve HES.....	73
3.6.2. Karakaya Barajı ve HES	75

3.6.3. Keban Barajı ve HES	76
3.6.4. Altınkaya Barajı ve HES	77
3.6.5. Birecik Barajı ve HES	78
3.7. Hidroelektrik Santrallerin Çevreye Etkileri	80
3.7.1. Hidroelektrik Santrallerin Değerlendirilmesindeki Aşamalar.....	82
3.7.2. Çevresel Etkilerin Tahribatları	83
3.7.3. Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporları	91
3.7.4. ÇED Yönetmeliği	95
3.7.5. Çevresel Etkilerin Azaltılması İçin Alınması Gereken Önlemler	96
3.8. Hidroelektrik Santrallerin Ekonomideki Yeri.....	97
SONUÇ	106
KAYNAKÇA	109

ÖZET

Enerji ihtiyacı teknolojinin ve sanayinin gelişmesi ile birlikte sürekli olarak artmaktadır. Enerji ihtiyacının artması enerji ile ilgili bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Günümüze kadar ülkeler enerjiyi üretmek için fosil kaynaklar olan kömür, petrol ve doğal gazdan yararlanmaktaydı. Fosil enerji kaynakları doğada sınırlı miktarda bulunur ve kullanıldıklarında çevreyi olumsuz şekilde etkilerler. Çevre tahribatı ve doğada meydana gelen değişimler insanları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Bu alternatifler doğada sınırlı miktarda olmayan ve çevreye zarar vermeyen yenilebilir enerji kaynaklarıdır.

Fosil enerji kaynakları her ülkede eşit varlığa sahip olmadığı için kaynağı olmayan ülkelerde talebin karşılanması için ithal enerjiye başvurulmaktadır. Enerjinin ithalatı hem enerji arz sorununu ortaya çıkarmakta hem de ülkeleri dışa bağımlı hale getirmektedir. Her yıl tüzel ve bireysel olarak artan enerji talebi ithalat bağımlılığını arttırdığından cari dengede önemli etkiler yaratmaktadır. Ülkeler yeni yerli ve yenilebilir enerji kaynakları olan başta hidroelektrik, rüzgar, güneş, jeotermal enerji gibi kaynaklarını kullanmaya ve çeşitlendirmeye başlamışlardır. Yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı çevre tahribatı ve ülkelerin kendi kendilerine yetmesi açısından kritik öneme sahip duruma gelmiştir.

Bu çalışmada yenilenebilen ve yenilenemeyen enerji kaynakları açıklanmış ve etkileri ortaya konmuştur. Türkiye’de yenilebilir enerji kaynaklarının gelişimi hidroelektrik santraller bağlamında araştırılmıştır. Hidroelektrik santrallerin yapısı, potansiyeli, çevresel ve ekonomik etkileri detaylandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir Enerji Kaynakları, Yenilenemeyen Enerji Kaynakları, Çevre Etkileri, Ekonomik Etkiler

ABSTRACT

Energy need is constantly increasing with the development of technology and industry. The increase in energy need also brings with some problems related to energy. Nowadays, countries have been making use of fossil sources of coal, petrol and natural gas are profit energy. Fossil energy sources are very limited in nature and when they used they have a negative effect on the environment. Ecocide and changes in nature are direct people to alternative energy sources. Those alternatives are renewable energy that are not limited in nature and they are not harm the environment.

Since fossil energy sources are not equal assets in every country, imported energy is used to demand satisfaction in countries that they don't have resources. The import of energy both raises the problem of energy supply and makes countries dependent on exports. Increasing energy demand each year as a corporate and individual increases import dependence, thus creating significant effects on the current balance. Contrives have started to use diversify their new sources of domestic and renewable energy, primarily hydroelectric, wind, solar, geothermal energy. The use renewable energy sources have become critical to environment destruction and the self- sufficiency of countries.

In this study, renewable energy and non- renewable energy sources were explained and their effects. The development of renewable energy sources in Turkey has been investigated in the context of hydroelectric power plants. The structure of potential environmental and economic effects of hydroelectric power plants are detailed.

Key Words: Renewable Energy Sources, Non- Renewable Energy Sources, Environmental Actions, Economic Effects

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1:	Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	4
Şekil 1.2:	Nüfus, GSYİH Büyüme Oranı ve Birincil Enerji Talebi Projeksiyonları.....	11
Şekil 1.3:	Parçalanma (filyon) tepkimesi ve zincirleme tepkime	17
Şekil 1.4:	Winzer'in Risk Kategorizasyonu	20
Şekil 1.5:	Kaya Faktörleri	31
Şekil 2.1:	Dünya Enerji Tüketimi.....	37
Şekil 2.2:	2017 Yılı Küresel Birincil Enerji Tüketim Oranları	37
Şekil 2.3:	Yenilenebilir Enerji Kaynağı Alternatifi Seçimi İçin Hiyerarşik Yapı.....	40
Şekil 2.4:	Türkiye'nin Enerji Tüketimi	41
Şekil 2.5:	EIA 2018 Türkiye Anahtar Enerji İstatistikleri.....	42
Şekil 2.6:	Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA).....	46
Şekil 2.7:	Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası.....	48
Şekil 2.8:	Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Santralleri İçin Kümülatif Kurulum	50
Şekil 2.9:	Türkiye'de Nanotektoniği-Volkanik Etkinliği ve Jeotermal Alanlar	51
Şekil 2.10:	Türkiye'de Tarımsal Biyokütle Potansiyeli	54
Şekil 2.11:	Türkiye'de Orman Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli.....	55
Şekil 2.12:	Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar	56
Şekil 3.1:	Hidrolik Santral.....	61
Şekil 3.2:	Hidrolik Türbinlerde Türbin Gücü.....	62

Şekil 3.3:	Yeraltı Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral ve Su İletim Yapıları Tesis Şeması.....	63
Şekil 3.4:	Nehir Tipi Hidroelektrik Santral	64
Şekil 3.5:	Kurulu Gücün Birincil Kaynaklara Göre Gelişimi	70
Şekil 3.6:	TEİAŞ İnşa Halindeki HES Projelerinin Kurulu Gücü	72
Şekil 3.7:	HES Kaynaklı Elektrik Üretiminin Tüketimi Karşılama Oranı.....	72
Şekil 3.13:	Türkiye’de Hidroelektrik Santrali İle İlgili Paydaşlar	89
Şekil 3.14:	İlk ÇED Yönetmeliği’nin yayımlandığı 1993 yılından 2019 yılı sonuna kadar verilen ÇED Kararları	94
Şekil 3.15:	Yenilenebilir Kurulu Gücün Toplam İçindeki Payı.....	100
Şekil 3.16:	2020 Yılı Kaynak Bazında Kümülatif Elektrik Üretimi	103

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1:	Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Payları	44
Tablo 2.2:	Türkiye’deki Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri Sayısı.....	46
Tablo 3.1:	DSİ 2014	69
Tablo 3.2:	Enerji Dış Ticaret Gelişmeleri	99



RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1:	Atatürk Barajı ve HES	74
Resim 3.2:	Karakaya Barajı ve HES	75
Resim 3.3:	Keban Barajı ve HES	77
Resim 3.4:	Altınkaya Barajı ve HES	78
Resim 3.5:	Birecik Barajı ve HES	79
Resim 3.6:	Alakır Vadisi.....	86
Resim 3.7:	Rize Senoz Vadisi.....	88
Resim 3.8:	Hasankeyf Eski ve Yeni Hali.....	90



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliğı
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ARGE	: Araştırma ve Geliştirme
BP	: İngiliz Petrolü
C	: Karbon
C4-H10	: Etan
C4-H8	: Propan
CO	: Karbonmonoksit
CO2	: Karbondioksit
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DAP	: Doğu Anadolu Projesi
DSİ	: Devlet Su İşleri
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
GW	: Gigawatt
GZTF	: Durumun Güçlü (G) ve Zayıf (Z) Yönlerini ve Dış Çevreden Kaynaklanan Fırsat (F) ve Tehditleri (T) belirlemek
H	: Hidrojen
H2	: Hidrojen Gazı
HES	: Hidroelektrik Santral
kW	: Kilowatt

kWh	: Kilowatt Saat
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
m³	: Metreküp
MÖ	: Milattan Önce
MW	: Megawatt
MWt	: Megawatt Isı veya Isısal Megawatt
N	: Azot
NO_x	: Nitrik Oksit
OECD	: İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
RES	: Rüzgar Enerjisi Santrali
S	: Kükürt
SÇD	: Stratejik Çevresel Değerlendirme
SO_x	: Kükürt Oksitler
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	: Terawatt saat
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YY	: Yüzyıl

GİRİŞ

İnsanlık tarihinin ilk zamanlarından bu yana enerji her zaman temel gereksinimlerden biri olarak karşımıza çıkmıştır. İlk çağlarda insanlığın enerjiye olan talebi daha çok tarımsal faaliyetler ve ısı enerjisine yöneliktir. Ancak 1712 yılındaki buharlı makinenin icadı bu talebi tamamen dönüştürecek yeni bir sürecin başlangıcı olmuştur. Sanayi devrimi ve teknolojik devrim enerjiyi insan hayatının merkezine yerleştirmiştir. Günümüzde dokunduğumuz, kullandığımız, sürdürdüğümüz, bindiğimiz hemen hemen her alanda ve her zaman enerji ile temas halindeyiz. Bu durum enerji talebinin sürekli pozitif yönlü artışına neden olmuştur. Dünya nüfusunun artışı talep fazlasının etkisini de genişletmiştir.

Enerji kullanımı sanayi ve teknoloji ile paralel arttığı için kalkınmanın ve gelişmişliğin de bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ekonomik ve sosyal hayatı direkt etkilediğinden temel meselelerden biri durumuna gelmiştir. Geleneksel enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkeler bu yüzden daimi olarak enerji ithal etmektedir. Enerjinin bu etkileri enerjinin arz güvenliği ve verimliliği konularının da zamanla daha önemli hale gelmesine neden olmuştur.

Enerji tüketiminde yakın geçmişe kadar günümüzde de devam eder haliyle daha yoğun olarak fosil kaynaklardan yararlanılmaktadır. Fosil kaynaklar oluşumları itibariyle jeopolitik konuma bağlıdırlar ve tüketimleri zaruri hale gelmiştir. Kaynağa sahip olmayan ülkelerde enerji dış ticaretin en kritik kalemlerinden biri durumundadır. Ayrıca fosil kaynakların çevre tahribatı da çok fazladır. Çıkardıkları gazlar ciddi zararlar vermektedir. Rezervleri de tükenebilir olduğundan alternatiflere muhtaçtırlar.

Fosil yakıtların enerji bağımlılığını arttırması ülkeleri yeni enerji alanlarına yöneltmiştir; yenilenebilir enerji kaynakları. Doğada sürekli var olan ve tükenme riski bulunmayan, çevreye zararları az, bağımlılığı azaltan enerji kaynaklarıdır. Evrenin en temel enerji kaynağı olan Güneş bu enerjileri doğrudan veya dolaylı şekilde etkilemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, hidrolik, rüzgar, jeotermal, biyokütle, dalga ve hidrojen enerjisidir. Dünyada yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı sürekli olarak artmaktadır. Yapılan araştırmalar 2040 yılına kadar fosil yakıtların taleplerinin nispeten düşeceğini göstermiştir ve yenilebilir enerjinin payının %16 olması beklenmektedir. En hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynakları %9,8 ile yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Enerjinin en önemli iki kavramı enerjinin arz güvenliği ve enerji verimliliğidir. Arz güvenliği içerisinde birçok riski barındırmaktadır. Uluslararası ilişkilerde siyasi, politik, ticari, sosyal

riskleri geniştir ve etkileri yoğundur. Bundan dolayı ülkelerin mutlaka enerji arz ve talebi arasındaki dengeyi sağlaması gerekmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının kullanılması ve arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi enerji arzının güvenliğini arttırır. Arz güvenliğinin temel dört unsuru elde edilebilir olması, ulaşılabilir olması, üretilebilir olması ve sürdürülebilir olmasıdır. Enerji kavramının önemi tüketimde verimliliğin arttırılması konusunu da gündeme getirmiştir. Dünyadaki enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması çok önemlidir. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi, çevrenin korunması ve enerji arzının verimli kullanımı ülkelerin enerji piyasalarındaki konum ve şartlarını da değiştirecektir.

Türkiye enerji kaynakları bakımından zengin olan bir ülke değildir ve büyük oranda enerjide dışa bağımlı durumdadır. Son 15 yılda OECD ülkeleri arasında enerji talebi en çok artan ülkelerden biridir. Türkiye ekonomisi cari açığında önemli bir yer kaplamaktadır. Tüketilen enerjinin %70'den fazlası ithal enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Doğal gazın %98'i, petrolün %92'si, kömürün %50'si ithal edilmektedir.

Türkiye coğrafi yapısı ve jeopolitik konumu nedeniyle tüm yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilecek imkana sahiptir. Yenilebilir enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Türkiye dünyadaki en pahalı petrol ve doğal gazı kullanan ülkelerden biri olduğundan yenilebilir enerji kaynakları potansiyeli ayrıca önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji verimliliğinin sağlanması ekonomiye artı değer katmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının hidrolik enerjide dahil olmak üzere kurulu güç içerisindeki oranı %44,70'dir.

Türkiye'deki enerji üretiminin %30'u yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Bu oran içerisinde de %20 ile en yüksek paya sahip olan hidroelektrik enerji santralleridir. Yenilenebilir enerjiler içerisinde teknolojik gelişimi en yüksek enerji çeşididir. Ülkemizde de yenilebilir enerjilerde en fazla tercih edilen hidroelektrik enerjidir. HES kurulumları için coğrafi yapı belirleyici olduğundan Türkiye elverişli bir ülkedir. Arazi yapısı sebebiyle en yüksek potansiyele de Doğu Anadolu bölgesi sahiptir. Hidroelektrik santraller enerji sorununa çözüm getirse de inşaatı ve işletimi sürecindeki yarattığı çevresel etkiler her zaman tartışma konusu olmuştur.

1.BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI, ARZ GÜVENLİĞİ VE ENERJİNİN VERİMLİLİĞİ

1.ENERJİ KAVRAMI

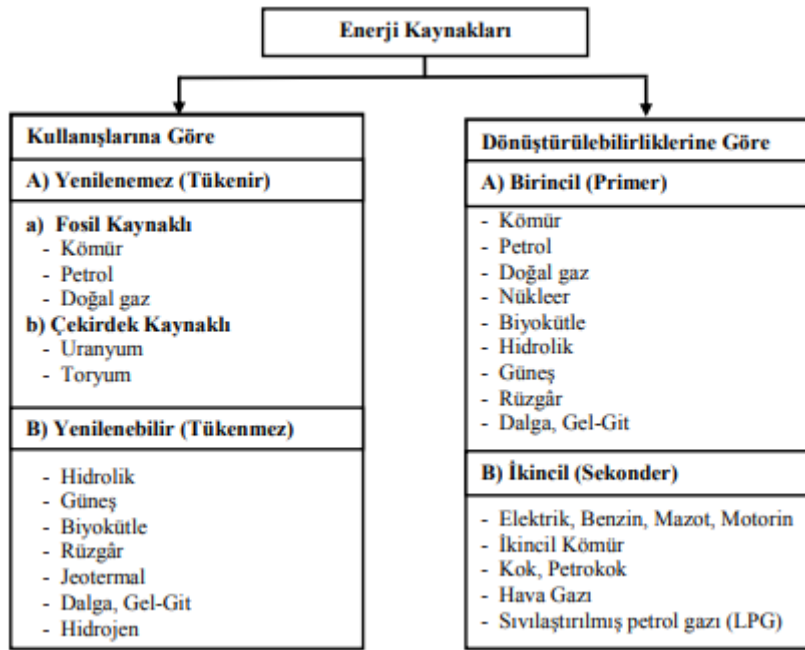
Dilimize Grekçe'den geçen "enerji (Energeia)" kelimesi bir cismin iş üretilme yeteneği olarak tanımlanabilir.¹ Yunanca en ve ergon kelimelerinin bir araya gelmesinden energeia kelimesi ortaya çıkmaktadır. Kelimedeki en iç, ergon ise iş anlamında kullanılmaktadır. Enerjinin anlamı iç iş olarak karşımıza çıkmaktadır. Günlük yaşantımızda hayatımızı kolaylaştıran makinelerin ve elektrikli aletlerin çalışması ve işlevlerini yerine getirebilmesi için enerji bir kaynaktır.²

Hayatımızın her evresinde kullandığımız enerji elektrik, rüzgar, termal, kimyasal, mekanik, hidrolik, güneş, jeotermal, nükleer gibi birçok değişik şekilde bulunup birbirine dönüştürülebilmektedir. Farklı yöntemlerle enerjiyi ortaya çıkaran kaynaklar enerji kaynaklarıdır. Yöntemlerine göre çeşitlere ayrılmaktadırlar. Dönüştürülebilmesine ve kullanışlarına göre bu kaynaklar iki ana grupta değerlendirilir. Kullanışlarına göre yenilenemez ve yenilebilir, dönüştürülebilmesine göre ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadırlar. Yenilenemez olan enerji kaynakları belli bir miktarda var olan ve kısa süre içerisinde tükenen enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar fosil ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere ayrılırlar. Yenilebilir enerji kaynakları ise doğada var olan ve kendini sürekli tekrar edebilecek olan kaynaklardır. Yenilebilir enerji kaynaklarının da kendi içerisinde yedi temel kolu bulunmaktadır.³

¹ Mutluer, Mustafa Gelişimi Yapısı ve Sorunlarıyla Türkiye'de Enerji Sektörü syf:184

² Adıyaman Çetin Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları, Niğde Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi 2012 syf:6

³ Koç Erdem, Şenel Mahmut Can, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makine cilt:54 sayı:639 syf:33



Şekil 1.1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması⁴

Güneş doğamızdaki en temel enerji kaynağıdır. Doğrudan güneş enerjisi alan bitkiler fotosentez yoluyla aldıkları enerjiyi kimyasal enerjiye çevirirler. Enerjinin birçok farklı kolu olduğu için değişik biçimlerde doğada bulunmaktadır ve birbirlerine dönüştürebilmektedir.⁵ Enerjinin Korunumu Kanuna göre enerji şekil değiştirebilir ancak yeniden yaratılamaz veya yok olmaz. Evrendeki enerji her zaman toplam varlığını korur. Yalnızca şekil ve yer değiştirmektedir. Enerjinin evrendeki tüm girdi ve çıktıları birbirine eşittir.⁶

1.2.ENERJİ KAYNAKLARI

Cisimlerin iş yapabilme kapasitesi enerji ile gösterilmektedir. Formu bir çeşit olmadığı için değişik şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Örneğin; kimyasal enerji, ışığın enerjisi, ısı enerjisi, kimyasal enerji, elektrik enerjisi ve nükleer enerji vb. Enerjinin birçok kolu olmasına rağmen temelde yenilebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji kullandıkça tükenmeyen bir kaynağa sahip sürdürülebilirliği olan bir enerjidir. Yenilenemeyen enerji kaynakları ise dünyada sınırlı olarak bulunan yakıtlardan elde edilir ve kullanıldığı sürece doğaya zararlı atık ve gazlar bırakmaktadır.

⁴ Koç E. ve Şenel M.C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme. Mühendis ve Makina, 54(639), 32-44.

⁵ Cemal Ertaş, Fizik 9 Ders Kitabı, Ankara, Paşa Yayıncılık, 2011:87

⁶ Hasan Ertürk, Çevre Bilimlerine Giriş, Bursa, Ceylan Matbaacılık, 1996: 15

1.2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilebilir enerjiyi diğer enerji kaynaklarından ayıran en önemli özelliği doğada her zaman kendini yenileyebilmesi ve hiçbir zaman yok olmamasıdır. Bununla birlikte yenilebilir olan enerjiler yeşil kaynaklar olduğu için karbon salınımlarının azaltılması, enerjinin ithalatına gerek kalmaması ve enerji için dışa bağımlılığı ortadan kaldırmasıyla son derece önemlidir. Başlıca yenilebilir enerji kaynakları biokütle, güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik, dalga ve hidrojen olarak gruplandırılmaktadır. Doğanın temel enerji kaynağı güneş bu enerjilerin de ana belirleyicisi olup bu enerjilere doğrudan veya dolaylı etkisi bulunmaktadır. Fosil yakıtlar olan doğalgaz, kömür ve petrol de güneşin farklı birer versiyonlarıdır. Bu anlamda güneşi en önemli enerji kaynağı olarak ifade edebiliriz.⁷

Dünyadaki nüfusun hızla artması ve gelişen sanayi ile birlikte kısıtlı kaynaklardan elde enerji tüketim için yetersiz kalmaktadır. Bu durum enerji üretimi ve tüketim arasındaki makasın açılmasına sebep olmaktadır. Özellikle yeraltı kaynakları bakımından yetersiz ülkelerde yenilenemeyen enerji ithalatı ciddi bir cari açığı doğurmaktadır. Enerji bağımlılığı ülkeler arasındaki siyasi ilişkilerde de etkindir. Bu da ülke elverişliliğine göre yenilebilir enerjiyi hayati bir noktaya taşımaktadır.

1.2.1.1. Güneş Enerjisi

“Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m² değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır.” Özellikle 1970 ve sonrası güneş enerjisinden yararlanılması için yeni teknolojik sistemler geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemler teknolojik ilerlemeler sağlayıp maliyeti düşürdüğünden güneş enerjisi doğa dostu ve temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilmiştir. Güneş ile dünyamız arasında 150 milyon km mesafe bulunmaktadır. Güneşten dünyaya gelen enerji aslında kullandığımızın tam 20 bin katıdır. Güneş ışınlamalarının hepsi yer yüzeyine ulaşmamaktadır. %30 kadar enerji atmosfer tarafından tekrar geriye yansıtılmaktadır. Bu ışınlamaların yalnızca %50’si kadarı atmosferden dünyaya ulaşır. Gelen bu enerji ile Dünya’nın sıcaklığı yükselir ve yükselen sıcaklık ile yaşam şartları oluşur. Okyanuslardaki dalgalanmalara veya rüzgar hareketlerine bu ısınma neden olmaktadır. Kalan %20’lik kısım bulut ve atmosferde tutulur. Dünyaya ulaşan bu ışınlamalarından

⁷ Kavaz İsmail, Karagöl Tanas Enes, Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, SETA, syf:8, 2017

%1'inden daha azı ise bitkiler tarafından fotosentez için kullanılır. Bitkiler, güneş ışığıyla birlikte su ve karbondioksit kullanır ve bunun sonucunda oksijen ile şeker üretirler. Bitkisel yaşamın kaynağı fotosentezdir. Nükleer enerji dışında güneş bütün enerji kaynaklarının direkt veya dolaylı kaynağıdır.⁸

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

Fotovoltaik Güneş Teknolojisi: Fotovoltaik hücreler denen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Evrendeki en temel enerji kaynağı olan Güneş'in avantajları ve dezavantajları da bulunmaktadır. Güneş enerjisi yenilebilir, temiz ve çevreye hiçbir zararı olmayan bir enerjidir. Birçok kullanım alanı vardır. Elektrik üretiminde kullanılır ve sınırsızdır. Bunun yanında yalnızca gündüz vardır geceleri fayda sağlayamaz. Dünya'nın farklı bölgelerine farklı sürelerde düşer, yatırım maliyetleri yüksektir ve depolanması zordur.

Güneş enerjisi kullanımı yeni olmayıp eski dönemlere dayanmaktadır. Başlıca kullanım alanları; endüstriyel ve bireysel elektrik üretimi, kol saatleri, hesap makineleri, trafik lambaları, sokak lambaları, işaret lambaları, sıcak su üretimi, güneş enerjili araçlar, güneş enerjili tekneler, uydular, tarım sektörü

1.2.1.2. Rüzgar Enerjisi

Güneş kaynaklı radyasyonların yer yüzeyini farklı ısıtmasından dolayı rüzgarlar oluşmaktadır. Yer yüzeyinin farklı derecede ısınması havanın sıcaklık, nem ve basıncının farklı olmasına neden olur. Bu basınç farkı da havanın hareketlenmesine yol açmaktadır. Güneş enerjisinin dünyaya ulaşan sadece %2'lik kısmı rüzgar enerjisine çevrilmektedir. Coğrafi farklılıklar, yeryüzünün farklı ısınması rüzgarın da zaman ve yöresel olarak farklılaşmasına sebep olur. Rüzgar hız ve yön olarak iki belirleyici ile ifade edilmektedir. Yükseklikte rüzgarın hızı artmaktadır. Rüzgarın gücü hızının küpü ile orantılı olarak değişmektedir.⁹

Rüzgar enerjisinin avantajları doğada bol miktarda bulunması, çevre dostu olması, temiz ve güvenilir olması, yakıt masraflarının ve hammadde ihtiyacının olmaması, kurulum süresinin

⁸ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx erişim tarihi:26/11/2018

⁹ <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> erişim tarihi:26/11/2019

kısa olması, fiyatının artma riskinin olmaması, türbinlerin uzun süre kullanılabilmesi. Dezavantajları ise gürültülü çalışması, ilk maliyetinin yüksek olması, bulunduğu alanda radyo ve televizyon alıcılarında parazitlenmeye sebep olması ve kuşların türbinlerde ölmesi sonucu habitata zarar vermesi şeklinde sıralanabilir.

Hareket halindeki havanın rüzgar türbinleri yardımıyla rüzgar santrallerinde kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbinler elektrik üretimine ancak belli bir rüzgar hızı ve şiddetinde başlayabilirler. Rüzgar türbini yalnızca cut-in ve cut-out hızları arasında enerji üretebilir. Günümüz rüzgar türbinlerinde cut-in hızları 2-4 m/s, nominal hızları 10-15 m/s ve cut out hızları ise 25-35 m/s arasındadır. Her türbin için belirlenmiş bir hızda elde edilen en büyük değere ulaşır. Oluşan bu güce nominal güç ve hızına da nominal hız denilmektedir.¹⁰

Rüzgar enerjisi elektrik üretilbildiği için elektriğin olduğu çoğu ortamda kullanım alanı yaratabilirken ayrıca eski dönemlerden süregelen deniz taşımacılığında da önemli bir yer kaplamaktadır. Genellikle tarımda su pompaları ve tahıl öğütme sistemlerinde, sanayide elektrik üretiminde, su şebekelerinde, evlerde, park ve cadde aydınlatmalarında kullanılmaktadır.

1.2.1.3 Jeotermal Enerji

Yer kürenin doğal ısıyla yerin derinliklerinde birikmiş olan basınç altındaki sıcak akışkan ve sıcak kuru kayaların sahip olduğu enerji jeotermal enerji olarak tanımlanır.¹¹ Jeotermal yer kürenin iç ısıdır ve yer kürenin sıcak bölgesinden yeryüzüne doğru çıkmaktadır. Yeryüzüne çıkan sıcak sular buhar türbinleri ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Jeotermal enerji yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Kaplıcalar, ısıtma, üretimlerde proses ısı, seracılık, soğutma sistemleri, kültür balıkçılığı, elektrik üretimi bunlardandır.

Jeotermal enerji maliyet bakımından yalnızca hidrolik enerjiden daha yüksek durumdadır. Çevre dostu, temiz, neredeyse hiç emisyon üretmeyen, dış etkenler ve doğa durumlarından etkilenmeyen, ucuz, siyasi şartlardan bağımsız, tarım-endüstri ve konutlardan ısıtmaya yarayan kesintisiz bir kaynaktır. Jeotermal enerji yalnızca bulunduğu alanda kullanılabilir ve nakli sınırlı olmaktadır. Bulunduğu bölgeler su kirlenmesine neden olabilir, kalp ve akciğer

¹⁰ <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> erişim tarihi:26/11/2019

¹¹ Koç Ender, Kaya Kadir, Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makina, cilt 50, sayı:008, syf:41

hastalıklarına yol açabilir, havaya saldığı gazlardan dolayı asit yağmurlarına sebep olabilir metan gazı salınımından dolayı küresel ısınmaya katkıda bulunur.

1.2.1.4 Hidrolik Enerji

Suyun coğrafi koşullara göre akış ve düşüş hızı sonucunda elde edilen enerjiye hidrolik enerji denir. Hidrolik enerjide su enerjisi elektrik enerjisine dönüştürölür. Maliyeti ve ürettiği enerji bakımından diğer yenilebilir enerji kaynaklarından daha avantajlı olarak hidrolik enerji dünyada en fazla kullanılan yenilebilir bir enerji kaynağıdır.¹²

Hidrolik enerjinin en yaygın şekilleri nehirler üzerinde barajlar inşa ederek toplanan suyun potansiyel enerjisini dönüştürerek elektrik üretilmesidir. Bu elektriği üretmek için hidroelektrik santrallerden yararlanılmaktadır.¹³

1.2.1.5 Biyokütle Enerjisi

Tarımsal kökenli ürünler doğada yaygın şekilde mevcut olup kimyasal, biyolojik ve fiziksel yöntemler ile üretilen, belli özellikleri standardize olmuş, ticari özelliğe sahip katı, sıvı ve gaz halde bulunan bitkisel birer enerji kaynağıdır. Organik maddelerin fosil olmayan biyolojik kökenlilerine biyokütle denilmektedir. Biyokütlenin bir enerji kaynağı olarak ana bileşenleri bitkisel ve hayvansal kökenli tüm doğal maddelerdir. Bu kaynaklardan elde edilen enerji de biyokütle enerjisidir.¹⁴ Doğanın kendi standart işleyişinde var olan bir enerji kaynağı olduğundan temiz, güvenilir ve de tükenmezdir. Biyokütle enerjisi için gübreler, yosunlar, bitkiler, tüm organik çöpler, kök, gövde, yaprak, keten, kenevir, patates, buğday, mısır, ayçiçek, pamuk, odun vb. kaynaklardan yararlanılmaktadır.

Biyokütle enerjisi iki kısımda incelenir. İlki klasik yöntemler odun ile bitki ve hayvan atıklarının yakılmasından ortaya çıkar diğer ise modern tarım faaliyetlerine dayalıdır. Ortaya çıkan enerji ısınma, elektrik, ve taşıtlar için yakıt olarak kullanılabilir.

Biyokütle enerji karbon salınımı azaltır ve asit yağmurlarına neden olmaz. Ayrıca kaynağının organik olması, yaygın kullanılması, atık madde miktarını azaltması, yerli üretimi arttırması, depolanabilir olması, çevre kirliliğine sebebiyet vermemesi, her ortamda yetiştirilebilmesi, sera

¹² Karagöl Tanas Erdal, Kavaz İsmail, Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, Nisan 2017, sayı:197, Seta Dergisi, syf:13

¹³ Koç Ender, Kaya Kadir, Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makina, cilt 50, sayı:008, syf:37

¹⁴ Kapluhan Erol, Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Durumu, Marmara Coğrafya Dergisi, sayı:30, Temmuz 2014, syf:98

etkisi yaratmaması avantajlarından. Bunun yanında fosil yakıtlara göre daha verimsiz olması, tamamen temiz olmaması, odun tahribatına yol açması, su tüketiminin fazla olması ve elde edilmesi için uzun süre geçmesi dezavantajlarından.

1.2.1.6 Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi yeryüzündeki su kütlelerinin hareketi sonucunda dalgalanmalarından oluşan bir enerji türüdür. Dalga enerjisi türbinlerin inşa edilmesi ile elde edilir. Türbinler de dalgaların basınçlarından ve dalga hareketlerinden enerji üretirler. Dalga enerjisi hidrolik enerjiden farklı olarak bir nehir olmasını gerektirmez okyanus ve denizlerin akıntılarından yararlanır. Rüzgarın su kütlelerinin üzerinde veya altında oluşturduğu salınım hareketlerinden oluşur.

Dünyanın %75'inin sular ile kaplı olması ve rüzgarın daimi varlığı dalga enerjisini yenilenebilir, temiz ve sınırsız bir enerji kaynağı haline getirmektedir. Dalga enerjisini kullanabilmek için çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Bu enerji dönüştürme teknolojileri temelde üç tanedir; kıyı şeridi uygulamaları, kıyıya yakın uygulamalar, kıyıdan uzak uygulamalar. Üretim sistemlerin kurulduğu alan dalganın gücünden ve dalga yüksekliğinden istenilen enerjinin elde edilebilmesine göre belirlenmektedir. Bunun yanında kıyı şeridi uygulamaları kendi içerisinde üçe (salınlı su kolonu, daralan kanal sistemi, pedula), kıyıya yakın uygulamalar ikiye (osprey, wosp) ve kıyıdan uzak uygulamalar da yine üçe ayrılır (McCabe dalga pompası, OPT dalga enerji dönüştürücüsü, pelamis).

Dalga enerjisi sulardaki canlı çeşitliliğini artırır, bakım ve çalıştırma maliyetleri düşüktür, kirli bir atık üretmez, denizde olmasından dolayı tarım arazilerine zararı bulunmaz, ekstra bir üretim girdisi olmadığından elverişli ülkelerde enerji bağımlılığını azaltır, fosil yakıt kullanımını azaltır, okyanuslarda yapılan bilimsel çalışmalarda elektrik enerjisi üreterek araştırmaları kolaylaştırır. Dezavantajları ise; dalgalardan fazla verim alabilmek adına dalgaların güçlü ve yüksek olması gerekir ki bu her denizde bulunması zor bir özelliktir, mevsimsel şartlardan etkilenebilir, deniz üzerine kurulduğundan deniz ulaşımında sorun yaratabilir, dalga büyüklüğündeki değişiklik ekipmanlara zarar verebilir, türbinlerden çıkan ses çevreye rahatsızlık verebilir, nakil yapılması halinde nakil maliyetleri yüksektir.

1.2.1.7 Hidrojen Enerjisi

“Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş

olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen (H₂) gazı tipik olarak yaklaşık -253°C'de (-423°F veya 20 K) sıvılaştırılarak depolanmaktadır. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısı değeri 140.9 MJ/kg, alt ısı değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur.”¹⁵

Bir proton ve bir elektrondan oluşan hidrojen dünyada en çok bulunan üçüncü elementtir. En fazla su ve hidrokarbonlarda bulunmaktadır. Evrenin %75'i kütlece hidrojendir. Hidrojen dünyadaki en hafif elementlerden biridir. Bu yüzden yer çekimine daha az duyarlıdır ve bir kısmı uzaya gitmektedir. Ayrıca Güneş ve yıldızlardan gelen ısının yakıtı da hidrojendir.

Hidrojen enerjisi ısı ve patlama yoluyla ortaya çıkmaktadır. Ancak yakıldığında su buharı dışında çevreye zarar verebilecek hiçbir zehirli kimyasal ortaya çıkmaz. Bu yüzden temiz, kolay, verimli yenilebilir olarak evrenin temel enerji kaynağıdır.

1.2.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Dünyada sınırlı miktarda bulunan ve sürdürülebilirliği olmayan enerji kaynaklarına yenilenemez enerji kaynakları denir. Yenilenemez enerji kaynakları temelde iki ana gruba ayrılır. Bunlar fosil yakıtlar ve nükleer enerjidir. Oluşumları uzun yıllar almasına karşın kısa sürede tüketilebilme özelliğine sahiptirler. Fosil kökenli enerjiler kömür, petrol, doğalgaz çekirdek kökenli enerjiler ise uranyum ve toryumdur ki bunlar nükleer enerjinin hammaddeleridir. Kükürt, karbon ve azot birleşimlerinden oluşmaktadırlar. Bu maddeler yakıldığında da CO, CO₂, NO_x, SO_x gazları ortaya çıkmaktadır ve bu gazlar çevreye ciddi zararlar vermektedir. Dünyada gelişen teknoloji, artan nüfus ve sanayi sektörü yenilenemez enerji kaynaklarının yetersiz kalmasına neden olmuştur. Yenilenemez enerji kaynakları sadece belli bölgelerde bulunur bundan dolayı enerji bağımlılığını arttırmaktadırlar. Özellikle yeraltı kaynakları bakımından yetersiz ülkelerde ciddi bir cari açık oluşturmaktadır. Bunun yanında yenilenemez enerji kaynaklarının depolanması kolaydır, doğal şartlardan etkilenmezler, geleneksel olduğu için tedarik edilmesi kolaydır, uzak mesafelere taşınabilirler.

İnsanlık değiştikçe ve teknoloji geliştikçe her dönem kullanılan ve önem kazanan enerji kaynakları da farklılık göstermiştir. Buharlı makineler ile birlikte kömürün rakipsiz olduğu

¹⁵ http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx erişim tarihi:29/11/2018

dönemden petrolün egemen olduğu döneme zamana gelinmiştir. Hatta petrol için ülkeler arası savaşlar, krizler, ambargolar ortaya çıkmıştır. Ancak 1973 ve 1974 yılları arasında yaşanan enerji arz problemi nükleer enerjiyi ortaya çıkartmıştır. Çevre sorunlarının başlaması doğalgazın önem kazanmasına sebep olmuştur. Şuan hala enerji üretim ve sanayinin hammaddesi olan fosil yakıtlar belli bir dönem daha hakimiyetlerini devam ettireceklerdir. Alternatif olan enerji kaynaklarının gelişiminin bulunduğumuz dönem için yetersiz kalması fosil enerji kaynaklarının vazgeçilmez olmasını en önemli nedenlerindendir.¹⁶



Şekil 1.2: Nüfus, GSYİH Büyüme Oranı ve Birincil Enerji Talebi Projeksiyonları¹⁷

Öngörülere göre, 2040 yılına kadarki süreçte fosil yakıtlarının payları toplam enerji üretiminde azalsa da hakim kaynaklar olmaya devam edeceklerdir. Birincil enerji payı içerisinde nükleer enerjinin payının artacağı ve yenilebilir enerji kaynaklarının da paylarının %16,1 seviyesine yükseleceği beklenmektedir. Günümüzdeki politika ve senaryolara göre dünya elektrik talebinin 2040 yılına kadar ortalamada %2,3 olmak üzere %80 oranında yükseleceği beklenmektedir. Doğal ve temiz enerji kaynakları olan yenilebilir enerji kaynakları %9,8 oranı ile en hızlı büyüme oranına sahip kaynaklardır. Nükleer enerji %2,3 yıllık ortalama, hidroelektrik %1,8 yıllık ortalama oranına sahip olacaklardır. Bu kaynakların büyüme oranları birincil enerji kaynaklarının toplam büyümesinden daha fazladır. Yine fosil yakıtlarda en büyük

¹⁶ Pamir Necdet, Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler, syf:58

¹⁷ Dünya ve Türkiye’de Enerji Görünümü, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Müdürlüğü, Strateji ve Geliştirme Başkanlığı, Sayı:15

büyüme oranına sahip kaynak %1,5 ile doğalgazdır. Fosil kaynaklarda %0,4 ve %0,2 büyüme oranları ile doğalgazı petrol ve kömür takip etmektedir.¹⁸

1.2.2.1. Fosil Enerji Kaynakları

Bitkisel kökenli doğal kaynaklar dönüşümler geçirerek petrol, doğalgaz, ve kömür ile birlikte fosil yakıtları meydana getirmişlerdir. Bu kaynakların kullanıldıktan sonra tekrar meydana gelme imkanları bulunmamaktadır. Dünyada en fazla kullanılan enerji çeşidi fosil yakıtlardır. Fosil yakıtlardan kömür dünyada düzenli bir şekilde bulunurken sıvı ve gaz halde olan petrol ve doğalgaz belli bölgelerde yoğunlaşmıştır.¹⁹

Fosil yakıtların rezervleri dünyada her geçen gün hızla azalmaktadır. Enerji bakanlığı verilerine göre dünyada yalnızca 114 yıllık kömür, 53 yıllık doğal gaz ve 51 yıllık petrol rezervi mevcuttur.

1.2.2.1.1. Kömür

Kömür karbon(C), oksijen(O), hidrojen(H), azot(N) ve kükürt(S) kimyasal bileşimden oluşmaktadır ve keşfi milattan 1000 yıl kadar öncesine dayanmaktadır. Kömürler bataklık olan yerlerde bitkilerin çürümesi, çökmesi ve parçalanması sonucu fiziksel ve kimyasal dönüşüme uğraması sonucunda meydana gelirler. Kömür dünyada en çok bulunan fosil yakıttır. Yanabilen organik bir kayadır. Kömür sanayi devrimini tetikleyen bir enerji olmuştur.

19. yüzyılda sanayi devrimini körükleyen kömür 20. Yüzyılda da elektrik çağının başlamasına neden olmuştur. 1960'lara kadar dünyayı birincil enerji kaynağı kömürdü. 60'ların sonuna gelindiğinde yerini petrole bırakmasına rağmen elektrik üretimindeki öneminin anlaşılmasıyla dünya enerji görünümündeki konumunu korumuştur.²⁰

Kömür buhar üretiminde, demir çelik sektöründe, elektrik üretiminde, çimento imalatında, çeşitli sanayi dallarında üretimde ve ısınma amacıyla kullanılır. Elektrik üretiminin dünyadaki %40'lık payı kömürden gelmektedir. Hala birçok ülke elektrik üretiminin çoğunu kömürden elde etmektedir. Polonya %95, Güney Afrika %93, Avustralya %83, Danimarka %77, Çin %75,

¹⁸ Dünya ve Türkiye'de Enerji Görünümü, T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Müdürlüğü, Strateji ve Geliştirme Başkanlığı, Sayı:15

¹⁹ Okur Aydın, Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Ekonomik Büyümeye Katkısı, Yüksek Lisans Tezi, Amasya Üniversitesi, Temmuz 2018, syf:5

²⁰ 2017 yılı Taş Kömürü Sektör Raporu, Mayıs 2018, syf:3

Yunanistan %69, ABD ve Almanya %53 oranında kömürden yararlanmaktadır. Ülkemizde bu oran %32'dir.²¹ Kömür ucuz ve kolay ulaşılabilir bir enerji kaynağıdır.

Dünya Enerji Konseyi'nin araştırmalarına göre dünyada toplam 892 milyar ton işletilebilir kömür rezervi bulunmaktadır. Bu rezerv içerisinde 403 milyar ton antrasit bitümlü kömür, 201 milyar ton linyit kömür ve 287 milyar ton alt bitümlü kömür bulunmaktadır.²²

Kömürün en önemli sorunu kullanılırken doğa ve çevre kirliliğine neden olmasıdır. Maden çıkarılırken kullanılan kimyasal maddeler kullanıma hazırlanırken yıkama işlemleri ile suya ve toprağa karışmaktadır. Bu süreçler sonucunda tarım alanları ve sular kirlenmektedir.²³ Doğaya en fazla zararı veren termik santral kömür santralleridir. Santrallerden çevreye önemli derecede kükürt dioksit, karbon monoksit, azot oksitler, ağır metaller ve radyoaktif maddeler yayılmaktadır.²⁴

1.2.2.1.2. Petrol

Petrol karbon ve hidrojen ile birlikte içinde az miktarda kükürt, oksijen ve nitrojen bulunduran bir bileşimdir. Latince petro (taş) ve oleum (yağ) kelimelerinden oluşan petrol kelimesi taşıyağı anlamına gelmektedir. Rafine edilmemiş sıvı haldeki petrole ham petrol, gaz halindeki petrole doğalgaz, yarı katı ve katı halde bulunan ve ağır hidrokarbon ve katrandan oluşan petrole ise özelliklerine ve yöresel kullanımlarına bağlı olarak asfalt, zift, katran ve benzeri isimler verilir. Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için hidrokarbon olarak da isimlendirilir. Tüm doğal hidrokarbonlar, organiklerin bozulmasından türemiştir. Milyonlarca yıl öncesinde akarsu ve rüzgarlar o zamanın havzalarına kum, çakıl, çamur ve çeşitli iyonlar taşımış, taşınan malzemeler su diplerinde tabakalar halinde gittikçe kalınlaşan çökelleri oluşturmuştur. Bu ortamlarda yaşayan ve ölen canlıların kalıntıları da çökelen bu malzemeye karışmıştır. Altta kalan tabakalar, üzerlerine çökelen yeni tabakaların sebep olduğu basınç altında sertleşerek sedimanter kayalar haline dönüşmüştür.²⁵

Günümüz ekonomileri açısından en önemli enerji girdisi petroldür. Dünya toplam enerji tüketimi içerisindeki yeri bunun en önemli sebebidir. Petrolün talebinin fazla olması yoğun şekilde kullanılması sonucunu doğurmaktadır. Günümüzde kullandığımız çoğu şeyde petrol

²¹ <http://www.tki.gov.tr/bilgi/komur/enerji-ve-komur/232> erişim tarihi:02/01/2019

²² <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> erişim tarihi:02/01/2019

²³ Doğan, M. (2011). "Enerji Kullanımının Coğrafi Çevre Üzerindeki Etkileri". Marmara Coğrafya Dergisi, Ocak 2011, 23: 36-52.

²⁴ Şahin, Ü., Aşıcı, A. A., Acar, S. Gedikkaya Bal, P., Karababa, O. ve Kurnaz, L. (2015). "İklim Değişikliği, Ekonomi ve Sağlık Açısından Türkiye'nin Kömür Politikaları". Kömür raporu, Kasım 2015

²⁵ <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/> erişim tarihi:03/01/2019

bulunmaktadır. Elektrik üretiminden taşımacılığa kadar petrolün kullanım alanları geniş bir yelpazededir.²⁶

Ham olarak petrolün kullanım alanları sınırlıdır. Ancak petrolün işlenmesiyle elde edilen ürünler hem değerlidir hem de kullanım alanları fazladır. Ham petrolün işlenmesiyle elde edilen ürünler: benzin, LPG, fuel oil, motorin, lipit, asfalt ve jet yakıtıdır. Petrol rafineride işlenmektedir. Petrol ölçü birimi varildir.

Petrol dünyadaki en önemli fosil enerji kaynağıdır. Birçok teknolojik aracın ve alanın çalıştırıcısı konumundadır. Petrol kaynaklarına sahip ülkeler de bu bağlamda stratejik bir öneme sahiptir. Dünyada petrol ihraç eden ve petrol rezervlerinin 2/3'sinin elinde bulunduran ülkeler OPEC konfederasyonunu kurmuşlardır. Kurucu üyeler dünyada en çok petrol rezervlerinin olduğu İran, Irak, Kuveyt, Suudi Arabistan ve Venezuela'dır. OPEC'in kuruluş yıllarında piyasaya "Yedi Kız Kardeşler" olarak adlandırılan Standart Oil of New Jersey, Shell, Anglo-Persian Company (Apoc), Standart Oil Company of New York, Standart Oil of California, Gulf Oil ve Texaco hakimdi. Tüm fiyatlar bu şirketin taleplerine ve isteklerine göre belirleniyordu. OPEC üyesi ülkelerin amacı da bu fiyat diktesine karşı kendilerini korumak ve fiyatlar üzerinde söz sahibi olmaktı. Bu amaçla kurulan OPEC'e üye ülkelerin sayısı kısa sürede artmıştır. Kurucu ülkelere ek olarak OPEC üyesi olan ülkeler; Katar, Libya, Endonezya, Birleşik Arap Emirlikleri, Cezayir, Nijerya, Gabon, Ekvator, Ekvator Gine'si ve Angola'dır. Ancak OPEC zamanla etkisini kaybetmeye başlamıştır. Üye ülkeler bu stratejik enerji kaynağından dolayı artı ve eksi yönlü siyasal, ekonomik ve askeri sonuçlara da maruz kalmışlardır.

Dünya ispatlanan petrol rezervlerine göre 2017 yılında toplam 1.696,6 milyar varil tespit edilmiştir. Bu petrol rezervinin dünyadaki dağılımına baktığımızda ise; %13,3 Kuzey Amerika (226,1 milyar varil), %19,5 Güney ve Orta Amerika ülkelerinde (330,1 milyar varil), %47,6 Orta Doğu ülkelerinde (807,7 milyar varil) bulunmaktadır. Dünya petrol üretimi 2017 yılı için 97,4 milyon varil/gündür. En stratejik öneme sahip enerji kaynağı olan petrol dünya enerji ihtiyacının 2017 yılında %33,7'lik kısmını karşılamıştır. Dünyadaki petrol ve doğalgaz rezervlerine baktığımızda %70'lik kısmı Türkiye'nin yakın coğrafyasındadır. Ülkemiz jeopolitik konumu enerji açısından son derece kritiktir. Doğal gaz ve petrol rezervlerinin 3/4'üne sahip ülkelerle komşudur.²⁷

²⁶ Gökçe Cem, Önemli Bir Enerji Girdisi Olan Petrolün Ekonomik Kalkınma Sürecindeki Rolü, Syf:144

²⁷ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> erişim tarihi:07/01/2019

1.2.2.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz fosil kaynaklı olup yer kabuğu içerisindeki yanıcı bir gaz karışımıdır ve bir petrol türevidir. Doğal gazın %70-90 oranı Metan gazı (CH_4) olarak adlandırılan bir hidrokarbon bileşiğinden kalan kısmı ise etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlardan oluşmaktadır.

Doğal gaz ham petrolün içerisinde üzerinde ayrılmış ya da karışık olarak bulunmaktadır. Doğal gazın çıkarılması kolaydır. Ancak tüketim alanlarına iletilmesi bir o kadar yüksek maliyet oluşturmaktadır. Tüketim için yerleşim bölgelerine basınca dayanıklı çelik tüplerle veya çelik doğal gaz boruları ile sıvı biçimde gönderilmektedir.²⁸

Dünya doğal gaz rezervi 2017 yılı sonu itibarıyla 186,6 trilyon m^3 'dür. Bu rezervin %42,8'i Orta Doğu bölgesinde bulunmaktadır. İran ve Katar bu bölgede önemli rezervlere sahip ülkeler olarak öne çıkmaktadır. Avrupa ve Avrasya bölgesi rezerv açısından %30,4 ile ikinci sırada yer almaktadır. Kuzey Amerika Bölgesi dünya üretiminin %28,1'ini karşılarken bu oran Avrupa ve Avrasya'da 27,8 Orta Doğu'da ise %17,4'dür.

Dünyanın en fazla doğalgaz rezervi İran ve takiben Rusya'da iken en büyük üretici ABD ve Rusya'dır. Küresel enerji piyasalarında doğalgaz ihracatı 2017 yılında bir önceki yıla göre %4.8 oranında artmıştır.

Doğalgaz sıvılaştırılarak gaz basınçlı tanklarda da taşınabilmektedir. İlgili yöntemle LNG denilmektedir. Taşıma sırasında düşük sıcaklık ve çok yüksek bir basınç olması gerekmektedir. Bu durum LNG'yi boru hattı yöntemine göre verimsiz kılmaktadır. Dünyanın en büyük doğalgaz ticareti yapan ülkesi Rusya 190 milyar m^3 boru hattıyla taşıma yaparken 14 milyar m^3 LNG yöntemiyle taşınmaktadır. En fazla LNG tipi taşıma Katar tarafından yapılmaktadır.

Doğalgaz renksiz, kokusuz, zehirsizdir ve havadan hafiftir. Kalıcı bir atık bırakmamaktadır ve maliyeti düşüktür. Diğer yakıt sistemlerinden daha güvenlidir. Özellikle evlerde ve endüstriyel kullanımda sıkça doğalgazdan yararlanılmaktadır. Çevreye en az zarar veren fosil yakıttır. Ancak doğalgazın da yenilenemeyen tüm enerji kaynaklarında olduğu gibi belli bir miktarda rezervi vardır. Hava ile karışması halinde havadaki oksijeni azalttığından boğulmaya neden olabilir. Yapısındaki bileşiklerden dolayı diğer fosil yakıtlara göre az da olsa havayı kirletir,

²⁸ Dinçer, M. Z. ve Aslan, Ö. (2008). "Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi". İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2009-51, İstanbul

yanlış uygulamalarda patlamalar yapabilir ve rezervi olmayan ülkelerde ciddi bir cari açık ve dışa bağımlılık sebebidir.

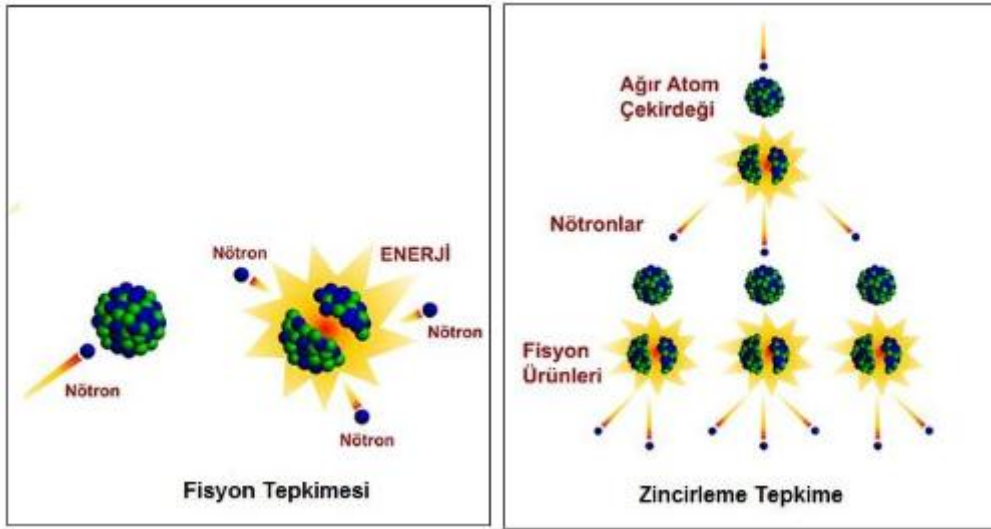
1.2.2. Nükleer Enerji

Atom keşfedilmiş evrende bir maddenin tüm kimyasal özelliklerini gösteren en küçük parçadır. Nükleer enerji de atomların bölünmesiyle ortaya çıkan bir enerji türüdür ve iki şekilde elde edilir. Bunlardan biri füzyon diğeri ise fisyonur. Günümüzde bu ikisinden sadece fisyon reaksiyonundan elektrik üretimi için yararlanılmaktadır.

Nükleer Fisyon;

“Doğada bulunan veya yapay olarak üretilen uranyum ve plütonyum gibi bazı ağır elementler kararsızdırlar. Böyle bir elementin çekirdeğine bir nötron çarptığında çekirdek iki parçaya bölünür (fisyon veya split). Bu esnada iki veya üç nötron ve bir miktar enerji açığa çıkar. Fisyon sonucu ortaya çıkan ve birçok kombinasyonu mümkün olan bu parçalar fisyon ürünleri diye isimlendirilirler. Reaksiyon ürünlerinin (fisyon ürünleri ve nötronlar) toplam kütlesi atomun ve çarpan nötronun orijinal kütlesinden biraz daha azdır. Enerjiye dönüşen bu fark Einstein’ın $E=mc^2$ formülü ile izah edilir. İlk çarpışmadan sonra dışarı atılan fisyon ürünleri yakınında bulunan diğeri atomlarla çarpışmaya başlarlar ve hareket enerjilerinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Bu ısı daha sonra soğutucunun ısıtılmasında dolayısıyla da elektrik üretiminde kullanılır. Fisyon sonucu ortaya çıkan nötronlar yakınlarındaki fisyonla müsait atomlarla reaksiyona girerler ve bu atomlar da fisyon yaparak birçok nötron serbest bırakırlar. Bu şekilde devam eden bu olaya zincirleme reaksiyon denir. Nükleer fisyon yüksek enerji yoğunluğuna sahip çok güçlü bir enerji kaynağıdır (enerji/birim yakıt kütlesi). Fosil yakıtların yanması gibi kimyasal reaksiyonlarla karşılaştırıldığında, fisyon reaksiyonu kullanılarak, fosil yakıtlarla üretilen miktara eşdeğer enerji üretmek için çok küçük bir hacimde malzemeye ihtiyaç vardır. Tipik bir reaktörde 1 kg uranyumdan elde edilen fisyon enerjisi ile 45000 kg odun, 22000 kg kömür, 15000 kg petrol ve 14000 kg likit doğal gazdan elde edilen enerji eşdeğerdir.”²⁹

²⁹ <http://www.taek.gov.tr> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu erişim tarihi:05/02/2019



Şekil 1.3: Parçalanma (fisyon) tepkimesi ve zincirleme tepkime³⁰

Nükleer Füzyon;

Hafif çekirdeklerin daha ağır çekirdeklere dönüştürülmesiyle ortaya çıkan enerji reaksiyonuna nükleer füzyon adı verilmektedir. Bu reaksiyon sürekli olan evrende ortaya çıkmaktadır. Uzun yıllardır ticari amaçlı kullanım için füzyonla enerji üretimi araştırılmaktadır. Bir füzyon reaksiyonunun oluşabilmesi için çok yüksek sıcaklıkta bütün elektronlar atomlarından ayrılarak çekirdeğini yalnız bırakmaktadırlar. Bu tepkime sonucunda yakıt gaz durumundan plazmaya geçmektedir. Bu reaktörün tasarımı diğer reaktörden olan fisyonla çok daha farklıdır. Buradaki en büyük sorun oluşan reaksiyonun başlangıcı ve sürdürülebilmesi için yok yüksek bir sıcaklıkta olması gereken plazmanın yakıtının muhafaza edilmesidir. Bilimsel araştırmalarda iki değişik muhafaza kabı tespit edilmiştir. Bunlar; manyetik ve atalet olarak iki çeşittir. Füzyon işlemi için dünyanın farklı birçok noktasında araştırma ve çalışmalar devam etmektedir. Geliştirilmiş füzyon test reaktörünün kurulması için ABD, Kanada, Çin, AB, Rusya, Japonya beraber çalışmaktadır. Çalışmalar International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER adı altında yürütülmektedir. ³¹

1879 yılında uranyumun keşfi ile başlayan nükleer enerji tarihi 1934 yılında Enrico Fermi tarafından atomun parçalanmasıyla anımlandırılmış oldu. 1942 yılında bugünkü santrallere benzeyen nükleer enerji santrali kurulmuş ve 1945 yılında ABD tarafından ilk nükleer silah denemesi yapılmıştır. 1970 yılında yaşanan petrol kriziyle beraber enerjide dışa bağımlı

³⁰ <https://nukleer.enerji.gov.tr/tr-TR/Bilgi-Bankasi/Nukleer-Guc-Santrallerinin-Isleyisi-Nasildir> Nükleer Enerji Genel Müdürlüğü erişimtarihi:05/02/2019

³¹ <http://www.taek.gov.tr> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu erişim tarihi:05/02/2019

ülkelerin nükleer enerjiye olan ilgisi de artmıştır. Nükleer enerji diğer fosil kaynaklardan çok daha fazla enerji açığa çıkarmaktadır. Bu durum ilginin artmasına sebep olmuştur. Ancak 1979 yılında ABD’de Three Mile Island ve 1986 yılında Sovyet Rusya’da gerçekleşen Çernobil kazaları nükleer enerjinin kontrol dışı kaldığında doğa ve insanlığa ne kadar olumsuz etki edebileceğini göstermiştir.

Dünyada nükleer enerji kullanımı, gereksinimi ve zararları ile en çok tartışılan enerji kaynağıdır. Nükleer enerjinin ciddi karşıtları olduğu gibi savunucuları da mevcuttur. Nükleer enerji karşıtlarına göre nükleer enerji kullanımı sonucunda çevreye zararlı radyoaktif atıklar ortaya çıkmaktadır, kurulum ve atık maliyetleri çok fazladır. Atıklar doğa ve canlı yaşamına doğrudan ve telafisiz olumsuz etkiler bırakmaktadır. Kullanım sonucunda ortaya sıvı ve katı atıklar çıkmaktadır. Katı atıklar gömülürken sıvı atıklar denizlere ve göllere karışmaktadır. Toprak ve sulardan alınan atıklar canlı yaşamına dolaysız etki etmektedir. Atıklardan Plütonyum güçlü bir zehir ve kanser sebebi iken Stronsiyum da lösemi nedenidir. Bu atıklar doğada 250-500 yıl yok olmamaktadır. Deprem, çığ düşmeleri, heyelan gibi doğal afetler kaza riskini arttırırken geçmişte olduğu gibi nükleer savaş tehdidi de bulunmaktadır.

Nükleer enerji savunucuları ise nükleerin diğer fosil yakıtlar gibi küresel fiyat dalgalanmalarından, ambargolardan ve krizlerden etkilenmediğini, kurulacak santral alanının maliyeti düşük olacak şekilde elverişli bir alanda olabileceğini, yenilenebilir enerjinin yeterli olmadığını, nükleer yakıt rezerv potansiyelinin çok yüksek olduğunu ve birim başı üretilen enerji miktarının hammadde hacmine göre oldukça fazla olduğunu söylemektedirler. Yeni teknolojiler nükleer atık problemlerini çözebilir, güvenilirdir, maliyeti yenilenebilir enerji ve fosil yakıtlardan daha azdır, depolanması kolaydır, diğer fosil yakıtlara göre karbondioksit salınımı daha azdır.

1.3. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ

Enerjinin arz güvenliği enerjinin üretimi, iletilmesini, tüketilmesi faaliyetleri kapsamında enerjinin nakli, talebi ve arzının kaliteli ve yeterli olarak, kesintisiz biçimde, makul maliyet ve fiyatlarla doğaya ve çevreye duyarlı olacak biçimde gerçekleştirilmesini ifade etmektedir.³²

Dünyada ülkelerin ekonomik olarak kalkınmaları ve gelişmeleri için ihtiyaç duydukları temel kavramların başında enerji gelmektedir. Nüfusun hızlı bir şekilde artması, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve ekonomik büyüme enerji talebindeki artışın en önemli

³² Erdal Leman, Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, Adnan Menderes Üniversitesi, 2011, syf:15

nedenlerindendir. Ekonomik olarak gelişmişliğin de göstergesi kabul edilen enerji ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin de bir ifadesidir. Enerjinin arz güvenliği de bu kapsamda ulusal güvenliğin temel unsurlarından biri haline gelmiştir.

Dünyada ülkelerin uluslararası platformda politika ve güçlerine göre arz tanımları da değişiklik göstermektedir. Son dönemlerde fosil yakıtların tükenmesi, çevreye zarar vermesi, küresel iklim değişiklikleri sebebiyle yenilenebilir temiz enerji de bu kavrama eklenmiştir.³³

Başarılı bir enerji arz güvenliği stratejisi, şunları hedeflemelidir:³⁴

- Enerji arzı ve talebi arasındaki farklılığın azaltılması,
- Enerji ve kaynak yoğunluğunu azaltarak, enerji etkinliğinin yükseltilmesi,
- En uygun enerji bileşiminin elde edilmesi,
- Enerji arzı kaynaklarının çeşitlendirilmesi,
- Enerji altyapısının gelişimine yatırım yapılması,
- Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi,
- Ar-Ge vasıtasıyla, yenilik ve rekabetin teşvik edilmesi,
- Enerji fiyat dalgalanmalarına karşı hassasiyetin azaltılması,
- İyi bir enerji sektörü yönetiminin olması

Enerji arz güvenliğinin politik, siyasi, savaş, çatışma, ticari, kaza, zaman vb. gibi birçok riski bulunmaktadır. Fattouh, Doukas Stern, Weissner, Mitchell gibi bilim insanları bunu farklı risklerle birlikte ele almışlardır. Winzer tüm risk alanlarını kapsayan bu risk alanlarının etki alanlarını ve ölçümlerini kategorize etmiştir.

³³Sevim, C. (2009). Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği ve Paradigma Değişimleri, Stratejik Araştırmalar Dergisi, 13, syf:93-105

³⁴ Balat, M. (2010). Security of Energy Supply in Turkey: Challenges and Solutions. Energy Conversion and Management, 51, syf:1998-2011

<i>Risk Kaynakları</i>	<i>Etki Alanı</i>	<i>Etkinin Ölçümü</i>
1. Teknik Risk Kaynakları -Altyapı Sorunu -Mekanik Sorun -Termal Sorun -Emisyon 2. Beşeri Risk Kaynakları -Talep Riski -Stratejik Kesinti -Kapasite Altında Yatırım -Sabotaj -Terörizm -Politik İstikrarsızlık -Jeopolitik Risk 3. Doğal Risk Kaynakları -Kaynağın Azalması -Kaynağın Tükenmesi -Doğal Afet	-Sürdürülebilir Mal Arzu  -Sürdürülebilir Hizmet Arzu  -Sürdürülebilir Ekonomi  -Çevre ve Topum	-Etkinin Hızı: Sabit-Yavaş Değişen-Hızlı Değişen -Etkinin Büyüklüğü: Olması Yakın-Yavaş Değişim-Aşamalı Değişim -Etkinin Süresi: Geçici-Sürekli-Kalıcı -Etkinin Dağılımı: Yerel-Ulusal-Küresel -Etkinin Sıklığı: Tek-Ara sıra-Sık sık -Etkinin Kesinliği: Saptanabilir-Rastgele-Bulgusal-Bilinmeyen

Şekil 1.4: Winzer'in Risk Kategorizasyonu³⁵

Enerjinin arz güvenliği temelde dört temel unsur açıklanmaktadır.

1.3.1. Elde Edilebilir Olması

Enerjinin güvenliğinin en önemli unsuru mevcudiyeti ve elde edilebilirliğidir. Bazı kaynaklar enerjinin elde edilebilirliğini fosil yakıtların (kömür, petrol, doğal gaz) fiziksel olarak mevcut olup olmamasıyla ifade etmektedirler.³⁶ Ancak yenilebilir enerji kaynakları da burada kritik öneme sahiptir.

Enerjinin elde edilebilmesi tüketicinin arz ve talebinin olduğu bir piyasada enerjiye ulaşabilmesidir. Enerjinin elde edilebilirliği aynı zamanda kullanılabilirliğini de göstermektedir. Kullanılabilirlikte önemli olan sahiplik değil enerji rezervlerinin piyasadaki arzlarıdır.

Ülkelerin karşılıklı olarak ilişkileri ve bağımlılığı enerji güvenliğinin temel koşuludur. Fakat karşılıklı ilişki içerisindeki tarafların hegemonyaları, çıkarları, büyüklükleri oluşan ticari iletişimin sınırlarını belirler. Enerji piyasası, teknolojinin verimli kullanımı, sermaye yatırımı, fiziki kaynaklar, uygun hukuksal ve kurumsal altyapı, üretilen hizmetin toplum nezdinde kabul görmesi, yasalara uygun üretim gibi unsurları da barındırmalıdır. Daha az maliyetle dünyada

³⁵ Winzer, Christian (2012). Conceptualizing Energy Security. Energy Policy, 46: 36-48

³⁶ Kruyt B, Vuruuen D.P, Van de Vries H.J.M. ve Groenenberg H., 2009, Indicators for Energy Security, Energy Policy, c.37, syf:2166-2181

üretimi yapılan petrol ve doğal gazın rezervleri her geçen gün azalmaktadır. Enerjinin elde edilebilmesi konusunda arz güvenliğinde endişeye neden olan durumlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.³⁷

- Doğal gaz ve petrol rezervlerindeki gibi ulaşılabilmesi zor olan coğrafi koşullarda bulunması sebebiyle yüksek oranda sülfür içermesi ve bunun da çıkarılmayı zorlaştırarak yüksek maliyetlere neden olması,
- Aktif olarak kullanılan özellikle fosil enerji kaynaklarının genellikle dünyanın fakir, yönetim riski olan, siyasi istikrarsızlık içindeki ülkelerde olması,
- Enerji kaynaklarının korumacı politikalar ile kaynaklara erişilmesini engelleyen OPEC ülkeleri gibi ülkelerde olması veya çevresel etmenler, siyasi koşullar, politikalar dolayısıyla kaynaklara erişimin ekonomik nedenler dışından engellenmesi,
- Enerjinin arz güvenliği için büyük bir öneme sahip enerjinin iletilmesini sağlayan altyapı yatırımlarının sağlıklı yapılmaması, uygun planlamada yürütülememesi ve uzun süreçlerde devam etmesi şeklinde sıralanabilir.

1.3.2.Ulaşılabilir Olması

Enerji arzının kesintisiz bir şekilde devam ettirilebilmesini tanımlamaktadır. Enerjinin kaynağı ile rezervler arasındaki mesafede aksamamasını ifade etmektedir.

Günümüzde hayatımızı idame ettireceğimiz birçok süreç enerjiye bağımlı olduğundan bunun ulaşımında yaşanacak herhangi bir aksaklık tüm alanları olumsuz etkileyecektir.

Bunun için alınabilecek önemler;³⁸

- Enerji kaynağının çeşitlendirilmesi,
- Arzın üretim, iletim ve dağıtım ağının çeşitlendirilmesi,
- Arz iletimi için boru hattı ve dağıtım altyapısıyla kapasitesinin artırılması,
- Enerji altyapısına daha fazla yük getirecek enerji talebinin azaltılması,
- Olağanüstü enerji kesintilerinde kullanılmak üzere enerji depolanması,
- Bozulmuş ve sorunlu olarak çalışan enerji şebeke veya altyapılarının onarılması veya iyileştirilmesi,

³⁷ Krut B., Vuuren D.P., Van de Vries H.J.M. ve Groenenberg H. (2009) —Indicators for energy security , Energy Policy, c. 37, syf. 2166–2181, Jansen, J.C., Arkel, W.G.V. ve Boots, M.G. (2004) —Designing Indicators of Long-term Energy Supply Security , syf.1-35. ECN Policy Studies, 1/1/2004

³⁸ Jansen, J.C., Arkel, W.G.V. ve Boots, M.G. (2004) —Designing Indicators of Long-term Energy Supply Security , syf.1-35. ECN Policy Studies, 1/1/2004

- Enerji piyasasında, anlık bilgi paylaşımı ile arz ve talep dengesinin sağlanması.

1.3.3.Üretilbilir Olması

Enerji güvenliği tanımı itibarıyla tüketim talebindeki ülkeler için enerji arzının güvenilir, yeterli ve makul fiyatlarda olması anlamına gelmektedir. Küresel ekonomide yeterli ve güvenilir arz ekonominin enerji ihtiyacını kesintisiz şekilde karşılayabilmesi anlamını taşır. Makul fiyat ise enerjiyi arz ve talep edenler için farkı değerlendirildiğinden daha ucu açık bir ifadedir. Piyasada arz ve talep sonucu belirlenen fiyat maliyete bağlı olduğundan alıcı ve satıcı lehine zamanla farklılıklar gösterebilir. Ancak piyasayı değerlendirenlerin ve bilimsel okuyucuların enerji güvenliğinin arz yönüyle daha çok tüketici konumundaki ülkelerin iç piyasadan tedariki ile karşılaştırıldığında çok daha az şekilde kontrol edebildiği arz tarafının ithalat yönüyle ilgilidir. Mesela petrol arzında küresel ölçekte piyasaları etkileyecek kadar büyük bir kesinti uzun süreli bir güvenlik sorunu olan petrol kriziyle eşittir.³⁹

Yenilebilir enerji kaynaklı üretilbilmesi de bu anlamda olumlu etkilemektedir. Doğal bir üretim süreci olduğundan aksama daha az riskli ve sürdürülebilirdir. Herhangi bir politik, siyasi ve ekonomik ilişkiden bağımsızdır.

1.3.4.Sürdürülebilir Olması

Günümüzde toplumların temel ihtiyaçlarının karşılanmasında zaruri bir yeri olan enerjinin üretim sürecinin sürekliliği çok önemlidir. Ayrıca son zamanlarda ortaya çıkan çevre ve doğa duyarlılığı açısından en önemli unsur enerji kaynağının uzun vadede sürdürülebilirliğidir. Bu toplum vicdanında enerji kaynaklarının çevresel ve sosyal boyutudur. Yakın zamanlara kadar enerji güvenliği tanımı içerisinde çevresel kaygılar yoktu. Ancak modern toplumlarda aşağıdaki sebepler dolayısıyla çevre elementi enerjinin güvenliği kavramına eklenmiştir.⁴⁰

- Enerji üretiminde enerjinin üretimi, iletimi ve depolanmasının ekonomik maliyetinin yanında doğaya verdiği ekolojik zararların getirdiği maliyetler de oldukça önemlidir,
- Enerji güvenliğini artırma ve sürdürülebilirlik açısından yeni teknolojilerin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Ancak yeni bazı teknolojiler doğanın dengesini bozmaktadır,

³⁹ Erdal L, Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İK-DR-2011-004, syf:12

⁴⁰ Hutchings, Robert, Wrobel, P., Zhongping, F., Kumar, R., Sidiropoulos, E. ve Zagorski A. (2009) —Global Security in A Multipolar World , Derl: Luis Peral, Bölüm 7, —The United States and the emerging global security agenda , European Union Institute For Security Studies (EUISS), Chaillot, no:118, syf.105-123

- İklim değışikliğı sebebiyle artan deniz seviyesi, enerji sistemleri ve petrol depolarından yollara kadar, altyapıları olumsuz şekilde etkileyecektir,

Aktif ve yoğun olarak kullanılan enerji kaynakları tükenebilen ve çevreye zararı olan kaynaklar olduğundan enerji arzındaki en önemli konulardan biri enerjinin sürdürülebilirliği olmuştur. Enerji güvenliğinin birçok boyutu bulunmaktadır. Askeri, siyasi, politik, jeolojik alanlardan etkilenmektedir. İnsanların artan ihtiyaçlarına paralel olarak ta kısa ve uzun vade de güvenlik problemleri açığa çıkmaktadır.

Enerjinin arz güvenliği uzun ve kısa vadelerde fiziksel olarak enerji kaynağına ulaşma, arz fiyatlarında oluşan değışiklikler, her ülkenin kendi altyapı ve yatırım eksikliği sorunlarının meydana getireceğı kesintiler, içerden veya dışarıdan gelen enerji altyapısına yönelik olarak oluşan her türlü saldırılar tehdit ve terör olaylarından etkilenen bir konudur. Bir de bunun dışında farklı beklenmedik durumlar ortaya çıkabilir. Doğal afetler; deprem, sel, ağır doğa koşulları, kasırga vb. Sosyal olaylar; işgal, lokavt, grev, iç savaş, ambargo, siyasi riskler gibi birçok olasılığı içinde barındıran geniş kapsamlı bir kavramdır.⁴¹

Enerji piyasası arz güvenliği stratejisi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir;⁴²

- Toptan satış piyasasında piyasa enerji üreticilerinin arzı kesmeden ve kesintiye uğratmadan yapabilmesi,
- Yarışma yolu ile kapasite temininde ise enerji kapasite ve enerji teminine yönelik olarak yönetmelik ve eylem oluşturulması,
- Fiyat ve tarifelerde karşılıklı anlaşmalara yönelik olarak piyasa oluşturabilmek için katılımcıların serbest piyasa koşullarında maliyetlerini yansıtabilecekleri çapraz desteklemelerden arındırılmış bir tarife mekanizması oluşturulmalıdır.
- Dağıtımın özelleştirilmesi,
- Üretimin özelleştirilmesi,

Enerjide arz güvenliğinin sağlanmasına yönelik öneriler ise;⁴³

- Yerli enerji kaynaklarının arzlarının arttırılması,

⁴¹ Erdal L, Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İK-DR-2011-004, syf:14

⁴² Tüsiad, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesine İlişkin Tüsaid Değerlendirmeleri, 12 Kasım 2008, syf: 1-3

⁴³ Çalışkan Ş, Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Aralık 2009, sayı:25, syf: 308-309

- Fosil yakıtların depolanması çalışmaları,
- Tüketimde tasarruf ve verimliliği arttırılacak tedbirler,
- Çevresel riskin düşük olduğu yeni enerji kaynaklarına yönelmesi,
- Enerji talebinin rasyonel tespiti,
- İthal enerji kaynakları ve ithalat yapılan ülkelerde çeşitliliğe gidilmesi

1.4. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Arz güvenliğinin temel noktaları üretim, iletim, ithalat, dağıtım ve depolama altyapılarının oluşturulmasına yönelik talebin yönetilmesidir. Arz güvenliği anlam çağrışımı bakımından sadece arzı ifade etse de talep ile arzı bir araya getiren fiziki koşulların ve altyapının dikkate alınmadığı durumlarda arzı güvence altına alabilmek mümkün değildir. Arz ve talep arasındaki iletim fonksiyonları dikkate alındığında tüm bileşenler birbirini etkileyen ve bütünleştiren bir yapıdadır. Pro-aktif yönetim tarzında arz güvenliği için tamamının beraber değerlendirilmesi gerekmektedir.⁴⁴

Türkiye özelinde enerji arz güvenliği için GZFT Analizi yapılmıştır.

GZFT Analizi⁴⁵

- Türkiye’de fosil yakıtlardan doğal gazla bağımlı bir elektrik enerjisi üretimi önemli bir risktir. Bu yüzden doğal gazın elektrik üretimindeki payı azaltılmalı ve enerji ithalatı yapılan ülkelerde daha fazla çeşitliliğe gidilmelidir.
- Elektrik enerjisi ve doğal gazda büyümeyi desteklemek için iletim ve dağıtım altyapısı yatırımları devam ettirilmelidir. Zamanında bitirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Doğal gaz depolama kapasitesi mevcutta yeterli değildir. Arttırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Biyokütle, rüzgar, güneş, hidroelektrik, jeotermal, akıntı ve dalga gibi yenilenebilir temiz enerji türlerinde ülkenin önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Hem ısı hem elektrik üretimi sağlanabilir. Bu potansiyelin tam olarak kullanılabilmesi için finansman olanaklarının geliştirilmesi, mevzuatın güncellenmesi, iletim altyapısının güçlendirilmesi ve yatırımcı bilincinin artmasına gerek duyulmaktadır.
- Türkiye jeopolitik konumu gereği bir enerji iletim merkezi olmak için elverişlidir. Fakat altyapı, piyasa oluşumu ve bölgesel etkinliğin arttırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

⁴⁴ <https://sp.enerji.gov.tr/tema1.html> erişim tarihi: 20/12/2019

⁴⁵ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2015-2019 Stratejik Planı, Kasım 2017

- Doğal gaz ve petrol için ciddi şekilde dışa bağımlılık bulunmaktadır. Petrol ve doğal gaz araması yapan aktif kurumlar bulunmakla birlikte ilgili faaliyetlerin artırılmasına, kaya gazı arama-üretimine yönelik inisiyatiflerin alınmasına ve güçlü yerli şirketlerin yurt dışı etkinliklerini arttırarak yurt dışı kaynakların da Türkiye'nin kullanımına açılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Puant talebi elektrik enerjisinde azaltmak için sanayi sektöründe önemli bir talep yönetimi yapılabilir. Fakat aktif talep yönetimini uygulama yönünde mevzuat ve piyasa olanaklarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Enerji arz güvenliğini etkileyen temel unsurlar siyasi, coğrafi ve ekonomik olarak üç ana başlıkta incelenmektedir.

1.4.1. Ekonomik Faktörler

Enerji güvenliğinin dört temel unsurundan biri olan ve özellikle tükenir fosil yakıtlar için enerji kaynağının fiziksel olarak mevcut olması ve üretim rezerv oranı, enerji arz güvenliğinin en önemli göstergelerinden biridir. Dünyada en çok fosil yakıt rezervine sahip olan ülkelerin ithalatçı ve dışa bağımlı olan ülkelere göre arz güvenliği çok daha yüksektir. Rusya, dünyadaki en fazla doğal gaz ve petrol rezervine sahip ülkedir. 2000-2004 yılları arasında ortalama olarak %7 ekonomik büyüme ile dünyada ekonomik gücünü arttırmış ve kanıtlamıştır. Ekonomik büyümenin temeli sanayi sektöründe büyümenin %70'ini ve GSYİH'nın %19'unu oluşturan doğal gaz ve petroldeki büyüme rakamlarıdır. GSYİH'nın %25'lik kısmını petrol oluşturmaktadır. Enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olan Rusya, Avrupa'ya petrol, doğal gaz ve elektrik ihraç etmektedir. Bu sebeple küresel dünyada ekonomik ve siyasi gücünü arttırmıştır.⁴⁶

Ülkelerin doğal kaynaklarının olması o ülkenin hem ekonomik gelişimi hem de arz güvenliği açısından çok önemli bir gücüdür. Ülkenin enerji ithalatına bağımlı olmaması siyasi anlamda da elini güçlendiren bir unsurdur. Kaynak sıkıntısı olmadığından ülkenin kendine yetebilmesi artmaktadır. Ancak ekonomik olarak yalnızca enerji kaynağına sahip olmak ülkeyi güçlü kılmaz. Ülkelerin altyapı, teknoloji ve yönetim olarak da bunu destekliyor olmaları gerekmektedir. Aksi durumda enerji sadece kaynak olarak kalmakta ve çok daha az fayda sağlanabilmektedir. Örneğin Katar ve Venezuela dünyada en yüksek petrol rezervine sahip

⁴⁶ Van Der Meulen, E.F. (2009) (2009) —Gas Supply and EU-Russia Relations , EuropeAsia Studies, c. 61, s.5, syf:848

ülkelerdendir. Katar enerji rezervlerinin yönetiminde daha etkin olup hem ülkenin zenginleşmesi hem de kaynağın değerlendirilmesi açısından daha başarılı olmuştur. Ancak Venezuela Katar'dan çok daha fazla bir rezerve sahip olmasına karşın ciddi bir ekonomik krizdedir.

1970'li yıllarda petrol krizini çıkmasıyla birlikte petrolde ithalata bağımlı olan batılı ülkelerden bazıları çözümü iç piyasalarında arayıp ithal ikame enerjilere yönelmişler bazıları da küresel piyasalardan enerji arayışına devam etmişlerdir. İç piyasaya yönelen Hollanda ve İngiltere gibi ülkeler enerji bağımlılığını azaltmak için Kuzey Deniz'inde araştırmalar yapmışlar ve bulunan petrol ve doğal gaz rezervleriyle enerji arz eden ülkeler arasına girmişlerdir. Enerjide doğal kaynak yeterliliği bulunmayan Fransa hidrolik enerjide en yüksek noktaya ulaştığı için nükleer enerji kullanımına geçmiştir. 1973 yılında %8,1 olan nükleer enerji payını 1990 yılında %75.3'e yükseltmiştir.⁴⁷

Arz güvenliğini attırmak isteyen bazı ülkeler de ithalata bağımlılığı azaltmak için enerjiyi sağlayabilecek ikame alanlara yönelmişler. Bunun en önemli kaynaklarından biri de yenilenebilir enerjidir. Her ülkenin coğrafi özelliklerine bağlı olarak yenilebilir enerji kaynaklarına yönelmesi ciddi bir fayda sağlamaktadır. Veya kendi mevcut kaynaklarından daha fazla verim almayı sağlayarak da enerji bağımsızlığını kuvvetlendirebilir.

Ekonomik faktörlerde altı temel etken ülkelerin hareket alanları açısından etkili olmaktadır. Bunlar; fiyat, esneklik ve ikame edilebilirlik, ithalat bağımlılığı ve tüketim düzeyi, enerji yönetimi, ulusal ve yasal düzenlemeler, işbirliği-anlaşma ve birleşmeler. Enerji arz güvenliğindeki bu etkiler üretici ve tüketici firmalar için farklı sonuçlar doğurmaktadır. Bir taraf için maliyet olan bir sonuç diğer taraf için gelir oluşturmaktadır. Bu yüzden tüm bu etkilerde asıl olan ülkelerin enerji politikalarındaki istikrar ve planlarıdır.

1.4.2.Siyasi Faktörler

Enerji kaynaklarının kontrolü küresel düzeyde siyasi ve iktisadi hegemonya kurmanın en temel koşulu ve unsurudur. Bu sebeple enerji politikaları sadece kalkınma için değil küresel anlamda stratejik ilişkilerin gelişimi ve bölgesel hakimiyet için göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir boyutu göstermektedir. Enerji arz güvenliğinde teknik, teknolojik ve ekonomik koşullar ile birlikte üreten tüketen ve transit olan ülkelerde görülen ülke içi siyasi koşullar, jeopolitik olarak küresel ve bölgesel konum mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Türkiye'de enerji

⁴⁷ AB İstatistik Kurumu, Eurostat 2009, 5

güvenliğimizi geliştirmek amacıyla yürütülen çalışmalarda Rusya, Kuzey Afrika, Ortadoğu, Orta Asya, Kafkasya gibi enerji arz eden ülkelerle birlikte Hindistan, Çin, ABD ve Rusya gibi dünya sisteminde hegemonya güçlerinin politikalarının da dikkate alması gerekmektedir. Petrol, daha az etkiyle doğal gaz ve kömür olarak fosil yakıtlara bir bütün olarak bakıldığında kaynakların dengesiz dağılımı ve yüksek teknoloji gerektirmesi, enerji arz eden ülkelerin sosyolojik ve siyasi karakteristikleri yoğun enerji kullanan tüketici konumundaki ülkelerin küresel dünyada baskın konumları dolayısıyla talep ve arz eden ülkeler arasındaki farklılıklar fosil enerji kaynakları sektörünün küresel alanda tekelleşmeye ve kartelleşmeye yakın olmasına sebebiyet vermektedir. Fosil enerji kaynaklarının tüketiminde talep esnekliğinin olmamasından kaynaklı üreticilerin ve onlara hakim olan hegemonya güçlerinin elinde önemli bir koz durumuna gelmiştir.⁴⁸

Dünya tarihi enerji ve gücü kontrol etmek isteyen aktörlerin mücadelesiyle şekillenmektedir. 1900’lü yıllar ile petrol dünya tarihinde hem savaş hem de barışlar da önemli rol oynamıştır. Dünya enerji tüketiminde en fazla kaynak olarak petrol için arz güvenliğine etki eden üç tane önemli faktör bulunmaktadır. Petrol rezervleri Afrika, Kafkasya ve Ortadoğu gibi istikrarsız bölgelerde bulunmaktadır. Petrol ve doğal gazın yoğun olarak bulunduğu bölgelerde enerji kaynaklarını kontrol etmek isteyen küresel güçler nedeniyle istikrarın oluşması mümkün olmayan bir hale gelmiştir. Amerika’nın Irak’ı işgal etmesi, Körfez Savaşı, İran ve Irak Savaşı ile Afganistan Savaşı bu ülke ve bölgelerde zengin olan enerji rezervlerine sahip olmak isteyen güçlerin savaşıdır.⁴⁹

Rezerve sahip ülkenin dünyadaki siyasi “konumu” da arz güvenliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Siyasi olarak istikrar olmayan bir ülkede kaynak etkin kullanılamayacağından ve güven sorunu oluşacağından kaynaklar daha az fayda sağlayabilir. Ülke içi çatışma ve sorunlar ülkenin siyasi varlığı açısından bile tehdit oluşturabilir. Örneğin Orta Doğu’da yaşanan siyasi sıkıntılar buna göstergedir. Kaynak fazlasıyla olmasına rağmen ülke içi sorunlar ve istikrar gelir, gelişmişlik ve kalkınmayı dahi olumsuz yönde etkilemektedir. İran’da yaşanan rejim değişikliği ve Irak’taki yönetim çöküşü de somut örneklerindendir. Ambargo ve terör olayları da yine enerji arz güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. İran’ın uzun yıllardır ABD’den gördüğü ambargo kaynaklarını etkili kullanamamasına neden olmuştur.

⁴⁸ Özev, M.H., Küresel Denklemden Türkiye’nin Enerji Güvenliği, Seta, syf:94

⁴⁹ Leiby, P. N. (2007) —Estimating the Energy Security Benefits of Reduced U.S. Oil Imports , ORNL/TM-2007/028. Rapor . Oak Ridge National Laboratory, United States syf:2

1.4.3. Coğrafi Faktörler

Ülkelerin enerji merkezleri haline gelebilmeleri için üretici ve tüketici olan ülkeler arasında en uygun coğrafi alanları kontrol etmesi, enerji merkezi olması için gerekli iradeyi ortaya koyması, güce sahip olanlar arasında asgari de olsa uyumu sağlaması, hukuki düzenlemeler yapması, kısa ve orta vadelere üreticilerin ürettikleri enerjiyi coğrafi merkezleri üzerinden satmalarına engel bir durum olmaması, bulunduğu bölgeyi etkileme potansiyelinin olması ve altyapı hizmetlerinin de eksiksiz olması gerekmektedir..⁵⁰

Enerji jeopolitiği yalnızca enerjinin kaynaklarının mevcut olduğu alanları değil enerji arzı ve talebi çerçevesinde tüm coğrafi ilişkileri de kapsamaktadır. Küresel jeopolitiğin tüm unsurları enerji jeopolitiğini de etkilemektedir.⁵¹

Birinci basamak enerji jeopolitiğinde kaynağın coğrafyasıdır. Dünyada enerji kaynakları çeşitli bölgelerde bulunmaktadır. Enerji politiği için kaynak coğrafyasında önemli olan dünyadaki talebi karşılamak için sahip olunan rezerv büyüklükleridir. Mevcut rezervlere yeni rezervler eklemesi halinde dünyada bölgelere göre enerji jeopolitiği de değişmektedir. Fosil kaynakların rezerv bölgeleri enerji jeopolitiğinde temel alınır. Bu bölgelere sağlanan ulaşımın coğrafyası ve enerji kaynaklarının arz coğrafyalarına dikkat edilmektedir. Enerji jeopolitiğinin temelinde enerjiyi arz eden ülkeler kaynak coğrafyasında talebi arttırmak isterken talep edenler kaynaklarını çeşitlendirmeyi hedef edinmişlerdir. Enerji jeopolitiğinde ki en temel sorulardan bir tanesi de “küresel veya bölgesel hâkimiyet için enerji kaynaklarına sahip olmak mı yoksa transport coğrafyasını kontrol etmek mi gerekmektedir ?” sorusudur.⁵²

Enerji arz güvenliğinin coğrafi açıdan mesafe, konum, jeopolitik, iklim ve çevre gibi boyutları bulunmaktadır.

Enerji arz eden ülkeler için enerjinin nakil güvenliğini sağlamak önemlidir. Enerji kaynağının çeşidine göre uygun iletim yöntemi ve güzergahı, fazlaca enerji nakli yapılyorsa sağladığı maliyet avantajı, kaynağa ulaşılabilirlik ve aktarım sırasında herhangi bir terör saldırısı veya kazaya neden olarak çevre zararına yol açmaması elzemdir.⁵³

⁵⁰ Özev, M.H., Bölgesel ve Küresel Enerji Merkezi Türkiye, Seta, syf:89

⁵¹ Demir, F. (2010). Enerji Oyunu. İstanbul. Ayrım Yayınları

⁵² C. SEVİM / Journal of Yaşar University 2012 26(7) 4378 - 4391

⁵³ Erdal L, Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İK-DR-2011-004, syf:46

Enerji güvenliğini açıklamak için iki farklı görüş savunulmaktadır. Bunlardan ilki enerjiye diğer yaklaşıp ise güvenliğe ağırlık vermektedir. Enerjiye öncelik veren yaklaşım enerjinin kabul edilebilirliği, erişilebilirliği ve kaynakların bulunabilirliğine dikkat çekmektedir. Güvenlik ağırlıklı bakış açısına sahip olanlar ise dağıtım, üretim, iletim, tüketim, çevrim ve pazarlama gibi her türlü riski içinde barındıran bir anlayışla fiziki olarak korunmasını ele alır.⁵⁴

Enerjinin nakli sırasında arzın güvenliği için geçilen güzergah ve konum çok önemlidir. Enerjinin düzenli ve kesintisiz olarak aktarılması için birden fazla alternatif olması gerekmektedir. Dünyada ülkeler ve bölgeler arasında enerjinin nakledildiği güzergahın çeşitlenmesi tüketicinin farklı tedarikçilere daha risksiz bir şekilde ulaşmasını sağladığından arz güvenliğini arttırmaktadır. Bununla birlikte doğal gaz ve petrolün nakledilmesinde aynı nakil hatlarını kullanmak iç piyasada enerjinin tüketiciye daha az maliyetle ulaşabilmesini sağlar ve ekolojik olarak da arz güvenliğini arttırmaya neden olacaktır.⁵⁵

1.5. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliğini;

Aynı ürünü aynı hizmet kalitesiyle diğer şartlardan herhangi bir taviz vermeden daha az enerji ile sağlamak veya aynı enerji biriminden daha fazla ürünler elde edebilmek olarak iki farklı şekilde tanımlayabiliriz.⁵⁶

Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesi, sanayilerde ise üretim miktarının ve kalitesinin düşüşüne yol açmadan ürün ve hizmet miktarında birim başına kullanılan enerji tüketiminin azalması enerji verimliliğidir.⁵⁷

Gelişen teknoloji, artan nüfus fosil enerji kaynaklarında meydana gelen azalma, araç ve gereçlerin yaygın olarak kullanılması ile birlikte enerji ihtiyacı arttığından küresel ölçekte dünya ülkelerinin de enerji politikalarında değişikliğe gitmesi ve revizyonlar yapmasını zorunlu hale getirmektedir. Dünyadaki enerji kaynaklarının verimli ve etkin kullanılması, çevreye duyarlı yeni teknolojilerin geliştirilmesi, enerji arzının verimli tüketilmesi dünya tarihinin ve yaşam kalitesinin seyri açısından en önemli faktörlerdendir. Gerek üretilen enerjinin tüketici tarafında bilinçli tüketimi gerekse yeni doğa dostu buluşların geliştirilip yaygınlaştırılması

⁵⁴ Ediger, V.Ş. (2007). Enerji Arz Güvenliği ve Ulusal Güvenlik Arasındaki İlişki, Enerji Arz Güvenliği Sempozyumu, Ankara

⁵⁵ Jamasb, T. ve Pollitt, M. (2008) —Security of Supply and Regulation of Energy Networks , Energy Policy, c. 36, s. 12, ss. 4584-4589

⁵⁶ Enerji Verimliliği Raporu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Ocak 2012, Ankara, syf:21

⁵⁷ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliliği> erişim tarihi:02/01/2020

dünyadaki karbon salınımının %80'lik kısmına denk gelen kesim için sera gazı etkisinin azalmasını sağlayacak en önemli adımdır. Yenilebilir enerjinin popülaritesi de bu kapsamda dünya ülkelerinin üretilen enerjinin verimli tüketilmesine yönelik toplumsal bilinç oluşturmaya destek vermektedir. Hem Türkiye'de hem de dünyada sanayiden sosyal yaşama birçok alanda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik projeler uygulanmaktadır.⁵⁸

Arz ve talep boyutunda arz güvenliğinin en uygun noktada yönetilebilmesi enerjinin tasarrufu ve verimliliği için bir takım uygulamaların hayata geçirilmesi ile mümkün olacaktır. Arz tarafı ne kadar güçlenirse güçlensin arzın dağıtım ve iletiminde verimsizlikler ve kayıplar var ise enerjinin bir kısmı israf edilir. Enerji verimliliği ve tasarrufu bu anlamda bir enerji arz kaynağı oluşturmaktadır.⁵⁹

Enerjinin sürdürülebilir kalkınma ile olan ilişkisi uzun süre sadece enerjinin talep edenlere güvenli bir şekilde sunulması kapsamında ele alınmış olup enerji kalınma ilişkisi bu çerçevede değerlendirilmiştir. Fosil yakıtlar günümüzde en önemli enerji kaynağı olup zaman geçtikçe azalmaktadır. Ayrıca bu kaynakların ortaya çıkardığı çevresel sorunlar hem bu kaynakların rasyonel ve ekonomik kullanımlarını hem de enerjinin verimliliğini sorgulamaya sebep olmaktadır. Genel olarak enerjinin verimliliği hem üretim ve iletimi, hem de tüketim ve dağıtım döngüsünün tümünü kapsamaktadır. Daha az fosil kaynak kullanımıyla ve daha az maliyetle enerji üretimi için araştırmalar yapılırken diğer taraftan da aynı miktardaki enerji ile daha fazla iş yapılması ve konusunda da çalışmalar bulunmaktadır. Bu alanda politika ve stratejiler geliştirilmektedir.⁶⁰

Sürdürülebilir kalkınmanın gereklerini yerine getiren ve çevresel tehlikelerle enerjinin tüketim ve üretiminden kaynaklı sosyal ve ekonomik maliyetleri en aza indiren bir yöntem oluşturmak çevresel, siyasi ve ekonomik kısıtlarla beraber düşünülmelidir. Geliştirilmesi gereken yöntem enerji verimliliği stratejisidir. Enerji ihtiyacı kavramını tekrar ele almayı gerektirir. Elde edilen aynı hizmet daha az bir maliyetle ve daha az enerji kullanılarak elde edilebilir. Bu durum etkin ekonomilere sahip olan ülkeler için ileri teknoloji kullananlar açısından geçerlidir.⁶¹

Gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliğinin önemli olması altyapı ve ekipman kullanımlarının artmasından kaynaklı olarak yüksek enerji verimliliği potansiyeliyle ilgilidir.

⁵⁸ <https://www.onurenerji.com.tr/enerji-verimliliği/>, erişim tarihi:02/01/2020

⁵⁹ Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Enerjisini Verimli Kullanan Bir Türkiye, Amaç

⁶⁰ Kavak, K, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Eylül 2005, syf:1-5

⁶¹ Laponche, Bernard, Bernard JAMET, Michel COLOMBIER, Sophie ATTALI, Energy Efficiency for a Sustainable World, ICE Editions, International Conseil Énergie, Paris, 1997, syf: 17-18

Temel enerji ihtiyaçlarını karşılamak için dış ticaret ve sermaye harcamalarının toplam geliri içerisinde önemli bir kısma karşılık gelmesiyle bağlantılıdır.⁶²

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde teknoloji daha az geliştiğinden ve genellikle yoğun olarak ithalata bağımlı olduğundan enerji gibi çok büyük bir maliyet kaleminden tasarruf sağlamak oldukça önemlidir. Enerji verimliliğinin artması ülkelerin ciddi gider kalemlerinden biri olan alanda tasarruf etmeyi sağlayacaktır. Ayrıca enerjiden verimlilik elde edebilmek enerji arz güvenliği sorununun da azalmasına neden olacaktır. Ülkelerin bağımlılığı azalacağından arz güvenliğini makul duruma getirecektir.

Enerji verimliliği ekonomik olarak büyüme ve sosyal kalınma hedeflerinin sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Bir başka taraftan ise sera gazı salınımlarının azaltılması konusunda kritik bir rol oynamaktadır. Enerjinin arz güvenliği, verimliliği ve tasarrufu çevrenin korunması, dışa bağımlılığın azalması ve iklim değişiklikleriyle mücadelenin daha etkin bir şekilde yapılmasının sağlanabilmesi açısından önemli etkenlerden biridir.⁶³

Çevrenin güvenliği için enerji verimliliği kapsamında yenilenebilir enerjilere yönelmek sera gazı salınımı düşük enerjilere ağırlık vermek kalkınma ve çevre duyarlılığı konularını da destekler durumdadır.

Karbondioksit salınımı ve enerjinin tüketimi arasındaki ilişki Kaya faktörleri olarak isimlendirilen dört farklı değişkene bağlıdır. Bu etkiyi bulan kişi Japon ekonomist Yoichi Kaya'dır. Bunlar; karbon yoğunluğu, enerji yoğunluğu, nüfus ve kişi başı GSYİH'dır.⁶⁴

Kaya faktörleri aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir. (Şekil 1.5)

CO₂ Salımı	=	Karbon yoğunluğu	*	Enerji yoğunluğu	*	Kişi başı milli gelir	*	Nüfus
CO₂	=	CO₂ ----- TEP	*	TEP ----- GSYİH	*	GSYİH ----- NÜFUS	*	NÜFUS
(Toplam CO ₂ salımı) Gigaton	=	(Birim enerji üretimi başına salınan CO ₂ miktarı) Gigaton/teraWatt	*	(GSYİH başına tüketilen enerji) teraWatt/USD	*	(Kişi başı GSYİH) USD/Milyar kişi	*	(Dünya Nüfusu) Milyar kişi
Etki	=	Teknoloji			*	Refah	*	Nüfus

⁶²Laponche, Bernard, Bernard JAMET, Michel COLOMBIER, Sophie ATTALI, Energy Efficiency for a Sustainable World, ICE Editions, International Conseil Énergie, Paris, 1997, syf: 55

⁶³ Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği, 2019

⁶⁴ Enerji Verimliliği Raporu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Ocak 2012, Ankara, syf:24

“Tüketici sektörlerde meskenlerin ve ticari binaların ihtiyaçları için harcanan enerji dünya enerji tüketiminin yaklaşık yüzde 20’sine tekabül etmektedir. Hane halkının ulaşım dışındaki enerji tüketiminin 2012-2040 arası dönemde yıllık yüzde 1,4 artması beklenmektedir. OECD ülkelerinde bu artışın nüfus ve GSMH (Gayri Safi Milli Hasıla) artış oranlarının düşük olması ve meskenlerde enerji verimliliğinin gelişmesi gibi nedenlerden dolayı yüzde 0,6 civarında kalması beklenmektedir. Benzer nedenlerden dolayı ticaret ve hizmet sektörlerinde de OECD dışı ülkelerdeki tüketim artışının yıllık yüzde 2,4 olması beklenirken OECD ülkeleri için bu alanlardaki artış beklentisi yıllık yüzde 1,1’dir.”⁶⁵

Enerji verimliliği binalarda, sanayide, santrallerde, ulaşım da olmak üzere dört ana başlık altında değerlendirilmektedir.

Sanayide enerji verimliliği; “Birçok şirketin stratejik hedefi, fırsatları değerlendirerek, operasyonlarının ve ürün satışlarının karlılığını artırarak pazardaki rekabet gücü elde etmektir. Enerji yönetimi de şirket yönetim stratejisine dahil edilmesi gereken en önemli araçlardan biridir. Bu tür bir analiz gelecekteki karlılığı tehlikeye düşürebilecek durumları veya muhtemel maliyet düşürme fırsatlarını gösterecektir. İşletmelerde enerji verimliliği stratejisi hem “gelecek karlılığa tehdit” hem de “maliyet düşürme fırsatı” olarak değerlendirilmelidir. Verimli enerji kullanımı kâr marjlarında artışa olanak sağlamaktadır. Bu yüzden işletmelerin enerji verimliliği politikaları en üst düzey yöneticiler tarafından değerlendirmeye alınmalı ve önemi dikkatle değerlendirilmelidir. Enerji Yönetim Şeması, bir işletmenin enerji yönetimine dair tüm bilgileri içeren, gelecek kar fırsatlarını, sürdürülebilirliği, çevresel etkileri maliyetleri ve bunun gibi işletmeye özel değerleri gösteren strateji şemasıdır. Enerji’yi diğer genel yönetim sistemleri ile değerlendirirken dikkat edilmesi gereken diğer yönetim sistemlerinde olduğu gibi ekonomik, yönetilebilir, kaliteli olmasıdır.”⁶⁶

Binalarda enerji verimliliği; “Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Her bireyin, ısıtma, aydınlatma ve ulaşım ihtiyaçlarını karşılarken, elektrikli ev eşyalarını kullanırken, kısacası günlük yaşantının her safhasında, ihtiyaçlarından kısıtlama yapmadan aile bütçesine, ülke ekonomisine ve çevresinin korunmasına katkı sağlaması mümkündür. Binalar, AB’deki enerji

⁶⁵ Özev, M.H., Küresel Denklemde Türkiye’nin Enerji Güvenliği, SETA, syf:25

⁶⁶ <https://www.onurenerji.com.tr/enerji-verimliliği/sanayide-enerji-verimliliği/> erişim tarihi: 05/01/2020

tüketiminin %40'ından ve CO2 salınımının %36'sından sorumludur. Yeni binalar genellikle metre kare başına, yılda üç ila beş litre kalorifer yakıtına ihtiyaç duyarken, eski binalar ortalama 25 litre tüketmektedir. Hatta bazı binalar 60 litreye kadar tüketebilmektedir. Mevcut durumda, AB'de bulunan binaların %35'i 50 yıldan daha eski binalardır. Binaların enerji verimliliğini artırarak, binalarda enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasının, AB'nin toplam enerji tüketimini 2020 yılına kadar %5-6 azaltılabileceği ve 280.000 ile 450.000 arasında yeni iş olanağı yaratılabileceği tahmin edilmektedir.”⁶⁷

Santrallerde enerji verimliliği; “Enerji ihtiyacının artışı ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması hedefi, enerji kaynaklarının verimli kullanımını zorunlu kılmaktadır. Emisyonlarının düşürülebilmesi için alınabilecek tedbirlerden en önemlisi, enerji verimliliğini hem tüketim hem de üretim tarafında arttırmaktır. Termik santrallerde elektrik enerjisi üretimi yapılırken proseste kullanılan ekipmanlar da enerji tüketerek iç tüketim oluşturmaktadırlar. Tesis iç ihtiyaçlarında tüketilen elektrik enerjisi, enerji üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Bu doğrultuda termik santraller iç enerji tüketimini azaltıcı enerji verimliliği çalışmaları, enerji üretim maliyetleri, enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve emisyon değerlerinin azaltılması amaçlarına doğrudan hizmet etmektedir.”⁶⁸

Elektrik üretim santrallerinde enerjinin verimliliğinin artırılmasına yönelik iyileştirmeler ve geliştirmeler yapılması gerekmektedir. Enerjinin hem elektrik hem de ısı şekillerinde beraber üretilmesi anlamındaki kojenerasyon sistemleri örnek verilebilmektedir. Klasik olan güç santrallerinde fosil kaynaklı yakıt enerjisinin yaklaşık olarak 1/3'ü elektrik enerjisine çevrilirken 2/3'ü ise çevreye atılmaktadır. Kojenerasyon sisteminde elektrik üretimi sırasında meydana gelen atık ısı eşanjörler yardımıyla farklı ısı ihtiyaçları için değerlendirilebilmektedir. Bunlar sıcak su, buhar, absorpsiyonlu soğutma gibi. Gaz ile çalışan kojenerasyon sistemlerinde ise eş zamanlı olarak elektrik ve ısı üretilmesi sonucunda %80-90 oranlarında verim sağlanmaktadır. Bu sayede primer enerjinin atık kısmı en az düzeyde tutulmaktadır.”⁶⁹

Ulaşımda enerji verimliliği; “Ulaşımda enerji verimliliğini etkileyen üç ana faktörden bahsetmek mümkündür. Bunlardan birincisi ihtiyacın niteliğidir. Taşınacak olan şeyin mal veya yolcu olmasına göre ortaya pek çok yan faktör çıkmaktadır: Şehirlerdeki yerleşim planları, iş

⁶⁷ Binalarda Enerji Verimliliği AB ve Türk Mevzuatı, TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, syf:9

⁶⁸ Siemens, Enerji Santrallerinde İç Tüketimi Azaltmak İçin Fanlarda Enerji Verimliliği, Siemens.com.tr

⁶⁹ Meral E., Teke A., Tümay A., Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliği, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 14, Sayı 1, 2009, syf:32,33

alanlarıyla oturma alanları arasındaki yolların özellikleri, ya da ulaştırılma zorunlulukları, dağıtım yönetimi (en kısa yol uygulamaları, vb.) bu yan faktörlere örnek olarak gösterilebilir. İkinci ana faktör, taşımadır. Yolcu veya yükün hangi araçla taşındığı enerji verimliliğinde belirleyici bir etkidir. Üçüncü ana faktör ise, aracın karakteristiği ile sürücünün kullanma biçimidir. Aracın karakteristiğini belirleyen başlıca unsurlar arabanın modeli, enerji tüketim ve tasarruf kapasitesi, motor gücü, motor performansı ve bakım durumudur. Ulaştırmada enerji verimliliğiyle ilgili strateji oluşturma sürecinde, bütün bu unsurların dikkate alınması gerekmektedir. Ulaştırma sektöründe enerji verimliliğini zorunlu hale getiren en önemli gelişme dünyadaki petrol rezervlerinin hızla azalmasıdır.”⁷⁰

Ekonomik genişlemede daha yüksek gelir düzeylerinin bireylerin ve ürünün daha çok mobilizasyona ihtiyaç duymalarına sebebiyet vermesinden kaynaklı ulaştırmada önümüzdeki süreçlerde enerji kullanımlarının fazlalaşması beklenmektedir. Enerji yoğunluğunun ulaştırmada bu anlamda bir birim yurtiçi hasıla için tüketilen enerji miktarı yirmi yıllık süreç içinde potansiyel olarak enerji kullanım iyileştirmelerine paralel olarak tüm bölgelerde düşeceği düşünülmektedir.⁷¹

Enerji tasarrufu ve dışa bağımlılığı azaltmak için ulaşımda yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Araçların motorlarındaki geliştirmeler ile yakıt tasarruflarının sağlanması, alternatif enerji kaynakları ile geliştirilen araçlar, hibrid elektrikler, yakıt pilleri, hidrojene dayalı ulaştırma tasarruf için geliştirilen teknolojilerdendir. AB ülkelerinde enerji tasarrufu için belli programları yürütülmektedir. Odyssee, Save, Joule, Thermie, Synergy bunların arasındadır.

⁷⁰ Kavak, K, Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Eylül 2005, syf:32

⁷¹ EIA (Energy Information Administration), 2002:145

2. BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLEBİLİR ENERJİ

2.1.DÜNYADA YENİLEBİLİR ENERJİYE GENEL BAKIŞ

İnsanlar ilkçağlardan bu yana enerjinin önemini keşfetmiş ve yaşamlarını kolaylaştırmak için enerjiden faydalanmışlardır. Taş devrinde taşlardan ısı enerjisi çıkaran insanoğlunun gelişimiyle zamanla rüzgar, kömür, buhar, su, elektrik, petrol, doğalgaz, güneş her biri gelişimin, teknolojinin ve kalkınmanın birer unsuru haline gelmiştir. Buharlı makinenin keşfi dünyanın en önemli dönüm noktalarından sanayi devriminin başlamasına sebep olmuştur. Sanayi devrimi ile gelişen üretim, tüketim, ulaşım ve teknoloji dünyanın bugünkü noktaya gelmesine neden olmuştur. Enerji gelişimin en temel öğelerinden biri halini almıştır.

Ulaşımın ve iletişimin gelişimiyle küreselleşen dünyada her geçen gün enerji ihtiyacı daha fazla artmıştır. Nüfusun artması, şehirleşme ve sanayi enerji ihtiyacını yükseltmiştir. 20 yy sonu ile 21. Yy a kadar enerji tüketiminde sınırlı miktarda olan kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımı revaçtaydı. Ancak zamanla doğal kaynaklara sahip olmayan ülkelerde yaşanan bağımlılık, ekonomik yük, siyasi gelişmeler insanları yeni, temiz ve doğal enerji kaynaklarına yöneltmiştir.

Geçmiş çağlarda insanların temel ihtiyaçlarını karşılamak için kullandıklarını yöntemler sanayileşme ile boyut değiştirmiştir. İnsanlar değirmenlerde yiyecekleri işleme tabi tutma, güneşte ısıtma, ağaçların atıklarıyla ısınma ve yemek gibi yöntemler kullanıyorlardı. Bu yöntemler doğanın doğal akışından yararlanarak elde edilen enerji kaynaklarının yetersiz kalmasına neden olmuştur. Ve insanlar fosil kaynaklara yönelmişlerdir. İnsanların enerji ihtiyaçlarının sürekli artması ve ihtiyaçlarına geçici çözümler üretmesi çevre kirlilikleri, küresel ısınma, doğal felaketler ve savaşlara sebebiyet vermiştir. Süreçle beraber gelişen teknoloji ve bilimsel çalışmalar sonu olan enerji kaynaklarının kısa süre içinde biteceği gerçeğini ortaya çıkardığından insanlar yeni enerji üretimi arayışlarına girmiştir.⁷²

1973 yılında ortaya çıkan birinci petrol krizinin sonrasında enerjinin önemi dünyadaki tüm ülkeler tarafından daha net bir şekilde anlaşılmıştır. 73 yılından sonra ülkelerinde enerji

⁷² Yılmaz, O., Yenilebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl: 2, Sayı: 2 syf:74

kaynakları farklılaşmaya başlamış ve alternatif enerji kaynaklarını kullanma konusunda bir bilinç yerleşmiştir. Enerji ithalatçısı ülkeler enerjinin sürdürülebilir kullanımı için çeşitli politika arayışlarına girmişlerdir. 2000’li yıllara gelindiğinde ise alternatif olan yenilenebilir enerji kaynakları büyük bir ivme kazanmış ve bu konudaki çalışmalar artmıştır.⁷³

Türkiye’de ve dünyada şehirleşmenin ve ekonomik kalkınmanın sürmesi enerji ihtiyacını da arttırmaya devam etmiştir. BP (British Petroleum) hesaplamalarına göre, dünya ekonomisinde 2017 yılında sağlam bir büyümenin sonucunda birincil enerji tüketimi bir önceki seneye göre %2,2 oranında arttı. Bu büyüme 2013 sonrasındaki en yüksek büyüme olmuş ve son 10 yılın ortalamasının %1.7 olduğu düşünüldüğünde oldukça önemli bir artışa işaret etmiştir. Dünya enerji sektöründe bu koşullarda artan enerji gereksinimini karşılamak için farklı bir sistem oluşturma çalışmaları olsa da bazı zorlukla ile karşılaşıldığı görülmektedir.⁷⁴

Dünya ekonomisinde farklılaşan eğilimler enerji alanında da değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Gelir ve nüfus artışlarıyla birlikte enerji talebinin de artması beklenmektedir. Kentlerde ek 1,7 milyar kişilik nüfus artışıyla 2040 yılında talebin %25’in üstünde yükselmesi öngörülmektedir. Enerjinin sürdürülebilirliği ve güvenliği için enerji verimliliği önemli bir politika aracıdır. Enerji verimliliğinde gelişmesi olmaması durumunda talep artışı belirtilen oranın iki katı olabilir. Talep artışlarının genellikle gelişmekte olan ülkelerin bulunduğu Asya’da yoğunlaşacağı düşünülmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin ucuzlamasıyla elektrik üretimindeki rolleri artmıştır. Bu gelişme sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek için de itici bir güç unsuru olmuştur. Elektrik hizmetler, gelişen dijital teknolojiler ve hafif endüstri sektörleri olan ekonomilerde daha çok tercih edilen bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Elektrik sektörü de sürdürülebilir ve güvenilir bir üretim için arz sorunuyla karşı karşıya kalmaktadır. Enerjinin verimliliği talep artışlarını sınırlamaktadır. Ancak piyasalarda elde edilen gelir kalıcı bir üretim kapasitesi yatırımları için yetersiz kaldığından arz güvenliğini tehlikeye atmaktadır.⁷⁵

Yenilenebilir olan enerji kaynaklarından elektrik üretimi 2018 yılında 450 TWh yani %7 artışla bir önceki yıla göre toplam enerji üretiminin ¼’ünden fazlasını karşılamıştır. Hidroelektrik, rüzgar ve güneş enerjilerinden elde edilen üretim bu artışın %90’ını oluşturmaktadır. Uluslararası enerji ajansına göre 2019 yılında yenilenebilir enerji artışı yüksek bir büyüme

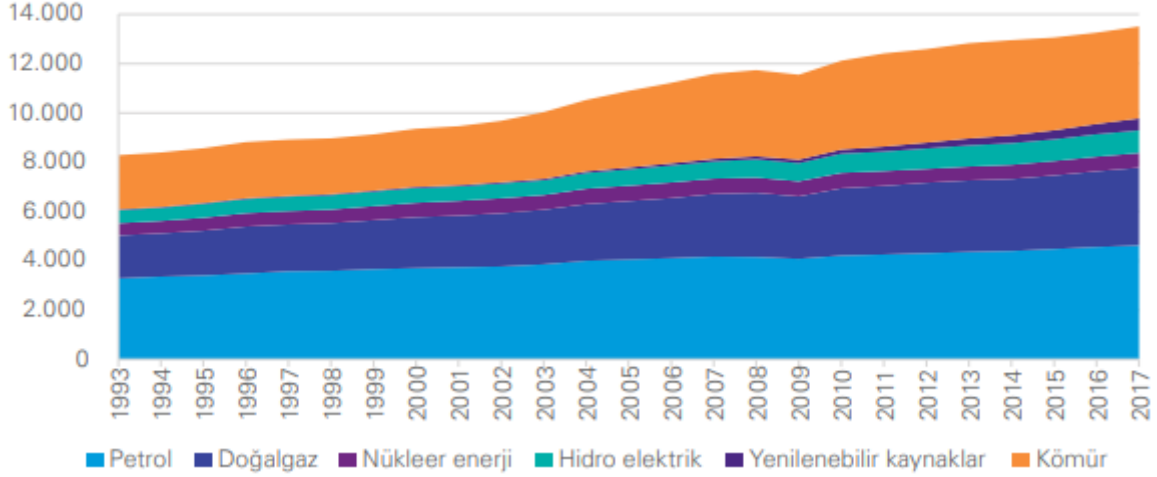
⁷³ Karagöl, E., Kavaz İ., Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, Nisan 2017, sayı 197, syf: 8

⁷⁴ KPMG, Enerji, Sektörel Bakış, 2019, syf: 3

⁷⁵ KPMG, Enerji, Sektörel Bakış, 2019, syf: 3

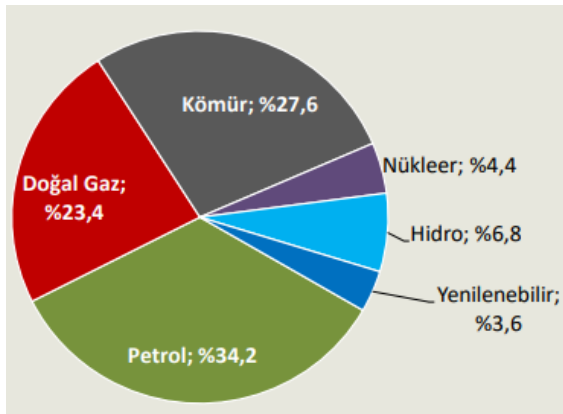
yakalayacak olmasına rağmen 2018’de 2017’ye göre yaklaşık olarak 180 GW yeni yenilenebilir güç kapasitesi eklenebilmiştir.⁷⁶

Dünya enerji tüketimi (Petrol karşılığı milyon ton)



Şekil 2.1: Dünya Enerji Tüketimi⁷⁷

Dünyada tüketilen enerjinin çok farklı sayıda kaynaktan elde edildiği bilinmektedir. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynakların bu tüketimin %86’sını oluşturmaktadır.⁷⁸



Şekil 2.2: 2017 Yılı Küresel Birincil Enerji Tüketim Oranları⁷⁹

Yenilenemeyen enerji kaynakları rezervler cinsinden ifade edilmektedir. Bu da onların yakın veya uzak bir zamanda mutlaka tükeneyeceği anlamına gelmektedir. Farklı ülkelerden sürekli

⁷⁶ <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/> erişim tarihi: 05/01/2020

⁷⁷ KPMG, Enerji Sektörel Genel Bakış, 2019, syf:4

⁷⁸ 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Türkiye Petrolleri, Mayıs 2019

⁷⁹ Kaynak: BP

olarak enerji ithal etmek dünya üzerindeki güç dengeleri nedeniyle enerjinin sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte gelişen dünyada çevre bilincinin artması ve fosil yakıtların küresel düzeyde doğal kaynaklar üzerinde olumsuz etkilerinin olması gelecek insanları alternatif bir kaynak olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir.⁸⁰

EIA 2017 uluslararası enerji görünümü raporuna göre;

- 2015-2040 yılları arasında dünya enerji tüketimi %28 artmıştır.
- Enerji talebindeki artışın büyük kısmının OECD olmayan ülkelere gelmesi, güçlü ekonomik büyüme, pazarlanan enerjiye erişimin ve nüfuslarının hızlı büyümesi gibi parametrelerin enerji talebinin artmasına neden olması bekleniyor.
- 2015-2040 yılları arasında OECD üyesi olmayan ülkelerdeki enerji tüketimi %41 oranında artarken, OECD ülkelerinde %9'luk bir artış olmuştur.
- Bölgelere göre OECD dışı enerji tüketimi öngörülen artışın yarısından çoğu, Çin ve Hindistan'ı içeren bir bölge olan Asya'da gerçekleştiği ve OECD dışı Asya'daki enerji talebinin 2015-2040 döneminde %51 oranında artması bekleniyor.
- 2000'lerin başındaki kömür kullanımındaki güçlü artış ile karşılaştırıldığında, dünya çapındaki kömür kullanımının yatay seyrini sürdürdüğü tahmin edilmektedir. Elektrik üretiminde kömür giderek yerini doğalgaz, yenilenebilir enerji ve nükleer güç ile yer değiştirmektedir.
- Yenilenebilir enerji ve nükleer enerji dünyanın en hızlı büyüyen enerji türleri olurken, fosil yakıtların dünyanın birçok enerji talebini karşılamaya devam etmesi bekleniyor.
- Yenilenebilir enerji ve doğalgaz, 2040 yılında toplam elektrik enerjisi üretiminin %57'sine karşılık gelmekle birlikte elektrik üretimindeki artışın büyük bir kısmı bu kaynaklardan sağlanıyor.

⁸⁰ Kum, H., 2009, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar", Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, Vol. 33, syf. 207

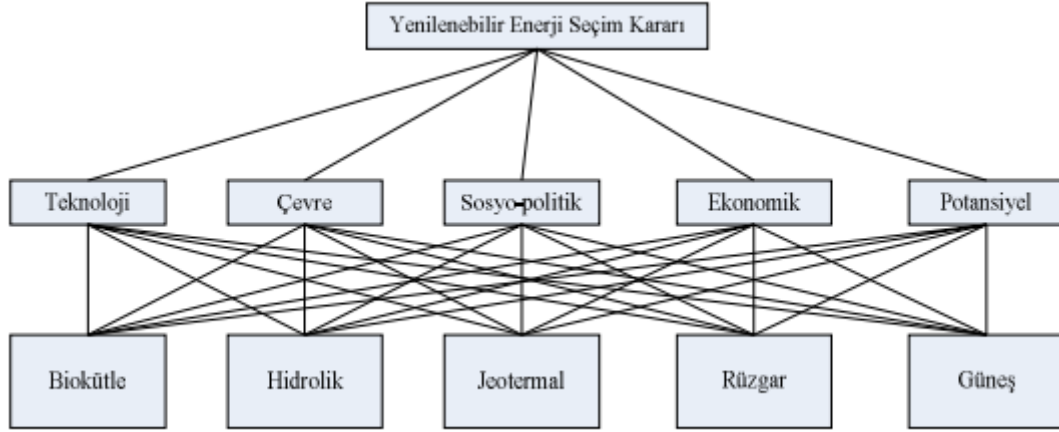
- Yenilebilir enerji kaynakları (Hidrolik dahil), birçok ülkedeki teknolojik gelişmeler ve devlet teşviklerinin artması ve kullanımı desteklediği için 2015-2040 döneminde yılda ortalama %2.8 artan en hızlı büyüyen üretim kaynağıdır.
- 2040 yılında, yenilebilir kaynakları dünya elektrik üretiminde %31 ile kömürle aynı paya sahip olmuştur.
- OECD ülkelerinde kaynak kullanılabilirliği ve birçok ülkede çevresel kaygılar yeni, orta ve büyük ölçekli hidroelektrik projelerinin sayısını sınırladığından, hidroelektrik enerji üretimi 2015'te %71 iken 2040 yılında %53'e düşüyor.
- Yenilebilir enerjilerden (hidroelektrik hariç) elde edilen üretim 2015'ten 2040'a kadar yılda ortalama %4.9 oranında artmaktadır.
- Yenilebilir enerji kaynakları arasında, 2015-2040 yılları arasında en fazla artış rüzgar ve güneş enerjisinde yaşandı.
- Enerji ile ilişkili CO2 emisyonu büyümesi, enerji verimliliği artışları ve kömürün doğal gaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru kademeli olarak kaymasıyla yavaşlarken, 2015 yılından önce başlamış projeksiyon dönemi boyunca devam etmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmek için kullanılan özellikler ile ilgili hiyerarşik yapı aşağıdaki gibidir.⁸¹

1. Teknoloji: bu kriter, yenilenebilir enerji teknolojisini uygulama, riskler, güvenilirlik, hazırlık aşaması, uygulama aşaması, performans ve teknik bilgi gibi tüm yönleri düşünülerek değerlendirir.
2. Çevre: yenilenebilir enerji kaynaklarının karbon emisyonu düşük, asit yağmuru problemi yok denecek kadar az olmasına rağmen çevreye yönelik bazı olumsuz sayılabilecek etkileri (doğal ortamın tahribatı, hava kirlenmesi, sera etkisi v.b.) açısından değerlendirir.

⁸¹ Uysal F., Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori ve Matris Yaklaşım, Ekonometri ve İstatistik Sayı:13 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı) 2011 23-40 syf:27

3. Sosyo-politik: ulusal enerji politikaları çerçevesinde hükümet desteği ve işgücü etkisini sosyal ve politik yönleriyle değerlendirir.
4. Ekonomik: bu kriter, yenilenebilir enerji yatırımlarını toplam maliyet açısından değerlendirir.
5. Potansiyel: yenilenebilir enerji alternatiflerini ülke potansiyeli açısından değerlendirir.



Şekil 2.3: Yenilenebilir Enerji Kaynağı Alternatifi Seçimi İçin Hiyerarşik Yapı

2.2.TÜRKİYE’DE YENİLEBİLİR ENERJİ

Cumhuriyet tarihinden bu yana Türkiye’nin enerji görünümüne baktığımızda diğer gelişmekte olan ülkeler gibi enerji ihtiyacının yıllar itibariyle arttığı görülmektedir. Özellikle de 1980 yılından sonra sanayinin gelişmesi ve nüfus artışına bağlı olarak talepte hızlı bir artış yaşanmıştır. Tarımın bu yıllardan sonra önemini kaybetmesiyle beraber sanayi ve hizmet sektörleri gelişmiştir. Bu gelişmeler ekonomide daha fazla bir enerji ihtiyacına sebep olmuştur. Doğal gaz, petrol, kömür gibi fosil yakıtların talebi çok fazla artış göstermiştir.⁸²

Türkiye’nin jeopolitik konumu ve coğrafi yapısı sebebiyle bütün yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilmesi mümkündür. Ülkemiz özellikle hidrolik, rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisi potansiyellerinden kaynaklı Avrupa Birliği ülkeleriyle karşılaştırıldığında son derece avantajlı bir konumdadır. Ancak kaynakların kullanım kapasiteleri potansiyelin çok

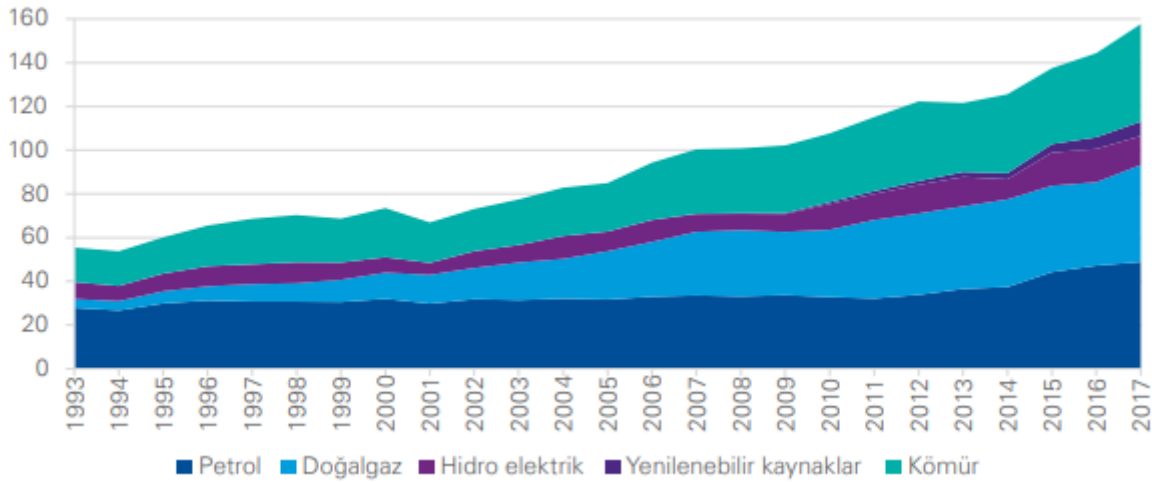
⁸² Mucuk, M., & Uysal, D. (2009, Temmuz-Aralık). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. Maliye Dergisi(157), 106

altındadır. Bu alanda yapılan yenilikler, geliştirmeler ve teşvikler sonucunda ülkemiz potansiyelini kullanmak için yenilebilir enerjiye öncelik vermektedir.⁸³

Türkiye mevcut enerji tktim şekilleri dolayısıyla enerjide dışa bağımlı bir ülkedir. Fakat ülkenin ciddi bir yenilenebilir enerji kaynağı potansiyeli bulunmaktadır. Rüzgar, güneş, jeotermal, hidrolik ve biyoktle enerji kaynaklarında yüksek bir üretim potansiyeli mevcuttur. Yenilenebilir enerji güvenilir olması, ülkenin potansiyel olan her yerinde bulunması, ülkenin kendi öz kaynağı olması, sürekli olması, temiz ve çevreci olması gibi özellikleriyle enerji tktim ve üretiminde stratejik bir yere sahiptir. Kaynakların yerli olması ve üretim maliyetlerinin düşüklüğü onları önemli bir enerji alternatifi haline getirmektedir. lkeler ekonomik kalkınmalarına bir yön vermek, rekabet gücünü arttırmak, enerji sürekliliğini sağlamak ve yaşam standartlarını arttırmak açısından temiz ve güvenilir bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaktadırlar.⁸⁴

Dünyadaki en pahalı petrol, doğal gaz ve elektriğini kullanan ülkelerden biri olan Türkiye enerji talebinin %70’lik kısmını enerji ithalatı yaparak karşılamaktadır.⁸⁵

Türkiye’nin enerji tktimi (petrol karşılığı milyon ton)



şekil 2.4: Türkiye’nin Enerji Tktimi⁸⁶

⁸³Karagl, E., Kavaz İ., Dünyada ve Türkiye’de Yenilebilir Enerji, Nisan 2017, sayı 197, syf: 7

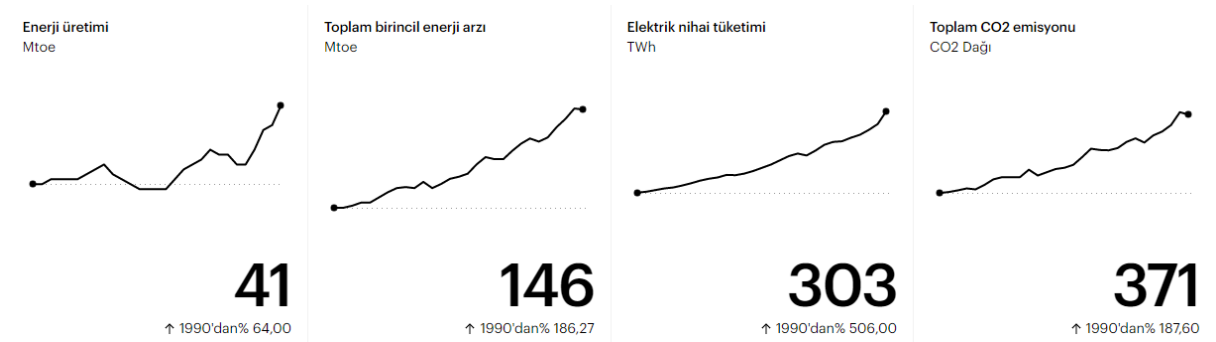
⁸⁴Kılı R., Urgun N., Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelmenin lke Ekonomisine Etkileri ve Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasına Yönelik Katkıları, syf:149

⁸⁵Bayra, H. Naci, (2010), Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye, Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma, EOG Sosyal Bilimler Dergisi, syf:115-142

⁸⁶KPMG, Enerji Sektörel Genel Bakış, 2019, syf:8

Türkiye'nin enerji tüketiminin %90'lık kısım fosil yakıtlar olan petrol, doğal gaz ve kömürden oluşmaktadır ve büyük derecede ithalata bağımlıdır. TÜİK verilerine göre küresel boyutta yaşanan bir krizin etkisiyle enerjinin ithalata bağımlı olmasından kaynaklı 2009 yılında ekonomide 29,9 milyar dolar gerileme yaşanmıştır. Krizin bitişi olan 2010 yılında ise 38,5 milyar dolar olarak kadar ulaşmıştır. 2012 senesinde 60,1 milyar dolar olarak sonuçlanan enerji 54,1 olan 2011 yılı ile karşılaştırıldığında %11 oranında artış yaşanmıştır.⁸⁷

Türkiye'nin enerji arzında yenilenebilir ve yerli olan enerji kaynaklarının payını arttırması enerji üretim ve tüketim süreçlerinde verimliliğin arttırılmasına neden olmuştur. Araştırma ve geliştirme faaliyetleriyle temiz enerji üretim teknolojilerine geçiş yapılabilmesi ve bu alandaki tüm fırsatların değerlendirilebilmesi üzerinde durulmaktadır. Bu çerçevede 2023 yılına kadar yenilebilir enerji yatırımlarının arttırılarak toplam elektrik üretimi içerisindeki payının %30 oranına çıkması hedeflenmektedir. 2023 yılına kadar binalarda ve sanayide enerji tasarruflarının arttırılması ve 2011 yılına kıyasla enerji yoğunluğunun %20 azaltılması gibi hedefler belirlenmiştir. Enerji yoğunluğu enerji verimliliği göstergelerinden biridir. Enerji tüketimi ve ekonomik bir gösterge olan GSYİH ile katma değer arasındaki oran olarak ifade edilmektedir. Enerji yoğunluğu herhangi bir fiziksel veya teknik göstergenin herhangi bir faaliyeti açıklamada yetersiz kalması durumunda enerji verimliliği göstergesi olarak kullanılmaktadır.⁸⁸



Şekil 2.5: EIA 2018 Türkiye Anahtar Enerji İstatistikleri⁸⁹

⁸⁷ BOTAŞ, Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş., 2012 yılı sektör raporu, Bilkent, Ankara, syf:24

⁸⁸ Çepik, B., Sürdürülebilir Kalkınma çerçevesinde Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Politikaları, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2015, syf: 68

⁸⁹ <https://www.iea.org/countries/turkey> erişim tarihi:06/01/2020

Türkiye’de 2011 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi kapatılmış yerine yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğinin artması için 3154 sayılı kanun ile Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Enerji bakanlığına bağlı ilgili birimin görevleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- Ülkenin hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları öncelikli olmak üzere tüm enerji kaynaklarının tespiti ve değerlendirilmesine yönelik ölçümler yapmak, fizibilite ve örnek uygulama projeleri hazırlamak; araştırma kurumları, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği yaparak pilot sistemler geliştirmek, tanıtım ve danışmanlık faaliyetleri yürütmek,
- Sanayide ve binalarda enerjinin verimli kullanımı ile ilgili olarak farkındalık oluşturmak ve bu amaçla çalışmalar yürütmek,
- Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu tarafından onaylanan enerji verimliliği uygulama projelerini ve araştırma ve geliştirme projelerini izlemek ve denetlemek,
- Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği alanlarındaki çalışmaları ve gelişmeleri izlemek ve değerlendirmek, ülkenin ihtiyaç ve şartlarına uygun olarak araştırma ve geliştirme hedef ve önceliklerini belirlemek, bu doğrultuda araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmak, yaptırmak, çalışma sonuçlarını ekonomik analizleri ile birlikte kamuoyuna sunmak,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik projeksiyonlar ve öneriler geliştirmek.

Türkiye’de elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında 2017’ye göre %2,2 artış göstererek 304,2 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Enerji üretimi ise yine 2017’ye göre %2,2 artarak 304,8 milyar kWh’ye ulaşmıştır. 2023 senaryosunda elektrik tüketiminin yıllıkta ortalama %4,8 artışla beraber 375,8 TWh’ye çıkması beklenmektedir. 2018 yılında Türkiye elektrik üretiminin %37,3’ü kömürden, %29,8’i doğal gazdan, %19,8’i hidrolik enerjiden, %6,6’sı rüzgârdan, %2,6’sı güneşten, %2,5’i jeotermal enerjiden, %1,4’ü de diğer üretim kaynaklarından elde edilmiştir.⁹⁰

⁹⁰ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> erişim tarihi:07/01/2020

Yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının hidrolik enerji dahil 2017 yıl sonunda toplam kurulu olan güç içerisindeki payı %43,26 iken 2018 yılında bu oran %44,70'e yükselmiştir. Kurulu olan toplam termik gücün oranı ise 2017 yılında %56,74 ve 2018 yılında da %55,3 olmuştur.⁹¹

Türkiye'de elektrik enerjisi üretim santrallerinin sayısı 2019 yılının Eylül ayı itibariyle 8.069'dur. Bu rakama lisanssız santraller de dahil edilmiştir. Mevcutta ülkemizdeki santrallerin 6.435 tanesi güneş, 669 tanesi hidroelektrik, 330 tanesi doğal gaz, 262 tanesi rüzgâr, 68 tanesi kömür, 52 tanesi jeotermal ve 253 tanesi diğer santrallerdir.⁹²

Yıl	Toplam		Kömür	Sıvı yakıtlar	Doğal gaz	Hidrolik	Yenilenebilir Enerji ve Atıklar ⁽¹⁾
	(GWh)		(%)				
2005	161.956		26,6	3,4	45,3	24,4	0,3
2006	176.300		26,4	2,4	45,8	25,1	0,3
2007	191.558		27,9	3,4	49,6	18,7	0,4
2008	198.418		29,1	3,8	49,7	16,8	0,6
2009	194.813		28,6	2,5	49,3	18,5	1,2
2010	211.208		26,1	1	46,5	24,5	1,9
2011	229.395		28,8	0,4	45,4	22,8	2,6
2012	239.497		28,4	0,7	43,6	24,2	3,1
2013	240.154		26,6	0,7	43,8	24,7	4,2
2014	251.963		30,2	0,9	47,9	16,1	4,9
2015	261.783		29,1	0,9	37,9	25,6	6,5
2016	274.408		33,7	0,7	32,5	24,5	8,6
2017	297.278		32,8	0,4	37,2	19,6	10

Tablo 2.1: Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Payları⁹³

2.2.1. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Türkiye coğrafi konumu sebebiyle yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Güneş tüm canlılar için en temel enerji kaynağıdır. 5 milyar yıl daha güneşin aynı şekilde enerji vereceği bilimsel olarak ispatlandığından vazgeçilmez bir kaynaktır.

⁹¹ Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, EPDK, Ankara 2019

⁹² <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> erişim tarihi:07/01/2020

⁹³ Kaynak: TEİAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistik, 2017

Güneşin en büyük avantajı enerji arzının sınırsız ve ücretsiz olmasıdır. Güneşin hammaddesi olan silisyum yarı metali dünyamızda en fazla bulunan ve toksik olmayan bir maddedir. Ancak bazı hücrelerde kullanılan bir takım kimyasallar çevreye zararlı olabilmektedir. Türkiye güneşlenme süreleri uzun olduğundan diğer enerji türlerine göre çok daha fazla potansiyeli bulunmaktadır. Avrupa ülkeleri arasında İspanya'dan sonra en büyük potansiyel Türkiye'de bulunmaktadır.⁹⁴

Türkiye'de coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olması, çevre dostu olması, kullanımının kolaylığı gibi nedenlerle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha çok tercih edilebilir. Fakat güneş enerjisinin diğer enerji kaynaklarına kurulum maliyetleri yüksektir. Ayrıca verimin düşük olması, kapasite faktörünün düşük olması, ekonomik ve teknolojik gibi bazı engelleri de bulunmaktadır. Olumsuz tarafların düzeltilmesi güneş enerjisini daha çok kullanılabilir hale getirecektir. Ülkemizin bu alanda potansiyeli çok yüksek olmasına rağmen sahip olunan potansiyel yeterince kullanılmamaktadır.⁹⁵

Türkiye'deki 1644 tane güneş enerjisi santralının toplam kurulu gücü 1.362,60 MW'dır. 2016 yılında GES'ler ile 1.020.000.000 kWh elektrik üretimi yapılmıştır.⁹⁶ Ülkemizde üretilen enerjide toplam yenilenebilir enerji payı %35 olup bu oran içerisinde güneş enerjisinin payı %2.59'dur.

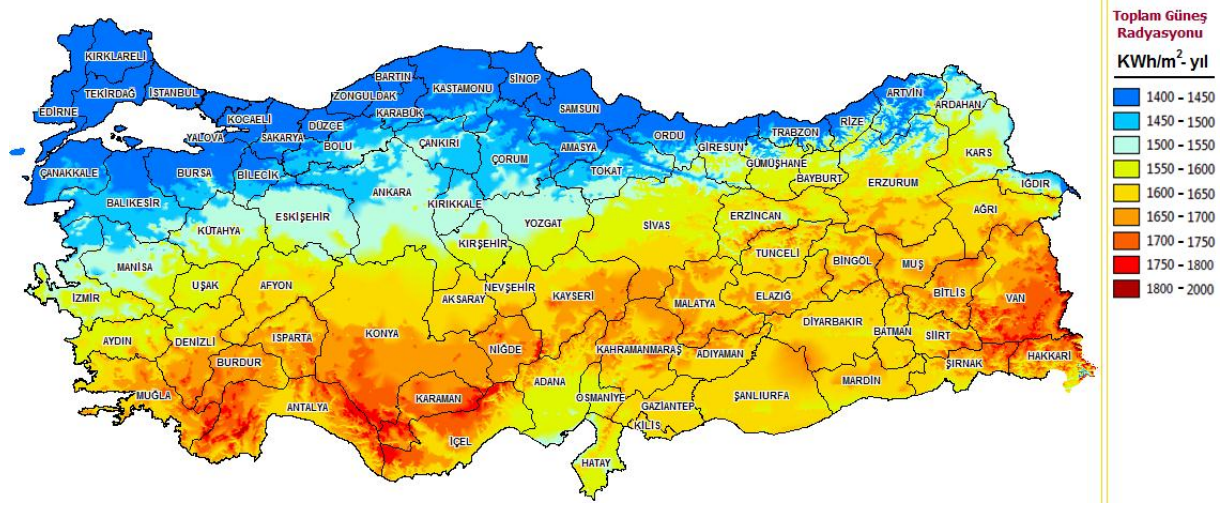
“Ülkemizde yıllık ortalama toplam güneş ışıınının en küçük ve en büyük değerleri sırası ile 1120 kWh/m² -yıl ile Karadeniz Bölgesi'nde ve 1460 kWh/m² -yıl ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmektedir. Bu ışıının şiddetleri ile Türkiye'nin, Güneydoğu ve Akdeniz bölgeleri içinde kalan ve yüzölçümünün %17'sini kapsayan bölümünde, güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca tam kapasiteli olarak çalıştıkları görülmektedir. Türkiye yüzölçümünün %63'ünü kapsayan bölümde ise güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca çalışma oranı %90 ve ülkenin %94'ünü kapsayan bir bölümdeki çalışma oranı ise %80'dir. Türkiye'nin pek çok yerinde, güneşli su ısıtıcıları yılın %70'i kadar bir sürede tam randımanlı olarak çalışabilmektedir. Bu sebeple, özellikle Güney ve Ege kıyıları başta olmak üzere, bütün bölgelerde güneş enerjisi kolektörleri halen yoğun olarak sıcak su elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bazı endüstriyel uygulamalarda, hacim ısıtma uygulamaları ile elektrik üretiminde fotovoltaik pillerin kullanımı

⁹⁴ ETKB, 2011

⁹⁵ Kılıç F., Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durum ve Üretim Teknolojileri, Kocaeli Üniversitesi, 2015, Cilt:56 sayı:671, syf:29

⁹⁶ <https://www.enerjiatlası.com/gunes/> erişim tarihi: 25/12/2019

da giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemiz güneş kolektörü yıllık üretim hacmi 750 000 ile 1 000 000 m2 arasındadır. Üretimin bir kısmı da ihraç edilmektedir.”⁹⁷



Şekil 2.6: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)⁹⁸

2018 yılının ilk çeyreğine baktığımızda elektrik üretimi için kurulu olan gücün %5,4'ü güneş enerjisinden gerçekleşmiştir.⁹⁹ Türkiye'de elektrik enerjisi santral türleri aşağıdaki gibidir.

Santral Çeşidi	Sayısı
Hidroelektrik	636
Kömür (Taş kömürü+Linyit)	41
Rüzgâr	232
Jeotermal	40
Doğalgaz	303
Güneş	5 422
Diğer	212

Kaynak: EPDK, 2018

Tablo 2.2: Türkiye'deki Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri Sayısı

Türkiye'deki kalkınma çalışmalarının bir sonucu olarak modern enerjiye ulaşımın kolaylaşmasıyla 1990-2013 yılları arasındaki dönemde ticari olmayan yakıtların birincil enerji arzı içerisindeki payı azalmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artmıştır. 1986 yılından itibaren güneş enerjisi birincil enerji arzında yer almıştır. Türkiye'de rüzgar enerjisi ise 1998

⁹⁷ Kılıç F., Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durum ve Üretim Teknolojileri, Kocaeli Üniversitesi, 2015, Cilt:56 sayı:671, syf:29

⁹⁸ <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> erişim tarihi: 20/12/2019

⁹⁹ EPDK, 2018

yılından sonra görülmeye başlamıştır. İlgili yıllardan sonra her iki yenilenebilir enerji kaynağının da birincil enerji arzında payı hızla artmıştır.¹⁰⁰

Türkiye’de yıllık güneşlenme süresi 110 gün olup yüksek bir enerji potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisine gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metrekaresinden ortalamada 1100 kWh’lik güneş enerjisi üretebilir.¹⁰¹

Güneş enerjisi üretim ve kurulumu için teknolojik gelişme, pazarlama ile yetkin iş gücü gerekmektedir. Güneş enerjisinin kullanımının yaygınlaşması ile işsizlik oranları içindeki kalifiye işgücü de önemli oranda iyileşebilecektir. Ayrıca ülke ekonomisi için aşağıdaki etkiler ortaya çıkacaktır.¹⁰²

- Çok uluslu şirketler için ülkemiz cazip bir yatırım bölgesidir. Yabancı yatırımlar artacaktır.
- Güneş enerjisi alanında oluşturacağı satış hacmi ve çarpan etkisi ile ekonomiye ilave katkı sağlayacaktır.
- Meydana gelen yeni ekonomiden katma değer vergisi geliri artacaktır.
- Oluşturulacak yeni istihdam ile Sosyal Güvenlik Kurumu’nun gelirleri artacaktır.
- İstihdam edilecek vatandaşlar için kuruluşlardan ve çalışanlardan alınan gelir vergisi ile kamu vergi gelirlerimiz artacaktır.

Türkiye’nin potansiyeli ve coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi ülkemizin en önemli kaynaklarından biridir. Kullanım alanının da yıllar itibariyle artmasıyla ve özellikle daha kırsal alandaki yerleşim yerlerinde ve bazı fabrikalarda kullanılmasıyla oldukça fazla enerji tasarrufu yaratmaktadır.

2.2.2. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

Türkiye’deki ilk rüzgar türbini 1986 yılında İzmir Çeşme’de 55 kW gücünde kurulmuştur. 1986 yılından 1996’ya kadar rüzgar enerjisinde bir gelişme kaydedilememiştir. 1998’te yine İzmir Alaçatı’da 1,5 MW gücünde ilk rüzgar santrali kurulmuştur.¹⁰³

Ülkemizde deniz seviyesinden 50 metre yüksekte ve rüzgar hızları 7,5 m/s olan yerlerde km2 başına 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği tespit edilmiştir. Bu araştırmalar

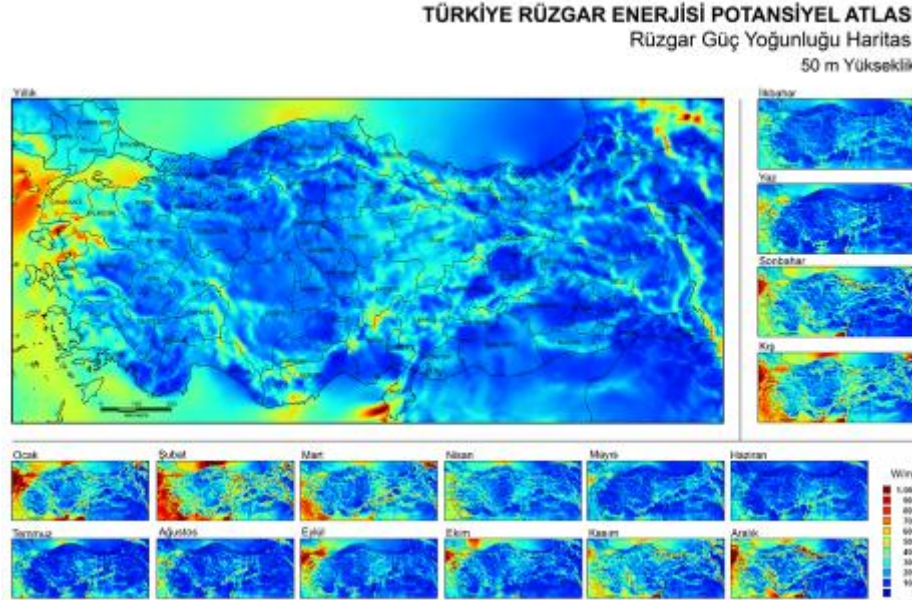
¹⁰⁰ ETKB, 2013 Genel Enerji Tablosu

¹⁰¹ Kılıç F., Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durum ve Üretim Teknolojileri, Kocaeli Üniversitesi, 2015, Cilt:56 sayı:671, syf:31

¹⁰² Eğriçan N., Çetin M., Türkiye’de Güneş Enerjisinin İstihdama Etkisi, Yeditepe Üniversitesi, syf:6

¹⁰³ Aras, H., “Wind energy status and its assessment in Turkey”, Renewable Energy, 28(14):2213-2220, 2003

sonucunda mikro ölçekli rüzgar akış modeli ve orta ölçekli sayısal hava tahmin modeli kullanılarak rüzgar kaynak potansiyelinin görüldüğü REPA yani Rüzgar Enerjisinin Potansiyel Atlası hazırlanmıştır. Türkiye’de 48.000 MW rüzgar enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Bu potansiyel Türkiye’nin yüz ölçümüne baktığımızda %1,30’a denk düşmektedir.¹⁰⁴



Şekil 2.7: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası¹⁰⁵

Türkiye’de başta İzmir ve Çanakkale çevresi ile Balıkesir arasında yüksek bir enerji potansiyeli bulunmaktadır. Yine iç Anadolu bölgesinde Manisa, Karaman, Niğde, Hatay, Kırşehir civarında enerji sahaları mevcuttur.

1998 yılından sonra Türkiye’de gelişim gösteren rüzgar enerjisinden elektrik üretimi 2005 yılından sonra hız kazanmıştır. Bunda 5346 sayılı kanunun etkisi büyüktür. Ülkemizde rüzgar enerjisi bakımından yüksek potansiyeller bulunduğundan bu potansiyeli kullanmak amacıyla devlet tarafından çeşitli teşvikler, politikalar ve projeler geliştirilmiştir.¹⁰⁶

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TÜBİTAK, YEGM ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Temmuz 2010 tarihinde Milli Tabanlı RİTM (Rüzgar Gücü İzleme Merkezi) projesine başlanmıştır. 2014 yılının Nisan ayında da proje tamamlanmıştır. Projenin geliştirilme amacı Türkiye’de bulunan bütün rüzgar enerjisi santrallerinin tek bir merkezden takip edilmesi ortaya çıkan rüzgar enerjisini tahminlerinin de sistemlerin işletmecileri ve piyasa

¹⁰⁴ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> erişim tarihi:10/01/2020

¹⁰⁵ http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html erişim tarihi:10/01/2020

¹⁰⁶ Karık F., Sözen A., İskender Ü., Türkiye’de Rüzgar Enerjisinde Mevcut Durum, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1/2 (2015) 219-234 syf:231

katılımcılarıyla paylaşılmasıdır. Bu tahminler piyasa katılımcıları ve sistem işletmecilerinin santraller konusunda daha sağlıklı plan yapmasına imkan tanıyacaktı.¹⁰⁷

Milli Rüzgar Enerjisi Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi Projesi yani MİLRES müşteri kurumu ETKB olan TÜBİTAK Kamu Araştırmaları Destek Grubu (KAMAG) tarafından da desteklenen bir kamu AR-GE projesidir.¹⁰⁸ 50 Milyon TL bütçeli olan bu proje 2011 yılında yerli rüzgar türbini üretmek ve bu türbinler ile elektrik üretebilmek amacıyla başlatılmıştır. İlgili projede TÜBİTAK, 121 akademisyen, TAI ve bazı üniversiteler görev almıştır.¹⁰⁹

Rüzgar enerjisi kapasitesi bakımından Türkiye dünyada 16. Sırada bulunmaktadır. Ülkemiz geniş yüz ölçümü, iklimi ve konumu sebebiyle önemli ölçüde rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir.¹¹⁰

Türkiye’de 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’u ile rüzgar enerjisinden elektrik üretilmesi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik edilmektedir. Rüzgar enerjisi kullanmak için gereken teknoloji yüksek oranda ithaldir. Yine de devlet teşvikleri ve kısmen de yerli parça ve yerli teknolojilerin kullanılması ile ek teşvikler sağlanmaya çalışılmaktadır.¹¹¹

Rüzgar enerji santrallerinden Türkiye’de üretilen elektrik toplam elektrik ihtiyacımızın %7,40’ı karşılanmaktadır. 183 işletmede toplam 3.155 tane tribünde kurulu rüzgar gücü 7.165 MWm’dir. İnşa halinde 17 tane RES bulunmaktadır.¹¹²

Aşağıdaki şekil Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB) tarafından hazırlanan Türkiye’deki rüzgar enerji santralleri için kümülatif kurulumdaki değişimi göstermektedir. Ülkemizde rüzgar enerjisi santrallerinin kurulumu sürekli olarak artış göstermektedir. Yıllar itibariyle baktığımızda 2007 yılında 146,3 MW olan rüzgar enerjisi 2016 yılında 1.387 MW’ye

¹⁰⁷ RiTM, 2015

¹⁰⁸ Karık F., Sözen A., İskender Ü., Türkiye’de Rüzgar Enerjisinde Mevcut Durum, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1/2 (2015) 219-234 syf:226

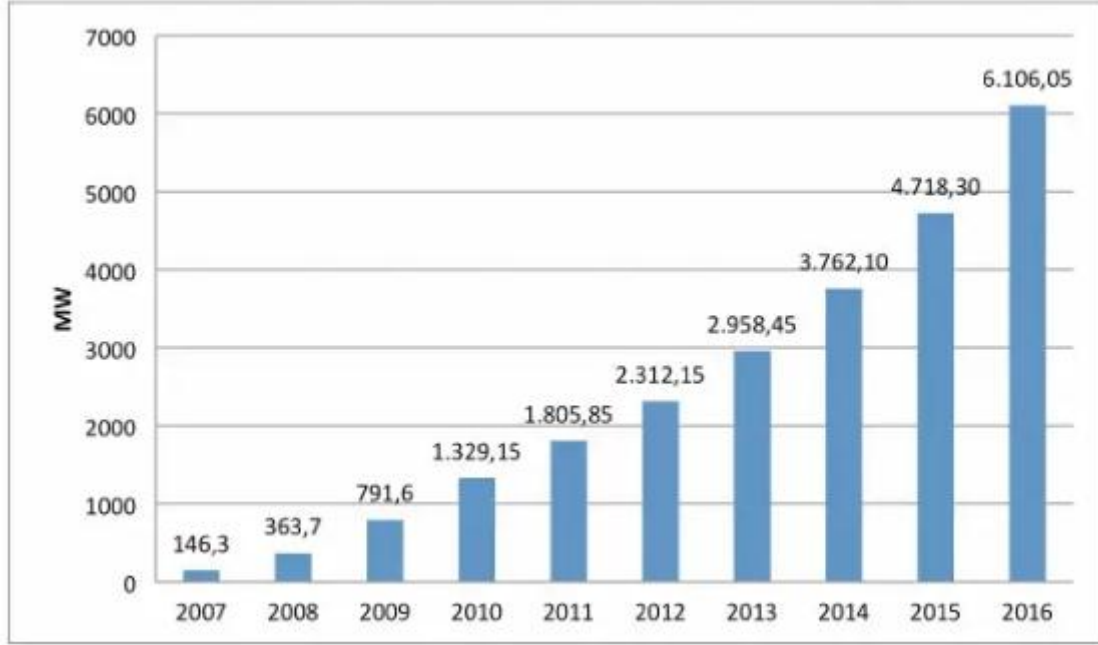
¹⁰⁹ Çepik, B., Sürdürülebilir Kalkınma çerçevesinde Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2015, syf: 93

¹¹⁰ Ürün E., Soyu E., Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme, 2016, syf:38

¹¹¹ Çepik, B., Sürdürülebilir Kalkınma çerçevesinde Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2015, syf: 92

¹¹² Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Temmuz 2019 Raporu

yükselerek yaklaşık olarak on katlık bir artış gerçekleştirmiştir. RES kurulumlarında kümülatif olarak en yüksek artış %148,60 ile 2008 yılında yaşanmıştır. En düşük artış ise %25.42 ile 2015 yılında gerçekleşmiştir.¹¹³



Şekil 2.8: Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Santralleri İçin Kümülatif Kurulum (MW)¹¹⁴

Rüzgar enerjisinin yenilebilir temiz bir enerji kaynağı olması ve çevre dostu olması olmasından dolayı avantajı fazladır. Ayrıca günümüz koşullarında kurulumlarındaki maliyetler de katlanılabilir bir duruma gelmiştir. Enerji bağımlılığını azaltmak ve özellikle ülkemizin Batı kesiminde enerjiden tasarruf sağlamak için aktif kullanılan bir enerji türüdür. Cari açığın büyük nedenlerinden olan enerji maliyetlerinin azaltılmasında ülkemiz için öneme sahiptir.

2.2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MW’dır.

Jeotermal enerji Türkiye için son derece önemli bir temiz enerji kaynağıdır. Yatırım maliyetlerinin düşük olması, çevreye etkilerinin az olması ve mevcut potansiyelimiz sebebiyle jeotermal enerji ülkemiz için avantajlı duruma gelmektedir. Enerji ithalatına bağımlı diğer ülkeler gibi Türkiye’de de bu kaynağa olan ilgi artmıştır. Jeotermal enerjide üretilen akışkan

¹¹³ Arslan F., Türkiye Coğrafi Araştırmaları, Pegem Akademi, Ankara, 2017, syf:239

¹¹⁴ TÜREB, 2017

başta elektrik üretimi olmak üzere sera uygulamaları, termal kullanım ve ısıtma gibi geniş bir yelpazede kaynaktan yararlanma olanağı sunmaktadır. Ancak ülkemizdeki kullanımı hala istenen düzeyde değildir.¹¹⁵



Şekil 2.9: Türkiye’de Nanotektoniği-Volkanik Etkinliği ve Jeotermal Alanlar¹¹⁶

Türkiye’nin jeolojik olarak yapısına bakıldığından çeşitli olduğu görülmektedir. Jeotermal kaynaklar belli yöre ve bölgelerde yoğunlaşırken jeotermal sistemler genç tektonik ve volkanik faaliyetlere göre çeşitlenmektedir. Ülkemizde özellikle de Batı Anadolu bölgesinde jeotermal kaynaklar yoğunluktadır. Kaynakların Batı Anadolu’da yoğunlaşması ve buranın yüksek potansiyele sahip olması jeolojik unsur ve süreçlerin bir sonucudur.¹¹⁷

Jeotermal enerji özellikle fay hatları yeraltında sıcak suyun ısınarak dışarı sıcak buhar ve su şeklinde çıkması olduğu için kaynaklar da fay hatları ile paralellik göstermektedir. Doğu Anadolu, Batı Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hatları boyunca enerji açığa çıkmaktadır.

Türkiye’deki enerji potansiyelinin bölgelere oranlarına bakarsak; %78’i Batı Anadolu’da, %9’u İç Anadolu’da, %7’si Marmara Bölgesi’nde, %5’i Doğu Anadolu’da ve %1’i de diğer bölgelerde

¹¹⁵ Akkuş İ., Alan H., Türkiye’nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneri Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Şubat 2016, Ankara, syf:2

¹¹⁶ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx erişim tarihi: 03/01/2020

¹¹⁷ Akkuş İ., Alan H., Türkiye’nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneri Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Şubat 2016, Ankara, syf:27

bulunmaktadır. Ülkemizdeki jeotermal kaynakların %10'u dolaylı uygulamalar yani elektrik enerjisi üretimi için %90'ı ise düşük ve orta sıcaklıkta olduğundan doğrudan uygulamalar yani termal turizm, ısıtma, çeşitli endüstriyel faaliyetler için uygundur.¹¹⁸

Ülkemiz jeotermal enerjide Dünya'nın zengin ülkeleri arasındaki yer almaktadır. Yapılan araştırmalara göre 2000 MW'lık bir jeotermal enerji potansiyelimiz bulunmaktadır. Bu potansiyelin elektrik enerjisine çevrilmesi durumunda 16 milyar kwh/yıl elektrik enerjisi üretmenin mümkün olduğu kabul edilmiştir. Bu potansiyelimizin gelecekte artarak 320 milyar kwh/yıl olması beklenmektedir. Artması beklenen enerji miktarı Türkiye'de elektrik enerjisi ihtiyacının %5'lik payına denk gelmektedir.¹¹⁹

“2005 yılından itibaren mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması çalışmalarına ağırlık verilmesi nedeniyle, 2004 sonu itibari ile 3.100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi, 2018 yılı Aralık sonu itibari ile ilave 1.900 MWt ısı enerjisi artışıyla 5.000 MWt'e yükselmiştir. 173 adet olan keşfedilmiş jeotermal saha sayısı da sondajlı aramalarla 10 adedi elektrik üretimine uygun olan yeni sahaların keşfiyle 239 sahaya çıkarılmış olup bugüne kadar toplam 634 adet, 412.250 metre sondajlı arama çalışması yapılarak doğal çıkışlar dahil açılan kuyularla yaklaşık 5.000 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir.”¹²⁰

Türkiye 2015 yılının Aralık ayında 16098,8 MWt kullanılabilir kapasiteye ulaşmıştır. Bu kapasitenin yıllık petrol eşdeğeri yaklaşık olarak 12.122.400 tondur. Ekonomiye katkısı ise yılda yaklaşık olarak 9.238 milyar dolardır. Mevcutta ülkemizdeki elektrik üretiminin 1.720 milyar dolar katkısı ile toplamda 11.048 milyar dolara ulaşmaktadır. Potansiyelin kullanılabilmesiyle 20 yılda yaklaşık olarak 242,44 milyon ton petrole eşdeğer bir tasarruf sağlaya bilmek mümkündür. TÜİK verilerine göre Türkiye'nin 2009 ve 2013 yılları arasındaki beş yıllık süreçte enerji ithalatı 238,5 milyar dolardır. 2015 yılında 8 aylık dönem için enerji ithalatına 37 milyar dolar ödeme yapılmıştır. Türkiye'nin artan enerji talebi ile birlikte enerji ithalatı için yaptığı ekonomik harcamalar göz önüne alındığında jeotermal enerjinin sağladığı ek fayda yadsınamayacak düzeyde önemlidir.¹²¹

¹¹⁸ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> erişim tarihi:25/12/2019

¹¹⁹ Doğanay H., Çavuş A., 2016, Türkiye Ekonomik Coğrafyası, Ankara, Pegem Akademi

¹²⁰ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> erişim tarihi: 25/12/2019

¹²¹ Akkuş İ., Alan H., Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneri Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Şubat 2016, Ankara, syf:33

Türkiye'nin jeotermal potansiyeli teknik olarak 2.000 MWe hidro-termal ve 60.000 MWt elektrik üretimi için kullanılabilir. Soğutma, şehir ısıtma, termal tesis ısıtma, sera ısıtma, kimyasal madde üretimi, kaplıca kullanımı ve sanayide kullanım gibi alanlarla kapasitenin tam değerlendirilmesi durumunda net yurt içi katma değer 80 Milyar USD ortalamasıdır. 1 milyon konutun jeotermal enerji ile ısıtılması eşdeğeri 8000 MWt jeotermal merkezi ısıtma gücü ile karşılaştırdığımızda 1700 MWe'lik güçte olan bir nükleer santralin yaklaşık beş katıdır. Yıllıkta ısı enerjisi ikamesi olarak baktığımızda da yaklaşık üç katı olmaktadır.¹²²

1995 yılında Türkiye elektrik üretimi kurulu gücünde dünya genelinde 11. sıradayken 2018 yılında 4.lüğe kadar yükselmiştir. Türkiye 2015 Ocak ayı itibariyle jeotermal kaynak potansiyelinden sadece %18'ini değerlendirebilmektedir. WGC2015-Avustralya'da 2010-2015 yılları arasında ülkemiz jeotermal enerji kurulu güç kapasitesi artışında dünya birincisi ilan edilmiştir.¹²³

2.2.4.Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1.5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir.

Ülkemiz sahip olduğu 213.188 kilometre tarımsal alan ile dünyada 14. sıradadır. Yine dünyada kişi başına düşen tarım alanı oranı bakımından 3 dekarlık pay ile 40. Sırada yer almaktadır. Ülkemizin karasal olarak yüz ölçümü 769.632 km²'dir. Bu alanın %27,7'si tarım alanı olarak kullanılabilir. Türkiye’de bu orana bakıldığında yüzölçümüne kıyasla en fazla tarım alanına sahip olan 15 ülke arasında 4. Sırada bulunmaktadır. Tarım alanlarının genişliği kadar verimliliği de büyük önem taşımaktadır. Toprağın işlenmeye uygun olması ve iklim şartları bu verimliliği doğrudan etkilemektedir. Ülkemizdeki tarımsal alanların %44.1'i orman, %38.4'ü ekili alan, %10.4'ü nadas alanı ve %7.1'i meyve-sebze alanıdır. Ülkenin orta, doğu ve güney doğu bölgelerinde ağırlıklı olarak tahıl yetiştirilmektedir. Trakya bölgesinde ayçiçeği bulunmaktadır. Batı bölgelerde ise mısır ve pamuk gibi ürünler yaygındır. Yumrulu olan bitkiler de İç Anadolu ve Marmara'dadır. Türkiye'nin tarımsal ağı bu kadar geniş ve çeşitli olmasına rağmen değerlendirilemeyen yüksek düzeyde tarım atığı bulunmaktadır. Bu atıkların

¹²² Türkiye Jeotermal Derneği, Türkiye’de Jeotermal, 2019

¹²³ Türkiye Jeotermal Derneği, Türkiye’de Jeotermal, 2019

değerlendirilememesinin en büyük nedenleri alanlar dağınık olduğundan ortaya çıkan işçilik ve taşıma maliyetleridir.¹²⁴

Ülkemizde yıllık tarımsal atık miktarı yaklaşık 50-65 Mtep'dur. Türkiye'nin sahip olduğu tarımsal atık miktarı ile 7500 MWth enerji üretmek mümkündür.¹²⁵



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

Şekil 2.10: Türkiye’de Tarımsal Biyokütle Potansiyeli¹²⁶

Ülkemizde bozunuma uğramış olan ormanlar enerji ormancılığı yapılması açısından önemli fırsatlar ortaya çıkarmaktadır ve böyle alanlar yüksek bir biyogaz potansiyeline sahip olurlar. 2012 yılı itibariyle Türkiye’de 21.678.134 hektarlık orman alanı bulunmaktadır ve bunun yarısına yakın kısmı bozunuma uğramış olarak kabul edilmektedir. Yani lignoselülozik denilen gıda olarak tüketilmeye uygun olmayan bitkileri ifade eden kısım enerji ürünlerinin ve bitkilerin

¹²⁴ Biyoenerji Derneği, Biyokütle Potansiyeli Olarak Tarımsal Atıklar, 2019

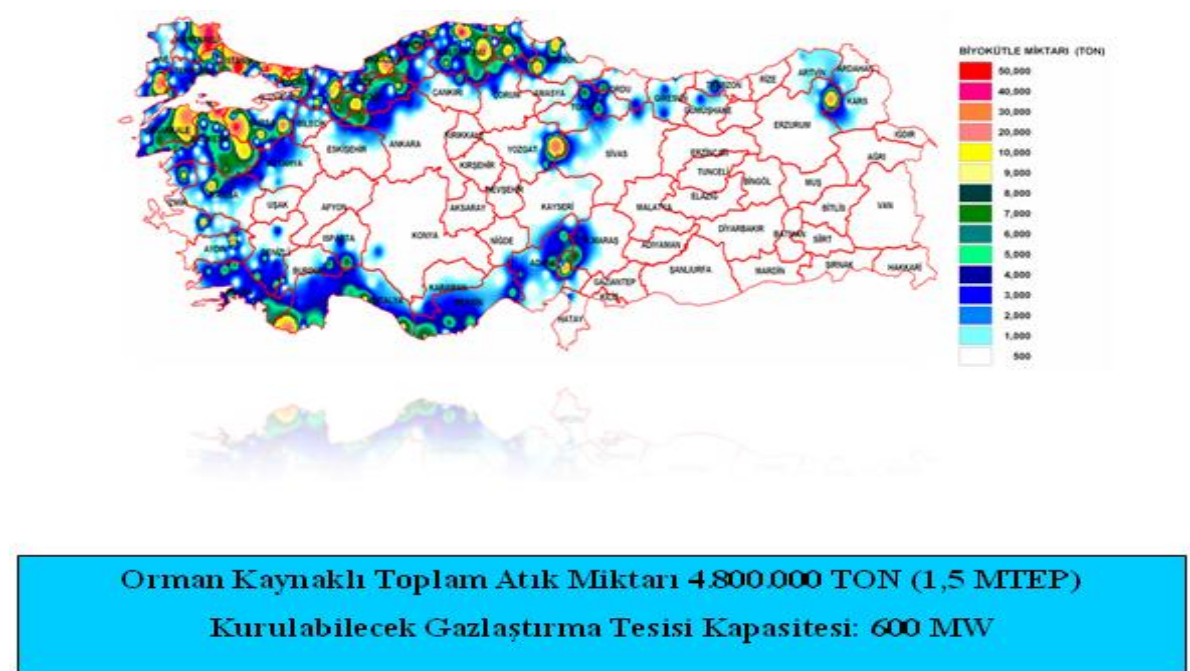
¹²⁵ Biyoenerji Derneği, Biyokütle Potansiyeli Olarak Tarımsal Atıklar, 2019

¹²⁶ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/tur_tar_biyo_pot.aspx erişim tarihi: 02/01/2020

yetiştirilmesi amacıyla kullanılabilir durumdadır. Bu bozunuma uğrayan alanlarda dikim yapılmasıyla beraber 3 ile 5 yıl arası bir zaman diliminde hektar başına 5 ila 7 ton biyokütle verimi elde edilebilmektedir. Bitkilerin iyi yönetilmesi ve olgunlaşmasıyla bu verim 10-15 tona kadar çıkabilmektedir.

Türkiye'nin 2020 yılına kadar bozunuma uğrayan 1 milyon hektarlık orman alanında oluşan lignoselülozik madde ile hektar başına 5 tonluk enerji verimi alacağı öngörülmüştür. Tarımsal kaynaklara ek olarak 2.000 TEP biyokütle enerjisi sağlaması beklenmektedir. 2.000 TEP'lik enerjiyi somutlaştıracak olursak 2012 yılı birincil enerji arzı içinde %1,65'lik bir paya denk geldiğini söyleyebiliriz. Ayrıca bu yöntemle bozunuma uğrayan alanlar ekonomik bir katkıya neden olmaktadır.

ETKB'ye göre orman kaynaklı atıklar ile gazlaştırma kapasitesi 600 MW'dir. Orman Genel Müdürlüğü tarafından yapılan açıklamada ülkemizde 562.513 hektarlık alan "Enerji Orman Tesisi" çalışmalarına destek vermiştir. Biyokütle enerjisinin Türkiye'de önem kazanmasıyla birlikte enerji ormancılığı faaliyetlerinin de gelişmesi beklenmektedir.¹²⁷



Şekil 2.11: Türkiye’de Orman Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli¹²⁸

¹²⁷ Deloitte, Biyokütlenin Altın Çağı, Şubat 2014, syf:16

¹²⁸ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/tur_or_kay_biyo_pot.aspx erişim tarihi:02/01/2020

25 Şubat 2011 tarihli 27857 sayılı resmi gazetede yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararı ile Yakıt Biyodizeline ve Oto Biyodizele 0.9100 TL/Lt ÖTV uygulanmaya başlanmıştır. Hammadde biyodizel üretiminde büyük bir maliyet kalemidir. ÖTV uygulamasının başlaması ile üreticiler biyodizel üretmenin avantajının ortadan kalktığını belirtmişlerdir. Bu sebeple ülkemizde bu sektör durmuş vaziyettedir. Üreticilerin büyük bir çoğunluğu lisanlarını iptal etmiş diğerleri de üretim yapamaz hale gelmiştir. Mevcut durumda sadece bir firma 20 bin tonluk üretim yapabilmektedir. 2012 yılı itibariyle 34 tane biyodizel üretimi yapmak için işletme lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu işletmelerin toplam üretim kapasiteleri EPDK tarafından 561.217 ton olarak bildirilmiştir.¹²⁹

Biyokütleden elde edilen Biyoyakıtlar		
Katı Biyoyakıtlar	Sıvı Biyoyakıtlar	Gaz Biyoyakıtlar
Peletler	Biyodizel Biyoeethanol	Biyogaz Biyosentez Biyohidrojen

Şekil 2.12: Biyokütleden Elde Edilen Biyoyakıtlar¹³⁰

Türkiye'nin en büyük biyokütle santralleri;

Odayeri Çöp Gazı Santrali – 34 MW – İSTABUL

Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali – 31 MW – SAMSUN

Mutlular Biyokütle (Orman Atığı) Enerji Santrali – 30 MW – BALIKESİR

Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi – 25 MW – ANKARA

Çadırtepe Biyokütle Santrali – 23 MW – ANKARA

¹²⁹ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/tur_or_kay_biyo_pot.aspx erişim tarihi:02/01/2020

¹³⁰ <https://www.enerjiportali.com/biyokutle-enerjisi-nedir/> erişim tarihi:03/02/2020

2.2.5. Türkiye’de Dalga ve Hidrojen Enerjisi

Türkiye’de Karadeniz kıyılarının daha dalgalı olduğu söylene de güneybatı Anadolu da Akdeniz ve Ege üzerindeki rüzgarın potansiyeli 4-17 kW’lık yıllıkta ortalama dalga gücünde yoğunlaşmaya neden olur. İzmir-Antalya arası dalga enerjisinden yararlanmak için en uygun bölgedir. Bu aralıkta Dalaman-Finike arası en verimli yer olarak ölçülmüştür. Bölgesel yoğunluklar;¹³¹

Bölge	Güç
Karadeniz	1.96-4.22 kWh/m
Marmara Denizi	0.31-0.69 kWh/m
Ege Denizi	2.86-8.75 kWh/m
Akdeniz	2.59-8.26 kWh/m
İzmir-Antalya	3.91-12.05 kWh/m

Ülkedeki kıyı şeridi boyunca dalga güçlerinin bir araya getirilmesi ile değerlendirilebilir. Kıyı şeridimizden kullanılamayacak olan denizaltı tatbikat sahaları, gemi rotaları, yerleşim yerleri ayrılır ve dalga gücü kuvvetli olmayan Anadolu’nun kuzeydoğusundaki ve güneyindeki dalga kaynakları dikkate alınmaz ise ülkemizin 8210 km’lik toplam kıyı uzunluğundan 1/5’i oranında dalga enerjisi elde edilebilir. Küçük ölçekli dönüştürücüler ile dahi yıllık 4-17 kW/m dalga gücü bulunan sularda toplamda yaklaşık olarak en az 10 TWh/yıl dalga enerjisi elde edilebilir. Bu üretim Türkiye’deki HES potansiyelinin %12,5’ini karşılamaktadır.¹³²

Yenilebilir enerji kaynaklarından olan dalga enerjisi ülkemiz için önemli bir enerji kaynağıdır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye’de gerek Ege-Akdeniz arası gerekse Karadeniz büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak henüz ülkemizde faaliyette olan bir dalga enerjisi santrali bulunmamaktadır. 2017 yılında Zonguldak’ta yapılması planlanan proje de daha hayata geçirilmemiştir. Santraller kurulduğunda Türkiye için avantajlı bir seçenek olacaktır.

¹³¹ Sağlam M., Uyar T., Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Potansiyeli, Marmara Üniversitesi, Enerji Ana Bilim Dalı, syf:3

¹³² World Resources Institute, www.wri.org/climate, 2001

Hidrojen enerjisinin 21. Yy'ın enerji taşıyıcısı olmaya en büyük aday olduğu belirtilmektedir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte enerji talebinin de sürekli olarak artması hidrojenin önemini arttırmaktadır. Dünyada yürütülen enerji politikalarını takip etmek çağa uyum sağlamak açısından kritiktir. Ülkemizin de tüm yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi hidrojen enerjisinde kendi potansiyelini fark etmesi ve bu potansiyeli kullanması son derece önemlidir. H₂ S yani dip sularda bulunan hidrojen sülfürün yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte kullanılması ülkede artan enerji talebinin karşılanmasına katkı sağlayacaktır.¹³³

Hidrojen yakıtının üretiminde kullanılacak olan kaynaklar; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerjidir. Ülkemizdeki gibi gelişmekte olan ülkeler için uzun dönemde fotovoltaiik güneş ile hidrojen sistemleri uygun görülmektedir. Fotovoltaiik kanallar yoluyla elde edilecek olan elektrik enerjisi suyun elektrolizinden hidrojen üretmektedir. 13 m sudan 108,7 hidrojen elde edilebilmektedir ki bu da 422 litre benzine eşdeğerdir. Karadeniz kıyılarındaki kimyasal biçimde bulunan hidrojen Türkiye hidrojen üretimi açısından oldukça önemlidir. Karadeniz suyu %90 oranında anaerobiktir H₂ S içermektedir.¹³⁴

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UNIDO) arasında 21 Ekim 2003'te Viyana'da alınan karara göre UNIDO-ICHET teşkilatı kurulmuştur. ICHET 2004 yılında kuruluşuyla Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu başkanlığında faaliyetlerine başlamıştır. UNIDO-ICHET kuruluşunun faaliyetleri şunlardır:¹³⁵

- Veri Bankası'nın kurulması; Dünya'da yapılmakta olan hidrojen enerjisi Ar-Ge faaliyetleri ile sanayi alanında gelişmeleri kapsar.
- Hidrojen enerjisi ile ilgili çalışmalar yapmak, konferanslar düzenlemek, kısa ve uzun dönemli olacak şekilde eğitim programlarını gerçekleştirmek.
- Hidrojen kullanımı ile ilgili politikaları belirlemek

¹³³ Öztürk N., Bilgiç M., Arslan C., Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'deki Hidrojen Potansiyeli, Gazi üniversitesi, syf:1

¹³⁴ Ültanır, M.Ö., "Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'de Hidrojene Geçiş Sorunları", Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Bildirileri-1, s.549-563, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî komitesi, İzmir, 1995

¹³⁵ Dinçer M.Z. & Aslan Ö. (2008). Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi, e-Journal of New World Sciences Academy, 3(2), 152-160

- Pilot tesisler oluşturarak faaliyete geçmesini sağlamak
- Hidrojen kullanımını sanayide daha aktif hale getirmek
- Hidrojenin dağıtım, üretim ve depolanmasını kontrol altında tutmak
- Hidrojenin endüstriyel alanda kullanımı etkinleştirmek için denemeler yapmaktır.

ICHET'in amaçları gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasında hidrojen enerjisi ile ilgili teknolojileri oluşturmak, bu teknolojilerin geliştirilmesini sağlamak, Ar-Ge çalışmalarını yürütmektir. ICHET'in ülkemizde kurulacak olması dünya ülkelerinin hidrojene ve Türkiye'ye verdiği önemi göstermektedir. Bu proje sayesinde Türkiye bir hidrojen üssü olacak ve önemli bir görev üstlenecektir.¹³⁶

Türkiye'nin hidrojen için avantajlı olmasının en önemli nedeni Karadeniz'de bulunan depolanmış haldeki hidrojendir.

Türkiye'de yürütülen hidrojen tabanlı projelerden bazıları şunlardır;¹³⁷

Atatürk hava meydanı projesi, Rüzgar-hidrojen projesi, Hastane projesi, Ambarlı santrali hidrojen projesi, Hidroelektrik-hidrojen projesi, Hidrojenli ev projesi, Deniz taksi projesi, Traktör projesi, Bozcaada hidrojen üretim projesi vb.

¹³⁶ Tutar F., Eren M., Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye, syf:16

¹³⁷ Tutar F., Eren M., Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye, syf:17-18

3. BÖLÜM

TÜRKİYE’DE HİDROELEKTRİK SANTRAL (HES) PROJELERİNİN

ÇEVRESEL VE EKONOMİK DEĞERLENDİRMESİ

3.1. HİDROLİK ENERJİ TANIMI

Suyun enerjisi önüne set çekilen baraj ve doğal göllerde potansiyel enerji olarak bulunurken nehir ve akarsular gibi akıntının olduğu ve gel-git olaylarının yaşandığı denizlerde ise kinetik enerji olarak ortaya çıkmaktadır. Baraj setlerinde rezervuarlarda depolanmış halde olan su bu kısımda durağan vaziyette iken aynı zamanda yükseklik ile orantılı şekilde bir potansiyel enerjiye sahiptir. Su kütlesi tüneller ve cebri borular yardımı ile türbin çarkına hareket ettirilir. Hareket halindeki su kütlesi hareket hızının büyüklüğü ile doğru orantıda bir kinetik enerjiye sahip olmaktadır.¹³⁸

Dünyadaki tüm enerji kaynakları güneş ışınımının maddeler üzerindeki kimyasal ve fiziksel etkisi sonucu ortaya çıkmaktadır. Hidrolik enerji de bu döngüde güneş ışınımından kaynaklı oluşan bir enerji kaynağı olup hidrolik döngüde açığa çıkmaktadır. Nehir, deniz veya göllerdeki sular güneş enerjisi ile birlikte buharlaşmaya başlar ve oluşan su buharı rüzgarların da etkisiyle dağların yamaçlarından kar veya yağmur şeklinde yeryüzüne ulaşmaktadır. Bu sular nehirleri besler. Bu nedenle hidrolik enerji yaşam döngüsü içerisinde kendini sürekli yenileyen bir enerji kaynağıdır. Suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile birlikte ortaya çıkmaktadır.¹³⁹

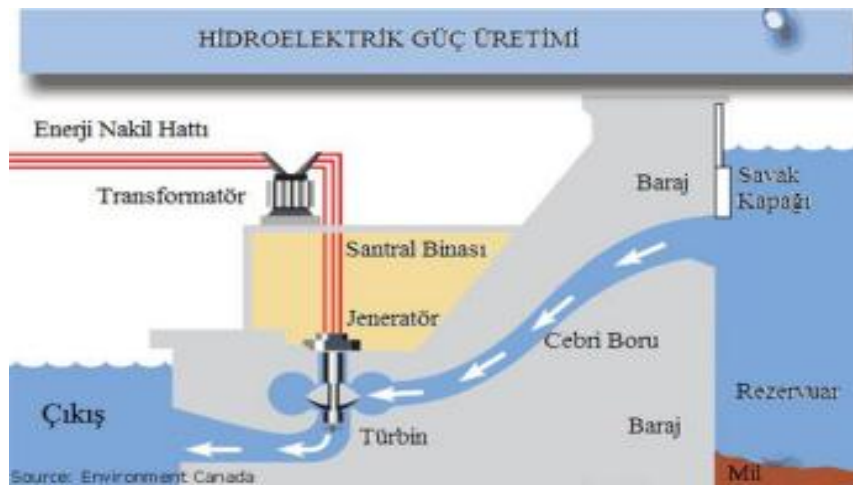
Hidrolik enerji miktarı yağış rejimlerine bağlıdır. Elektrik üretimi için yapılmış depolamalı hidroelektrik santraller bu yararlarının yanında daha birçok amaca hizmet etmektedirler. Taşkın önleme, su ürünleri geliştirme, sulama, turizm ve ulaşımı kolaylaştırma gibi. Depolamalı hidroelektrik santraller enerjinin teminatı sayılmaktadır. Bir tanımıyla enerjiyi depo etme imkanı sağlamaktadırlar. Özellikle enerjiye en ihtiyaç olunan ve talebin yüksek olduğu saatlerde ihtiyaçların karşılanmasında önemli bir işleve sahiptir. Hidroelektrik enerji yerli ve

¹³⁸ E.Casanova, “Concrete cooling on dam construction for world's largest hydroelectric power station”, January 1980

¹³⁹ Tekno Tasarım Mühendislik, Hidroelektrik Enerji ve Tribünler, syf:1

yenilenebilir olması sebebiyle dünyadaki su döngüsü var olduğu müddetçe tükenmeyecek stratejik bir enerji kaynağıdır.¹⁴⁰

Suyun döngüsü göl, atmosfer, deniz, okyanus, nehir, kara ve yeraltı sularında döngüsel şekilde taşınma işlemidir. Yoğunlaşma ve buharlaşma tepkimeleri bu döngüde yer çekimi ve güneş enerjisi ile birlikte önemli rol oynamaktadır. Hidrolik döngü hava ve toprak şatları, mevsim, zaman, jeolojik konum gibi birçok etkene bağlı olduğu için tahmini ve modellenmesi oldukça zordur. Anlık olan simülasyonlarda hidrolik dikkate alınmaz ancak uzun süreli periyotlarda gerçekleşen tahminlerde hidrolik döngü önemlidir.¹⁴¹



Şekil 3.1: Hidrolik Santral¹⁴²

“Hidroelektrik santrallerin ana bölümleri; baraj seti arkasındaki rezervuar suyu, su giriş kapıları, tüneller, cebri borular, hidrolik türbinler, generatörler, türbinden geçtikten sonra suyun dışarı aktığı kısımlar, transformatörler ve su akışını ve elektrik enerjisi dağıtımını kontrol eden yardımcı donanımlardır. Hidroelektrik santrallerde su girişinin gücü, suyun potansiyel ve kinetik enerjisinden etkilenmektedir. Rezervuardan cebri boru içine akan su, sahip olduğu potansiyel enerji ve türbine kadar kazanmış olduğu kinetik enerji ile türbini çevirir ve son aşama olan çıkışta elektrik enerjisi elde edilmiş olur. Basit bir hidroelektrik santralin yapısı üst şekilde gösterilmiştir. Cebri borular, suyu türbinlere aktaran büyük borular ya da tünellerdir. Türbinler,

¹⁴⁰ Bozkurt S., Tür R., Dünyada ve Türkiye’de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme, 4. Su Yapıları Sempozyumu syf:322

¹⁴¹ Kılıçkap, E., Hidrolik Santralin Dinamik Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007, Eke, İ., Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi ve Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004

¹⁴² Ünver Ü., Bilgin H., Güven A., Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler, Mühendis ve Makine, cilt:56, sayı:663, syf:59

akan suyun içindeki hidrolik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürürler. Transformatörler, generatörler ile üretilen alternatif gerilimi uzak mesafelere aktarmak üzere, gerilimi yükseltmek için kullanılmaktadırlar.”¹⁴³

Hidrolik türbinlerde elde edilen N türbin gücü (kw):¹⁴⁴

$$N = \frac{Q \cdot H_n \cdot \gamma}{102} \cdot \eta$$

Şekil 3.2: Hidrolik Türbinlerde Türbin Gücü

N=Türbin Gücü (kw), Q=Debi (m³/san), H_n=Net Düşüm, γ=Suyun Özgül Ağırlığı (kg/dm³), n= Verim (%)

Akarsuların hidroelektrik potansiyellerinin kullanılmasında iki tane yöntem kullanılmaktadır. İlki akarsu üzerine baraj ve gölet inşa edilerek ihtiyaçtan fazla suyu biriktirmek ve biriken potansiyel ile elektrik enerjisi üretmektedir. Diğeri de doğrudan akarsuyun doğal akım miktarının kullanılmasıdır.¹⁴⁵

Çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları gibi hidrolik enerjide de ülkelerin konumlarının büyük önemi bulunmaktadır. Sulama alanları ve coğrafi yapılar ülkelerin hidrolik enerjilerinin potansiyellerinin ölçülmesi için çok önemlidir. Hidrolik enerji için avantajlı konumdaki Vietnam, Türkiye, Brezilya ve Hindistan gibi ülkelerde ciddi kapasite artışlarına neden olmaktadır.¹⁴⁶

3.2. HİDROLİK ENERJİNİN SINIFLANDIRILMASI

Hidrolik santraller özelliklerine göre üç ana grup altında toplanabilirler.

1. Depolama Yapılarına Göre HES’ler; Depolamalı (rezervuarlı) ve Nehir Tipi (regülatör)

¹⁴³ Yumurtacı Z., Öztürk R., Hidroelektrik Enerji, Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul

¹⁴⁴ Cingi U., Hidroelektrik Santral Tesisleri ve İşletilmesi, 2019

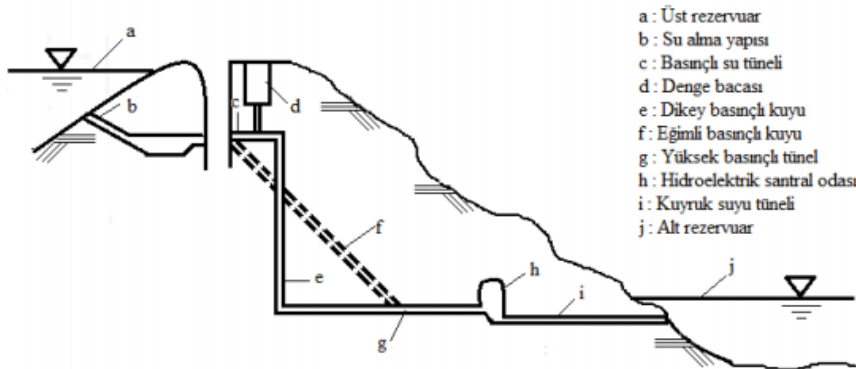
¹⁴⁵ Berkün M., Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Tasarımı ve Çevresel Boyutu Üzerine Genel Bir Bakış, syf:3

¹⁴⁶ Karagöl E., Kavaz İ., Dünya’da ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, Seta, Nisan 2017, sayı:197, syf: 13

2. Düşülerine Göre HES'ler; Alçak Düşülü ($H < 10\text{m}$), Orta Düşülü ($H = 10-50\text{ m}$ arası), Yüksek Düşülü ($H > 50\text{ m}$ den büyük düşülü)
3. Kurulu Güçlerine Göre HES'ler; Çok Küçük (mikro) kapasiteli ($< 100\text{ kW}$), Küçük (mini) kapasiteli ($100-1000\text{ kW}$), Orta Kapasiteli ($1000-10000\text{ kW}$), Büyük kapasiteli ($> 10000\text{ kW}$)

3.2.1. Depolama Yapılarına Göre HES'ler

Depolamalı (Rezervuarlı) HES: “Pompaj depolamalı HES sistemlerinde alt ve üst kısım olmak üzere iki rezervuar bulunmaktadır. Rezervuarlar nehirler, mevcut baraj rezervuarları, doğal göller, denizler veya inşa edilebilecek yapay havuzlar olabilmektedir. Enerjinin pahalı ve talebinin yüksek olduğu zamanlarda üst rezervuarlarda biriken suyun alt rezervuara iletilmesiyle beraber elektrik enerjisi üretilir. Enerji talebinin az ve ucuz olduğu zamanlarda ise tam tersi şekilde pompalar yardımıyla su alt rezervuardan üst rezervuara aktarılır. Rezervuarlı HES'lerde su alma yapısı üst rezervuarın yanında veya altında olacak şekilde yapılmaktadır. Yeraltı santralli yapılan pompaj depolamalı HES'lerde suyun iletilmesi çoğunlukla enerji tüneli ve basınçlı kuyu ile yapılmaktadır. Santral ile rezervuar arasındaki bağlantı kuyruk su tüneli ile yapılmaktadır.”¹⁴⁷ Depolamalı santrallerin yapımı maliyetli olup sermaye gerektirdiğinden genellikle ülkemizde devlet tarafından yapılmışlardır.

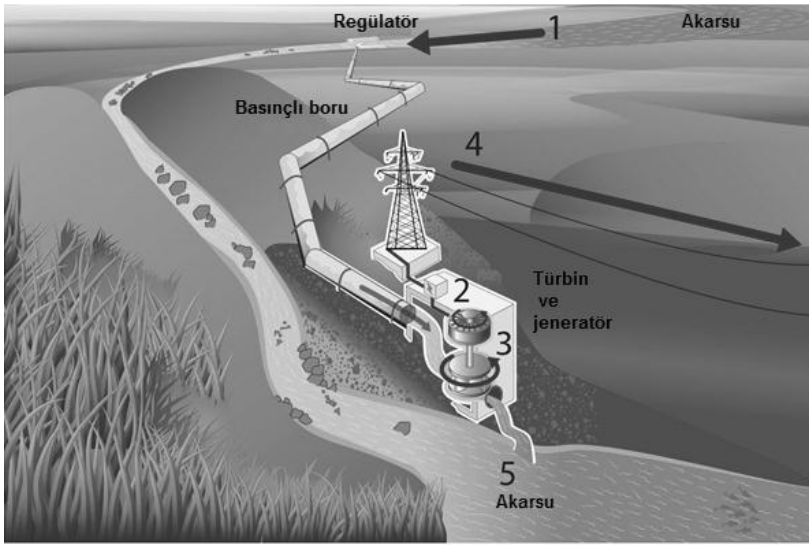


Şekil 3.3: Yeraltı Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral ve Su İletim Yapıları Tesis Şeması¹⁴⁸

¹⁴⁷ Özarlan, A. 2012. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Büyük Ölçekli Enerji Depolama Yöntemleri,” DEKTMK Türkiye 12. Enerji Kongresi, 14-16 Kasım 2012

¹⁴⁸ Ünver Ü., Bilgin H., Güven A., Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663, syf. 57-64

Nehir Tipi (Regülatör) HES: “Bu santral de nehrin suyu regülatör yardımıyla bir iletim yapısına alınmaktadır. Santral genellikle düşüyü sağlayabilmek için regülatörden uzakta bulunmaktadır. Su iletim yapısı sayesinde santrale iletildiğinde ise elektrik üretilmektedir. Birikim yapmadığı için elektrik üretimi nehrin akış hızına endekslidir¹⁴⁹ Nehir tipi HES’ler prosedürü az, maliyeti daha düşük ve yapımı kısa sürdüğünden aynı zamanda girdi maliyetleri de düşük olduğundan özel sektör daha fazla tercih edilmektedir. Küçük ve orta ölçekli santrallerdir. Nehir tipi HES’lerde santral işletmeye açıldıktan sonra nehirde ne kadar can suyu bırakacağı en önemli konudur. Ülkemizde bu oran %10’dur. Her coğrafi koşul ve akarsuyun koşulları birbirinden farklı olduğundan biyosistem tahribatına karşı uzun süreli bir inceleme gerektirmektedir.”¹⁵⁰



Şekil 3.4: Nehir Tipi Hidroelektrik Santral

3.2.2.Düşülerine Göre HES’ler

Alçak Düşülü ($H < 10m$) HES: Düz arazilerde genellikle debisi büyük olan, yatak eğimleri az santrallerdir.

Orta Düşülü ($H=10-50 m$ arası) HES: Nehirler üzerinde kurulup çeşitli debilere sahip, uzun cebri boru sistemi olmayan santrallerdir.

¹⁴⁹ Emirzeoğlu B., Uslu S., Hidroelektrik Santralleri (Nehir Tipi), syf:4

¹⁵⁰ Berkün M., Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Tasarımı ve Çevresel Boyutu Üzerine Genel Bir Bakış, syf:5-6

Yüksek Düşümlü ($H > 50$ m den büyük düşümlü) HES: Engebeli veya dağınık araziden akan nehirler veya barajlardır. Debileri farklılık gösterir. Cebri boruları uzundur. Yaklaşım kanalları veya tünelleri bulunmaktadır.

3.2.3. Kurulu Güçlerine Göre HES'ler

Çok Küçük (mikro) kapasiteli (< 100 kW) HES: “Kırsal bölgelerde kullanılan alternatif bir enerji kaynağıdır. Mikro HES'ler ilgili alana şebeke ulaşımını ortadan kaldıracığından çoğaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu santraller genellikle şebeke ile paralel çalışarak ürettikleri enerjiyi indirici merkez üzerinden şebekeye aktarırlar. Diğer HES'lere göre daha güvenli ve tasarım ile yazılım esnekliğine sahip bir HES çeşididir.”¹⁵¹

Küçük (mini) kapasiteli (100-1000kW) HES: Mikro ve mini ölçekli HES'ler aynı özelliklileri göstermektedirler. Genellikle kırsal kesimde enerji üretimi için çok avantajlı bir seçenektir.

Orta Kapasiteli (1000-10000kW) HES: Bu santrallerden elde edilen enerji hem yerleşim yerlerine hem de nakil hatlar ile ulusal şebekelere bağlanabilmektedir. Büyük bir enerji ihtiyacını karşılayabilecek bir santraldir. En düşük kapasitesi 200 evin enerji ihtiyacını karşılayacak düzeydedir. Ülkemizde yoğun olarak kullanılan HES türüdür.¹⁵²

Büyük kapasiteli (> 10000 kW) HES: “Burada üretilen elektrik enerjisi diğer santrallerde üretilen enerji ile birlikte ulusal enerji şebekesine gönderilebilmektedir. En fazla enerji açığa çıkaran santrallerdir. 2.000 tane evin enerji ihtiyacını karşılayabilir. 10.000 nüfuslu bir kasabaya yetecek kadar enerji açığa çıkarır. Ayrıca ürettikleri enerji ile büyük ölçekli termik santrallerle aynı kategoride değerlendirilirler.”¹⁵³

3.3.HES İle Baraj Arasındaki Farklar¹⁵⁴

Barajlar da HES'ler gibi nehirler üzerine kurulan yapılardır ancak HES ve baraj arasında bazı farklar vardır.

¹⁵¹ Dalcı A., Çelik E., Arslan S. Mikro ve Mini Hidroelektrik Santralleri için Mikrodenetleyici Tabanlı Bir Elektronik Governor Sisteminin Tasarımı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(2) syf:130-135

¹⁵² <http://www.mzb.com.tr/hidro-elektrik-santralleri-hes> erişim tarihi:03/01/2020

¹⁵³ <http://www.mzb.com.tr/hidro-elektrik-santralleri-hes> erişim tarihi:03/01/2020

¹⁵⁴ <https://www.wwf.org.tr/ayak-izinin-azaltilmasi/hes-nedir2/> erişim tarihi: 04/01/2020

- Baraj yapılarında akarsuyun önü bir baraj ile kapatılarak barajın gerisinde bir rezervuar oluşturulur. HES'lerin ise barajlarda olduğu gibi biriktirmeli yapıları bulunmamaktadır. Bu özellikleriyle baraj olarak bilinen depolamalı yapılardan ayrılırlar.
- Barajlar, elektrik üretiminin yanı sıra sulama suyu depolama, içme suyu temini ve taşkından korunma gibi başka amaçlar için de inşa edilebilir. Yani bir baraj hiç elektrik üretimi amacı taşımadığı gibi bazı barajlar hem elektrik üretimi hem de sulama suyu temini gibi farklı hizmetler verebilmektedir. HES'ler ise yalnızca elektrik üretimi için inşa edilirler.
- Barajlarda akış hızı yani debi düzenlemesi yapmak mümkündür. Bu nedenle yağışsız ve kurak sezonda bile elektrik üretilebilir. HES'lerde debi düzenlemesi olmamaktadır. Santralin üreteceği elektrik enerjisi mevsimlere göre değişiklik gösterir. Yağışın ve nehir akışının fazlaştığı zamanlarda elektrik üretimi artarken, kurak mevsimlerde bir HES bazen hiç elektrik üretmeyebilir.

3.4.TÜRKİYE'DE HİDROLİK ENERJİNİN GELİŞİMİ

Anadolu topraklarında kurulan ilk baraj MÖ. 1300 yılında Hititliler tarafından inşa edilmiştir. Urartular Van'da MÖ.1000 yıllarında iki hidrolik yapı kurmuşlardır. Kurulan bu yapının bazı bölümleri günümüzde de kullanılmaktadır. Mardin iline yakın bir mesafede altıncı yy. da Dara Barajı kurulmuştur. Dara Barajı dünyada ince kemerli ilk baraj olarak tarihe geçmiştir. Osmanlı devleti döneminde yapılmış olan barajların ve sutaşıma sistemlerinin bir kısmı da hala kullanılmaktadır. 1923 yılında cumhuriyetin kuruluşundan sonra yapılan ilk baraj Çubuk-1 Barajı'dır. Başkent Ankara'nın içme suyunu temin etmek amacıyla 1930-36 yılları arasında yapılmıştır. Bunun haricinde İkinci Dünya Savaşı'na kadar sulama amacıyla yapılan küçük barajların dışında bir yapım olmamıştır.¹⁵⁵

Türkiye'de ilk hidroelektrik tesisi 1902 yılında Tarsus'ta kurulmuştur. Küçük ölçekli bir santraldir. İlk büyük ölçekli santraller ise 1913'te İstanbul'da yapılmıştır. HES ile çalışan ilk aydınlatma ve elektrik hattı 1933'te Ödemiş'te faaliyete geçirilmiştir. 1935 yılında da elektrik üretimi ile ilgili devlet birimleri kurulmuştur. Cumhuriyetin ilk yıllarında kurulu kapasite toplamı 29.66 WW olup ürettiği enerji ise 45 GWh'dir. Elektrik enerjisi Tarsus, Adapazarı ve

¹⁵⁵ Gökdemir M., Kömürcü M., Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve Hes Uygulamalarına Genel Bakış, İMO S u Yapıları Kurulu, TMH - 471 - 2012/1, syf:20

İstanbul'da üretilebiliyordu. Yeni kurulan ülkenin yalnızca sulama ve elektrik üretimi değil aynı zamanda içme suyu ihtiyacı da olduğundan baraj yapımı oldukça önemliydi.¹⁵⁶

1960 yılında enerjinin akarsulardan elde edilmesi gündeme gelmiştir. Ülkemizin bu santraller için elverişli yerlerinde HES'ler kurularak elektrik üretimine başlanmıştır. Seyhan, Sarıyar, Hirfanlı, ve Kemer santralleri bunlardandır. Bu santrallerin kurulması elektrik üretimini %350 oranında arttırmıştır. Bu sayede üretim 3560 kW saate çıkmıştır. Devletin de bu santrallere desteği ve yatırımları sayesinde üretim 1950'lerde %3,8 iken 1963 tarihinde %31,6'ya yükselmiştir.¹⁵⁷

Hidrolik enerji üretimi 1990 yılında 23,1 kWh iken 1998 yılında 42,2 milyar kWh'ye kadar yükselmiştir. Fakat 2001 yılında yaşanan kuraklık sebebiyle 24,01 milyar kWh üretim gerçekleştirebilmiştir. 2005 yılında 39,6 milyar kWh hidrolik enerji üretimi yapılmıştır. Üzerlerinde HES olan nehirlerde su gelirleri zamanla düzensizlik gösterdiğinden enerji üretimi de belli yıllarda farklılaşmaktadır.¹⁵⁸

2000'li yıllara gelindiğinde ülkemizin potansiyelinin çok daha fazla olduğu görüşleri ortaya çıkmıştır. HES'lerin serbest piyasada değerlendirilmesi için devlet eliyle ve kanunlarla teşvikler sağlanmış alım garantisi ve destekleme mekanizmaları geliştirilmiştir. Bu da özel sektörün yatırıma olan ilgisini arttırmıştır. Birçok özel şirket enerji sektörüne girmiştir ancak bu durum beraberinde çevre üzerindeki baskıyı da getirmiştir.¹⁵⁹

2001'in Mart ayında Elektrik Piyasası Kanunundan önce 3096 sayılı yasa kapsamında su ile ilgili her türlü proje Devler Su İşleri'nin sorumluluğundaydı. Suyun kullanımı, içme, enerji üretilmesi, taşkın önleme, sulama gibi konular bu kuruma bağlıydı. İlgili dönemde HES'lerin inşaat süreleri bittikten sonra uzman bir kurum olarak Elektrik Üretim AŞ.'ye devrediliyordu. 4 Ağustos 2002 tarihinde Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği ve 2 Haziran 2003 tarihinde Su Kullanım Anlaşması Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. EPDK 4628 sayılı kanun ile Devlet Su İşleri ve Elektrik İşleri Enstitüsü tarafından 2003 yılına kadar farklı aşamalarda geliştirilen HES'ler Devlet Su İşleri'nin aracılığıyla birlikte internet sitesi üzerinden özel sektörün

¹⁵⁶ Gökdemir M., Kömürcü M., Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve Hes Uygulamalarına Genel Bakış, İMO S u Yapıları Kurulu, TMH - 471 - 2012/1, syf:20

¹⁵⁷ Şataf, C. (2011), Enerji Sektöründe Kamu Yatırımlarında Fayda Maliyet Analizi Uygulaması: Hidroelektrik Santralleri Örneği, Isparta, syf:217

¹⁵⁸ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Grubu Raporu, 2006 syf:5

¹⁵⁹ Bobat, A. (2012), HES projelerinde 3E ilişkileri, Türkiye 12.enerji Kongresi, (s. 1-21), Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi syf:2

kullanım başvurusuna açılmıştır. Devletin projelerinin dışında tüzel kişiler de hidroelektrik santral projeleri geliştirerek yatırım amacıyla DSI'ye önerebilmektedirler. Önerilen HES projeleri bir ay süresince internet sayfasından yayınlanarak yeni yatırımcıların tekliflerine açılmaktadır. HES lisansı alabilmek için girişimde bulunanlardan belli kurallar istenmektedir.¹⁶⁰

25 Mayıs 2004 tarihinde de su kullanım hakkına yönelik yönetmelikte değişiklik yapılmıştır. İnşa halinde olan HES'ler özel sektöre açılmıştır. 18 Mayıs 2005 tarihinde yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanımına ilişkin kanun çıkmıştır. “2011 yılı sonuna kadar bir takvim yılı içerisinde bu Kanun kapsamında satın alınacak elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; EPDK'nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır.” (YEK 5346) “Enerji hissesi katılım payının hesabında ihaleye esas ilk ke şif bedelinin en fazla % 30 oranında artırarak hesaplanması dolayısıyla yatırımcılar teşvik edilmiştir.”(YEK5346)

1935 yılında ülkenin elektrik talebini tahmin etmek ve oluşan talebi uygun enerji kaynaklarıyla karşılamak için araştırmalar yapmak adına Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) kurulmuştur. Bu kurum 2012 yılında lağvedilmiş ve görevleri Devler Su İşleri'ne (DSİ) devredilmiştir.

3.5.TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye enerji kaynakları zengin bir ülke olmadığından kömür, petrol ve doğal gaz ithal etmek durumunda kalmaktadır. Enerji de dışa bağımlılığı azaltmak ve talebi karşılamak için de kendi öz kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Bunun için yenilebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir.

Türkiye'de 1950 döneminde yalnızca 800 GWh enerji üretimi yapılabiliyordu. 2017 yılında bu üretim 350 kat artarak yılda 280.300 GWh'ye yükselmiştir. Yıllık enerji üretiminin 465.000 GWh olması mümkündür ancak ortaya çıkan yan etkenler buna engel olmaktadır. Bunlar; kuraklık, ekonomik durgunluk, talep azlığı, arıza, bakım ve onarım, randıman vb. nedenlerdir. Türkiye'nin enerji üretiminde kapasite kullanımı %68'dir. Kapasite kullanım termik santrallerde %60 iken hidroelektrik santrallerde %75 olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde enerji üretiminin %30'u yenilebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. (%20 hidroelektrik

¹⁶⁰ Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ., & Evcimen, T. U. (2012), Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, (471), syf:22

santraller, %9 jeotermal-güneş-rüzgar, %1 biyokütle) Kalan %70'lik üretim termik (doğal gaz, linyit, kömür, petrol) santrallerden karşılanır.¹⁶¹

Ülkemizde dağlardaki küçük göller ile beraber 120'den fazla tabii göl bulunmaktadır. En büyük ve derin gölümüz Van Gölü ve ikincisi de Tuz Gölü'dür. Göllerin toplandığı dört bölge bulunmaktadır. Bunlar Göller Yöresi, Güney Marmara, Van Gölü ve çevresi, Tuz Gölü ve çevresidir. Tabii göller dışında Türkiye'de 706 tane baraj gölü bulunmaktadır. Bu barajların yüzey alanları; Atatürk Barajı 817 km², Keban Barajı 675 km², Karakaya Barajı 268 km², Hirfanlı Barajı 263 km², Altınkaya Barajı 118 km²'dir.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır.¹⁶²

Su Kaynakları Potansiyeli	
Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin yüz ölçümü	783.577 km ²
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m ³
Buharlaşma	274 milyar m ³
Yer altına sızma	41 milyar m ³
Yüzey suyu	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m ³
Yer altı suyu	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m ³
Toplam kullanılabilir su (net)	112 milyar m ³
Gelişme Durumu	
DSİ Sulamalarında kullanılan	32 milyar m ³
İçme suyunda kullanılan	7 milyar m ³
Sanayide kullanılan	5 milyar m ³

¹⁶¹ Devlet Su İşleri, 1954-2018 Su ve DSİ Raporu, syf:35

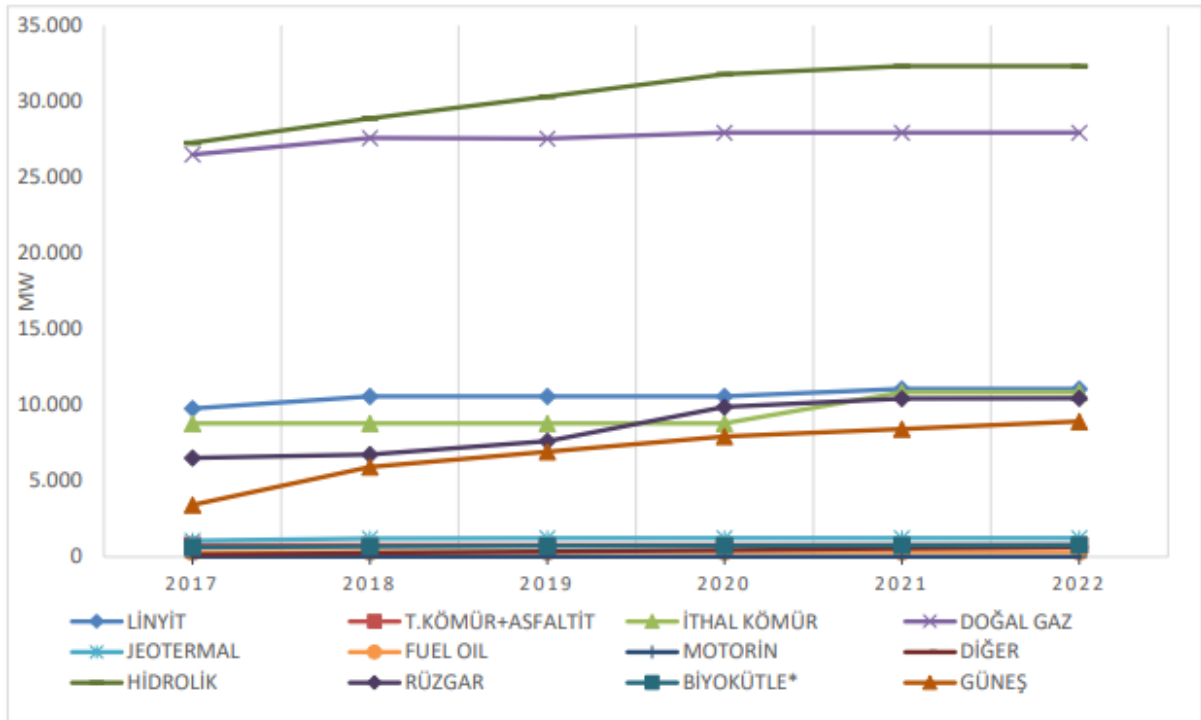
¹⁶² <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, erişim tarihi: 20/02/2020

Toplam kullanılan su	44 milyar m3
----------------------	--------------

Tablo 3.1: DSİ 2014

Yenilebilir enerjilerde teknolojik olarak gelişimi en iyi düzeyde olan hidroelektrik enerjidir. Türkiye’de de yenilenebilir enerjiler içerisinde en fazla paya sahip enerjidir. Hidroelektrik potansiyelinin yoğun olması için yüksekliğin ve yeryüzü şekillerinin etkisi belirleyicidir. Bu yüzden diğer bölgelere göre daha az yükseklik ve engebeye sahip olan akarsu akış hızlarının düşük olduğu Marmara Bölgesinde potansiyel düşüktür. Tam tersi şartlarda bulunan Doğu Anadolu ise HES’ler için en uygun bölgemizdir.

Türkiye’nin potansiyeli dünya potansiyelinin %1’i iken ekonomik potansiyeli Avrupa ekonomik potansiyelinin %16’sıdır.¹⁶³



Şekil 3.5: Kurulu Gücün Birincil Kaynaklara Göre Gelişimi¹⁶⁴

¹⁶³ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx erişim tarihi: 01/01/2020

¹⁶⁴ TEİAŞ, Türkiye Elektrik Enerjisi 5 yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2018-2022), Mayıs 2018

2018 yılı itibariyle Türkiye’de faaliyette olan 644 Hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28.423 MW olup yıllık ortalama üretimleri 99.1 milyar kWh’dir. Bu değer geliştirilen toplam potansiyelin %55’ine denk gelmektedir.¹⁶⁵

Türkiye’de 26 tane havzada yıllık akımları ortalamada toplam 193 milyar m³ olan küçük büyük çok sayıda nehir bulunmaktadır. Enerjinin potansiyelini belirleyen üç etken bulunmaktadır. Bunlar; teorik, teknik ve ekonomik potansiyel.¹⁶⁶ Hidroelektrik kaynakların mevcut üretim potansiyellerinin teknik ve ekonomik potansiyelleri hesaplanmadan sadece teorik açıdan hesaplanan potansiyelleri brüt potansiyel olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizin brüt olarak hidroelektrik potansiyeli DSİ’ye göre 433 milyar kWh dolayındadır. Ekonomik koşul göz önüne alınmadan hesaplanan ülkenin teknik koşullarına bağlı potansiyel ise teknik potansiyeldir. Teknik potansiyelimiz 215 milyar kWh civarındadır. Ülkenin brüt olarak hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilebilir bölümüne teknik ve ekonomik potansiyel adı verilmektedir. Bu alanda toplam potansiyelimiz 129,9 milyar kWh’dir. Türkiye potansiyelinin belli bir kısmını kullanmaktadır. Bu santrallerin inşa tekniklerinin geliştirilmiş olması ve enerji fiyatlarının da zamanla artış halinde olması santrallerin teknik ve ekonomik potansiyel değerini arttırmaktadır.¹⁶⁷

Hidroelektrik potansiyellerin enerjiye dönüştürülme sürecinde 28.423 MW kurulu gücün 12.556 MW’sı yani %44.2 ‘si Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen ve geliştirilen HES’lerden elde edilmiştir. 1956 yılında Seyhan I, 2012 yılında Alparslan I, 2013 yılında Akköprü, Kılavuzlu, ve Ermenek, 2014 yılında Çine Barajı ve HES ile Manyas Barajı ve HES, 2017 yılında Kiğı Barajı ve HES’in işletmesinin alınması ile DSİ tarafından inşaatı tamamlanan HES’ler, kurulu güçleri 2 MW’den küçük altı tane HES (Anamur, Erciş, Kernek, Silifke-I, Uludere, Durucasu)’le toplamda 67 adede ulaşmıştır. Toplam 12.556 MW güç ve 45.3 yıllık enerji üretimi gerçekleştirilmiştir. DSİ’nin yatırım programında bulunan 2 tane inşaatı devam hidroelektrik santralin kurulu gücü toplam 1.758 MW ve yıllık enerji üretimi ortalama 6,0 milyar kWh’dir. İnşaatı devam etmekte olan bu HES’ler bittiğinde potansiyelimiz 14.314 MW’a ya artacak, enerji üretimi 51,2 milyar kWh’a ulaşacaktır.¹⁶⁸

¹⁶⁵ DSİ 2018 Yılı Faaliyet Raporu, syf:36

¹⁶⁶ DSİ 2004

¹⁶⁷ Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ., & Evcimen, T. U. (2012), Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, (471), syf:19

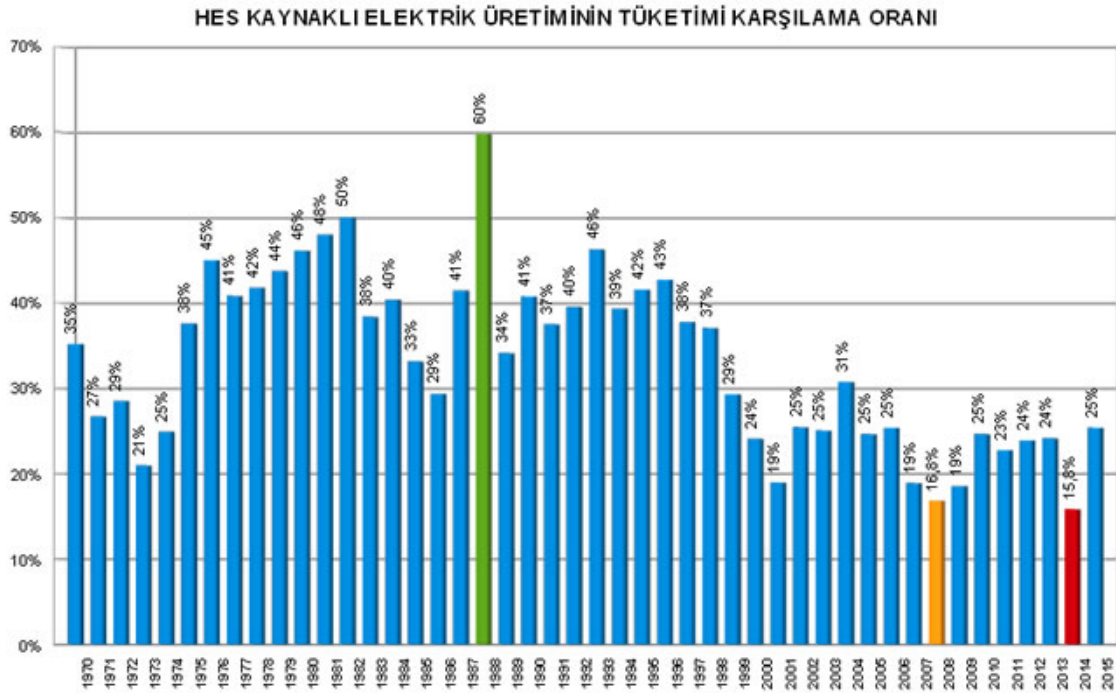
¹⁶⁸ DSİ 2018 Yılı Faaliyet Raporu, syf:36

2019 Ocak verilerine göre Türkiye’de 653 adet HES bulunmaktadır. Bunların toplam kurulu gücü 28.358,8 MW’dır. TEİAŞ 2018-2022 yıllarına ait inşaat halindeki santraller için projeksiyon aşağıdaki gibidir.

2018-2022 Projeksiyonu					
Yıllar	2018	2019	2020	2021	2022
İnşaat halindeki projelerin kurulu gücü (MW)	1.608,5	1.435,5	1.470,4	531	5,3
Tahmini toplam Kurulu Güç (MW) (inşaat + işletme)	28.882	30.317	31.787	32.319	32.324

Şekil 3.6: TEİAŞ İnşaat Halindeki HES Projelerinin Kurulu Gücü¹⁶⁹

Hidroelektrik santrallerin ülkemizdeki üretiminin tüketimi karşılama düzeyleri aşağıdaki gibidir. 1988 yılında bu oran en yüksek iken 2014 yılında en düşük düzeye gelmiştir.



Şekil 3.7: HES Kaynaklı Elektrik Üretiminin Tüketimi Karşılama Oranı¹⁷⁰

¹⁶⁹ <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/> erişim tarihi:15/02/2020

¹⁷⁰ <https://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/hidroelektrik> erişim tarihi: 05/02/2020

3.6. TÜRKİYE’DE FAALİYETTE OLAN HİDROELEKTRİK SANTRALLER

Türkiye’de faaliyette olan en büyük HES’ler;

- Atatürk Barajı ve HES: Şanlıurfa 2.405 MW
- Karakaya Barajı ve HES: Diyarbakır 1.800 MW
- Keban Barajı ve HES: Elazığ 1.330 MW
- Altınkaya Barajı ve HES: Samsun 703 MW
- Birecik Barajı ve HES: Şanlıurfa 672 MW

Türkiye’nin en önemli olan su kaynakları GAP projesinin de can damarı olan Dicle ve Fırat nehirleri ülkemiz potansiyelinin yaklaşık olarak %28,5’ini oluşturmaktadır.

GAP projesi Türkiye’nin hidroelektrik enerji kullanımının gelişiminde önemli bir dönem noktası olmuştur. 2018 yılının sonu itibarıyla GAP bölgesinde bulunan devlet ve özel sektör kaynaklı işletme ve inşaa aşamasındaki projelerinin oranı %80’dir. %20’lik kısım planlanma ve proje aşamasında olup ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bu projelerin GAP eylem planı çerçevesinde ekonomiye yıllık katkısının 4 milyar \$ olması beklenmektedir.¹⁷¹

3.6.1. Atatürk Barajı ve HES

Şanlıurfa’ya 62 km Adıyaman iline 48 km uzaklıkta Fırat Nehri üzerine inşa edilen santral GAP’ın en önemli ve büyük tesisidir. 8 adet her biri 30 MW olan generatörü ve bir tane de 5 MW gücündeki yardımcı ünitesiyle Türkiye’nin en büyük santralidir. Yıllık üretim kapasitesi 8 milyar 100 milyon kWh olarak tahmin edilmiştir.¹⁷²

Atatürk barajı ve HES’inin yapımına 1983 yılında başlanmış olup santralin ilk kısmı 1992 yılında işletmeye girmiştir. Santral Türk mühendisleri, işçileri ve firması tarafından yapılmıştır. Barajın faaliyet amacı sulama ve enerjidir. Baraj dolgu hacmi ile dünyada 6. Sıradadır. Dünyada

¹⁷¹ DSI 2018 Yılı Faaliyet Raporu, syf:48

¹⁷² <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/ataturk-hes> erişim tarihi: 15/02/2020

inşa edilmiş santrallerde 5. yapımı sürenler arasında 3. sıradadır. Aynı zamanda Avrupa'nın da en büyük barajıdır.

“Kıl çekirdekli kaya dolgu kemer tipinde inşa edilen barajın; gövde hacmi 84.500.000 m³, kret uzunluğu 1.664 m, gövde yüksekliği 184 m'dir. Maksimum işletme kotu 542 m olup bu kottaki göl hacmi 48.823 hm³ ve gölalanı ise 817 km²'dir.”¹⁷³ Yıllık ortalama su akışı 26.654 milyar m³'tür. Şanlıurfa, Ceylanpınar, Harran, Siverek-Hilvan, Mardin, ovaları ile birlikte 1,43 milyon dönüm arazi sulanır hale gelebilmektedir. Bu alanların sulamaya açılmasıyla birlikte yıllık ortalama getiri beklentisi 2,5 milyar \$'dır.¹⁷⁴



Resim 3.1: Atatürk Barajı ve HES¹⁷⁵

Baraj enerji üretimi ve sulama dışında balıkçılık faaliyetlerini de etkilemektedir. Barajların rezervuarları balıkların doğal ortamlarındaki gibi gelişebilmesine imkan sağlamaktadır. Bu aynı zamanda yöre halkına da bir geçim kaynağı sunmaktadır. Ticari balıkçılıkta farklı türde 1000 ton balığın yakalanmasıyla yıllık ortalama 1.26 milyon \$ kazanç elde edilmiştir. Aynı zamanda kafes yetiştiriciliği için de yıllık 7000 ton kapasite bulunmaktadır. Ek gelir olarak 14 milyon \$'lık potansiyel taşımaktadır. Rezervuardaki balıkçılık faaliyetlerinin GSMH'ya katkısı 15 milyon \$'ı bulabilir ve bu da 1600 kişilik istihdam oluşturmaktadır.¹⁷⁶

¹⁷³ <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/ataturk-hes> erişim tarihi: 15/02/2020

¹⁷⁴ <http://www.dsi.gov.tr/projeler/ataturk-baraji> erişim tarihi: 15/02/2020

¹⁷⁵ <http://www.ataturkbaraji.com/tr/30126/FOTOGRAFI-GALERISI> erişim tarihi: 15/02/2020

¹⁷⁶ <http://www.ataturkbaraji.com/tr/30526/FAYDALAR> erişim tarihi:15/02/2020

Ulaşım amacıyla rezervuarda feribotlar işletilmektedir. Ayrıca her yıl uluslararası su sporları festivalleri düzenlenmektedir. Sporcular festivalde SKUBA, yelken ve yüzme alanlarında yarışmaktadırlar.

3.6.2.Karakaya Barajı ve HES

Santral Diyarbakır'ın Ergani ilçesinde Fırat Nehri üzerinde GAP'ın bir parçası olarak kurulmuştur. Her birinin güçleri 30 MW olan 6 tane generatörü bulunmaktadır. Toplam 1800 MW kurulu güce sahip olup yıllık kapasitesi 7,5 milyar kWh'dir. Yapımına 1976 yılında başlanmış ve 1987 yılında işletmeye açılmıştır. Türkiye'nin ikinci en büyük hidroelektrik santralidir.

“Tek eğrilikli beton kemer tipinde inşa edilen barajın; gövde hacmi 2 milyon m³, temelden yüksekliği 173 m, kret uzunluğu 462 m'dir. Maksimum su seviyesindeki göl hacmi 9.242 hm³ ve gölalanı ise 282.780.500 m²'dir. Santralde inşaat derzleri ile ayrılmış olarak her biri 300 MW gücündeki türbin generatöre ait altı adet ünite bloğu, sol sahil tarafında montaj bloğu, sağ sahil tarafında da sağ yan blok bulunmaktadır. Her bir ünite bloğunda türbin-generator grubu ile birlikte ana transformatör ve yardımcı makine elektrik teçhizatı yer alır.”¹⁷⁷



Resim 3.2: Karakaya Barajı ve HES¹⁷⁸

¹⁷⁷ <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/karakaya-hes> erişim tarihi: 18/02/2020

¹⁷⁸ <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2019/05/20/karakaya-baraj> erişim tarihi: 20/04/2020

Karakaya HES'in kurulduğu tarihten bu yana 2019 yılına kadar 217.948.041.220 kWh enerji üretmiştir. Bu enerji üretiminin 2019 yılının birim fiyatları ile ekonomiye katkısı 93.826.631.743 TL olmuştur.¹⁷⁹

Karakaya Barajı ve HES ürettiği elektrik ile günlük 2.014.597 kişinin ihtiyacı olan elektriği karşılayabilir. Sanayi, metro, konut, resmi daire, aydınlatma vb. alanların hepsinde kullanılabilir. Yalnızca konut olarak değerlendirilecek olursa 2.116.926 konutun elektrik üretimini yapabilmektedir.

3.6.3.Keban Barajı ve HES

Keban barajı ve HES Elazığ iline bağlı olup Karasu ve Murat nehirlerinin birleştiği Fırat nehrinin en dar boğazlarından birinde bulunmaktadır. 1330 MW kurulu gücü bulunan barajda yılda 6,6 milyar kWh elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Ülkemizin ilk dev yatırımlarından biridir. İnşa edildiği yıllarda Türkiye'nin elektrik ihtiyacının %20'sini karşılamaktaydı. Türk mühendislerin inşa ettiği ilk büyük barajdır.

Barajın projesi 1930'da tasarlanmıştır. Yapımına 1963'te başlanan barajın ilk temeli 1965'te atılmış ve santralin ilk dört ünitesi 1974'te faaliyete geçmiştir. Diğer dört ünite de 1982 yılında tamamlanmıştır. Santral sekiz ünitesiyle 1330 MW güç üretmeye başlamıştır.¹⁸⁰

Baraj bölgedeki taşkınları önlemekte ve balıkçılığın gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Atatürk Baraj gölünden sonra Türkiye'nin en büyük ikinci yapay gölüdür. Gölün etrafında eğlence ve mesire alanları da vardır. Feribot sayesinde Elazığ ve Tunceli arası geçiş yapılabilir.

¹⁷⁹ <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2019/05/20/karakaya> erişim tarihi:18/02/2020

¹⁸⁰ <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/keban-hes> erişim tarihi:20/02/2020



Resim 3.3: Keban Barajı ve HES¹⁸¹

Santral 5.794.927.279 kWh elektrik üretimi ile günlük 1.750.733 kişinin ihtiyacını karşılayabilmektedir. Konut, sanayi, çevre aydınlatması gibi her türlü elektrik ihtiyacında yararlanılabilir. Sadece konut cinsinden ürettiği elektriğe bakılacak olursa günlük 1.839.659 evin tüketimine yetecek enerji açığa çıkarır.¹⁸²

Baraj inşasından bu yana ekonomiye 60 milyar TL'den fazla katkı sağlamıştır. 2015 yılında TEİAŞ verilerine göre ülkenin 260 kWh elektrik tüketiminin %1.87'si Keban tarafından karşılanmıştır. Aynı yıl ülkemizde elektrik üretiminin %26'sı HES'lerden elde edilmiştir. Bu oran içerisinde Keban'ın payı %7,8'dir.

3.6.4. Altınkaya Barajı ve HES

Altınkaya barajı ve HES Samsun'da Kızılırmak üzerinde bulunur. Hirfanlı ve Kesikköprü barajlarından sonra yapılmış üçüncü barajdır. Kızılırmak havzasındaki barajların en büyüğüdür. 702,550 MW kurulu gücü ile yıllık 1 milyar 632 milyon kWh enerji üretebilmektedir.

İnşası 1980'de başlayan santral 1987 yılında tamamlanmıştır. Toplam dört ünitesi bulunmaktadır. Bunların iki tanesi 1987 diğer ikisi 1988 yılında faaliyete geçmiştir.

¹⁸¹ http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ erişim tarihi:25/02/2020

¹⁸² <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/keban-barajı.html> erişim tarihi:20/02/2020

HES’te üretilen 380 kV enerji hatlar yardımıyla Amasya Kayabaşı ve Çarşamba Şalt Sahalarına iletilmektedir. 154 kV enerji ise Bafra Şalt Sahalarına ve Derbent HES’e aktarılmaktadır.



Resim 3.4: Altinkaya Barajı ve HES¹⁸³

Türkiye’nin dördüncü büyük santralidir. 921.970.402 kWh elektrik enerjisi üretimi ile 278.541 kişinin günlük enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Konutların ihtiyacında ise 292.689 evin enerjisini üretebilir.

3.6.5. Birecik Barajı ve HES

Birecik Barajı ve HES Şanlıurfa ve Gaziantep illeri arasında Birecik ilçe merkezi yakın bir konumda Fırat Nehri üzerine inşa edilmiştir. Her bir tanesi 112 MW olan 6 adet generatörü bulunmaktadır. Santral 672 MW kurulu güce sahip olup yıllık enerji üretim kapasitesi 2,5 milyar kWh olarak öngörülmüştür.

HES’in yapımına 1996 tarihinde başlanmıştır ve yapımı beş buçuk yılda tamamlanmıştır. Santralin ilk ünitesi 2000 yılında altıncı ve son ünitesi 2001 yılında faaliyet geçmiştir.¹⁸⁴ Baraj 3 Ekim 2016 yılında yap-işlet-devret modeli ile EÜAŞ’ye devir edilmiştir.

¹⁸³ <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/altinkaya-hes> erişim tarihi: 30/03/2020

¹⁸⁴ <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/birecik-nizip-hes> erişim tarihi: 30/03/2020

Birecik baraj gölü aynı zamanda bölgede turizm gelirlerini arttırmak için de önemli bir faktör durumundadır. Bunun için bölgede ek bir turizm projesi oluşturulmuştur. Bu kapsamda;¹⁸⁵

- Kùltür turizmini desteleme ile turizmi çeşitlendirmek
- Konaklama sürelerinin uzatılması ve sürekli hale gelmesi
- Arkeolojik, doğal, kültürel ve tarihi değeri koruyarak turizm amaçlı kullanımlarının sağlanması
- GAP bölgesi ve Fırat Nehri çevresinin potansiyeli yüksek turizm alanlarını tanıtmak,
- İstihdam ve gelirleri yükseltmek,
- Yerel halkta kùltür ve turizm bilinci oluşturmaktır.



Resim 3.5: Birecik Barajı ve HES¹⁸⁶

Tesis ùlkemizin beşinci büyük santralidir. 1.877.947.871 kWh ile 567.356 kişinin günlük hayatta ihtiyaç duyduğu elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Yalnız konut elektrik üretimine

¹⁸⁵ <http://www.gap.gov.tr/birecik-baraj-golu-nehir-turizmi-projesi-sayfa-83.html> erişim tarihi:30/03/2020

¹⁸⁶ <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/birecik-nizip-hes> erişim tarihi:30/03/2020

bakıldığında 596.174 konutun elektriğini temin edebilecek kapasiteye sahiptir. Türkiye'deki elektrik tüketiminin yaklaşık %0.5'ini üretmektedir.¹⁸⁷

3.7.HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVREYE ETKİLERİ

İnsan ve doğa kavramlarının kesişme noktasında çevre yer almaktadır. Biri diğeri olmadan sürekliliğini devam ettirebilirken diğerrinin ona kesinlikle muhtaç olması söz konusudur. Çevre bu iki aktörün etkileşiminde en önemli olan ve süreklilik gerektiren bir kavramdır.¹⁸⁸

Çevre sorunlarına baktığımızda hiçbir çevre sorununun kendiliğinden ortaya çıkmadığını söyleyebiliriz. İnsanlık tarihi ve gelişmeleri dikkate alındığında özellikle sanayi devrimiyle beraber çevre üzerindeki baskının, değişimlerin ve tahribatın çok yoğun olduğu görülmektedir.

Ülkemizin çevre sorunları ile yüzleşmesi gelişmiş olan ülkelere göre daha sonra olmuştur. 1950'li yıllardan itibaren sanayileşme ile birlikte çevre kirliliği ortaya çıkmaya başlamış ve 1970'li yıllarda daha hissedilir duruma gelmiştir. 1961 anayasası ile birlikte sanayileşme plana bağlanmış ve ikinci kalkınma planında da çevre konusuna değinilmiştir. İkinci kalkınma planından sonraki tüm kalkınma planlarında çevre ve çevre sorunlarına daha geniş yer vermeye başlanmıştır.

Tarihsel açıdan çevre sorunları çevrenin doğal dengesini bozan ve yaşayan canlıları olumsuz etkileyen sonuçlar olarak ifade edilebilir. Ekolojik dengenin veya ekosistemin bozulmasına neden olan etkenlerdir. Çevre sorunlarının genel sebepleri sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve turizmdir. Hidroelektrik santrallerin de çevreye etkiler muhakkaktır.

Hidroelektrik santrallerin çevreye olan etkileri üç aşamada değerlendirilebilir.

- İnşaat aşamasındaki olası etkiler
- Su tutulması ve işletme aşamalarındaki olası etkiler
- Kapanış sonrası olası etkiler

¹⁸⁷ <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/birecik-barajı.html> erişim tarihi: 01/04/2020

¹⁸⁸ Parlak, B. (2004). Çevre-Ekoloji-Çevrebilim: Kavramsal Bir Araştırma. M. C. Marin, & U. Yıldırım içinde, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar, s.15 İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Fiziksel çevre üzerinde; arazi kullanımı, erozyon, toprak kalitesi, zemin emniyeti, depremsellik ve sismik risk, gürültü, hava kalitesi, hidrojen ve su kullanımı, patlama atıklar malzeme ocakları ile ulaşım yollarına etkileri bulunmaktadır.

Biyolojik çevre üzerinde; flora ve vejetasyon, karasal fauna, sucul faunaya etkileri vardır.

Sosyoekonomik çevre üzerinde ise; altyapı ve ulaşım, peyzaj, sağlık koşulları, ekonomi ve demografi, kamulaştırma ve yeniden yerleşim ile tarihi ve kültürel varlıklara etki yaratmaktadır.

Etkiler maddeli olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir,¹⁸⁹

Arazi Üzerine Etkiler

- Tarım arazilerinin kayıpları
- Yerleşim yeri kayıpları
- Kültürel alan kayıpları
- Topografya değişimi
- Orman arazileri kayıpları
- Korunan alan kayıpları

Ekolojik Etkiler

- Habitat kayıpları
- Fauna kayıpları
- Flora kayıpları
- Yüzey sularına etkiler

¹⁸⁹ Satılmış M., Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi, FORUM 2009 Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, 13-15 Kasım 2009, Trabzon, syf:152-153

- Su ortamındaki canlılara olabilecek etkiler
- Toprağa ve tarımsal üretime olan etkiler
- İklim değişikliği üzerine etkiler
- Sosyo-Ekonomik çevre üzerine etkiler
- Mansapta olan etkiler
- Madenler ve diğer fosil kaynaklar üzerine etkiler
- Gürültü ve titreşim etkileri
- Jeolojik etkiler
- Peyzaj değeri yüksek olan yerlere etkiler
- Jeolojik etkiler ve zemin etkileri

3.7.1. Hidroelektrik Santrallerin Değerlendirilmesindeki Aşamalar

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın maddelerine göre bir hidroelektrik santralin proje aşamasında değerlendirilmesi için pek çok yön bulunmaktadır. Bu kural ve maddeler HES'lerin olası etki ve tahribatlarının öngörülebilmesine yöneliktir.

- Santralin ekosistem değerlendirme aşamasında yapacağı faaliyetler sonucu alandaki flora ve faunaya etkilerinin araştırılması ve gerekli tedbirlerin belirlenmesi,
- Alandaki ekosistem çeşitliliği ve özellikleri göz önüne alınarak habitatın etkilenme durumlarının tespit edilmesi. Habitatın tipine göre hassaslık, nadirlik ve koruma önceliği gibi durumların meteorolojik veriler kullanılarak değerlendirilmesi,
- Alandaki ekosisteme göre oluşturulan Ekosistem Değerlendirme Raporu sonuçlarına istinaden bırakılması gereken can suyu miktarı ve Su Hakları Raporuna göre de bırakılması gereken kadim su debi değerlerinin aylara göre yatakta olması gereken su miktarının raporda yer alması,

- Arazi yapısına göre patlamanın gerekli olup olmadığının raporda yer alması,
- Mevsimsel akışlı dereler ile santral iletim kanallarının kesişmemesi için su geçişinin olduğu noktalara menfez yapılması,
- Eğer proje alanı topografyayı bölüyor ve insan ile hayvan geçişlerini engelliyorsa geçiş sisteminin yapılabilmesi için alanı tanıyan insanlardan yardım alınması,
- İletim hatlarının açık kanallar olması durumunda eğer yerleşim yerlerine yakın konumda ise tehlike oluşmaması adına üstünün beton ile kapatılması,
- Heyelan bölgelerinde mutlaka görüş alınması,
- Hafriyat alanları için uygunluk yazısının alınması,
- Projelerin alanlarında yapılacak ağaçlandırma, ve yeşil alan düzenlemeleri için bitki ile ağaç türlerinin belirlenmesi ve ne kadar olacağı, nasıl yapılacağıyla ilgili Peyzaj Planının yapılması,
- Depolamalı ve depolama olmayan HES’lerde ÇED raporlarında ve ÇED raporu gerektirmeyen durumlarda DSİ tarafından uygun görülen şekilde kadim su ve hakları ve tahsisli su yatağının dere yatağına kesintiye uğramadan bırakılması,
- Sucul habitat ve bu habitatta yaşaya canlıların devamlılığı için nehir ve baraj gibi HES’lerde uygun balık geçişlerinin yapılması ve yapılamadığı durumlarda alternatifler geliştirilmesi,
- Santral için kesilecek ağaç miktarının heyelan oluşumuna yol açıp açmayacağının değerlendirilmesi¹⁹⁰

3.7.2.Çevresel Etkilerin Tahribatları

Hidroelektrik santrallerin enerji üretim çeşitleri arasında doğaya en az zarar veren yöntemlerden biri olduğu söylenmektedir. Bir taraflı baktığımızda üretim sırasında herhangi bir zehirli atık oluşturmamaktadır. Bu halde fosil yakıt kullanan enerji santrallerine göre CO2 yani sera gazı

¹⁹⁰ T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hidroelektrik Santraller, ÇED, syf:2-4

salınımı çok düşük bir seviyededir. Jeotermal, rüzgar ve güneş kaynaklarıyla birlikte yenilenebilir enerjide en fazla kullanılan enerji üretim şekillerinden biridir. Ancak doğaya verdikleri zararlar ile görüldüğü kadar temiz bir enerji kaynağı değildir. Özellikle inşaat aşamasında çevresel etkileri çok yoğun olabilmektedir. Santrallerin bünyesindeki regülatörler de su alma yapılarıyla bir baraj gibi davrandıkları için akarsuların bütünlüklerini bozmaktadır. Yapıları itibarıyla suyu aldıkları ve yeniden akarsuya verdikleri alan arasında suyun büyük bir miktarını aldıkları için doğal akım yönünü değiştirirler.¹⁹¹

Hidroelektrik santraller ile barajlar ekolojik, iklimsel, hidrolojik ve sosyo-kültürel etkilere neden olurlar. Özellikle nehir ekosisteminde oldukça geniş bir perspektifte etki yaratırlar. İki temel etkiden biri barajın operasyon şeklinden etkilet ikincisi ise barajın ve rezervuarının mevcudiyetinden kaynaklanan etkilerdir. Suyun bırakıldığı yerde morfolojisinin ve hidrolojisinin değişmesi, habitat çeşitliliğinin değişmesi ve su kalitesinin etkilenmesi operasyon şeklindedir. Toprağın yapısı dolayısıyla erozyon, barajın vadideki konumu ve biyolojik çeşitlilik rezervuar mevcudiyetinden kaynaklanmaktadır.¹⁹²

Hidroelektrik santrallerin istenilen kapasitede elektrik üretebilmesi için suya ihtiyaç vardır. Ülkede HES yatırımları hızlı şekilde artmaktadır. Fakat bu yatırımlar artarken nehir havzalarının durumları değişen iklim koşulları ve bu iklim koşullarının akarsu havzalarındaki olası etkileri bilimsel ve teknik olarak yeteri kadar değerlendirilmemektedir. 2014 yılında Marmara, Seyhan, Antalya, Doğu ve Batı Akdeniz havzalarında su sıkıntısından dolayı doluluk oranları %60 azalmıştır. Aynı yıl HES’lerde enerji üretimi de bir önceki yıla göre %40 azalmıştır. Türkiye’de bulunan nehir tipi HES’lerin çoğunda uzun süreli akımı göz önünde bulunduran ölçümlerin bulunmadığı da belirlenmiştir.¹⁹³

Akarsuların üzerine HES kurulması suyun akışını ve doğal yapısını bozmaktadır. Barajlı HES’ler suyu belli bir yerde toplamakta ve doğal akışını durdurmaktadır. Barajsız HES’lerde ise su borular yardımıyla yatağından taşınarak kendi doğal yolunda alınmaktadır. Akarsuların doğal yağışında meydana gelen değişiklikler bu habitat üzerindeki bütün canlıları etkilemektedir. Türkiye “Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma (BERN)” ve “Uluslararası Sulak Alanların Korunması (RAMSAR)” sözleşmeleri imzalamıştır. İlgili

¹⁹¹ Ürker O., Çobanoğlu N., Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2012, 3(2), syf:67

¹⁹² Berkün M., Aras E., Koç T., Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 452 – 2008 / 6.

¹⁹³ WWF, Türkiye’nin Su Riskleri Raporu, 2014, syf:40

sözleşmeler de sulak alanları, doğal hayatı ve canlı türlerinin yaşam alanlarını korumayı ve gözetmeyi taahhüt etmiştir. Ancak HES'ler sonucu ortaya çıkan çevresel etkiler bu taahhütlerin yerine getirilmediğini göstermektedir.¹⁹⁴

Akarsuların önünün kesilmesi suyun aşağı kısımlarında yaşayan balık çeşitliliğini ve miktarı da etkilemektedir. Mineral seviyesindeki değişim verimliliği olumsuz etkilemektedir. İnşaat esnasında dere yataklarına dökülen bırakılan hafriyatlar ve malzemeler suda göllenmelere sebep olarak tuzak göller oluşturabilmektedir. Bu sularda oluşan sıcaklık değişimi ve bulanıklık sucul organizmaların yaşam döngüsünün kırılmasına neden olabilir. Yumurtalama alanlarında oluşan kuralık ve suyun debisindeki değişiklikler yavru balıkların bu küçük göllerde kalmalarına sebep olur. Oksijen azalması ve yüksek sıcaklıkta ölümlerine neden olmaktadır.¹⁹⁵

HES türbinleri suda bulunan oksijen seviyesini olumsuz yönde etkilemektedir. Oksijeni az olan dip sularının kullanılması ve bu sulardan enerji üretilmesi sudaki DO seviyesini düşürmektedir. Baraj savakları ise suyun havalanmasını sağladığından tam tersi olarak aşırı DO doygunluğuna sebep olmaktadır. Hava azotunun doygunluk düzeyinde çözülmesi balıklar için ölümcül olmaktadır. Barajlar balıkların göç yollarını etkilediğinden biyolojik hayatı etkilemektedirler. Balıklar barajlardaki su alma yapılarından geçtiklerinde türbinlerde zarar görmektedirler. Balıkların zarar görmemesi için su alma yapılarının çevresinin ızgaralarla örtülmesi gerekmektedir. ABD'de balıkların göçleri sırasında santrallerin çalışmaması da uygulanan yöntemlerdendir.¹⁹⁶

Nehir ve kıyı bölgesindeki ekosistemin yapısal ve fonksiyonel olarak varlığını devam ettirebilmesi için gerek olan su miktarı ve suyun kalitesine çevresel akış denir. Yıllık ortalama akış, düşük akımlar ve düzensiz taşkın olaylarını kapsar. Can suyu yani ekosistem suyu akarsulardaki doğal yaşamı devam ettirecek ekolojik eşik olarak kabul edilmektedir.¹⁹⁷

Alanda can suyu olarak bırakılan su ise kuvvetli bir yağış olduğunda suyun önünde set oluşturan bitki örtüsünün yaşaması için yeterli olmayacaktır ve bu durum bitki örtüsünün kurumasına neden olacaktır. Hafriyatlar nedeniyle daralan ve bitki örtüsü yok olan dere yataklarında bahar aylarında sellerin oluşması kaçınılmaz olmaktadır. Santrallerde elektrik üretimi için alınan

¹⁹⁴ Şenlik İ., HES'lere Yeşil Enerji Sorgusu, Elektrik Mühendisliği, 2013 Mayıs, Sayı:447, syf:47

¹⁹⁵ Kocabaş N., Başçınar N., Kutluyar F., Aksu Ö., HES'ler ve Balıklar, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 128-131, 2013, syf:129

¹⁹⁶ Philip W. B., 1991, The Debate over Large Dams: The Case Against, Civil Engineer

¹⁹⁷ Environment Act., 1999. Environmental Flow Guidelines, Australia

sudan sonra geri bırakılan can suyunun yapısı da önem teşkil etmektedir. Biyolojik, fiziksel ve kimyasal değişimler akarsudaki sucul ekosistem için çok önemlidir. Bırakılan suyun sıcaklığı ve oksijen miktarı sucul ekosistem yaşamının ciddi oranda etkiler.



Resim 3.6: Alakır Vadisi¹⁹⁸

Akarsuların kenarlarında yaşaya canlılar çok sayıda bitki türü taban suyundan yararlanmaktadır. Taban suyu da yüzeye yakındır ve yüzey suyu ile karışmaktadır. Birbirleri ile etkileşim halinde oldukları için yüzey suyu miktarında ve akışındaki değişiklikler taban suyunu etkileyecektir. Akarsuyun etrafındaki nem oranını etkilediğinden orada yaşayan canlıların yaşamlarını olumsuz etkiler. Yine akarsu etrafındaki ormanlık alan, bahçeler ve meyve bahçeleri bu durumdan olumsuz etkilenirler.¹⁹⁹

Nehirlerin önüne setler çekilmesi akarsuyun aşağıdaki bölümünde toprağın suda bulunan ve suyun taşıdığı yararlı minerallerden eksik kalmasına sebep olacaktır. Bundan dolayı ek bir gübreleme ihtiyacı doğmaktadır. Ayrıca bu mineraller denize de ulaşamadığı için denizdeki canlıların yaşamını ayrıca olumsuz etkilemektedir. Setler baraj göllerinin de dolmasına sebep olur. Akarsuların geçtiği yerlerde çevre sistemini önemli derecede etkilemektedir. Buharlaşma miktarları arttığından yağışlar, rüzgarlar ve sıcaklık dahi değişime uğramaktadır. Etraftaki doğal bitki örtüsü ve karasal ile sucul hayvanların varlığı değişime uğramaktadır.²⁰⁰

Dik ve sarp yamaçlar toprak kayması ve erozyon için risk içermektedir. HES'lerin inşaat aşamalarında yeni yollar açıldığından yaban habitatını etkilemektedir. Yine inşaat aşamasında ağaçlar kesildiğinden ormanlık alanlarda azalma yaşanmaktadır. Bu durum yer altı ve taban

¹⁹⁸ <https://www.yesilist.com/hesten-once-hesten-sonra/> erişim tarihi:19/05/2020

¹⁹⁹ Muluk Ç., Turak A., Yılmaz D., Zeydanlı U., Bilgin C., Hidroelektrik Santral Etkileri Uzman Raporu, TEMA Vakfı Doğa Koruma Merkezi, Kasım 2009, syf:56

²⁰⁰ Kültür Ömer Faruk, "Enerji ve Çevre İlişkisi", Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan Mayıs-Haziran, 2004.

suyunda önemli farklılığa yok açtığından hidrojeolojik yapıyı ciddi oranda etkiler.²⁰¹ Türkiye’de HES inşaatlarından erozyonu önlemek için genel olarak teraslama yönetimi kullanılmaktadır. Bu yöntem dar alanlarda yapıldığından dolayı dik olan ve bitki örtüsünden yoksun yerlerde erozyon ve toprak kayması risklerini önlemek için yetersiz kalmaktadır.

Türkiye’nin özellikle Kuzeydoğu bölgesi bitki zenginliği olarak çok önemli bir bölgedir. Hidroelektrik santrallerin bitki örtüsünde yarattığı ve yaratabileceği etkiler doğrudan tahribata sebep olur. Tahribat orman ve diğer doğal ekosistem bölünmesi ve akarsu sistemine bağlı olarak yaşamını devam ettiren vejetasyonunun tahrip edilmesidir.²⁰²

Santrallerin inşaat ve işletme süreçleri doğa ve insanlarda geri dönüşü mümkün olmayacak sonuçlar doğurmaktadır. Enerji üretiminin yarattığı pozitif etki çevresel ve sosyoekonomik etkilerin gerisinde kaldığında sürdürülebilir bir enerjiden bahsedemeyiz. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynakları her zaman sürdürülebilir olamamaktadır. Özellikle HES’lerde sürdürülebilir gelişim için dengeli bir planlama gerekmektedir.²⁰³

Çevresel olarak HES’ler ve barajların yapılacakları yer seçiminde önemli olan unsurlar; ekosistem hassasiyeti, baraj gövdesinin bulunduğu yerdeki biyolojik çeşitlilik, akarsu yataklarında yapılan değişiklikler sonucunda karasal ve sucul ekosistemlerin etkilenmesidir. Santrallerde enerji tüneli varsa akarsu yatağı derinleştirilir ve su tünelden geçirilir. Enerji tüneli erozyon ekosistem kaybı, heyelan gibi çevresel riskleri azaltsa da özellikle akarsu kenarındaki sucul ekosistemler için yine tahribat yaratır. Bu yüzden proje alanı ve çevresi hassas bir şekilde değerlendirilmelidir.²⁰⁴

²⁰¹ Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3(2)

²⁰² Sezen I. , Patan E., Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri: Doğankent (Giresun) İlçesi Aslancık Barajı ÖRNEĞİ Uluslararası Karadeniz Havzası Halkbilimi Araştırmaları Derneği, 2 Haziran 2015, syf:44

²⁰³ Hidroelektrik Enerjisi ve Türkiye, Yenilebilir Enerjinin Sürdürülebilirliği, WWF

²⁰⁴ Kırkağaç U., Barajlar ve Hidroelektrik Santrallerde Çevresel Etki Değerlendirme, Harran Üniversitesi, syf:1



Resim 3.7: Rize Senoz Vadisi²⁰⁵

HES'lerin inşaatları sırasında ortaya toz, gürültü, trafik ve hava kirliliği ortaya çıkmaktadır. İnşaatlar sırasında ortaya çıkan hafriyatlarda ayrı bir sorun teşkil etmektedir. Eğimli olan yamaçlarda ortaya çıkan hafriyat dere yatağına dökülebildiğinden dere yatağının yapısını önemli ölçüde etkilemektedir. HES kurulumundan sonra ise dere yatağında bulunan suyun kullanılması regülatörler ile HES'ler arasındaki suyu azaltmaktadır.²⁰⁶ Yine inşaat sırasında ortaya çıkan işçi kaynaklı atıklar ve inşaat içi açılacak yollar çevre kirliliğine neden olmaktadır.

İnşaat aşamasında HES'lerde yok miktarda hafriyat açığa çıkmaktadır. Özellikle tünel ve kanallar fazlaca hafriyata sebep olur. Santrallerin tanıtımlarında bu çıkan hafriyatların inşaat dolgu malzemesi olarak kullanılacağı belirtilmektedir. Fakat hem çıkan hafriyat çok fazla olmaktadır hem de santral alanı dik ve ormanlık yerlerde olduğu için çıkan hafriyatların nerede depolanacağı ayrı bir sorunu ortaya çıkarır. Bu malzemelerin özellikle Karadeniz bölgesinde usulsüz şekilde dere yataklarına bırakıldığı da gözlemlenmiştir. Santral alanındaki dere yataklarının darlığı ve arazilerin eğimli oluşu değerlendirildiğinde çıkan fazla miktardaki hafriyat için aynı sonuçların ortaya çıkması öngörülebilmektedir.²⁰⁷

HES inşaatlarında çoğu zaman dinamit patlatmak toprak ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Çıkan gürültü canlı yaşamını ciddi derece olumsuz etkilemektedir. ÇED raporlarında da bu gürültünün yaban hayatı üzerindeki etkisinin göz ardı edildiği görülmektedir. İnşaat sırasında oluşan tozlar yaprakların üzerini kaplamaktadır. Bu durum bitkilerin ışık geçirgenliğini

²⁰⁵ <https://www.yesilist.com/hesten-once-hesten-sonra/> erişim tarihi:19/05/2020

²⁰⁶ Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) "Türkiye'de Hidroelektrik Santraller'in Durumu (HES'ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi", Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3(2) syf:67

²⁰⁷ Muluk Ç., Turak A., Yılmaz D., Zeydanlı U., Bilgin C., Hidroelektrik Santral Etkileri Uzman Raporu, TEMA Vakfı Doğa Koruma Merkezi, Kasım 2009, syf:50

etkilediğinden fotosentez hızlarını düşürmekte ve dolayısıyla büyümelerini olumsuz etkilemektedir.²⁰⁸

Hidroelektrik santrallerin işletiminde toprak, su ve havanın doğal akışları yavaş yavaş veya birden değişmeye başlamaktadır. Santraller kitlesel ölümlere, büyük tutarda maddi hasarlara ve salgın hastalıklara sebebiyet vererek toplum için risk oluşturur.²⁰⁹

Paydaşlar	Hidroelektrik Sektöründeki İşlevleri	Hidroelektrik sektöründen Kazanç Sağlama	HES projesinin uygulandığı alana bağlılık derecesi
Kamu Kurum/ Kuruluşları	Karar alma, uygulama, izleme ve denetim süreçlerinde yasal sorumluluk ve yetki	+ (Lisans, izin ve kaynak kullanım bedeli gibi gelirler)	-
Özel Sektör (yatırımcı ve yüklenici firmalar)	Hidroelektrik sektöründe yatırım yapma, inşaat ve işletme süreçlerinde yer alma	+ (Üretilen elektriğin satışından elde edilen gelir)	+/- (+: Akarsu seviyesinin iklim değişikliği vb. nedenlerle düşmesi durumunda elektrik üretiminin azalması)
Sivil Toplum Kuruluşları	Doğa koruma konusunda faaliyet yürütme, alan ve tür savunuculuğu yapma	-	+/- (+: Bazı STK'lar yöreden olduğu için alana bağlılıkları bulunabilmektedir.)
Akademi/ Araştırma Kuruluşları	Hidroelektrik ve/ veya doğa koruma konuları ile ilişkili bilimsel çalışmalar yürütme	+/- (+: HES projelerinde döner sermaye üzerinden akademik uzmanlık sunmaktan kaynaklanan kazançlar)	-
Kredi veren Kurum/ Kuruluşlar	Hidroelektrik yatırımlarına kredi desteği sağlamak/ destek için gereken koşulların çerçevesini çizme	+ (Yatırımcının kredi geri ödemelerinden sağlanan kazanç)	-
Çevre Danışmanlık Firmaları	Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporları kapsamında projelerin olası olumsuz etkilerini belirlemek ve etkilerin bertarafı/ azaltımı için tedbirlerin çerçevesini çizmek	+	-
Karbon Kredisi Sertifikalandıran Kurum/ Kuruluşlar	Karbon emisyonu azaltımına katkı veren projelere sertifika ve/ veya danışmanlık vermek/ sertifika için kriterler geliştirmek	+	-
Yöre Halkı	Projelerden doğrudan, olumlu (yeni iş imkânları vb.) ve/ veya olumsuz (çevre kirliliği, su kalitesinde bozulma, ormansızlaşma, gürültü vb. etkilerden kaynaklı) etkilenen gruplar	+/- (+: Yöre halkının projelerde çalıştığı durumlar)	+

Şekil 3.13: Türkiye’de Hidroelektrik Santrali İle İlgili Paydaşlar²¹⁰

HES’lerin çevresel etkilerine bakıldığında enerji sektörünün HES yatırımlarının ticari hayatı zenginleştirdiği, istihdamı arttırdığı, turizm ve ormancılık gibi faaliyetler ile birlikte tarımı da olumlu yönde etkilediği ifade edilmektedir. Ancak buradaki en önemli noktalardan biri HES’lerin inşaat, arazi kullanımı ve işletmeleri sırasında belirli sayıda personel çalıştığı ve bu personellerin de kalifiye özelliklere sahip olduğundan sektör dışından geldiğidir. Ayrıca sel ve

²⁰⁸ Turhan E., Çağatay H., Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel ve Sosyal Etkileri: Alakır Vadisi Örneği, 4.Su Yapıları Sempozyumu, syf:70

²⁰⁹ Akkaya A., Akkaya Koca E., Dağdaş A., “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, Su Vakfı Yayınları, 16-18 Ekim 2002, İstanbul

²¹⁰ Türkiye’de Hidroelektrik Sektöründe Paydaş Analizi, WWF, syf:11

toprak kaymaları, ekosistem, doğal hayat ve karbon döngüleri değerlendirildiğinde etkilerin daha da olumsuz olduğu görülmektedir.²¹¹

HES'lerin sosyal etkileri için arazi edinme süreçleri ve arazi sahipleri üzerindeki etkiler göz önüne alınır. Büyük su biriktirme yapılarına sahip projeler çevre alandaki yerleşim yerlerinin de su altında kalmasına neden olduğundan yeniden bir yerleşime neden olur. Böyle durumlarda ÇED raporlarında yerleşim yerlerinin kamulaştırılmasıyla ilgili kararlar bulunmaktadır. Yeniden yerleşim süreci en çok yöre halkını etkilediğinden projeden halkın en az etkileneceği şekilde sürece halkı dahil ederek planlama yapılması gerekmektedir.²¹² Örneğin; Türkiye'nin en büyük santrallerinden Ilısu Barajı Hasankeyf ilçe merkezinde 199 köyden 85'inin tamamen sular altında kalması söz konusudur. Bu 55 bin kişinin evini ve toprağını kaybetmesine yok açacak ve 15 bin kişinin de göç etmesini gerektirecektir. En önemlisi Hasankeyf bölgesinin 12 bin yıllık bir geçmişe sahip çok önemli bir sit alanı olmasıdır. Hasankeyf ile birlikte 289 arkeolojik sit alanı da bu projeden olumsuz etkilenecektir. Hasankeyf UNESCO'nun Dünya Mirası listesinde aranan on özellikten dokuzuna sahip evrensel bir değerdir.



Resim 3.8: Hasankeyf Eski ve Yeni Hali²¹³

²¹¹ Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) "Türkiye'de Hidroelektrik Santraller'in Durumu (HES'ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi", Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3 syf:69

²¹² Kırkağaç U., Barajlar ve Hidroelektrik Santrallerde Çevresel Etki Değerlendirme, Harran Üniversitesi, syf:1

²¹³ <http://www.batmanolaygazetesi.com/haber-hasankeyf-te-su-seviyesi-yukseliyor-10876.html> erişim tarihi: 18/05/2020

2000 yılından sonra yasal değişiklikler ile özel sektöre de hidroelektrik enerji üretebilmesi ve satılması için yetki verilmiştir. Bu yöntem ile özel sektör akarsu havzalarının büyük bir kısmını kontrol etme ve yönetme yetkisine sahip olmuştur. 2010 yılından itibaren özellikle HES projelerinde yoğun bir artış yaşanmıştır. Enerji faaliyetinde bulunmayan birçok şirket uluslararası finans şirketleri ile ortaklıklar kurarak santral projelerine katılmaya başlamışlardır. HES projeleri aynı zamanda bu şirketlere nehir suları üzerinde egemenlik hakkı yaratmıştır. HES projeleri suyun ticari bir meta olarak elde tutulması için bir araç durumuna gelmiştir.²¹⁴

Dünya bankası hidrolik enerji üretiminde küçük barajların çevreye daha az zarar verdiğini ve bu sebeple büyük barajların yenilebilir enerji olarak kabul edilemeyeceğini savunmaktadır.

3.7.3.Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporları

Çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) raporları yapılması planlanan projelerin çevreye yaratacağı olumlu ve olumsuz etkilerin ortaya konulması için hazırlanır. Olumsuz olabilecek etkilerin de en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılmasını hedefler. Seçilmiş olan alan ve teknolojik alternatiflerin belirlenerek değerlendirilmesi ve sonrasında izlenerek kontrolünün sürdürülmesidir.²¹⁵

İnsanların ve diğer canlıların hayatları boyunca karşılıklı ilişki içerisinde oldukları sosyal, ekonomik, fiziki, biyolojik ve kültürel ortam çevredir. Çevresel Etki Değerlendirme raporları yapılması planlanan bir projenin hayata geçmesi halinde ve geçtikten sonraki süreçte bulunduğu çevreye yapacağı olası etkilerin tahmini olarak değerlendirilmesi işlemidir. Bu raporların amacı sosyal ve ekonomik gelişmelere engel olmadan çevre değerlerinin ekonomik politikalar karşısında korunmasıdır. Projenin neden olabileceği tüm olumsuz etkilerin önceden tespiti ve tedbirlerin alınmasını sağlamaktadır.

Çevre terimi anayasamıza ilk olarak 1982 yılında girmiştir. 1983'te Çevre Kanunu ile birlikte çok sayıda yönetmelik yürürlüğe girmiştir. 2872 sayılı kanuna göre 10. Maddede çevre sorunlarına neden olabilecek bir faaliyetin gerçekleşmesinden önce kurum ve kuruluşlara ÇED raporu hazırlama yükümlülüğü getirmiştir. ÇED yönetmeliği ise 1983 anayasasından tam on yıl sonra 1993 yılında çıkarılmıştır.²¹⁶

²¹⁴ Şenlik İ., HES'lere Yeşil Enerji Sorgusu, Elektrik Mühendisliği, 2013 Mayıs, Sayı:447, syf:46

²¹⁵ <https://ced.csbgov.tr/ced-uygulamaları-i-82207> erişim tarihi:18/05/2020

²¹⁶ DSİ, Su ve DSİ, 1954-2018 raporu, syf:186

Su ile ilgili yönetmelikler;

- Su Kirliliği Kontrolü
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği
- Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik
- İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalite Yönetmeliği
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
- Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik
- Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği

Su depolama tesislerinde 10milyon m3 göl hacmi ve üzerinde olan baraj ve göller ile 25 MW kurulu gücü olan nehir tipi santraller ÇED raporu hazırlamaya tabidir. 25MW kurulu güç olan nehir tipi santaller ve 5 milyon m3 ve üzeri göl hacmi olan baraj ve göletler seçme ve eleme kriterlerine tabi olan projelerdir.²¹⁷

*ÇED Raporu,*²¹⁸

- EK-1 listesinde yer alan projeler
- EK-2 listesinde yer alan projeler

EK-1;

- 10 milyon m3 ve üzerinde göl hacmi bulunan gölet ve barajlar

²¹⁷ DSİ, Hidroelektrik Enerji Üretiminde Özel Sektör, 27 Ekim 2011, syf:18

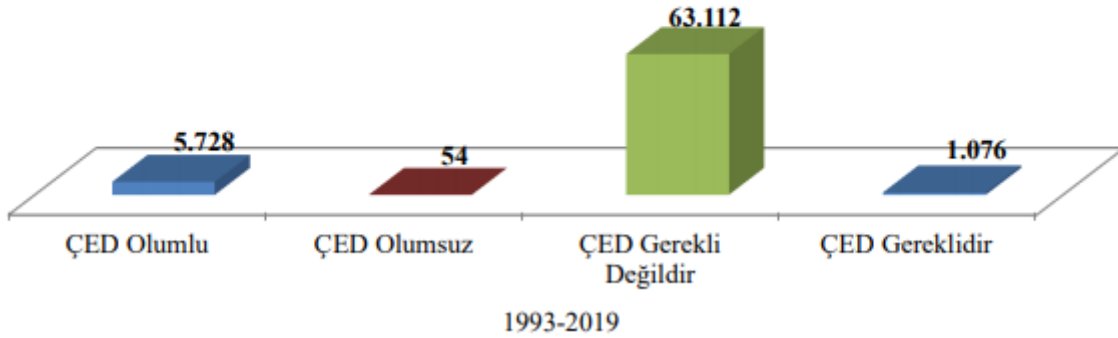
²¹⁸ DSİ, Su ve DSİ, 1954-2018 raporu, syf:187

- 10 milyon m³/yıl üzerinde olan yeraltı ve yeraltı suyu çıkarma depolama projeleri
- Kazı ve döküm alanı olarak toplam 25 hektar ve üzerinde çalışma alanında olan açık işletmeler
- Yıllık 400.000 ton ve üzerinde yıkama, eleme, cevher hazırlama ve kırma gibi işlemlerden en az bir tanesini yapan tesisler
- 100 milyon m³/yıl ve üzerinde borular ile içme suyu taşıyanlar dışında akarsu havzaları arasındaki su aktarma projeleri
- 10 MW ve üzeri kurulu güce sahip nehir tipi santraller
- 30.000m³/gün ve/veya kapasitesi 150.000'e eşdeğer kişi olan atık su arıtma tesisleri

EK-2;

- 5 milyon m³ üzerinde göl hacmi olan baraj ve göletler
- 1 milyon m³/yıl üzerinde olan yeraltı ve yeraltı suyu çıkarma depolama projeleri
- Ek-1'de yer almayan madenlerin çıkarılması
- Ek-1'de bulunmayan su aktarma projeleri
- Ek-1'de bulunmayan yıkama, kırma, eleme tesisleri
- 1 ila 10 MW arasında kurulu gücü olan nehir tipi santraller
- Malzeme çıkarma kapasitesi 50.000 m³ olan dip tarama projeleri
- Daima akış halinde olan akarsu yataklarında 5 km üzerinde düzenlemenin planlandığı projeler
- 10.000-30.000 m³/gün ve/veya 50.000-150.000 kişiye eşdeğer kapasitesi olan su arıtma tesisleri

ÇED KARARLARI



Şekil 3.14: İlk ÇED Yönetmeliği'nin yayımlandığı 1993 yılından 2019 yılı sonuna kadar verilen ÇED Kararları²¹⁹

17 Temmuz 2008 tarihli 26939 sayılı kanunla EK-2 kapsamına giren projeler belirlenmiştir ve bu projeler ön ÇED raporunun hazırlanmasına tabidir. Bu raporun sunumu yöre halkına yapılır ve halk bilgilendirilir. İlgili tarihten önceki projeler ise ÇED sürecinden muaf kalmaktadır. ÇED yönetmeliğinin 6. maddesinde ilk olarak Su Kullanım Hakkı Anlaşması yapıp elektrik üretim lisansı verilmesi akabinde ÇED sürecinin başlatılması uygun bir sıralama olmamaktadır. Projelerin öncelikle ÇED raporları hazırlayıp akabinde lisanslarını alabilmeleri esas olmalıdır. ÇED değerlendirmesinin sürecin en sonuna bırakılmasıyla yatırımcılar tüm masraf ve giderleri yaptığından ÇED süreci EPDK onayına dönüşmektedir.²²⁰

“ÇED gerekli değildir” kararı olan hidroelektrik santrallerde halkın bilgilendirilmemesi ve santral ile ilgili sunum yapılmaması sorun teşkil etmektedir.

ÇED raporlarında elektrik iletim hatları bulunmamaktadır. Santraldeki elektriğin iletilmesi için hatların kurulması gerekmektedir. Fakat bu hatların kurulması ile ilgili çevresel etkiler ÇED raporlarına eklenmemektedir. İletim hatları üst toprak katmanı ve bitki örtüsüne pek çok zarar vermektedir.²²¹

²¹⁹ https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/menu/ced-karar-1993-2019_10022019_20200210095300.pdf erişim tarihi:18/05/2020

²²⁰ Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3,, syf:72

²²¹ WWF, 10 Soruda Hidroelektrik Santraller, 2013, syf:12

Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) 2004 yılında AB’de yasal hale gelen yeni bir değerlendirme çeşididir. SÇD ÇED raporundan daha detaylı bir rapordur. SÇD proje bazında tekli değerlendirmeden farklı olarak planın bütününe program ve politikaları kapsayacak şekilde hazırlanmaktadır. Çevresel etkileri de bütünsel incelemektedir.²²² Türkiye’de SÇD 8 Nisan 2017 yılında ilgili yönetmelik yayınlanmıştır.

3.7.4.ÇED Yönetmeliği

Madde 6: Bu Yönetmeliğe tabi projeler için “Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu” kararı veya “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir” kararı alınmadıkça bu projelere hiçbir teşvik, onay, izin ve yapı ve kullanım ruhsatı verilemez, proje için yatırıma başlanamaz ve ihale edilemez.

Madde 19: “ÇED Olumlu” kararı alınmaksızın başlanan faaliyetler Bakanlıkça, “ÇED Gerekli Değildir” kararı alınmaksızın başlanan faaliyetler ise mahallin en büyük mülki amiri tarafından süre verilmeksizin durdurulur. "ÇED Olumlu" ya da "ÇED Gerekli Değildir" kararı alınmadıkça yatırıma ilişkin durdurma kararı kaldırılmaz. “ÇED Olumlu" ya da "ÇED Gerekli Değildir" kararı alınmaz ise, yatırımcı faaliyet alanını eski haline getirmekle yükümlüdür. 2872 sayılı Çevre Kanununun ilgili hükümlerine göre işlem tesis edilir.

Madde 14–(4): "ÇED Olumlu" kararı verilen proje için yedi (7) yıl içinde mücbir sebep bulunmaksızın yatırıma başlanmaması durumunda "ÇED Olumlu" kararı geçersiz sayılır.

Madde 16-(3):“ÇED Gerekli Değildir” kararı verilen proje için beş (5) yıl içinde mücbir sebep bulunmaksızın yatırıma başlanmaması durumunda “ÇED Gerekli Değildir” kararı geçersiz sayılır.

Geçici Madde 2–(1): 23/6/1997 tarihinden önce kamu yatırım programına alınmış olup, 29/5/2013 tarihi itibarıyla üretim veya işletmeye başlamış olan projeler ile bunların gerçekleştirilmesi için zorunlu olan yapı ve tesisler Çevresel Etki Değerlendirmesi kapsamı dışındadır.

²²² WWF, 10 Soruda Hidroelektrik Santraller, 2013, syf:12

Geçici Madde 3–(1): “Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin ilk yayım tarihi olan 7/2/1993 tarihinden önce üretime ve/veya işletmeye başladığı belgelenen projeler Çevresel Etki Değerlendirmesi kapsamı dışındadır.”

3.7.5.Çevresel Etkilerinin Azaltılması İçin Alınması Gereken Önlemler

Hidroelektrik santrallerin çevreye birçok alanda çok yönlü etkisi bulunmaktadır. Bu etki ve tahribatların azaltılması için alınması gereken önlemler vardır. Önlemlerin alınması santrallerin tahribatlarının da azalmasına sebep olacaktır. Önlemler aşağıdaki gibidir;

- ÇED raporlarının yüksek kalitede hazırlanması,
- Özellikle nadir habitat alanlarının korunması,
- Biyolojik çeşitliliğin fazla olduğu alanlarda baraj ve santral inşa edilmemesi,
- Deniz ve karadaki sıcak noktalarda inşa yapılmaması,
- Tarımsal verimliliğin yüksek olduğu alanlardan uzak durulması,
- Alandaki biyoçeşitliliği destekleyen araştırma yapılması,
- Su kalitesinin korunması ve kirletilmesinin önlenmesi,
- Mevsimlik akış düzenin korunması ile birlikte debi miktarını da sağlanması,
- Alandaki göç yolları üzerine santral inşa edilmemesi,
- Çevresel kirlenmenin önlenmesi,
- Göç eden canlılar için araştırmaların yapılması ve devamlı izlenebilmesi için sistem oluşturulması,
- Hem karada hem suda koruma alanlarının oluşturulması,
- Yeni ve eski barajlarının etkilerinin araştırılması ve yapılan barajın durumunun buna göre değerlendirilmesi ile kümülatif etkinin raporlanması,

- Santrallerin kontrol ve türbin sistemlerinin iyileştirilmesi,
- Arazi peyzajının yapılması ve hidrolik durumun araştırılması,
- Arazinin pilot analizinin yapılması,
- Ömrü dolan barajların devre dışı bırakılması,
- Çevre standartlarına uygun kontrollerin mutlaka düzenli ve sistematik biçimde yapılması²²³

1.1.HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN EKONOMİDEKİ YERİ

Türkiye, İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri içerisinde 15 yıllık dönemde enerji talebi en çok artan ülke durumuna gelmiştir. Keşif edilmiş doğal gaz ve petrol rezervlerinin %70'ine sahip olan bölgede yer alan Türkiye en büyük doğal gaz ve elektrik pazarlarından biridir.²²⁴

Türkiye'nin enerji stratejisinin temel unsurları aşağıdaki gibidir:

1. Artan enerji talebiyle birlikte ithalat bağımlılığı göz önüne alınarak enerji güvenliği ile bağlantılı olan faaliyetlerin öncelikli konuma getirilmesi,
2. Çevre hassasiyetinin sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde enerji zincirinin her aşamasında sürdürülmesi,
3. Liberalleşme ve reform sağlanarak rekabetçi ve şeffaf bir piyasanın oluşturulması, verimliliğin ve üretimin artırılması,
4. ARGE çalışmalarının enerji teknolojileri için artırılması,

Bu amaçla;

²²³ Berkün M., Aras E., Koç T., Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerine Oluşturduğu Etkiler, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri / Sayı: 452 - 2008/6, syf:46-47

²²⁴ http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa erişim tarihi:01/05/2020

- İthal edilen hidrokarbon enerji kaynaklarından olan doğam gaz ve petrolün tedarik edilmesinde güzergah ve kaynakların çeşitlendirilmesi,
- Yenilenebilir ve yerli enerji kaynaklarının payının arttırılması,
- Enerji verimliliğinin arttırılması,
- Nükleer enerjinin enerji kaynakları arasına dahil edilmesi amaçlanmaktadır.²²⁵

Türkiye enerjide büyük bir oranda dışa bağımlı bir ülkedir. Bu sebeple çevresindeki enerji üreticilerinden yararlanarak jeo-stratejik konumuyla bulunduğu bölgenin enerji ticaretinde merkez ülkesi olmayı hedefler. Bu amaca yönelik olarak da bölgede petrol ve doğal gaz boru projelerini yapmış ve yapılmasına da öncülük etmiştir.

	2015	2016	2017	2018	2019	Değişim %
GENEL İHRACAT	150.982	149.247	164.495	177.169	180.836	2,1
GENEL İTHALAT	213.619	202.189	238.715	231.152	210.343	-9,0
DT Hacmi	364.601	351.436	403.210	408.321	391.179	-4,2
DT Dengesi	-62.637	-52.942	-74.221	-53.984	-29.508	-45,3
İhracat/İthalat (%)	70,7	73,8	68,9	76,6	86,0	
ENERJİ İHRACATI	5.148	3.380	4.799	5.810	8.447	45,4
ENERJİ İTHALATI	38.652	27.465	37.655	43.613	41.731	-4,3
Enerji DT Hacmi	43.800	30.845	42.454	49.423	50.179	1,5
Enerji DT Dengesi	-33.503	-24.085	-32.856	-37.804	-33.284	-12,0
İhracat/İthalat (%)	13,3	12,3	12,7	13,3	20,2	
Enerji İhracat Payı %	3,4	2,3	2,9	3,3	4,7	
Enerji İthalat Payı %	18,1	13,6	15,8	18,9	19,8	
ENERJİ HARIÇ İHRACAT	145.834	145.867	159.695	171.359	172.389	0,6
ENERJİ HARIÇ İTHALAT	174.968	174.724	201.060	187.539	168.612	-10,1
Enerji Hariç DT Hacmi	320.801	320.591	360.756	358.898	341.001	-5,0
Enerji Hariç DT Dengesi	-29.134	-28.858	-41.365	-16.180	3.776	-123,3

²²⁵ http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa erişim tarihi:01/05/2020

İhracat/İthalat (%)	83,3	83,5	79,4	91,4	102,2	
Enerji Hariç İhracat Payı %	96,9	97,7	97,2	96,7	95,3	
Enerji Hariç İthalat Payı %	81,9	86,4	84,2	81,1	80,2	

Tablo 3.2: Enerji Dış Ticaret Gelişmeleri²²⁶

Ülkemiz enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke değildir. Doğal gaz, petrol, kömür ithal etmek zorunda kalmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için Türkiye'nin enerji ihtiyacın güvenli bir şekilde ülkedeki kaynaklardan elde etmesi gerekmektedir. Türkiye bu kaynağı jeopolitik konumu sebebiyle de elverişli olduğu için hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılaması gerekmektedir.

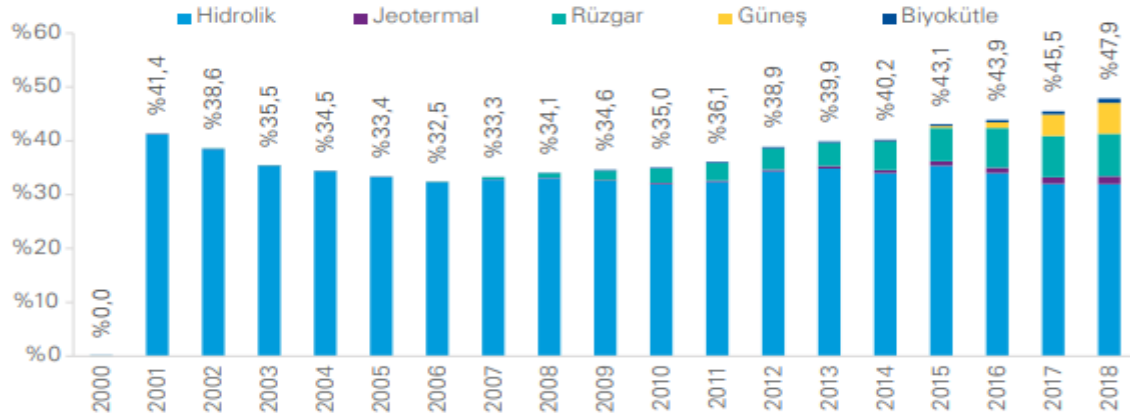
Türkiye'nin 2019 yıl sonu itibariyle enerji talebinin 315,2 milyon MWh olacağı tahmin edilirken kurulu güç potansiyelinin ise 93 bin MW³ seviyesine yükseltilmesi için çalışılmaktadır. Ülkenin kurulu güç kaynaklarına bakıldığında fosil yakıtlar ve yenilenebilir kaynakların aynı oranda olduğu görülmektedir. Santrallerin aynı oranda olması Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına verdiği önemi göstermektedir. Kurulu güç yatırımları yenilebilir enerji lehine pozitif yönlü artmaktadır.²²⁷

- Türkiye'de tüketilen enerjinin %70'den fazlası tamamen dışa bağımlı olduğumuz ithal kaynaklardan kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Türkiye'de tüketilen, doğal gazın %98'u, petrolün %92'si, kömürün %50'i ithal edilmektedir.
- Yalnızca elektrik enerjisi üretimi için ithal edilen enerji hammaddelerinin (kömür, doğalgaz) ülke ekonomisine etkisi yılda 10 milyar USD üzerindedir
- 2017 Yılında ulaşım ve ısıtma sektörleri dikkate alındığında yılda enerji hammaddeleri ithalat rakamı 37 milyar USD dolayındadır.

²²⁶ <https://ticaret.gov.tr/istatistikler/dis-ticaret-istatistikleri> erişim tarihi:25/04/2020

²²⁷ Kavaz İ., Türkiye'nin Enerjide Gelecek Vizyonu, SETA, Aralık 2019 perspektif sayı:252, syf:1-2

- 2017 Yılında toplam ithalat 234 milyar USD, bu miktarın %16'sı enerji için ithalat maddelerine ödenmektedir.



Şekil 3.15: Yenilenebilir Kurulu Gücün Toplam İçindeki Payı²²⁸

Türkiye, 26 Ocak 2009 tarihinde Bonn'da düzenlenen yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için konferansa katılmıştır. Ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarına verdiği önemi göstermektedir. Konferansta imzalanan anlaşma ile de Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı(IRENA)'nın kurucu üyeleri arasında yer almaktadır.

2018 ile 2019 yıllarında yenilenebilir enerji ve elektrik üretim sektörlerinde bazı mevzuat değişimleri ve iyileştirmeler yapılmıştır. Bunlar arasında elektrik kapasite mekanizmasının tanıtılması ve geliştirilmesi, nükleer güç santrali konusundaki gelişmeler ve Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) ile Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ve lisanssız üretim konusunda oluşturulan mevzuat değişiklikleri vardır.²²⁹

Türkiye 2019'un ilk 10 ayında üretilen elektriğin %36'sını kömürden %46'sını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmiştir. Üretilen elektriğin %17'si doğal gaz kalan kısım da diğer kaynaklardan sağlanmıştır. Elektrik üretiminde yenilenebilir ve yerli kaynakların oranı 2019 yılının ilk 10 ayında ülke rekorunu kırmış olup %64 oranında gerçekleşmiştir. Ülkemizde 2000 yıllarının başında 298 elektrik üretim santrali var iken mevcut durumda 2019 Ekim ayı itibarıyla

²²⁸ TEİAŞ, Yenilenebilir Kurulu Gücün Toplam İçindeki Payı, 2018

²²⁹ TSKB Danışma Hizmetleri, Enerji, Sektör Genel Görünüm, Kasım 2019, syf:15

8112'ye yükselmiştir. 2000 yıllarında yenilebilir olan enerji kaynaklarından elektrik üretimi 34 milyar kWh 2018'de 99 milyar kWh'ye yükselmiştir.²³⁰

Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanı Fatih Dönmez 2020 bütçe ve plan komisyonunda yenilebilir enerji ile ilgili olarak; "Yerli kömür ile rüzgar, güneş, hidrolik, jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklarımızın enerji üretim sepetimizdeki payı artırılmış ve daha da arttırılacaktır. Yenilenebilir enerji, arz güvenliği ve kaynak çeşitliliği sağlamasının yanı sıra, düşük karbonlu ekonomiye geçiş, yenilikçi yaklaşımlar ve yeni teknolojiler sayesinde sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısı bakımından da önem arz etmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretimini artırma çalışmaları küresel açıdan da ivme kazanmıştır. Küresel elektrik üretiminin yüzde 25'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edildiği dikkate alındığında ulaşılmış olduğumuz yüzde 46'lık yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretim oranı ile ülkemiz dünya ortalamasının üstünde yer almaktadır. Türkiye 24 Mayıs 2020 tarihinde de yenilenebilir enerji ile ilgili günlük bir rekora imza atmıştır. Üretilen elektriğin %90'ı yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. “ demiştir.

Türkiye'nin coğrafi yapısı yenilenebilir enerji için oldukça elverişlidir. Bu enerjiler içerisinde hidroelektrik enerji kaynaklarının geliştirilmesi bakımından da çok sayıda üstünlüğe sahiptir. Özellikle son yıllarda sanayide ve evlerde doğal gaz kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır. Sanayinin sürekli artan enerji talebi için doğal gaz ile çalışan güç santralleri kurulmuştur. Bundan dolayı enerji üretimde hidroelektriğin yeri azalmış termik santrallerin payı yükselmiştir. Geçtiğimiz 15 yılda Türkiye OECD ülkelerinde en fazla enerji talep artışı gösteren ülke olmuştur. Nüfus artışı ve ekonomik gelişme kişi başına elektrik tüketimi 3,500 kWh'ye yükseltmiştir. Enerji sektöründeki bu değişimler ülkenin termik santrallerde yeterli kaynağı olmadığı için dış ticaret açığını sürekli şekilde arttırmıştır. Dışa bağımlılığı azaltmada ülkenin en büyük kaynağı hidroelektrik enerjidir. Ülkemizdeki durgunluk dönemleri dikkate alınmaz ise elektrik tüketimi her yıl %8 ile %10 oranında artmaktadır. Artan talebi karşılamak için her yıl 7-8 milyar USD yatırım yapılması gerekmektedir. Enerji ülkelere için kritik bir öneme sahip olduğundan güvenilir ve kendine yeterli olan alternatifler üzerinde durulmalıdır.²³¹

Ülkemizde elektrik fiyatları fiyat miktar çiftleri ile formüle edilirler. Fiyat miktar çiftleri her bir saat için bir arz eğrisi ile artan sırada listelenen ve birleştirilen formülleridir. Talep eğrisi de

²³⁰ <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Haberleri/ETKB-2020-Yili-Butcesi-Plan-ve-Butce-Komisyonu> erişim tarihi: 05/05/2020

²³¹ DSİ, Su ve DSİ, 1954-2018, syf:35

aynı şekilde formüle edilir. Ve iki eğrinin kesişim noktasında Piyasa Takas Fiyatı (PTF) belirlenir. Enerji açığı veya enerji fazlası olup olmaması da dengeleme piyasasının fiyatıdır. Eğer enerji açığı var ise sistemsel olarak azami saatlik fiyat sistem marjinal fiyatı olarak isimlendirilmektedir. Fazlalık olduğunda oluşan en düşük fiyat ise Sistem Marjinal Fiyatı (SMF)'dir. 2015den itibaren 2018 yılının ikinci yarısına kadar yatay bir seyir izleyen aylık elektrik fiyatları, 2018 yılının Ağustos ayından sonra artış eğilimi göstermiştir.²³²

Elektrik fiyatları iklim şartları, ekonomi, jeopolitik konum ve santral gibi etkenlere bağlı olsa da emtia fiyatlarının değişmesine hızlı tepki göstermektedir. Türkiye yoğun enerji ithalatı yaptığı için emtia fiyatlarıyla elektrik fiyatları doğru orantılı şekilde artmaktadır. 2019 yılı Nisan ve Mayıs aylarında Brent ve PTF petrol fiyatları farklılaşmıştır. Bunun en önemli nedeni bu aylarda hidroelektrik santrallerden üretilen elektrik miktarındaki oran ile elektrik tüketimindeki azalmadır.²³³

2012 yılında enerji hammaddeleri ithalatı rekor kırarak 60 milyar USD'ye ulaşmıştır. 2012 yılından sonra 2013 ve 2014'te 55,9 ile 54,9 milyar dolara gerilemiştir. 2015 yılında ithalat 2014'e göre %37 düşmüş ve 37,8 milyar USD olarak gerçekleşmiştir. Doğal gaz ve petrol fiyatlarındaki düşmenin etkisiyle 2016 yılında 27,2 milyar USD 2017 yılında 37,2 milyar USD olmuştur. 2018'de de ithalat artışı devam etmiş ve 43 milyar USD'ye ulaşmıştır.²³⁴

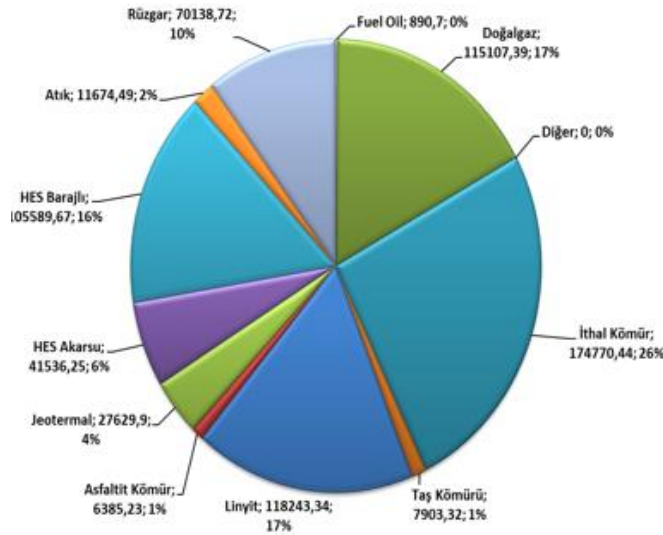
2019 yılında gerçekleşen brüt elektrik üretiminin %18,6'sı doğal gaz santrallerinden %37,2'si ise kömür kaynaklı santrallerden elde edilmiştir. 2019 yılı ilk üç çeyrekte gerçekleşen hidroelektrik santral üretiminin katkısıyla birlikte hidroelektrik santraller toplam brüt elektrik üretimi içerisinde %29,2 üretim ile doğal gaz santrallerinin üzerine çıkmıştır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş, rüzgar ve jeotermal santralleri de %13,2'lik üretim gerçekleştirmişlerdir. 2019 yılında hidroelektrik ve rüzgar santrallerinin üretimdeki paya yaptıkları katkı dikkat çekmektedir. 2019 Mayıs ayında hidroelektrik santrallerin brüt üretim içerisindeki payı %46 seviyesine yükselmiştir.²³⁵

²³² TSKB Danışma Hizmetleri, Enerji, Sektör Genel Görünüm, Kasım 2019, syf:12

²³³ TSKB Danışma Hizmetleri, Enerji, Sektör Genel Görünüm, Kasım 2019, syf:13

²³⁴ TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu, Türkiye'nin Enerji Görünümü 2019, Haziran, syf:24

²³⁵ Hakyemez C., Yanık E., Aylık Enerji Bülteni, TSKB Ekonomik Araştırmalar, Ocak 2020, syf:4



Şekil 3.16: 2020 Yılı Kaynak Bazında Kümülatif Elektrik Üretimi²³⁶

DSİ Türkiye’de hidroelektrik santral projelerinin geliştirilmesi için potansiyel, fizibilite, rapor ve projeleri incelenir ve oluşturulur. Yatırım Programlarına alınır ve inşaatı biten tesisler Elektrik Üretim Kurumu’na devredilerek işletilir. Enerji talebinin sürekli olarak artması ve büyük projelerin yapılması ödenek bulabilme sorununu ortaya çıkarmıştır. Yeterli ödenek bulunamaması projelerin gerçekleşme sürelerini de uzatmıştır. Hükümette bu kapsamda Yap-İşlet modelinden Yap-İşlet-Devret modellerine geçmiştir. Bu modeller ödenek tahsis sorunlarına çözüm bulmak ve ödenek sorunlarını özel sektöre yüklemek için yapılmıştır.

Kırsal kesimlerde HES projeleri sosyal dengenin ve ekonominin gelişmesine katkı sağlar. GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi), KOP (Konya Ovası Projesi), DAP (Doğu Anadolu Projesi) ve Çoruh havzası projesi bunlardadır. Bölgesel kalkınmada etkileri son derece önemlidir.

GAP bölge ekonomisini geliştirmeyi ve bölgede yaşayan vatandaşların gelir düzeyini arttırmayı hedeflemektedir. Ülke ekonomisine önemli katkılar sağlar. GAP iki yaklaşıma sahip bir projedir. Biri entegre planlama yaklaşımı diğeri ise sürdürülebilir kalkınma felsefesidir. Ekonomik kalkınmada itici bir güçtür. Bölgenin toplumsal refahını arttırarak yüksek gelirli istihdam olanakları yaratmıştır. İhracatın teşviki ile döviz gelir ve tasarruflarının arttırılması konusunda ulusal amaçları bulunmaktadır. Tarımsal verimliliğin artmasına ve tarımdan elde edilen gelirin yükselmesine vesile olmuştur.²³⁷

²³⁶ <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Istatistik-Raporlari> Enerji İstatistik Bülteni, 394/2020-24. Hafta

²³⁷ <http://www.gap.gov.tr/gap-in-hedefleri-sayfa-23.html> erişim tarihi: 21/05/2020

GAP bölgesi için ekonomik hedefler aşağıdaki gibidir;

- Ekonomik yapıyı geliştirerek gelir düzeyini yükseltmek,
- Diğer bölgeler ile gelişmişlik ve gelir farklılığını azaltmak,
- Kırsal alandaki verimliliği arttırmak,
- İstihdamı arttırmak,
- Bölgedeki göçü önlemek,
- Kaynakların etkin kullanımıyla ekonomik büyüme, istikrar, ihracatın teşviki gibi ulusal amaçlara katkıda bulunmak.

GAP bölgesindeki hidroelektrik santrallerin gelişimine bakıldığında ülkenin HES gelişimi için oldukça önemli ipuçları vermektedir. GAP bölgesi enerji üretim potansiyeli 37,6 Milyar kWh'dir. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretim potansiyeli 180 Milyar kWh'dir. GAP bu tutarın %20'sini oluşturmaktadır. GAP 2017 yılında 22.000 GWh enerji üretmiş olup Türkiye'nin günümüzdeki elektrik enerji üretiminin (280.000 GWh) %9'udur. Türkiye'nin HES gelişimine GAP bölgesindeki santrallerin etkisi artacaktır. Bölgede HES gelişimi %70'e ulaşmıştır.²³⁸

Tarım ve Orman Bakanı Bekir Pakdemirli;" Türkiye, enerji üretiminde özellikle son yıllarda gerçekleştirdiği atılımla yerli ve yenilenebilir kaynakların devreye sokulması yönünde önemli bir mesafe katetti. Çevreci bir enerji üretim şekli olan hidroelektrik enerjiye yönelik yatırım ve teşviklerimiz bundan sonra da sürecek. Dış ticaret açığında büyük payı olan enerji ithalatını ancak bu yolla yani yerli kaynakların devreye alınmasıyla aşabiliriz. Fırat-Dicle Havzası'nda sahip olunan potansiyelin ekonomiye kazandırılması için bugüne kadar kamu-özel sektör iş birliğiyle 23 baraj ve HES'i işletmeye aldık. Bu tesisler işletmeye alındıkları tarihten itibaren 710 milyar kilovat saat enerji üretimi yaparak milli ekonomimize yaklaşık 200 milyar lira katkı sağladı." demiştir.²³⁹

²³⁸ DSİ, Su ve DSİ, 1954-2018, syf:49

²³⁹ <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/gap-barajlarindan-ekonomiye-200-milyar-liralik-katki> haber tarihi: 05/07/2019

DAP bölgenin kalkınmasını sosyal, ekonomik ve çevresel boyutuyla ele almaktadır. Öncelikli olarak tarım sektörünün modernleşmesi ve çevresel konular değerlendirilmektedir. Ekonomik gelişme sosyal gelişmeyi de hızlandıracak için önemlidir. Ancak ekonomik gelişme de tek başına yeterli değildir. Yaşam kalitesinin de yükseltilmesi gerekmektedir. DAP kadınların statüsünün yükseltilmesi, insan kaynaklarının gelişimi, sosyal yardımlar, gelir getirici faaliyetlerin desteklenmesi ve kırsal ekonominin geliştirilmesi gibi sosyal amaçları da kapsamaktadır.

DAP bölgesi için ekonomik hedefler aşağıdaki gibidir;

- Bölge ile ülke ekonomisi arasındaki farkı azaltmak,
- Kişi başına geliri arttırmak,
- İstihdamı arttırmak,
- Bölge dışına uzun vadede göçü azaltmak ve durdurmak,
- Potansiyel olan alanlarda ekonomiyi çeşitlendirmek,
- Ortaya çıkabilecek ekonomik fırsatlar için zemin oluşturmak,
- Yerel girişimcileri desteklemek ve bölge için sermaye birikimini hızlandırmak,
- Bölgedeki ekonomik potansiyeli hayata geçirmek,
- Sürdürülebilir ekonomi yapısına ulaştırmak,
- Diğer bölgeler ile ekonomik entegrasyonu sağlamak.²⁴⁰

²⁴⁰ Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Doğu Anadolu Projesi Ana Plan, syf:1

SONUÇ

Günlük hayatımızı kolaylaştıran her alanda enerji ihtiyacımız bulunmaktadır. Kullandığımız enerji kaynakları çok çeşitlidir ve her birinin farklı etkileri ile sonuçları bulunmaktadır. Temelde ise yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak iki ana grupta toplanır. Yenilemeyen enerji doğada sınırlı rezervlere sahip olup çevresel etkileri de negatif yönlü olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise doğada sınırsız miktarda bulunur ve çevre tahribatları çok azdır. Bu yüzden ülkeler enerji ihtiyaçlarını değişen şart ve koşullara göre farklılaştırabilmektedir. Sanayi devrimi ve sonraki süreçte günümüze kadar enerji için sürekli olarak fosil kaynaklar kullanılmıştır. Fosil kaynaklar belli ülkelerde var olduğundan gelişen dünyada talebin artması arz sıkıntıları, ekonomik sorunlar hatta savaşlara bile sebebiyet vermiştir.

Değişen her şey gibi enerji talebi de bu gibi sorunlardan dolayı farklı alanlardan karşılanmaya başlamıştır. Yenilebilir enerji değişen dünyanın yeni yönelim alanlarından biridir. Her ülkenin coğrafi şart ve koşullarına göre uygun yenilebilir enerji kaynakları vardır ayrıca ekonomik ve çevresel açıdan çok daha avantajlı noktaları bulunmaktadır. Yenilebilir kaynakların aktif kullanımı fosil kaynaklara göre daha yakın geçmişe dayandığından yenilenebilir enerji kaynaklarına geleceğin enerjisi diyebiliriz. Özellikle gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sürekli artmaktadır. Enerji piyasasının en önemli konularından biri arz güvenliği olduğu için yenilebilir enerji kaynakları arz güvenliğinin sağlanmasında en iyi alternatiftir. Ülkelerin de stratejileri doğrultusunda için yenilenebilir enerji kaynak kullanımlarına ağırlık vermeye başlaması olağandır.

Türkiye fosil enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olmadığından enerjide dışa bağımlı bir durumdadır. Ayrıca ülkemizin gelişmekte olan ülkeler kategorisinde olmasından dolayı enerji talebi yüksek oranda artışlar göstermektedir. Talebin artması daha fazla ithalat gerektirdiğinden cari işlemler dengesinde negatif etki yapan en önemli kalemdir. Ayrıca enerji fiyatlarının yüksek olması ülke ekonomisinin daha fazla etkilenmesine yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı Türkiye’de yenilebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Ekonomik dengeye etkisi açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim olması doğru bir durum olduğu gözlemlenmektedir.

Türkiye coğrafi yapısı sebebiyle tüm yenilenebilir enerji kaynaklarına uygun durumdadır. Rüzgar, güneş, hidroelektrik, biyokütle, jeotermal, dalga ve hidrojen tüm enerji kaynakları

ağırlıkları farklı olmakla birlikte kullanılmaktadır. Bu enerjiler içerisinde en yüksek oranda ülkemizde kullanılan kaynak hidrolik enerjidir. Hidrolik enerji su enerjisinden yararlandığından genelde eğimli arazilerde daha yüksek verimlilik sağlamaktadır ve ülkemiz uygun koşulları sağlamaktadır. Hidrolik enerji ülkemiz gibi dünyada da en fazla kullanılan yenilebilir enerji kaynaklarından biridir.

Özellikle 2000’li yıllarda ülkede hidroelektrik enerjinin önemi daha fazla ortaya konmuş ve özel sektör de bu alanda yatırımlar yapmaya başlamıştır. Türkiye Avrupa hidroelektrik potansiyelinin de %16’sına sahiptir. Ülkemizin brüt potansiyeli 433 milyar kWh’dir. Ülkemizde çok büyük hacimli hidroelektrik santraller bulunmaktadır. Bunların başında Atatürk HES gelir ki dünyada 6. sıradadır. Yıllık 8 milyar 100 milyon kWh kapasitesi bulunmaktadır.

Hidroelektrik santraller ülke ekonomisi için çok önemlidir fakat yenilenebilir enerji kaynağı olmasına rağmen çevre zararları daimi tartışma konusu olmuştur. İnşaat öncesi ve işletim sırasında ortaya çıkan etkiler bölgelerin habitatlarında ciddi zararlara sebebiyet vermektedir. Arazi yapısı ve ekolojik denge üzerinde tahribatlar oluşturmaktadır. Ayrıca sosyal ve kültürel etki boyutlarıyla da tartışma konusu olmuştur.

Hidroelektrik santrallerin proje aşamasında çevresel etkilerinin ölçümlenebilmesi amacıyla belli büyüklükte olanlar için ÇED raporlarının hazırlanması zorunludur. Ancak ÇED raporları bulunan birçok santralde çevre olumsuz etkilerinin devam ettiği araştırma sonucunda görüldüğünden ÇED raporlarının daha titizlik ile hazırlanması gerektiği düşünülmektedir.

Arazi, doğa, bölgedeki canlı yaşamı, sosyal hayat, kültür gibi alanlarda santrallerin olumsuz etkilerinin olumlu yönlerini geçtiği gözlemlenmiştir. Santrallerin ekonomik çıktıları çalışmada belirtilmiştir ancak çevresel tahribat bu etkiyi göz ardı edemeyecek kadar büyüktür.

Ülkemizde ÇED raporlarının daha detaylı hazırlanması ve etkilerin hepsinin gerçekçi bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. HES’lerin ülke kalkınmasına ve ekonomiye etkileri muhakkak ancak 12 bin yıllık bir tarihin sular altında kalması, su altı ve üstünde yaşayan canlıların habitatların yok olması, ormanlık alanların tahribatı, yerleşik halkın göçe yönlendirilmesi de en az ekonomik artı kadar önemlidir.

ÇED raporlarının sürece katkısı daha net değerlendirilmelidir. Eğer ÇED raporları süreci değerlendirmede yetersiz kalıyor ise daha yönlü bir sistem kullanılması gerektiği kanaatine

varılmıştır. Doğal habitata zarar vermeden ülke ekonomisine katkı sağlayacak bir orta nokta bulunduğunda kuşkusuz hidroelektrik santraller ülkemiz için önemini attırmaya devam edecektir.



KAYNAKÇA

1. 2017 yılı Taş Kömürü Sektör Raporu, Mayıs 2018, syf:3
2. 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Türkiye Petrolleri, Mayıs 2019
3. AB İstatistik Kurumu, Eurostat 2009, 5
4. Adıyaman Çetin Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları, Niğde Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi 2012
5. Akkaya A., Akkaya Koca E., Dağdaş A., “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açısından Değerlendirilmesi”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, Su Vakfı Yayınları, 16-18 Ekim 2002, İstanbul
6. Akkuş İ., Alan H., Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneri Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Şubat 2016, Ankara,
7. Aras, H., “Wind energy status and its assessment in Turkey”, Renewable Energy, 28(14):2213-2220, 2003
8. Arslan F., Türkiye Coğrafi Araştırmaları, Pegem Akademi, Ankara, 2017, syf:239
9. Balat, M. (2010). Security of Energy Supply in Turkey: Challanges and Solutions. Energy Conversion and Management, 51, syf:1998-2011
10. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Doğu Anadolu Projesi Ana Plan, syf:1
11. Bayraç, H. Naci, (2010), Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye, Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma, EOGÜ Sosyal Bilimler Dergisi, syf:115-142
12. Berkün M., Aras E., Koç T., Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 452 – 2008 / 6. syf:46-47
13. Berkün M., Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Tasarımı ve Çevresel Boyutu Üzerine Genel Bir Bakış, syf:3-6
14. Binalarda Enerji Verimliliği AB ve Türk Mevzuatı, TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,
15. Biyoenerji Derneği, Biyokütle Potansiyeli Olarak Tarımsal Atıklar, 2019
16. Bobat, A. (2012), HES projelerinde 3E ilişkileri, Türkiye 12.enerji Kongresi, (s. 1-21), Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi syf:2
17. BOTAŞ, Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş., 2012 yılı sektör raporu, Bilkent, Ankara,
18. Bozkurt S., Tür R., Dünyada ve Türkiye’de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme, 4. Su Yapıları Sempozyumu syf:322
19. C. SEVİM / Journal of Yaşar University 2012 26(7) 4378 – 4391

20. Cemal Ertaş, Fizik 9 Ders Kitabı, Ankara, Paşa Yayıncılık, 2011:87
21. Cingi U., Hidroelektrik Santral Tesisleri ve İşletilmesi, 2019
22. Çalışkan Ş., Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Aralık 2009, sayı:25,
23. Çepik, B., Sürdürülebilir Kalkınma çerçevesinde Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Politikaları, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul 2015,
24. Dalcalı A., Çelik E., Arslan S. Mikro ve Mini Hidroelektrik Santralleri için Mikrodenetleyici Tabanlı Bir Elektronik Governor Sisteminin Tasarımı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(2) syf:130-135, syf:16
25. Deloitte, Biyokütlenin Altın Çağı, Şubat 2014,
26. Demir, F. (2010). Enerji Oyunu. İstanbul. Ayrım Yayınları
27. Devlet Su İşleri, 1954-2018 Su ve DSİ Raporu, syf:35
28. Dinçer M.Z. & Aslan Ö. (2008). Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi, e-Journal of New World Sciences Academy, 3(2), 152-160
29. Doğan, M. (2011). "Enerji Kullanımının Coğrafi Çevre Üzerindeki Etkileri". Marmara Coğrafya Dergisi, Ocak 2011,
30. Doğanay H., Çavuş A., 2016, Türkiye Ekonomik Coğrafyası, Ankara, Pegem Akademi
31. DSİ 2004 Raporu
32. DSİ 2018 Yılı Faaliyet Raporu, syf:36-48
33. DSİ, Hidroelektrik Enerji Üretiminde Özel Sektör, 27 Ekim 2011, syf:18
34. DSİ, Su ve DSİ, 1954-2018 raporu, syf:186-187
35. DSİ, Su ve DSİ, 1954-2018, syf:35-49
36. Dünya ve Türkiye'de Enerji Görünümü, T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Müdürlüğü, Strateji ve Geliştirme Başkanlığı, Sayı:15
37. E.Casanova, "Concrete cooling on dam construction for world's largest hydroelectric power station", January 1980
38. Ediger, V.Ş. (2007). Enerji Arz Güvenliği ve Ulusal Güvenlik Arasındaki İlişki, Enerji Arz Güvenliği Sempozyumu, Ankara
39. Eğrican N., Çetin M., Türkiye'de Güneş Enerjisinin İstihdama Etkisi, Yeditepe Üniversitesi, syf:6
40. EIA (Energy Information Administration), 2002:145
41. Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, EPDK, Ankara 2019

42. Emirzeoğlu B., Uslu S., Hidroelektrik Santralleri (Nehir Tipi), syf:1-4 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği, 2019
43. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerjisini Verimli Kullanan Bir Türkiye, Amaç
44. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Grubu Raporu, 2006 syf:1-5
45. Enerji Verimliliği Raporu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Ocak 2012, Ankara,
46. Environment Act., 1999. Environmental Flow Guidelines, Australia
47. Erdal Leman, Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, Adnan Menderes Üniversitesi, 2011, syf:15
48. ETKB, 2013 Genel Enerji Tablosu
49. Gökçe Cem, Önemli Bir Enerji Girdisi Olan Petrolün Ekonomik Kalkınma Sürecindeki Rolü,
50. Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ., & Evcimen, T. U. (2012), Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, (471), syf:19-22
51. Hakyemez C., Yanık E., Aylık Enerji Bülteni, TSKB Ekonomik Araştırmalar, Ocak 2020, syf:4
52. Hasan Ertürk, Çevre Bilimlerine Giriş, Bursa, Ceylan Matbaacılık, 1996: 15
53. Hidroelektrik Enerjisi ve Türkiye, Yenilebilir Enerjinin Sürdürülebilirliği, WWF
54. <http://www.ataturkbaraji.com/tr/30526/FAYDALAR> erişim tarihi:15/02/2020
55. <http://www.dsi.gov.tr/haberler/2019/05/20/karakaya> erişim tarihi:18/02/2020
56. <http://www.dsi.gov.tr/projeler/ataturk-baraji> erişim tarihi: 15/02/2020
57. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, erişim tarihi: 20/02/2020
58. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>
59. <http://www.gap.gov.tr/birecik-baraj-golu-nehir-turizmi-projesi-sayfa-83.html> erişim tarihi:30/03/2020
60. <http://www.gap.gov.tr/gap-in-hedefleri-sayfa-23.html> erişim tarihi: 21/05/2020
61. http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa erişim tarihi:01/05/2020
62. <http://www.mzb.com.tr/hidro-elektrik-santralleri-hes>
63. <http://www.mzb.com.tr/hidro-elektrik-santralleri-hes> erişim tarihi:03/01/2020
64. <http://www.taek.gov.tr> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
65. <http://www.tki.gov.tr/bilgi/komur//enerji-ve-komur/232>
66. http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx

67. http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx erişim tarihi: 01/01/2020
68. <https://ced.csb.gov.tr/ced-uygulamaları-i-82207> erişim tarihi: 18/05/2020
69. <https://nukleer.enerji.gov.tr/tr-TR/Bilgi-Bankasi/Nukleer-Guc-Santrallerinin-Isleyisi-Nasildir> Nükleer Enerji Genel Müdürlüğü
70. <https://sp.enerji.gov.tr/tema1.html> erişim tarihi: 23/04/2020
71. <https://ticaret.gov.tr/istatistikler/dis-ticaret-istatistikleri> erişim tarihi: 25/04/2020
72. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/menu/ced-karar-1993-2019_10022019_20200210095300.pdf erişim tarihi: 18/05/2020
73. <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/gap-barajlarından-ekonomiye-200-milyar-liralik-katki> haber tarihi: 05/07/2019
74. <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Istatistik-Raporlari> Enerji İstatistik Bülteni, 394/2020-24. Hafta
75. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Haberleri/ETKB-2020-Yili-Butcesi-Plan-ve-Butce-Komisyonu> erişim tarihi: 05/05/2020
76. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>
77. <https://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/hidroelektrik> erişim tarihi: 05/02/2020
78. <https://www.enerjiatlası.com/gunes/>
79. <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/birecik-barajı.html> erişim tarihi: 01/04/2020
80. <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/keban-barajı.html> erişim tarihi: 20/02/2020
81. <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/ataturk-hes> erişim tarihi: 15/02/2020
82. <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/birecik-nizip-hes> erişim tarihi: 30/03/2020
83. <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/karakaya-hes> erişim tarihi: 18/02/2020
84. <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller/keban-hes> erişim tarihi: 20/02/2020
85. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/> erişim tarihi: 17/03/2020
86. <https://www.onurenerji.com.tr/enerji-verimliliği/> erişim tarihi: 23/02/2020
87. <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/petrol-nedir/> erişim tarihi: 03/01/2019
88. https://www.wwf.org.tr/ayak_izinin_azaltılması/hes_nedir2/ erişim tarihi: 04/01/2020
89. https://www.wwf.org.tr/ayak_izinin_azaltılması/hes_nedir2/ erişim tarihi: 04/01/2020
90. Hutchings, Robert, Wrobel, P., Zhongping, F., Kumar, R., Sidiropoulos, E. ve Zagorski A. (2009) —Global Security in A Multipolar World, Derl: Luis Peral, Bölüm 7, —The United States and the emerging global security agenda, European Union Institute For Security Studies (EUISS), Chaillot, no:118,

91. Jamasb, T. ve Pollitt, M. (2008) —Security of Supply and Regulation of Energy Networks, Energy Policy, c. 36, s. 12, ss. 4584-4589
92. Jansen, J.C., Arkel, W.G.V. ve Boots, M.G. (2004) —Designing Indicators of Long-term Energy Supply Security, syf.1-35. ECN Policy Studies, 1/1/2004
93. Kapluhan Erol, Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Durumu, Marmara Coğrafya Dergisi, sayı:30, Temmuz 2014,
94. Karagöl E., Kavaz İ., Dünya’da ve Türkiye’de Yenilebilir Enerji, Seta, Nisan 2017, sayı:197, syf:1-13
95. Karık F., Sözen A., İskender Ü., Türkiye’de Rüzgar Enerjisinde Mevcut Durum, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1/2 (2015) 219-234
96. Kavak, K, Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Eylül 2005,
97. Kavaz İ., Türkiye’nin Enerjide Gelecek Vizyonu, SETA, Aralık 2019 perspektif sayı:252, syf:1-2
98. Kavaz İsmail, Karagöl Tanas Enes, Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, SETA, syf:8, 2017
99. Kaynak:TEİAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistik
100. Kılıç F., Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durum ve Üretim Teknolojileri, Kocaeli Üniversitesi, 2015, Cilt:56 sayı:671,
101. Kılıç R., Urgun N., Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelmenin Ülke Ekonomisine Etkileri ve Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasına Yönelik Katkıları, syf:149
102. Kılıçkap, E., Hidrolik Santralin Dinamik Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007, Eke, İ., Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi ve Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004
103. Kılıçkap, E., Hidrolik Santralin Dinamik Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007, Eke, İ., Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi ve Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004
104. Kırkağaç U., Barajlar ve Hidroelektrik Santrallerde Çevresel Etki Değerlendirme, Harran Üniversitesi, syf:1

105. Kırkağaç U., Barajlar ve Hidroelektrik Santrallerde Çevresel Etki Değerlendirme, Harran Üniversitesi, syf:1
106. Kocabaş N., Başçınar N., Kutluyer F., Aksu Ö., HES'ler ve Balıklar, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 128-131, 2013, syf:129
107. Koç Ender, Kaya Kadir, Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makina, cilt 50, sayı:008,
108. Koç Erdem, Şenel Mahmut Can, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makine cilt:54 sayı:639
109. KPMG, Enerji, Sektörel Bakış, 2019,
110. Krut B., Vuuren D.P., Van de Vries H.J.M.ve Groenenberg H. (2009) —Indicators for energy security, Energy Policy, c. 37, syf. 2166–2181, Jansen, J.C., Arkel, W.G.V. ve Boots, M.G. (2004) —Designing Indicators of Long-term Energy Supply Security, syf.1-35. ECN Policy Studies, 1/1/2004
111. Kum, H., 2009, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar”, Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, Vol. 33,
112. Kültür Ömer Faruk, “Enerji ve Çevre İlişkisi”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan Mayıs-Haziran, 2004.
113. Laponche, Bernard, Bernard JAMET, Michel COLOMBIER, Sophie ATTALI, Energy Efficiency for a Sustainable World, ICE Editions, International Conseil Énergie, Paris, 1997, syf: 17-18
114. Leiby, P. N. (2007) —Estimating the Energy Security Benefits of Reduced U.S. Oil Imports, ORNL/TM-2007/028. Rapor . Oak Ridge National Laboratory, United States
115. Meral E., Teke A., Tümay A., Elektrik Tesislerinde Enerji Verimliliği, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 14, Sayı 1, 2009,
116. Mucuk, M., & Uysal, D. (2009, Temmuz-Aralık). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. Maliye Dergisi(157), 106
117. Muluk Ç., Turak A., Yılmaz D., Zeydanlı U., Bilgin C., Hidroelektrik Santral Etkileri Uzman Raporu, TEMA Vakfı Doğa Koruma Merkezi, Kasım 2009, syf:56
118. Muluk Ç., Turak A., Yılmaz D., Zeydanlı U., Bilgin C., Hidroelektrik Santral Etkileri Uzman Raporu, TEMA Vakfı Doğa Koruma Merkezi, Kasım 2009, syf:50
119. Mutluer, Mustafa Gelişimi Yapısı ve Sorunlarıyla Türkiye’de Enerji Sektörü
120. Okur Aydın, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Ekonomik Büyümeye Katkısı, Yüksek Lisans Tezi, Amasya Üniversitesi, Temmuz 2018,

121. Özarslan, A. 2012. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Büyük Ölçekli Enerji Depolama Yöntemleri,” DEKTMK Türkiye 12. Enerji Kongresi, 14-16 Kasım 2012
122. Özarslan, A. 2012. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Büyük Ölçekli Enerji Depolama Yöntemleri,” DEKTMK Türkiye 12. Enerji Kongresi, 14-16 Kasım 2012
123. Özev, M.H., Küresel Denklemden Türkiye’nin Enerji Güvenliği, SETA,
124. Öztürk N., Bilgiç M., Arslan C., Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’deki Hidrojen Potansiyeli, Gazi üniversitesi, syf:1
125. Pamir Necdet, Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler, syf:58
126. Parlak, B. (2004). Çevre-Ekoloji-Çevrebilim: Kavramsal Bir Araştırma. M. C. Marin, & U. Yıldırım içinde, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar, s.15 İstanbul: Beta Basım A.Ş.
127. Philip W. B., 1991, The Debate over Large Dams: The Case Against, Civil Engineer
128. RİTM, 2015
129. Sağlam M., Uyar T., Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Potansiyeli, Marmara Üniversitesi, Enerji Ana Bilim Dalı, syf:3
130. Satılmış M., Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi, FORUM 2009 Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, 13-15 Kasım 2009, Trabzon, syf:152-153
131. Sevim, C. (2009). Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği ve Paradigma Değişimleri, Stratejik Araştırmalar Dergisi, 13,
132. Sezen I. , Patan E., Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri: Doğankent (Giresun) İlçesi Aslancık Barajı ÖRNEĞİ Uluslararası Karadeniz Havzası Halkbilimi Araştırmaları Derneği, 2 Haziran 2015, syf:44
133. Siemens, Enerji Santrallerinde İç Tüketimi Azaltmak İçin Fanlarda Enerji Verimliliği, Siemens.com.tr
134. Şahin, Ü., Aşıcı, A. A., Acar, S. Gedikkaya Bal, P., Karababa, O. ve Kurnaz, L. (2015). “İklim Değişikliği, Ekonomi ve Sağlık Açısından Türkiye’nin Kömür Politikaları”. Kömür raporu, Kasım 2015
135. Şataf, C. (2011), Enerji Sektöründe Kamu Yatırımlarında Fayda Maliyet Analizi Uygulaması: Hidroelektrik Santralleri Örneği, Isparta,
136. Şataf, C. (2011), Enerji Sektöründe Kamu Yatırımlarında Fayda Maliyet Analizi Uygulaması: Hidroelektrik Santralleri Örneği, Isparta, syf:217
137. Şenlik İ., HES’lere Yeşil Enerji Sorgusu, Elektrik Mühendisliği, 2013 Mayıs, Sayı:447, syf:47

138. Şenlik İ., HES'lere Yeşil Enerji Sorgusu, Elektrik Mühendisliği, 2013 Mayıs, Sayı:447, syf:46
139. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hidroelektrik Santraller, ÇED, syf:2-4
140. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2015-2019 Stratejik Planı, Kasım 2017
141. TEAİŞ
142. TEİAŞ, Türkiye Elektrik Enerjisi 5 yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2018-2022), Mayıs 2018
143. Tekno Tasarım Mühendislik, Hidroelektrik Enerji ve Tribünler,
144. Tekno Tasarım Mühendislik, Hidroelektrik Enerji ve Tribünler, syf:1
145. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu, Türkiye'nin Enerji Görünümü 2019, Haziran, syf:24
146. TSKB Danışma Hizmetleri, Enerji, Sektör Genel Görünüm, Kasım 2019, syf:15
147. TSKB Danışma Hizmetleri, Enerji, Sektör Genel Görünüm, Kasım 2019, syf:12
148. Turhan E., Çağatay H., Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel ve Sosyal Etkileri: Alakır Vadisi Örneği, 4.Su Yapıları Sempozyumu, syf:70
149. Tutar F., Eren M., Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye,
150. TÜREB, 2017
151. Türkiye Jeotermal Derneği, Türkiye'de Jeotermal, 2019
152. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Temmuz 2019 Raporu
153. Türkiye'de Hidroelektrik Sektöründe Paydaş Analizi, WWF, syf:11
154. Türkiye'de Hidroelektrik Sektöründe Paydaş Analizi, WWF, syf:11
155. Tüsiad, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesine İlişkin Tüsaid Değerlendirmeleri, 12 Kasım 2008,
156. Uysal F., Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori ve Matris Yaklaşım, Ekonometri
157. Ültanır, M.Ö., "Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'de Hidrojene Geçiş Sorunları", Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Bildirileri-1, s.549-563, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî komitesi, İzmir, 1995
158. Ünver Ü., Bilgin H., Güven A., Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663,
159. Ünver Ü., Bilgin H., Güven A., Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663, syf. 57-64

160. Ürker O., Çobanoğlu N., Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2012, 3(2)
161. Ürker O., Çobanoğlu N., Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2012, 3(2), syf:67
162. Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3(2)
163. Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3(2) syf:67
164. Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3 syf:69
165. Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2012) “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:3., syf:72
166. Ürün E., Soyu E., Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme, 2016, syf:38
167. Van Der Meulen, E.F. (2009) (2009) —Gas Supply and EU-Russia Relations, EuropeAsia Studies, c. 61, s.5,
168. Winzer, Christian (2012). Conceptualizing Energy Security. Energy Policy,
169. World Resources Institute, www.wri.org/climate, 2001
170. WWF, 10 Soruda Hidroelektrik Santraller, 2013, syf:12
171. WWF, Türkiye’nin Su Riskleri Raporu, 2014, syf:40
172. Yılmaz, O., Yenilebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl: 2, Sayı: 2
173. Yumurtacı Z., Öztürk R., Hidroelektrik Enerji, Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul
174. Yumurtacı Z., Öztürk R., Hidroelektrik Enerji, Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul