



T.C.

**İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
FİNANSAL EKONOMİ ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE’NİN ENERJİDE DIŞA
BAĞIMLILIĞININ AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

NURİ AYTUĞ ERDEMİR

İZMİR-2021

T.C.
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
FİNANSAL EKONOMİ ANABİLİM DALI

TÜRKİYE’NİN ENERJİDE DIŞA
BAĞIMLILIĞININ AZALTILMASI

Yüksek Lisans Tezi

NURİ AYTUĞ ERDEMİR

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ GÜRDAL ASLAN

İZMİR-2021

YEMİN METNİ

Tezli Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum " Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılması " adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

../../2021

Nuri Aytuğ ERDEMİR

ÖZET

Tezli Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE’NİN ENERJİDE DIŞA BAĞIMLILIĞININ AZALTILMASI

NURİ AYTUĞ ERDEMİR

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Finansal Ekonomi Anabilim Dalı

Enerji, dünya üzerindeki her insan ve her toplum için yaşamsal bir unsurdur. Enerji, ülkelerin, refah seviyelerinin, sosyal, siyasi ve ekonomik düzenlerinin belirlenmesinde çok önemli bir rol almaktadır. Günümüzde yaşanan teknolojik ilerlemeler, hızlı nüfus artışı ve yükselen hayat standartları enerji talebini arttıran en önemli etmenlerdir. Türkiye’de enerji talebi artış hızı oldukça yüksek bir ülkedir. Fosil yakıt zenginliği olmayan ve enerjide dışa bağımlı olan Türkiye gibi ülkeler, artan enerji talebini ithalat ile karşılamaktadır. Enerji ithalatı, Türkiye’nin ithalat kalemi içerisinde ilk sırayı almaktadır. Ülkedeki enerji ithalatının tüm ithalat içerisindeki oranı %20’nin üzerindedir. Fosil yakıt zenginliği olmayan ve enerji dışa bağımlılığı yıldan yıla artış gösteren Türkiye’de, enerji ithalatını azaltabilmek ve yerli üretimi arttırabilmek adına yenilenebilir enerji yatırımlarının artmasının yansırı Rusya ve Japonya iş birliğinde iki adet nükleer enerji santralının inşasına başlanmıştır. Türkiye’nin nükleer enerjiden 2025 yılında faydalanmaya başlaması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ise özellikle son yıllarda faydalanmaya başlayan Türkiye’de son on yıllık süreçte bu enerji kaynaklarının kapasitelerinde ciddi sıçramalar gözlemlenmiştir. Uzun zamandır faydalanılan hidro enerjinin yansırı rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, biyoenerji ve jeotermal enerji kaynaklarının özellikle elektrik üretimi içerisindeki payları son yıllarda artmıştır. Bu çalışmada, kapasiteleri artan yenilenebilir enerji kaynaklarının, fosil yakıt tüketiminin ve GSYİH’nin, net enerji ithalatı üzerindeki etkisi ampirik olarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yenilenebilir enerji tüketiminin artmasının net enerji ithalatını düşürmediği gözlemlenmiş, fosil yakıt tüketiminin ve GSYİ H’nin

artmasının, net enerji ithalatını arttırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular, Türkiye’de büyük oranda dışa bağımlı olunan fosil yakıtların hala hakimiyetlerini koruduğunu ve yenilenebilir enerji yatırımlarının, enerji dışa bağımlılığını azaltmada yetersiz kaldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Bağımlılığı, Yenilenebilir Enerji, Fosil Enerji, Nükleer Enerji, Türkiye Ekonomisi



ABSTRACT

Master's Thesis

REDUCTION OF TURKEY'S FOREIGN ENERGY DEPENDENCE

NURİ AYTUĞ ERDEMİR

İzmir Katip Çelebi University

Graduate School of Social Sciences

Department of Finance Economy

Energy is vital to every person and every society on earth. Energy plays a very important role in determining the welfare levels, social, political and economic orders of countries. Today, technological advances, rapid population growth and rising living standards are the most important factors that increase energy demand. Energy demand growth rate in Turkey, a country is quite high. Which is deficient in fossil fuel reserves and that are dependent on foreign energy, countries such as Turkey, meets with imports rising energy demand. Energy imports, in import item is in first place in Turkey. The rate of energy imports in the country in all imports is over 20%. To reduce energy dependence and renewable energy investments in Turkey to increase domestic production has increased. In addition, the construction of two nuclear power plants has started in cooperation with Russia and Japan. Turkey's nuclear energy utilization is expected to start in 2025. Especially starting to benefit from renewable energy sources in recent years, Turkey has realized a sharp increase in the capacity of this energy sources over the last decade. In addition to hydro energy, which has been used for a long time, the shares of wind energy, solar energy, bioenergy and geothermal energy resources have increased in recent years, especially in electricity generation. In this study, the effect of fossil fuel consumption, GDP and renewable energy sources with increasing capacities on net energy imports has been tested empirically. According to the results, it was observed that the increase in renewable energy consumption does not decrease the net energy import, and it was concluded that the increase in fossil fuel consumption and GDP increased net energy import. The resulting findings indicate that fossil fuels still

maintain their dominance in Turkey. It shows that renewable energy investments are insufficient to reduce energy dependency on foreign sources.

Keywords: Energy Dependence, Renewable Energy, Fossil Energy, Nuclear Energy, Economy of Turkey



İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
GRAFİK LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
ÖNSÖZ.....	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

1.1. Enerji Kavramı	5
1.2. Enerji Ürünleri (Türleri).....	6
1.2.1. Birincil Enerji Ürünleri.....	7
1.2.2. İkincil Enerji Ürünleri	8
1.3. Enerji Kaynakları ve Dünya Üzerindeki Genel Görünümleri.....	8
1.3.1. Fosil (Yenilenemeyen) Enerji Kaynakları.....	9
1.3.1.1. Petrol.....	9
1.3.1.2. Doğal Gaz	12
1.3.1.3. Kömür	16
1.3.2. Nükleer Enerji	19
1.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	22
1.3.3.1. Rüzgâr Enerjisi	23

1.3.3.2. Güneş Enerjisi.....	26
1.3.3.3. Hidrolik Enerji	29
1.3.3.4. Jeotermal Enerji	32
1.3.3.5. Biyoenerji.....	35
1.3.3.6. Deniz Kökenli Enerji	38

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ DURUMU, KAYNAKLARI VE DIŞA BAĞIMLILIĞI

2.1. Türkiye’nin Enerji Kaynakları.....	41
2.1.1. Türkiye’nin Fosil Enerji Kaynakları	41
2.1.1.1. Türkiye’de Petrol	41
2.1.1.2. Türkiye’de Doğalgaz	44
2.1.1.3. Türkiye’de Kömür	47
2.1.2. Türkiye’nin Nükleer Enerji Kaynakları.....	49
2.1.2. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları	53
2.1.3.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi	53
2.1.3.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi.....	56
2.1.3.3. Türkiye’de Hidro Enerji.....	59
2.1.3.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji	61
2.1.3.5. Türkiye’de Biyoenerji.....	64
2.2. Türkiye’nin Enerji Arz-Talebi	66
2.3. Türkiye’nin Enerji Üretimi ve Tüketimi	69
2.4. Türkiye’nin Enerji Dışa Bağımlılığı.....	71
2.4.1. Enerji Dışa Bağımlılığının Nedenleri.....	73
2.4.2. Enerji Dışa Bağımlılığının Ekonomik Etkileri	75

2.4.3. Türkiye’nin 2023 Enerji Hedefleri ve Hedeflerin Mevcut Durumu.....	77
---	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI, VERİLER VE AMPİRİK YÖNTEM

3.1. Literatür Taraması	80
3.2. Veriler ve Ekonometrik Yöntem	83
3.2.1. Birim Kök Testleri.....	84
3.2.2. Toda – Yamamoto Nedensellik Testi	86
3.2.3. Kantil Regresyonu	89
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKÇA	94

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Milyon TEP).....	7
Tablo 1.2. Bölgelere Göre Petrol Rezervleri	11
Tablo 1.3. Bölgelere Göre Petrol Tüketimi (Milyon Ton)	11
Tablo 1.4. Dünyada Doğalgaz Rezervi Bakımından Ülke Sıralaması (trilyon m3) – 2019.....	13
Tablo 1.5. Bölgelere Göre Doğalgaz Üretimi (2017).....	14
Tablo 1.6. Dünya Doğalgaz Tüketimi (Milyar Metreküp) – 2018.....	15
Tablo 1.7. Bölgelere Göre Dünya Kömür Rezervleri.....	17
Tablo 1.8. Yıllık Kömür Üretimi (2016) (Milyon Ton)	18
Tablo 1.9. Yıllık Kömür Tüketimi (2016) (Milyon Ton).....	18
Tablo 1.10. Aktif Nükleer Reaktör Sayısı	22
Tablo 1.11. Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke.....	25
Tablo 1.12. Rüzgâr Enerjisi ile En çok Elektrik Üreten 10 Ülke	25
Tablo 1.13. Güneş Enerjisi (PV) Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke	27
Tablo 1.14. 2018’de, 2017’ye Göre Güneş Enerjisi (PV) Kapasitesini En Çok Arttıran 10 Ülke	28
Tablo 1.15. Hidro Güç Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke.....	31
Tablo 1.16. Jeotermal Enerjinin Sıcaklığa Göre Kullanım Alanları	33
Tablo 1.17. Dünyada Jeotermal Kurulu Gücü En Yüksek 10 Ülke	34
Tablo 1.18. Kişi Başına Düşen Jeotermal Enerji Gücü En Yüksek 10 Ülke.....	35
Tablo 1.19. Biyoenerji Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke.....	37
Tablo 2.1. Türkiye’nin 2018 Yılında En Çok Petrol İthalatı Yaptığı 10 Ülke.....	42
Tablo 2.2. Türkiye’nin 2018 Yılında En Çok Petrol İhracatı Yaptığı 10 Ülke	43
Tablo 2.3. Türkiye’nin Yıllara Göre Doğalgaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm3)..	46

Tablo 2.4. Türkiye'nin 2009 – 2018 Yılları İtibariyle Kömür Üretimi.....	48
Tablo 2.5. Türkiye'nin Taş Kömürü Üretim, İthalat ve Toplam Tüketim Dengesi (Bin ton)	48
Tablo 2.6. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	55
Tablo 2.7. Türkiye'nin Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Rüzgâr Hızı	58
Tablo 2.8. Türkiye'nin Faal En Büyük Kurulu Güce Sahip 10 Hidroelektrik Santrali	60
Tablo 2.9. Türkiye'nin Yapım Aşamasındaki En Büyük Kurulu Güce Sahip 10 Hidroelektrik Santrali.....	60
Tablo 2.10. Türkiye Birincil Enerji Arzında Kaynakların Miktarı ve Payları	66
Tablo 2.11. Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Payları.....	73
Tablo 2.12. Sabit Fiyat Uygulaması I Sayılı Cetvel.....	78
Tablo 3.1. Değişkenler, Veri Dönemi ve Verinin Kaynağı.....	84
Tablo 3.2. ADF Birim Kök Testi Sonuçları	85
Tablo 3.3. PP Birim Kök Testi Sonuçları.....	85
Tablo 3.4. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları.....	86
Tablo 3.5. Gecikme Uzunluğu Kriterleri.....	87
Tablo 3.6. LM Testi.....	87
Tablo 3.7. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları	88
Tablo 3.8. Kantil Regresyonu Tahmin Sonuçları.....	89

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	8
Şekil 1.2. Dalga Gücü Seviyesinin Dünyada Dağılımı (Kw/m Tepe Yüksekliği)	39
Şekil 2.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası.....	54
Şekil 2.2. Türkiye Jeotermal Kaynak Alanları ve Sıcaklık Dağılımları	62



GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1.1. Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (TWh)	21
Grafik 1.2. Dünya Geneline Kurulu Biyoenerji Kapasitesi	37



KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADF	: Augmented Dickey-Fuller
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ARDL	: Autoregressive Distributed Lag Bound Test
AIC	: Akaike bilgi kriteri
BOTAŞ	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BP	: British Petroleum
DEK-TMK	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EPDK	: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GSMH	: Gayrisafi Millî Hasıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GW	: Giga Watt
GWEC	: Global Wind Energy Council
GWh	: Giga Watt Saat
HES	: Hidroelektrik Santrali
HQIC	: Hannan ve Quinn bilgi kriteri
IHA	: International Hydropower Association
IEA	: International Energy Agency
IRENA	: International Renewable Energy Agency
KM	: Kilometre
KPSS	: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin
KWh	: Kilowatt Saat

LM	: Lagrange Multiplier
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
MÖ	: Milattan Önce
MTA	: Maden Tetkik Arama
MTEP	: Milyon Ton Eş Değer Petrol
MW	: Mega Watt
OPEC	: Organization of Petroleum Exporting Countries
PP	: Phillips-Perron
PV	: Fotovoltaik Pil
SBIC	: Bayesian bilgi kriteri
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyet Birliği
TANAP	: Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
THY	: Türk Hava Yolları
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TP	: Türkiye Petrolleri
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TUREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
TWh	: Terawatt saat
VAR	: Vector Auto Regressive
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YY.	: Yüz Yıl
WEC	: World Energy Council

ÖNSÖZ

Enerji, insan hayatının devamlılığını sağlayabilmesi için vazgeçilmez bir unsurdur. Üretim yapabilmek, ekonomik büyüme sağlayabilmek, teknolojik gelişmelere ayak uydurabilmek ve refah seviyesini arttırabilmek için enerji kaynaklarının kullanımı gereklidir. Enerji kaynaklarının ithalat yolu ile temin edilmesi ise ülke ekonomilerinde büyük etkilere neden olmaktadır. Fosil yakıt rezervleri son derece kısıtlı olan Türkiye’de özellikle 1990’lı yıllardan sonra fosil yakıt tüketiminin artmış olması, alternatif enerji kaynaklarına yönelme de oldukça geç kalınması, ülkenin enerji dışa bağımlılığının %75’lere ulaşmasına yol açmıştır. Enerji bağımlılığının ülke ekonomisine verdiği zararları azaltabilmek ve yerli enerji üretimini arttırabilmek adına özellikle 2010 yılından günümüze kadar yenilenebilir enerji yatırımları artmıştır. Bu çalışmada, artan yenilenebilir enerji kaynakları kapasitelerinin, net enerji ithalatı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca fosil yakıt tüketimi ile GSYİH’nin de net enerji ithalatı ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmanın son kısmında elde edilen bulgular yorumlanmış ve Türkiye’nin enerji dışa bağımlılığını azaltabilmek adına çıkarımlarda bulunulmuştur.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince beni her zaman destekleyen, yönlendiren çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gürdal Aslan’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince vermiş oldukları destek ve yapmış olduğu katkılardan dolayı, Dr. Öğr. Üyesi Ramazan Ekinci’ye teşekkürü bir borç bilirim.

Beni her zaman destekleyen, hayatımdaki en değerli insanlara yani eşim Öykü İçin Erdemir’e, annem Ayşe Erdemir’e, babam Salih Erdemir’e ve kardeşim Emre Erdemir’e sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Nuri Aytuğ ERDEMİR

GİRİŞ

Toplumun en küçük biriminden en büyük birimlerine kadar enerji, insan hayatındaki en önemli gereksinimlerden biridir. Tıpkı günümüzde olduğu gibi insanlar tarih boyunca enerjiye ihtiyaç duymuş ve daha fazla miktarda daha ucuz enerji elde edebilmenin yollarını aramışlardır. Özellikle 1760'lı yıllarda başlayan sanayi devrimi ile dünya hızlı bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu süreçte, sanayileşmenin, makineleşmenin ve teknolojik gelişmenin hızlı artışı enerjiye olan ihtiyacı daha da arttırmıştır. Ülkelerin refah seviyeleri, toplumun hayat kalitesi ile enerji talebi doğru orantılı biçimde artmıştır. Üretimin ve tüketimin, dolayısıyla ticaretin, sanayinin ve birçok sektörün temel girdisi olan enerji, hayatımızda olmazsa olmaz bir yere sahiptir. Tüm bu sebeplerden dolayı hükümetler için enerji politikaları daima önem arz etmektedir.

Günümüzde kullanımı en yaygın enerji kaynağı olan petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıt rezervlerinin yeryüzündeki dağılımı dengesiz biçimdedir. Dolayısıyla fosil yakıt rezervi zenginliği açısından ülkeler arasında derin farklılıklar vardır. Fosil yakıt rezerv zenginliği; bir ülkenin gelişmiş ülke kategorisine ya da gelişmekte olan ülke kategorisine girmesi ile doğrudan ilişkilidir. Rezerv zenginliğine sahip olmayan ve gelişmekte olan Türkiye gibi ülkelerin, ekonomik büyüme ve gelişmesini sağlayabilmesi ve sürdürebilmesi için enerji ihtiyacı oldukça şiddetlidir ve bu ihtiyacı ithalat ile karşılamaktadırlar. Ülkelerin refah seviyeleri arttıkça enerjiye olan talepleri de artmaktadır. Bu talep arttıkça enerjide dışa bağımlılığın da artması Türkiye gibi ülkeler için en büyük sorun durumundadır.

Ekonomik büyüme ve gelişmeyi sağlayabilmek ve sürdürebilmek için üretim yapmak gerekir. Üretimin hemen her sektörde temel girdisi ise enerjidir. Enerji ithalatı yapan ülkelerin, üretim maliyetleri yükselmekte bu da üretimi yapılan malın fiyatının artmasına neden olmaktadır. Mal fiyatlarının artması da doğal olarak

enflasyona neden olmaktadır. Enerji dışa bağımlılığı olan ülkeler de milli gelir artışı ile cari açık artışı genellikle doğru orantılıdır (Demir, 2013:27). Enerji ithalatı yapan ülkelerde, yoğun bir döviz çıkışı olduğu için de bu ülkelerin ulusal parası döviz karşısında değer kaybetmektedir.

Günümüzde Türkiye enerji açısından dışa bağımlı bir ülkedir ve enerji ithalatı, ithalat kalemleri içerisinde ilk sırada yer almaktadır. 2019 yılında Türkiye'nin yapmış olduğu yaklaşık 202 milyar dolarlık ithalatın, 41 milyar doları enerji ithalatıdır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020). Enerji ithalatının, tüm ithalat içerisindeki payı %20,3 seviyesindedir. Enerji ithalatının bu denli yüksek seviyelerde olmasının nedenlerinden biri ülkenin fosil yakıt rezervleri çok kısıtlı olmasına karşın fosil yakıt talebini arttırmaktır. Nitekim %99 oranında dışa bağımlı olunan doğalgazın, ülkedeki tüm elektrik üretimi içerisindeki payı son 10 yıllık periyotta %50 seviyelerine yaklaşmıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019). Bunun yansıra 1990'lı yıllarda itibaren evlerde doğalgazın ısınma amaçlı konutlarda kullanılmaya başlanması yine dışa bağımlılığı arttıran önemli nedenlerden biridir. 1970'lerde ortaya çıkan petrol şokunun yaşanması, 1980'lerde Türkiye'de yaşanan hızlı sanayileşme süreci, ülkede nükleer enerji kullanımına bu denli geç kalınması da enerji dışa bağımlılığının diğer önemli sebeplerindendir.

Fosil yakıtların hem tükenebilir ve pahalı olması hem de iklim değişikliğine neden olan sera gazı salınımı yapması özellikle gelişmiş ülkelerin alternatif enerji kaynaklarına yönelmesine sebep olmuştur. Türkiye, içerisinde bulunduğu coğrafi konum itibarıyla özellikle yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Buna örnek vermek gerekirse, Türkiye, günlük yaklaşık 7,5 saatlik güneşlenme süresi ile Avrupa'nın güneş enerjisi kapasitesi en yüksek ülkesi olan Almanya'dan bu alanda yaklaşık iki kat üstün durumdadır (Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, 2020). Ancak, Almanya'nın güneş enerjisi kapasitesi 45.930 MW iken Türkiye'nin güneş enerjisi kapasitesi ise 5995 MW olarak hesaplanmıştır (International Renewable Energy Agency, 2020). Türkiye 81 GW rüzgâr enerjisi teknik potansiyeline sahipken, Avrupa'da en yüksek rüzgâr enerjisi kapasitesine sahip Almanya'nın teknik potansiyeli 12 GW'dir (Öztürk ve Çelik, 2006:271). Ancak, Almanya 59.311 MW rüzgâr enerjisi kapasitesine sahipken Türkiye, 7.369 MW kapasiteye sahiptir (International Renewable Energy Agency, 2020).

Kısa vade de fosil yakıt bağımlılığından kurtulması imkânsız görünen Türkiye, fosil yakıt kullanımını hem yakıt açısından hem de ithal ettiği ülkeler açısından çeşitlendirmelidir. Uzun vade de isabetli girişimler ve kararlı politikalar uygulaması halinde nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı ile enerji de dışa bağımlılığını azaltabilir ve hatta bitirebilir. Bu enerji kaynaklarının etkin kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının fiili kullanımının yukarıda bahsettiğimiz yenilenebilir enerji potansiyeline ulaşması ile mümkündür. Rusya ve Japonya önderliğinde yapılan nükleer enerji santrallerinin faaliyete alınması ve ilerleyen süreçte Türkiye'nin bağımsız şekilde kendi nükleer enerji santrallerini inşa edip bu enerji kaynağından faydalanması dışa bağımlılığı azaltabilmek adına son derece önemlidir. Literatür incelendiğinde özellikle nükleer enerji kullanımı ve elektrik üretiminin bir kısmının bu enerji kaynağından sağlanması ile bu enerji kaynağını kullanan ülkelerde, enerji dışa bağımlılığının azaldığı gözlemlenmektedir. Yine yenilenebilir enerji kapasitelerini diğer ülkelere nispeten oldukça fazla arttıran özellikle İskandinav ülkelerinin enerji dışa bağımlılıklarının ve fosil yakıt kullanımlarının yıllar içerisinde azaldığı gözlemlenmektedir. Enerji dışa bağımlılığı ile ilgili yapılan çalışmalarda GSYİH ve fosil yakıt tüketiminin sıkça ele alındığı görülürken, yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerji dışa bağımlılığı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Bu çalışmanın ampirik uygulamasının amacı net enerji ithalatı ile yenilenebilir enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki ilişkileri ve etkileşimi incelemektir. Türkiye'de son yıllarda artan yenilenebilir enerji kapasitelerinin, net enerji ithalatı üzerindeki etkisini incelemek çalışmanın en önemli amacıdır. Bağımlı değişken net enerji ithalatı olarak seçilirken, bağımsız değişkenler, GSYİH, fosil enerji ve yenilenebilir enerji tüketimleridir. 2020 yılı itibariyle Türkiye'nin nükleer enerjiden faydalanmamasından dolayı uygulamaya nükleer enerji dahil edilmemiştir. Ampirik uygulamadan beklenen sonuç ise GSYİH ve fosil yakıt tüketimlerinin artmasının net enerji ithalatını arttırması, yenilenebilir enerji tüketiminin artışının ise net enerji ithalatını azaltmasıdır. Uygulama 1990-2018 yılları arasındaki veriler ile yapılmıştır. Türkiye'nin enerji dışa bağımlılığının en önemli tetikleyicisi olan doğalgaz ithalatının 1990'lı yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmasından dolayı başlangıç yılı 1990 olarak belirlenmiştir. ADF, PP ve KPSS birim kök testleri yapılmış

ardından, değişkenler arasındaki nedensellik yönlerini belirlemek için Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Değişkenler arasındaki yüzdesel etkileşimi belirleyebilmek için ise Kantil Regresyonu uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünü oluşturan ekonometrik çalışmanın yansıra literatürde konuyla ilgili bazı uluslararası ve ulusal çalışmalara yer verilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde, enerji kavramı ve enerji ürünleri ele alınacaktır. Bunlarla birlikte fosil enerji kaynakları, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili genel bilgiler ile bu enerji kaynaklarının dünya üzerindeki genel görünümü incelenecektir. İkinci bölümde ise, enerji kaynaklarının Türkiye özelindeki durumu ele alınacaktır. Türkiye'nin enerji arz, talebi ve enerji üretim, tüketimi ile ülkenin dışa bağımlı olmasının nedenleri ve etkileri incelenecektir. Fosil yakıt kullanımının dolayısıyla dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik yenilenebilir ve nükleer enerji için atılan adımlara yer verilecektir. Üçüncü bölümde yukarıda bahsedildiğı gibi literatür taramasına ve ampirik uygulamaya yer verilecek, son bölümde de elde edilen bulguların yorumlanması ile genel değerlendirmeler ve öneriler yer alacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

Çalışmanın birinci bölümünde enerji kavramı, enerji ürünleri, enerji kaynakları ve bu enerji kaynaklarının dünya genelindeki durumları ele alınacaktır. Fosil enerji kaynakları, petrol, doğalgaz ve kömür alt başlıklarında ele alınırken, yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidro enerji, jeotermal enerji, biyoenerji ve deniz kökenli enerji alt başlıklarında ele alınacaktır. Nükleer enerji kullanımının dünya genelindeki durumuna da bu bölümde değinilecektir.

1.1. Enerji Kavramı

Enerji, yunanca kökenli bir kelimedir. ‘εν’ (En; iç, içinde) ve ‘εργον’ (Erga; iş, uğraş, emek) kelimelerinden türetilmiştir. Çalışan, iş yapan, kuvveti ortaya çıkaran etken ile benzer bir anlamda kullanılmaktadır (Everett ve diğerleri, 2012:1).

Fen bilimleri enerjiyi, potansiyel, kinetik ve mekanik enerji olarak sınıflandırır. Potansiyel enerji, nesnenin olduğu yerde durmasından kaynaklanır. Nesnenin hareketi ile oluşan enerji kinetik enerjidir (Adıgüzel, 2019:3). Kinetik enerjinin uyguladığı güç sonrası bir mekanizmayı çalıştırması ile ortaya çıkan enerji ise mekanik enerjidir. Örnek verecek olursak; Duran su potansiyel, duran suyun akması kinetik, akan su ile türbinin çalışması ve elektrik elde edilmesi mekanik enerjidir (Adıgüzel, 2019:3).

tdkna göre enerji tanımı ise; ‘Madde de ki ısı, ışık şeklinde ortaya çıkan güç, erke’ ve ‘Organların çalışması, vücut ısısının sürdürülebilmesini sağlayan besin öğelerinin oluşturduğu güç’ olarak tanımlanmıştır (Türk Dil Kurumu, 2020:1).

Enerji, ekonomik açıdan ve modern anlamda şu şekilde tanımlanabilir; ‘Çevreden, doğadan alınan, değiştirilip dönüştürüldükten sonra kullanılan ve

ardından tamamı atık olarak çevreye, doğaya bırakılan bir fiziksel değerdir.’ (Bilginoğlu, 2012:2).

Enerji kavramının tarihsel geçmişi, insanoğlunun tarihsel geçmişi ile birdir. İnsanlar kendi kas gücünü ve daha sonra zaman içerisinde hayvan gücünü kullanarak enerji elde etmişlerdir. Bilinen ilk insan topluluklarından günümüze kadar enerji kullanımı, artarak sürmüş ve insan hayatının vazgeçilmez, yaşamsal bir unsuru olmuştur.

Enerji kullanımını en çok arttıran kalemlerin başında ise nüfus artışı gelmektedir. Günümüzde 7,77 Milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılında Birleşmiş Milletler nüfus projeksiyonuna göre 12 Milyar civarına ulaşması beklenmektedir. Nüfus artışının büyük bir kısmının gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanacağı ve bu ülkelerin halihazırda yüksek olan enerji taleplerinin daha da yükseleceği aşikardır.

Toplumların refah seviyelerinin, yatırımların, üretimin artması ekonomik büyüme ve gelişmeye bağlıdır. Ekonomik büyüme ve gelişme ise enerji kullanımının artması ve yaygınlaşması ile mümkündür. Özellikle 1970’li yıllardaki petrol krizinin ardından, enerji ile ekonomi arasındaki ilişkiyi inceleyen akademik çalışmaların sayısı bir hayli artmıştır. Dördüncü bölümdeki literatür taramasında bir kısmına yer verilecek olan çok sayıda akademik çalışma, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif ve aynı yönde bir ilişki olduğunu gün yüzüne çıkarmaktadır.

Toplumların en küçük birimlerinden, en büyük birimine kadar üretim düzeylerini doğrudan etkileyen enerji aynı zamanda ulusal ve uluslararası politikalara da yön vermektedir. 18.yy.’daki sanayi devriminin ardından, sanayileşme, makineleşme ve teknolojinin hızlı ilerlemesi ile enerjinin önemi kavranmış ve enerji kaynakları açısından zengin olan bölgeler cazip hale gelmiştir. Enerji, o tarihlerden günümüze kadar birçok siyasi karışıklığın ve sıcak savaşların gerekçesi olmuştur.

1.2. Enerji Ürünleri (Türleri)

Enerji ürünleri ikiye ayrılır. Bunlar; birincil enerji ürünleri ve ikincil enerji ürünleridir.

1.2.1. Birincil Enerji Ürünleri

Enerjinin, herhangi bir değişime uğramadan doğada bulunduğu haldeki durumuna birincil enerji denir (Koç ve Şenel, 2013:33).

Birincil enerji kaynakları kendi içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Aslında bilimsel anlamda hiçbir enerji kaynağı yenilenemez değildir. Ancak yenilenemez adıyla geçen fosil enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz ve kömür) oluşumu, kaynakların bulunduğu bölgedeki çevrede binlerce yıl içerisinde onları enerji kaynağına çevirecek karbon kullanan bitki veya küçük canlı fosillerinden meydana gelmektedir (Khan, 2006:4). Bu dönüşümün çok uzun olması ve enerji tüketiminin hızlı olması, fosil yakıtları yenilenemeyen enerji kaynağı olarak addetmemize neden olmaktadır (Khan, 2006:4).

Tablo 1.1.'de en çok birincil enerji tüketimi yapan ilk 20 ülke görülmektedir. Dünya birincil enerji tüketiminin %40'tan fazlasını, Çin ve ABD yapmaktadır. Türkiye ise dünyada en çok birincil enerji tüketimi yapan 19. ülke konumundadır.

Tablo 1.1. Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)

Ülke	2013	2014	2015	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
Çin	2.904	2.970	3.014	22,9 %	1
ABD	2.272	2.300	2.281	17,3 %	2
Hindistan	626	666	700	5,3 %	3
Rusya	688	690	667	5,1 %	4
Japonya	466	454	448	3,4 %	5
Kanada	335	335	330	2,5 %	6
Almanya	326	312	321	2,4 %	7
Brezilya	290	298	293	2,2 %	8
Güney Kore	271	273	277	2,1 %	9
İran	248	261	267	2,0 %	10
Suudi Arabistan	237	252	264	2,0 %	11
Fransa	247,	237	239	1,8 %	12
Endonezya	175	188	196	1,5 %	13
Birleşik Krallık	201	189,	191	1,5 %	14
Meksika	189	190	185	1,4 %	15
İtalya	156	147	152	1,2 %	16
İspanya	134	132	134	1,0 %	17
Avustralya	131	130	131	1,0 %	18
Türkiye	120	124	127	1,0 %	19

Tayland	120	123	125	0,9 %	20
---------	-----	-----	-----	-------	----

(Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017:6)

1.2.2. İkincil Enerji Ürünleri

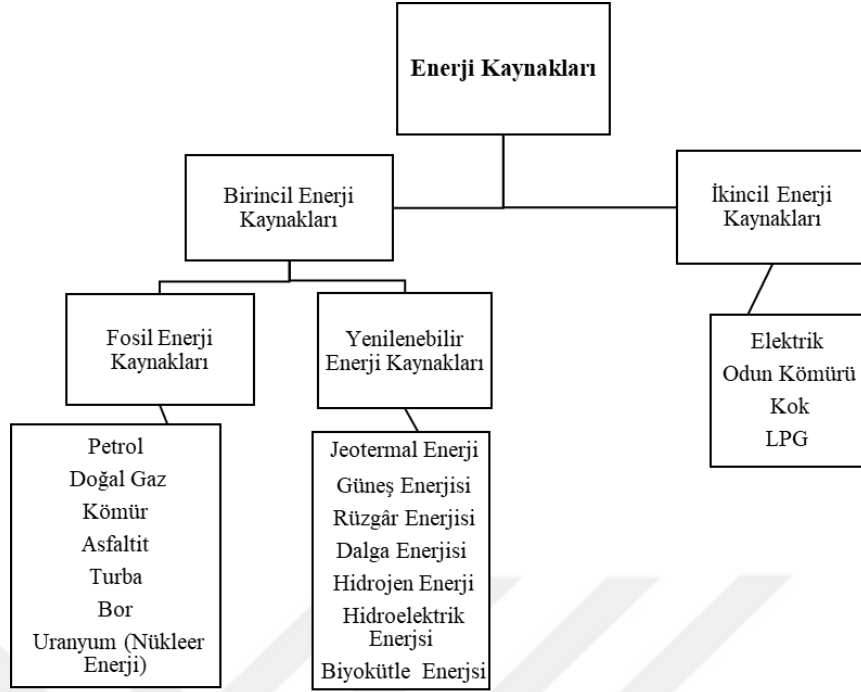
Birincil enerji ürünleri ile üretilen ve birincil veya ikincil enerji ürünlerinin dönüştürülmesinden elde edilen enerji ürünleri ikincil enerji ürünleri olarak adlandırılır (Enerji İstatistikleri el kitabı, 2004:18). Başlıca ikincil enerji ürünleri; Elektrik, LPG, kok, odun kömürüdür. İkincil enerji ürünleri, enerji taşıyıcısı olarak da adlandırılır (OBİTET, 2011).

Fosil yakıtların neden olduğu ve son yıllarda gündeme gelen iklim değişikliği sorunu ve bunun yanında fosil yakıt fiyatlarının yüksek ve tükenebilir oluşu ile başta otomotiv sanayi olmak üzere ikincil enerji ürünleri kendilerine yeni kullanım alanları bulmaktadır.

1.3. Enerji Kaynakları ve Dünya Üzerindeki Genel Görünümleri

Birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları başlıkları altında toplanan enerji kaynaklarının genel görünümü Şekil 1.1 'de verilmiştir.

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



(Kaynak: Usta, 2015: 7)

Birincil veya ikincil olarak ayırt etmeksizin bakacak olursak, üç başlık altında enerji kaynakları ve bunların dünya üzerindeki genel görünümleri incelenecektir. Bunlar fosil enerji kaynakları, nükleer enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

1.3.1. Fosil (Yenilenemeyen) Enerji Kaynakları

Sanayi Devriminden günümüze kadar, dünya genelinde enerji tüketimindeki hakimiyeti devam eden Fosil enerji kaynakları, petrol, doğalgaz ve kömür olmak üzere üç başlık altında incelenecektir.

1.3.1.1. Petrol

Petrol, latince kökenli bir kelimedir. Türetildiği kelimeler, kaya anlamındaki ‘rock’ ve yağ anlamındaki ‘oleum’ dur. Bir nevi ‘kayada bulunan yağ’ gibi bir anlam taşımaktadır (Enerji portalı, 2020).

Petrol, binlerce hatta milyonlarca yıl önce denizin içerisinde yaşayan bitkilerin ya da denizin içerisine çektiği bitki kalıntılarının, toprağın altında basınç, sıcaklık vb.

etkilerle başkalaşmasıyla oluşmaktadır (Savrul, 2016:8). Petrol, içerisinde nitrojen, oksijen ve sülfür barındıran hidrokarbon bir karışımdır. Katı, sıvı ve gaz halde bulunabilmektedir (Savrul, 2016:8).

Petrolün doğada bulunduğu şeklinde herhangi bir fonksiyonu yoktur. Petrol rafinelerinde, kullanılabilir duruma getirilebilmesi için birtakım işlemlerden geçer. Bu işlemler sonucunda; Benzin, motorin, LPG, nafta, gazyağı, çeşitli makine yağları vb. ürünler ortaya çıkar (DPT, 2001:17-18).

İnsanoğlunun petrol ile ilk tanışması milattan önceye dayanmaktadır. Petrolün ilk kez, yeryüzünde oluşan çatlaklardan yüzeye çıkması ile insanlar tarafından fark edildiği düşünülmektedir. Yapılan arkeolojik çalışmalar ışığında, Çin’de tuz üretimi için kullanılırken (Oral, 2017:33). Mezopotamya ve Mısır bölgelerinde inşaat ve mumyalama işlemleri için kullanılmıştır (Gümüş ve Altan, 1995:1). İlerleyen süreçte aydınlanmak için de kullanılan petrolün daha işlevsel bir ürün olduğu düşünülmüş ve 1800’lü yılların ortalarında tarihteki ilk petrol aramaları ABD’ de gerçekleşmiştir (Gümüş ve Altan, 1995:2). İlk yapılan petrol sondajı ise yine 1800’lü yıllarda Rusya’da yapılmıştır. (Günümüz Azerbaycan bölgesinde.). 1820 yılında o dönem Rusya’ya ait olan Bakü kentinde ilk petrol rafineri işletme tesisi inşa edilmiştir.

19.yy.’ da ki sanayi devriminden sonra ihtiyaç duyulan enerjiyi ilk etapta büyük ölçüde kömür karşılarken, 20.y.y.’ da petrol üstünlüğü ele almıştır. 20.yy.’a damgasını vuran petrol uğruna birçok savaş ve siyasi karışıklıklar yaşanmıştır. Günümüzde dahi petrolün birebir ikamesi olan, petrol ile aynı verimlilikte alternatif bir enerji kaynağı bulunamamıştır (Sungur, 2017:70).

Dünya’da ulaşım sektöründeki enerji talebinin, %94’ ünü karşılayan petrolün (2014 yılı için), 2035 yılına gelindiğinde %89 seviyesine düşmesi beklenmektedir (Türkiye Petrolleri, 2016:4-5).

Petrolün asıl kullanım alanı ulaşım sektörü olsa da bunun yanında, elektrik üretimi, sanayi, ilaç sektörü, giyim sektörü gibi birçok sektörde hammadde olarak da kullanılmaktadır.

Petrolün tükenebilir bir kaynak olması yani rezervlerinin sınırlı olması bunun yanında çok işlevsel bir enerji kaynağı olması, petrolü oldukça değerli bir enerji

kaynağı yapmaktadır. Petrol rezervlerinin sadece 51 yıl boyunca tüketimi karşılayabileceği öngörülmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Dünya üzerindeki petrol rezervlerini bölgeler bazında inceleyecek olursak;

Tablo 1.2. Bölgelere Göre Petrol Rezervleri

BÖLGE	MİKTAR (MİLYAR VARİL)	DÜNYA TOPLAMINDAKİ PAYI (%)
Ortadoğu	811	%47,54
Güney ve Orta Amerika	325	%19,05
Kuzey Amerika	233	%13,66
Avrupa & Avrasya	130	%7,62
Asya & Pasifik	49	%2,87
Toplam	1706	%100

(Kaynak: Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü,2017:11)

Tablo 1.2'e göre Dünya üzerindeki petrol rezervlerinin yarıya yakını Ortadoğu bölgesindedir. Türkiye'nin petrol rezervlerinin yoğun olduğu bölgelere bu kadar yakın olup da petrol zenginliğinin olmamasının önemli nedenlerinden biri, ülkenin büyük bölümünün Alp-Himalaya dağ kuşağının üzerinde olmasındandır. Bölgenin jeolojik geçmişi incelendiğinde, meydana gelen birçok deformasyondan dolayı, oluşması muhtemel petrol yatakları tahrip olmuştur (Türkiye Petrolleri, 2020).

Tablo 1.3. Bölgelere Göre Petrol Tüketimi (Milyon Ton)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Toplam Tüketim	4542	4588	4637	4689	4745	4805
ABD	959,9	964,6	981,0	985,7	991,8	997,9
Avrupa	678,0	669,7	664,2	659,0	655,7	654,4
Asya Ülkeleri (Çin ve Japonya hariç)	570,1	581,0	591,6	607,6	622,8	637,1
Çin	512,9	531,3	547,6	564,7	582,2	599,7
Eski Sovyet Ülkeleri	239,3	242,8	233,7	229,5	227,2	228,3

Japonya	225,7	215,5	208,7	205,8	203,3	201,2
Rusya	132,2	137,7	130,5	132,5	137,0	138,0
Kanada	121,1	119,4	118,7	118,7	119,0	119,5

(Kaynak: Basilaia ve diğ erleri, 2019)

Tablo 1.3.' de ki verilerine göre Avrupa ülkelerindeki toplam petrol tüketiminin yıldan yıla dü ştüğü gözlemlenmektedir. Bunun yanında 2018 yılında 997,9 milyon ton petrol tüketen ABD tek başına tüm Avrupa'dan, Çin ve Japonya hariç Asya'daki diğ er tüm ülkelerden tek başına daha fazla petrol tüketmektedir. Dünyadaki tüm petrol tüketiminin %20,8'ini ABD gerçekleştirmektedir. Geniş rezervlere sahip olmasına karşın, ABD bu petrol tüketimi ile aynı zamanda bir petrol ithalatçısıdır.

Dünyanın en çok petrol tüketen 2. ülkesi olan Çin'de, yılda, neredeyse tüm Avrupa ülkeleri kadar petrol tüketmektedir. Japonya, Rusya ve Kanada'da, ABD ve Çin'i izleyen diğ er ülkelerdir. Ayrıca tablodan enerji tüketimi ile gelişmişlik düzeyi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğı çıkarımı da yapılabilmektedir.

Türkiye'de ise 2018 yılında 41,91 milyon ton petrol tüketimi gerçekleşmiştir (Makine Mühendisleri Odası, 2020:8). Türkiye'nin tükettiğı bu petrol miktarı, tüm dünyada tüketilen petrol miktarının %0,87'sine tekabül etmektedir.

1.3.1.2. Doğal Gaz

Doğalgaz, diğ er fosil yakıtlara benzer şekilde, hayvan ve bitki kalıntılarının binlerce, milyonlarca yıl çürümesi ile oluşmaktadır. Çürüyen hayvan ve bitki kalıntılarını zaman içerisinde toprak ve çamur kaplamaktadır. Bu toprak ve çamur, kayaya dönüşür. Kaya tortuları altında hapsedilen hayvan ve bitki kalıntıları basınç, ısı vb. etkilerle kömüre, petrole veya doğalgaza dönüşmektedir (James,2007:3). Doğalgazın büyük bir kısmı metan, bütan, propan ve karbondioksitten oluşmaktadır (Doğan, 2009:4).

Doğalgazın, tıpkı petrol gibi ilk olarak yine Çin'de tuz üretimi için kullanıldığı bilinmektedir. (M.S. 200'lü yıllar) O dönemde doğalgaz yataklarına bambu kamışları ile ulaşıldığı bilinmektedir. Rezervleri, petrol rezervlerine genellikle yakın bölgeler

de olan doğalgazın ilk süreçlerde, petrol üretilirken ortaya çıkan gereksiz bir atık olarak düşünülmüş ve petrol rafinelerinde yakılmıştır (Kaya ve Öztürk, 2014:243).

Modern anlamdaki ilk kullanımı ise ABD’de gerçekleşmiştir. 1921 yılında William Hart tarafından şehir aydınlatması amacıyla kullanılmıştır (Ugetam, 2016:8).

1940’lara yani 2. Dünya savaşı zamanına kadar doğalgaz kullanımı ABD dışında pek yaygınlaşmamıştır. 1940’lı yıllardan sonra ise o dönem ki SSCB.’ de ve Asya’nın çeşitli bölgelerinde ciddi boyutlarda doğalgaz yataklarının keşfi ile üretimi ve tüketimi yaygınlaşmıştır. Doğalgaz kullanımını en çok arttıran olayların başında 1970’lerdeki petrol krizi gelmektedir. Petrol fiyatlarının, OPEC ülkeleri tarafından %370 oranında arttırılması ile doğalgaz kullanımı dünya genelinde artmıştır (Duran ve Şeker, 2005:35).

Doğalgazın diğer fosil yakıtlara göre ciddi derecede avantajları vardır. Bunlardan en önemlisi çevre dostu bir fosil yakıt olmasıdır. Doğalgaz, petrol ve kömüre göre çok daha düşük seviyelerde karbondioksit salınımı yapar (Verfondern, 2008:140). Yine petrol ve kömüre göre çıkarılması esnasında çevreye verdiği zarar oldukça az ve petrol, kömüre göre daha az maliyetlidir. Renksiz, kokusuz ve havadan daha az yoğunluktaki bir gaz olan doğalgaz, zehirli değildir ve maruz kalınması durumunda, insan üzerindeki olumsuz etkileri son derece azdır. Doğalgazın diğer fosil yakıtlara göre dezavantajı ise saklanması ve depolanması zordur, maliyetlidir.

Doğalgaz, konutlarda, işyerlerinde, fabrikalarda ısınma ve pişirme için kullanılmasının yanı sıra elektrik üretiminde, çeşitli endüstrilerde, ticarete ve birçok sektörde aktif olarak kullanılmaktadır.

Yeryüzündeki doğalgaz rezervlerinin sadece 53 yıl boyunca tüketimi karşılayabileceği öngörülmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Küresel Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervlerine bakacak olursak;

Tablo 1.4. Dünyada Doğalgaz Rezervi Bakımından Ülke Sıralaması (trilyon m3) – 2019

Ülke	Rezerv Miktarı
1. Rusya	35
2. İran	32
3. Katar	25

4. Türkmenistan	19
5. ABD	8
6. Suudi Arabistan	7
7. Venezuela	6,5
8. B. Arap Emirlikleri	6,2
9. Çin	5,5

Kaynak: (Ak, 2019:21)

Kanıtlanmış doğalga rezervlerini incelediğimizde, Rusya 35 trilyon metreküp rezervi ile Dünya’da doğalga rezervi aısından ilk sırada yer almaktadır. İran’ın doğalga rezervi de neredeyse Rusya’ya yakındır ve ikinci sıradadır.

Bölgelere göre Doğalgaz üretimine bakacak olursak;

Tablo

1.5.

Bölge	Toplam retim İçerisinde Oranı
1. Ortadoğu	%33
2. Bağımsız Devletler Topluluğu	%20
3. Afrika	%17
4. Güney/Merkez Amerika	%13
5. Asya Pasifik	%9
6. Kuzey Amerika	%4
7. Avrupa	%4

Bölgelere Göre Doğalgaz retimi (2017)

(Kaynak: 'British Petroleum', Statistical Review of World Energy, June 2018)

Petrolde olduğu gibi en çok doğalgaz üretimi olan bölge yine Ortadoğu bölgesidir.

Tablo 1.6. Dünya Doğalgaz Tüketimi (Milyar Metreküp) – 2018

ÜLKE	MİLYAR METREKÜP
Amerika Birleşik Devletleri	817,1
Rusya	454,5
Çin	283
İran	225,6
Japonya	115,7
Kanada	115,7
Suudi Arabistan	112,1
Meksika	89,5
Almanya	88,3
İngiltere	78,9
Birleşik Arap Emirlikleri	76,6
İtalya	69,2
Mısır	59,6
Hindistan	58,1
Güney Kore	55,9
Tayland	49,9
Arjantin	48,7
Türkiye	47,3

(Kaynak: British Petroleum, Statistical Review of World Energy, 2018 verilerinden derlenmiştir.)

Dünyada en yüksek doğalgaz tüketimi yapan ülke 817,1 milyar metreküp ile ABD'dir. Onu 454,5 milyar metreküp ile Rusya izlemektedir. 2019'da açıklanan tablodaki verilere göre Türkiye 47,3 milyar metreküp ile dünyanın en çok doğalgaz tüketimi yapan 18. ülkesidir.

1.3.1.3. Kömür

Kömür, dünyada en fazla bulunan fosil yakıttır. Ayrıca dünyanın en eski fosil yakıtıdır. Jeolojik açıdan incelenen bazı kömür yataklarının 400 Milyon yıldan fazla zamandır dünyada var olduğu bilinir (Merritt, 1986:1).

Kömür, bitkisel organik nesnelerden ve de inorganik bileşenlerden oluşan, tortu niteliği olan bir kayadır. Ağaç ve bitki kalıntılarının, bataklıklarda çökmesi ile milyonlarca yıl içerisinde dönüşüme uğraması sonucunda ortaya çıkar (Aksan, 2010:14).

Kömürün kalitesi, çıkarıldığı tarihin eskiliği ile doğru orantılıdır. Çıkarıldığı tarih ne kadar eski ise kömür o kadar kalitelidir. Kömürün oluşum süreci ise 20 milyon ila 300 milyon yıl arasında değişmektedir (Torunoğlu,2015:40).

İçerisinde yoğun olarak karbon bulunduran kömürde, hidrojen, oksijen, kükürt ve nitrojen elementleri de bulunmaktadır (TKİ, 2003:17-18).

Petrol ve doğalgazdan daha eski bir geçmişi olan kömürün ilk kullanımı, petrol ve doğalgazda olduğu gibi Çin’de gerçekleşmiştir. M.Ö. 1000’li yıllarda Çinliler veyahut o bölgede yaşayan insanlar, kömürden bakır üretmişlerdir. Ayrıca döküm işlemlerinde de kömürden yararlanmışlardır. Isınma amacı ile kullanımı ise 9. yy. ‘da İngiltere’de gerçekleşmiştir. Diğer fosil yakıtlar gibi kömürün modern anlamda kullanımı sanayi devrimine denk gelmektedir. 18. ve 19. yy.’lar da sanayi devrimi ile kömür tüketimindeki artışı tetikleyen en önemli gelişmelerden biri James Watt’ın 1769 yılındaki buhar makinası icadıdır. 20. yy.’da petrol kullanımının yaygınlaşmasına kadar kömür gemiler ve trenler de yani ulaşımda, demir-çelik üretimde ve birçok sektör de en çok kullanılan fosil yakıt olmuştur (Kaştan, 2016:2).

Günümüzde kömür, en yoğun biçimde elektrik üretimi olmak üzere, çimento üretiminde, demir-çelik sanayisinde, kâğıt fabrikalarında, kimyasal ürünlerde ve ilaç fabrikalarında olmak üzere daha birçok sektörde kullanılmaktadır.

Kömürün yoğun olarak kullanıldığı elektrik üretimi, termik santraller vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Termik santrallerin çalışma mekanizması ise; fosil yakıtların yakılması ile açığa çıkan ısı enerjisinin suyu buharlaştırması ve bu buharın jeneratörleri çalıştırarak elektrik elde edilmesi şeklindedir (Ünsal, 2010:1).

Kömürün diğer fosil yakıtlara göre avantajlarına değinecek olursak; fiyatının uygun olması, diğer fosil kaynakların aksine rezervlerinin belli bölgelerde değil dünyanın birçok farklı bölgesine yayılmış olması, enerji ithalatını düşürücü etkisi ve ileri teknolojiye ihtiyaç duyulmadan kullanıma hazır hale gelmesini sıralayabiliriz.

Kömürün en büyük dezavantajı ise içerdiği yoğun karbon yüzünden, yanması ile ortaya çıkardığı karbon salınımıdır. Fosil yakıtlar yüzünden ortaya çıkan ve bugün dünyanın en büyük problemlerinden birisi haline gelen iklim değişikliğinin en önemli sebeplerinden biri kömür kullanımıdır (Edwards, 2019:2). Bu tehlikeli dezavantajı yüzünden, birçok gelişmiş ülkede kömür kullanımı azalma eğilimi göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise daha yoğun olarak kullanılmaktadır (Edwards, 2019:4).

Kömür rezervlerinin, doğalgaz ve petrol rezervlerine göre yaklaşık 2 kat uzun süre dünya enerji talebini karşılayabileceği görülmektedir. Kömürün 114 yıllık bir ömrü kalmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019). Günümüzde dünya üzerinde yaklaşık 1 trilyon ton kömür rezervi mevcuttur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Tablo 1.7. Bölgelere Göre Dünya Kömür Rezervleri

Bölge	Kömür Rezervi (Milyar Ton)	Rezerv Payı
Asya-Pasifik Ülkeleri	424,2	%41,0
Avrupa-Avrasya Ülkeleri	323,6	%31,3
Kuzey Amerika Ülkeleri	258,7	%25,0
Afrika-Doğu Akdeniz Ülkeleri	14,4	%1,4
Orta-Güney Amerika Ülkeleri	14,0	%1,4

(Kaynak: Enerji bakanlığının verilerinden derlenmiştir, 2019)

Kömür rezervleri açısından Asya-Pasifik bölgesinin en zengin bölge olmasında başrolü Çin ve Hindistan oynamaktadır. Dünya’da en geniş kömür rezervlerine Çin, Hindistan ve ABD sahiptir. Ortadoğu bölgesi petrol ve doğalgazın aksine kömür rezervleri açısından çok zengin değildir.

**Tablo
Yıllık
Üretimi
(Milyon**

Ülke	Üretim Miktarı
1. Çin	3411
2. Hindistan	692
3. ABD	661
4. Avustralya	493
5. Endonezya	434
6. Rusya	334
7. Afrika	251
8. Almanya	171
Diğer	957

**1.8.
Kömür
(2016)
Ton)**

(Kaynak: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Oda Raporu, 2018: 243)

Tablo 1.8.'de görüldüğü üzere dünya kömür üretiminde ilk sırayı Çin almıştır. İkinci sırada Hindistan üçüncü sırada ise ABD bulunmaktadır. Çin kalabalık nüfusu ile birçok enerji kaynağında olduğu gibi kömür üretimi ve tüketiminde de başı çekmektedir. Kömürün fiyatının uygun olması kolay erişilmesi gibi özellikleri bu kaynağı Çin, Hindistan gibi çok kalabalık ülkeler için cazip hale getirmektedir. Türkiye'de ise, 1,8 milyon tonu asfaltit, 1,1 milyon tonu taş kömürü ve 81,1 milyon tonu linyit olmak üzere 84 milyon ton kömür üretimi gerçekleşmiştir (Tamzok, 2019:228).

Tablo 1.9. Yıllık Kömür Tüketimi (2016) (Milyon Ton)

Ülke	Tüketim Miktarı
1. Çin	3610
2. Hindistan	914
3. ABD	665
4. Almanya	230
5. Rusya	216
6. Güney Kore	181
7. Türkiye	105

(Kaynak: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Oda Raporu, 2018: 246)

Yıllık kömür tüketimlerini incelediğimiz tablo 1.9.'da da Çin ve Hindistan göze çarpmaktadır. Üretimde başrolü oynadıkları gibi tüketimde de ilk 2 sırayı almışlardır. Çin dünyanın en büyük kömür üreticisi olmasına rağmen kömür ithalatı da yapmaktadır. Yukarıda bahsettiğimiz gibi özellikle kalabalık nüfuslu ülkeler enerji talebini karşılayabilmek için yoğun miktarda kömür kullanımı yapmaktadır. Türkiye'de 105 milyon tonluk kömür tüketimi ile en çok kömür tüketimi yapan 7. ülke konumundadır.

1.3.2. Nükleer Enerji

Atom çekirdeğinin parçalanması durumuna fisyon, birleştirilmesi durumuna füzyon adı verilir. Nükleer enerji fisyon ve füzyon sonucu ortaya çıkmaktadır. Yani nükleer enerji kaynağını atom çekirdekleri oluşturmaktadır. Nükleer fisyon sonrasında izotop oluşumunun yanı sıra birkaç adet nötron serbest kalmaktadır. Sadece bir nötron yeni fisyon oluşumu için yeterli iken, birkaç nötron çok daha fazla fisyon oluşturur. Bu esnada muazzam bir enerji açığa çıkar (Suppesi ve diğerleri, 2007:249-251). Eğer bu birden fazla nötron kontrol altına alınmazsa yani absorbe edilmezse, ortaya çıkan enerjiyi kontrol altına almak imkansızlaşır. Bu yüzden nötronlar başka fisyon reaksiyonlarında kullanılmak üzere absorbe edilir (Hewit, Collier, 2000:28).

Nükleer enerji üretiminde kullanılan hammadde uranyumdur. Fakat uranyumun tükenebilir olması bilim insanlarını farklı hammadde arayışlarına sokmuştur. Uranyumun ikamesi olarak nükleer enerji elde edilebilecek bir diğer kaynağın toryum olduğu tahmin edilmektedir. Henüz yeterli altyapı ve teknolojik ilerlemenin kaydedilmemiş olması Toryum kullanımını yaygınlaştırmamış olsa da toryum madeninin gelecekte ciddi boyutlarda kullanılacağı öngörülmektedir. (Kaplukan, 2015:31). Türkiye ciddi anlamda geniş toryum rezervlerine sahiptir ve Türkiye'nin toryum kökenli nükleer enerji potansiyeli ilerleyen bölümlerde ele alınacaktır. Bir diğer kaynak ise plütonyumdur. Ancak hem toryum hem de plütonyum, uranyum kadar doğada kolay bulunabilir değildir.

Diğer fosil enerji kaynaklarına göre pek derin bir tarihsel geçmişi olmayan nükleer enerjinin tarihi, 1879'da uranyumun keşfi, 1934'te de atomun parçalanması ile başlar (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2018). İlk nükleer santral olan Chicago-1 ise 1942'de ABD' de kurulmuştur (Gülay, 2008:11).

Nükleer yani atom enerjisi ilk olarak askeri amaçla kullanılmıştır. ABD, 2.dünya savaşı sırasında Japonya'nın Hiroşima ve Nagasaki kentlerine 1945 yılında 2 adet atom bombası atmıştır. Günümüzde dahi etkileri tam anlamıyla yok olmayan bu olay hem o dönemde savaşın sona ermesine hem de tüm dünyanın atom enerjisini tanımasına neden olmuştur. 1950'lerden sonra ticari amaçla santrallerin kurulumu başlamış özellikle 70'lerdeki petrol krizinin ardından nükleer enerjiye olan ilgi dünya genelinde yaygınlaşmıştır.

Atom çekirdeği reaksiyonu, enerji elde etmenin yanı sıra silah sanayinde, tarımda, tıpta ve arkeolojide kullanılmaktadır (Kaya, 2012:73).

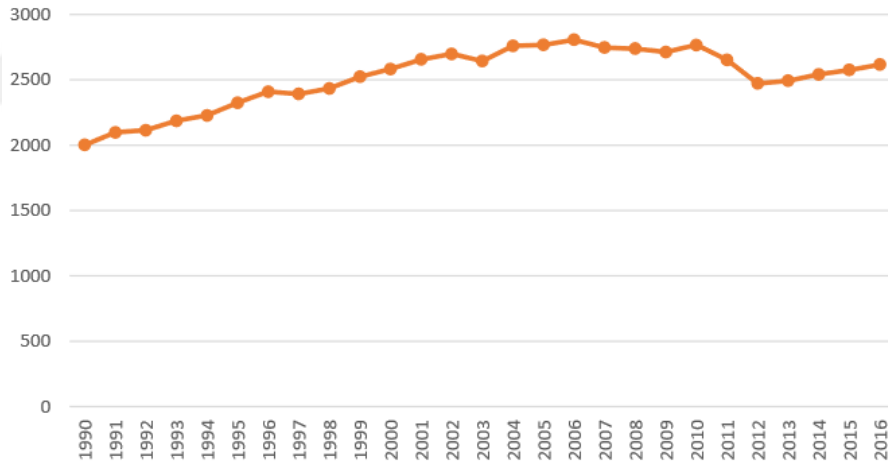
Nükleer enerjinin birçok avantajı mevcuttur. Bunlardan bazılarına değinecek olursak; Karbondioksit gazı salınımı yapmadığı için iklim değişikliğine neden olmaz. Nükleer santrallerin kurulum aşamasının ardından, yakıt maliyetleri düşüktür (Temurçin, Aliağaoğlu, 2003:27). Santraller de ısı ve elektrik enerjisi eş zamanlı olarak üretilmektedir. Bir diğer önemli avantajı ise teknoloji gerektiren bir enerji kaynağı olmasından dolayı bilimi teşvik eder ve bilimsel gelişmeyi sağlar. Birçok alanda da istihdam yaratır.

Nükleer enerjinin en büyük dezavantajı ise; Üretim süreci sonrasında ortaya çıkan radyoaktif atıklardır. Bu atıklar, ekosistem için oldukça tehlikeli olduğundan

radioaktivitelerinin düşürülmesi gerekmektedir. Bu düşürme işlemi için nükleer santrallerin su kaynaklarına yakın bölgelere inşa edilmesi gerekir. Suda bekletilen atıkların radyoaktivitesi düşmektedir. Bir diğer önemli hususta santrallerin deprem bölgelerine uzak yerlere inşa edilmesidir (Ergün, Polat, 2013:37-38). Santrallerin sıkı denetim altında olması olmazsa olmazdır. Ufak ihmaller büyük felaketlere yol açabilir. 1986’da ihmalden kaynaklanan Çernobil faciası ve 2011’de Fukushima’ da meydana gelen depremin ardından ortaya çıkan nükleer sızıntı, nükleer enerji ile ilgili soru işaretleri oluşmasına neden olmuştur. Böyle dezavantajları olsa da nükleer enerji, fosil yakıt rezervleri olmayan, yenilenebilir enerji kullanımı için verimsiz coğrafyalarda bulunan, enerji dışı bağımlılığı yüksek ülkeler için son derecede önemli bir alternatiftir.

Büyük bir oranda elektrik üretimi için kullanılan nükleer enerjinin dünya üzerindeki genel görünümüne grafik, şekil ve tablolar ile bakacak olursak;

Grafik 1.1. Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (TWh)



(Kaynak: British Petroleum, 2017)

Grafik 1.1.’e göre 1990 ile 2016 yılları arasındaki nükleer enerji tüketimi arasında %30’dan fazla bir artış söz konusudur. Bazı yıllar bir önceki yıla göre düşüş gösterse de nükleer enerji tüketimi genel olarak artış eğilimindedir. Ayrıca 2010 yılında 2,756 TWh olarak gerçekleşen nükleer enerji üretiminin 2035’ te 3,908 TWh’ye çıkacağı tahmin edilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

Tablo 1.10. Aktif Nükleer Reaktör Sayısı

Ülke	Nükleer Santral Sayısı
1. ABD	99
2. Fransa	58
3. Çin	46
4. Japonya	42
5. Rusya	37
6. Güney Kore	24
7. Hindistan	22
8. Kanada	19
9. Ukrayna	15
10. İngiltere	15
Diğer	73

(Kaynak: International Energy Agency, 2019)

Tablo 1.10.'da uluslararası atom enerjisi kurumunun verilerine göre, hangi ülkede kaç tane aktif nükleer reaktör olduğu görülmektedir. 2019 verilerine göre dünyada aktif nükleer reaktör sayısı 457'dir. 99 aktif nükleer reaktör ile ABD liste de başı çekmektedir. 2. Sıradaki Fransa'nın 58, 3.sıradaki Çin'in 46 aktif nükleer reaktörü vardır. Japonya'nın 42, Rusya'nın 37, Güney Kore'nin 24, Hindistan'ın 22, Kanada'nın 19, Ukrayna'nın ve İngiltere'nin 15, İsveç'in 8, Almanya, Belçika ve İspanya'nın 7'ser, Çekya ve Tayvan'ın 6, Pakistan ve İsviçre'nin 5, Macaristan, Finlandiya ve Slovakya'nın 4'er, Arjantin'in 3, Brezilya, Bulgaristan, Meksika, Romanya ve Güney Afrika'da 2 şer, Hollanda, Ermenistan, Slovenya ve İran'da da 1'er tane aktif nükleer reaktör bulunmaktadır.

Nükleer enerji ile elektrik ihtiyacını en yoğun karşılayan ülke ise Fransa'dır. Fransa'da elektrik talebinin yaklaşık %75'i nükleer santrallerden sağlanmaktadır (International Energy Agency, 2019).

1.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Her ülke için 'yerli' enerji üretimi anlamı taşıyan ve ülkelerin hem enerji dışı bağımlılığını azaltan hem de temiz enerji kullanımına olanak sağlayan yenilenebilir

enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyoenerji ve deniz kökenli enerji olmak üzere 6 başlık altında incelenecektir.

1.3.3.1. Rüzgâr Enerjisi

Güneş ışınları yeryüzüne farklı açılarla düşer. Bu sebepten ortaya farklı sıcaklık seviyeleri çıkar. Bu sıcaklık farklarından meydana gelen rüzgâr, yeryüzünde hareket eden havadır. Yani aslında ısı farkı bulunan hava kütlelerinin yer değiştirmesi ile ortaya çıkmaktadır. Dünyanın eksenini etrafında dönmesi rüzgarların şiddetinde sapmalar ortaya çıkarır. Dünyanın bir düzlük olmaması ve içerisinde dağlar, okyanuslar, denizler vb. çeşitlilikler barındırması rüzgârın şiddetini bölgeden bölgeye değiştirirken, belirgin iklim farklılıkları da ortaya çıkmaktadır (Burton ve diğerleri, 2001:10-11).

En derin tarihsel geçmişe sahip enerji kaynaklarından birisi rüzgâr enerjisidir. M.Ö. 3000’li yıllarda yelkenli gemiler vasıtasıyla rüzgâr enerjisinden yararlanılmaya başlanmıştır. M.Ö.1700’lü yıllarda da tahıl öğütme ve sulama işlemlerinde bu enerjiden yararlanıldığı bilinmektedir (Gourieres, 1982:2). M.Ö. 200’lü yıllarda ise Mezopotamya bölgesinde yel değirmenlerinin kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. 1800’lü yıllara gelindiğinde ise rüzgâr ile elektrik üretimi arasında bağlantı kurulmuştur. 1890 yılında Danimarka’da, Danimarkalı bilim insanı Paul la Cour tarafından ilk kez rüzgâr enerjisi ile elektrik elde edilen tesis inşa edilmiştir. Ancak tüm bunlara rağmen 19. ve 20. Yüzyıllarda fosil kaynak kullanımının yoğun olması rüzgâr enerjisini geri plana itmiştir. 1970’lerden yani petrol krizinden sonra günümüze kadar olan süreçte önemi ve kullanımı artma eğilimi göstermiştir (Varınca, Varank, 2005:2).

Rüzgâr enerjisi, rüzgâr santralleri aracılığıyla elektriğe dönüşür. Bu santrallerde rüzgârın kinetik enerjisi pervaneleri döndürür ve bu hareket enerjisi jeneratörler vasıtasıyla elektriğe dönüşür. Rüzgâr türbinleri ise, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye ve ardından da elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018)

Rüzgâr enerjisinin çok sayıda avantajı vardır. Bunlardan bazılarını değinecek olursak; Fosil yakıtlar gibi sera gazı salınımı yapmaz ve nükleer santraller gibi enerji

üretimi sonrası ortaya radyoaktif atık çıkarmaz. Tamamen temiz ve doğa dostu bir enerji kaynağıdır. Kaynağı güneştir ve güneş var oldukça temin edilebilir. Yani sonsuz bir kaynağa sahiptir. Çok önemli olan bir diğer avantajı, yerli bir enerji kaynağı olmasıdır ve enerji dışı bağımlılığını azaltmasıdır. Kurulumu ve işletimi çok ileri bir teknoloji gerektirmez ve çok maliyetli değildir. Faaliyet halindeyken de bakımları kolaydır. Rüzgâr enerjisinde yakıt maliyeti olmadığından ani fiyat dalgalanmalarının olmaması bir başka önemli avantajıdır. Dünyanın birçok bölgesinde çeşitli rüzgarlar estiği için rüzgâr enerjisi potansiyeli birçok ülkede mevcuttur. Son yıllarda rüzgâr enerjisi ile ilgili teknolojik gelişmeler sayesinde bu enerjinin, fosil yakıtlar ile elektrik üretimi konusunda kafa kafaya yarışabilecek seviyeye gelebileceği düşünülmektedir. (Şenel ve Koç,2013:47).

Kurulum maliyetlerini düşürmek açısından, rüzgâr enerjisi santrallerinde kullanılan türbin, jeneratör, pervaneler vb. araçların ülke içerisinde üretimini yapmak yani ithalatı azaltmak çok önemlidir. Bu hem ülke içi üretimi ve istihdamı artırıcı etki yaparken, hem de cari dengeye pozitif etki yapar.

Rüzgâr türbinleri kuruldukları arsada çok yer kaplamaz. Bu arsalarda bıraktıkları boşluklarda, insanlara tarım vb. gibi iş alanları yaratılabilir ve bundan hem türbinler zarar görmez hem de kuruldukları arazi zarar görmez. Ayrıca denizlere kurulumu da mümkündür. Bulundukları arsalardan söküldüklerinde, arsalar rahatlıkla kullanılmaya devam edilebilir (Ağaç ve Biçer, 2010:82).

Rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulacağı yer seçimi de son derece önemlidir. Maksimum verim için santrallerin, ülkelerin en çok rüzgâr alan uygun bölgelerine yapılması gerekir.

Rüzgâr enerjisinin az da olsa bazı dezavantajları vardır. Bunlardan bazıları; Kapasite faktörleri diğer bazı enerji kaynaklarına göre düşüktür. Üretim iklime bağlı olduğu için enerji üretme de istikrarsızlıklar görülebilir. Kurulum aşamasında kullanılan parçalar ithal ediliyorsa, kuruluşları maliyetli hale gelmektedir. Zaman zaman kuşlar için tehlike yaratabilmektedir. Türkiye gibi göçmen kuşların göç güzergahında olan ülkelerin, santrallerin kurulumunda buna dikkat etmesi gerekir. Ayrıca bazı kaynaklarda rüzgâr enerjisi santrallerinin gürültü kirliliğine yol açtığı söylenmektedir. Fakat türbinlerden çıkan ses 100 metre mesafede 60 desibel, 400 metre mesafe de 37 desibel seviyesindedir. Sivrisineğin çıkardığı sesin yaklaşık 30

desibel, trafik gürültüsünün ise 80 desibel olduğu düşünülürse, türbinlerden gelen ses seviyesi oldukça düşüktür (Bingöl, 2018:24).

Tablo 1.11. Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke

Ülke	2018 Yılı Verileri (MW)	Dünya Kapasitesi İçerisindeki Oranı
1. Çin	211,392	%35,7
2. ABD	96,665	%16,3
3. Almanya	59,311	%10,0
4. Hindistan	35,129	%5,9
5. İspanya	23,494	%4,0
6. Birleşik Krallık	20,970	%3,5
7. Fransa	15,309	%2,6
8. Brezilya	14,707	%2,5
9. Kanada	12,816	%2,2
10. İtalya	9,958	%1,7
Diğer Ülkeler	91,798	%15,5

(Kaynak: Global Wind Energy Council, 2019, Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi raporundaki veriler ile derlenmiştir.)

2018 yılı verilerine göre oluşturulan yukarıdaki tablo 1.11.' e göre Çin 211,392 MW ile rüzgâr enerjisi kapasitesi ile açık farkla ilk sırayı almıştır. Çin'in 2019 verisi ise 236,402 MW olarak hesaplanmıştır. (Global Wind Energy Council, 2019:25-28). Yıllan yıla büyük bir artış göstermektedir ve kapasitesi tüm dünya kapasitesinin %35,7 sini kapsamaktadır. En çok rüzgâr enerjisi kapasitesine sahip ilk 10 ülke, tüm dünya kapasitesinin %84,5 ini kapsamaktadır. Listede Türkiye ise 12. Sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2018 yılı rüzgâr enerjisi kapasitesi 7,369 MW olarak hesaplanmıştır. (Global Wind Energy Council, 2019:25-28).

Tablo 1.12. Rüzgâr Enerjisi ile En çok Elektrik Üreten 10 Ülke

Ülke	Rüzgâr Enerjisi İle Elektrik Üretimi (TWh)
1. Çin	305
2. ABD	257

3. Almanya	106
4. Birleşik Krallık	50
5. İspanya	49,1
6. Hindistan	47,7
7. Brezilya	42,3
8. Kanada	28,8
9. Fransa	24,7
10. Türkiye	17,9

(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2017, Renewable Energy Statistics).

Rüzgâr enerjisi ile en çok elektrik üreten ilk 10 ülkenin listelendiği tablo 1.12.'de zirveyi en çok rüzgâr enerjisi kapasitesi olan Çin almaktadır. 2017 verilerine göre Çin, rüzgâr enerjisinden 305 TWh elektrik elde etmiştir. Türkiye'de yıldan yıla kullanımı yaygınlaşan rüzgâr enerjisi ile 2017 yılında 17,9 TWh elektrik elde edilmiştir ve rüzgâr enerjisi kapasitesi bakımından 7,369 MW ile 12. sırada olan Türkiye, elektrik üretiminde ise 10. sıradadır.

1.3.3.2. Güneş Enerjisi

Güneş, nükleer enerjiyi bir kenarda tutarsak, tüm enerji kaynaklarının kaynağıdır. Dünyaya 149,6 milyon kilometre ötedeki güneşten yayılan enerjinin yaklaşık iki milyarda biri dünyaya ulaşmaktadır. Ancak bu orandaki enerji dahi, dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacının yirmi bin katına tekabül etmektedir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2020). Dünya'ya düşen güneş ışınlarının yarısı atmosferi aşarak yeryüzüne düşebilmektedir. Dünya'da yaşamı olanaklı kılan bu ışınların, %30' u atmosferden geriye dönerken, %20'si atmosferde tutulmaktadır (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2020).

Güneş ışınlarından elektrik üretmek için çoğunlukla iki yol tercih edilmektedir. Bunlardan ilki Güneş hücreleridir. Fotovoltaik (PV) güneş enerji sistemleri adı ile de anılan güneş hücreleri, yarı iletken malzemeden yapılır ve ışınları doğrudan elektriğe çevirir. Diğer teknoloji ise ısı güneş teknolojileri ve odaklanmış güneş enerjisidir. (CPS). Bu sistemde ise güneş enerjisinden ısı elde edilmektedir. Elde edilen ısı hem doğrudan hem de elektrik üretmede kullanılabilir. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019)

Güneş ışığından faydalanılarak elde edilen güneş enerjisi, tarihteki en eski enerji kaynaklarından birisidir. Tarihte ilk kullanımı ısınma amaçlı olan güneş enerjisinin günümüzde de bu amaçla kullanımı devam etmektedir. Güneş enerjisi konutlarda, sanayide ısınma amacı ile kullanılırken, iklimlendirmede, iletişimde, ulaşım, tarımda, otomasyon, sinyalizasyon vb. elektriğe ihtiyaç duyulan birçok alanda da kullanılır. (İraz ve diğerleri, 2010: 71-72)

Güneş sistemleri ile ilgili ilk patent 1891 yılında Clarence Kemp tarafından alınmıştır. Bu patent, suyun ısınması için yapılmış olan basit bir depolama sistemini içermektedir. Bu tarihten sonra güneş enerjisi teknolojisi gelişim göstermiş olsa da 1970'lerdeki petrol krizine kadar fosil yakıtların gölgesinde kalmıştır. 70'lerden sonraki süreçte ise güneş enerjisine duyulan ilgi artmış ve kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Geçmişteki haline göre güneş enerjisi sistemleri çok daha kapsamlı kullanılmaktadır fakat karmaşık yapısı bazı sorunları beraberinde getirmektedir (Quaschnig, 2010: 116-117). Güneş sistemleri ile ilgili mevcut teknoloji verimi maksimum yapacak ve maliyetleri düşürecek seviyede değildir. Bu yüzden teknolojik ilerlemeye açık ve aç bir enerji kaynağıdır.

Birçok avantajı bulunan güneş enerjisi, diğer tüm yenilenebilir enerji kaynakları gibi karbon salınımı yapmaz ve enerji elde edildikten sonra ortaya radyoaktif atıklar çıkarmaz. Tükenmeyen, temiz, doğa dostu ve neredeyse tüm dünyanın faydalanabileceği bir enerji kaynağıdır. Faaliyet halindeyken bakımı kolaydır ve güneş sistemindeki düzeneklerin birçoğu diğer enerji kaynaklarının santrallerindeki düzeneklere göre daha uzun ömürlüdür. Teknolojisinin geliştirilmesi ve kurulum maliyetlerinin düşürülmesi halinde gelecekte dünya genelinde egemen bir enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir.

Gelişime açık olan bu enerji kaynağının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kurulumu ve enerji dönüştürme düzenekleri halen maliyetlidir. Birçok ülke de enerji talebini karşılayabilecek miktarda enerji elde edilmesi çok zordur. İstenilen seviyede enerji elde etmek, güneş enerjisinin çok şiddetli olmamasından dolayı güçtür. (Öztürk, 2013:45) Tüm bunların yanı sıra birçok ülkede hukuki altyapısının gelişmemiş olması da bir diğer dezavantajdır. (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 261)

Tablo 1.13. Güneş Enerjisi (PV) Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke

Ülke	2018 Yılı Verileri (MW)	Dünya Kapasitesi İçerisindeki Oranı
1. Çin	175,018	%32,3
2. ABD	62,200	%11,5
3. Japonya	55,500	%10,3
4. Almanya	45,930	%8,3
5. Hindistan	26,869	%6,0
6. İtalya	20,120	%3,7
7. Birleşik Krallık	13,108	%2,4
8. Avustralya	11,300	%2,1
9. Fransa	9,483	%1,7
10. Güney Kore	7,862	%1,4
Diğer Ülkeler	110,600	%20,3

(Kaynak: İEA, 2019, Uluslararası enerji ajansının 2018 verilerinden derlenmiştir)

Rüzgâr enerjisi kapasitesinde olduğu gibi güneş enerjisi kapasitesi en yüksek ülke yine Çin'dir. Çin'in güneş enerjisi kapasitesi, tüm dünya kapasitesinin %32,3'ü ne tekabül etmektedir. ABD, Çin'i takiben ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye güneş enerjisi kapasitesi ise 5,064 MW olup dünya da 11. sırada yer almaktadır. Türkiye' de 2017 yılına göre 2018'de %1,6'lık bir güneş enerjisi kapasitesi artışı gözlemlenmektedir (İEA, 2019).

Tablo 1.14. 2018'de, 2017'ye Göre Güneş Enerjisi (PV) Kapasitesini En Çok Arttıran 10 Ülke

Ülke	Kapasite Artışı (MW)
1. Çin	45,000
2. Hindistan	10,800
3. ABD	10,600
4. Japonya	6,500
5. Avustralya	3,800
6. Almanya	3,000
7. Meksika	2,700
8. Güney Kore	2,000
9. Türkiye	1,600
10. Hollanda	1,300

(Kaynak: İEA, 2019, Uluslararası enerji ajansının 2018 verilerinden derlenmiştir).

2018’de, 2017 yılına göre en çok kapasite arttıran ülke Çin’dir. Tablo 1.14.’ de en dikkat çekici durum ise Türkiye’nin 1,600 MW güneş enerjisi (PV) kapasite artışı ile dünya da en çok kapasite arttıran 9. ülke konumunda olmasıdır. 2018 yılında Türkiye’de güneş enerjisinden 7,8 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir (Makine Mühendisleri Odası, 2020). Türkiye’de söz konusu yılda güneş enerjisinin elektrik üretiminde, yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı %8 civarındadır.

Güneş enerjisi ile elde edilen elektriğin toplam elektrik tüketimi içerisindeki payının en yüksek olduğu ülke ise %14’lük oranı ile Honduras’tır. Honduras’ı %7,9’luk pay ile Almanya izlemektedir. Dünyanın birçok ülkesine göre az güneş alan Almanya’nın bu oranı dikkat çekicidir. (İEA, 2019)

1.3.3.3. Hidrolik Enerji

Su, tarih boyunca kullanılmış önemli bir enerji gücüdür. Suyu müdahale etmeden yüksekten düşmesi veyahut müdahale edilerek yüksekten düşürülmesi sonucu, duran suyun potansiyel enerjisi, kinetik enerjiye, kinetik enerjisi de elektrik enerjisine dönüşmektedir. Bu dönüşümlere hidroelektrik denir. (Doğanay ve Coşkun, 2017:5)

Su akışının kaynağı güneştir. Güneşten gelen ışınlar, okyanus ve denizlerin ısınmasına ve buharlaşmasına yol açar. Buharlaşma sonucu oluşan nem bulutları, yeryüzüne yağmur veya kar olarak geri dönmektedir. Bu geri dönüş dere ve nehirleri oluşturur veya dere ve nehirlerdeki su akışını hızlandırır. Nehirlerde akan su da çarklar ve türbinler vasıtasıyla enerji elde etmek için kullanılır (Everett ve diğerleri. 2012:607). Suyun düşüş veya akış hızı ne kadar yüksekse, elde edilen enerjide o denli yüksek olur (Gezer, 2013:34). Çarklar ve türbinleri kapsayan, potansiyel enerjinin, kinetik enerjiye, kinetik enerjinin de elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santrallere ise hidroelektrik santraller adı verilir.

Suyun gücünden tarih boyunca uzun zaman faydalanılmasına rağmen, sudan elektrik elde edilmesine 19. Yüzyılın sonlarından itibaren başlanılmıştır. Bundan önceki dönemde genellikle tahıl öğütme işlemlerinde veya tarımda sulama gibi amaçlarla kullanılan su gücü, 19.yüzyıldan sonra ise elektrik elde etmek için de kullanılmıştır.

Hidroelektrik enerji elde edilmesinde barajlar kilit bir role sahiptir. Jeneratör ve türbinleri içerisinde bulunduran barajların çalışma prensibi ise şu şekildedir; Akan suyun önüne çekilen set ile suyun birikerek bir göle dönüşmesi sağlanır. Bu gölü çevreleyen baraj duvarlarında kanallar bulunur. Bu kanallar vasıtasıyla, su, istendiği zaman karşı tarafa geçirilir. Bu geçiş sırasında da elektrik enerjisi elde edilmektedir (Adıgüzel, 2019:12).

Hidroelektrik santraller ile enerji üretmenin birçok avantajı vardır. En önemli avantajlarından birisi, santrallerin kurulumunun büyük oranda yerli üretimle yapılmasıdır. Kurulumu ve işletimi sırasında kullanılan birçok malzeme yerli piyasadan alınmaktadır. Bu açıdan yerli üretimi ve istihdamı artırıcı etkileri vardır. Bunun yanı sıra santrallerin yapıldığı bölgedeki yöre halkı için de ekonomik anlamda pozitif etkileri vardır. Diğer yenilenebilir kaynaklar gibi hidroelektrik enerji de karbon salınımı yapmaz ve ortaya radyoaktif atıklar çıkarmaz. Hidroelektrik santrallerinin bir diğer önemli özelliği, diğer elektrik santrallerine göre daha uzun ömürlü olmasıdır. 70-80 yılı aşan sürelerde kullanılabilir. Yakıt maliyeti bulunmayan ve işletim giderleri düşük olan hidroelektrik santraller çok ileri bir teknoloji gerektirmedikinden, birçok ülkede yapılabilir ve diğer enerji kaynakları rezervleri az olan ülkelerde enerji dışı bağımlılığını azaltabilir.

Kaynağı doğada bol miktarda bulunan su, olan hidroelektrik santralleri, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Hidroelektrik santrallerin bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

Santrallerin kurulum aşaması uzun ve maliyetlidir. Barajların kurulduğu bölge de doğal yaşamı negatif etkileyen bazı olumsuzluklar çıkabilmektedir. Hidrolik enerjiden tam anlamıyla yararlanabilmek için ülkelerin düzenli yağış alması gerekir. İklimde ortaya çıkan değişiklikler yani yağışların azalması, enerji üretimini de azaltır. Hidroelektrik santrallerde elde edilen enerjiyi depolama işleminin zorluğundan dolayı, enerji üretiminin taleple birebir örtüşmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında elektrik tedarikinin %71'ini hidro güç üstlenir. Bu bakımdan elektrik üretiminde, yenilenebilir enerji kaynakları arasında öncü bir rol üstlenmektedir. Dünya genelinde elektrik üretiminde tüm enerji kaynakları arasındaki payı ise %16,4' tür (World Energy Council, 2016:21).

Tablo 1.15. Hidro Güç Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke

Ülke	Kurulu Hidro Güç Kapasitesi (GW)
1. Çin	352
2. Brezilya	104
3. ABD	103
4. Kanada	81
5. Japonya	50
6. Hindistan	50
7. Rusya	49
8. Norveç	32
9. Türkiye	28
10. Fransa	26

(Kaynak: International hydropower association'dan alınan 2018 verileri ile derlenmiştir. 2019).

Tablo 1.15' i incelediğimizde, birçok enerji kaynağında olduğu gibi hidro elektrik kapasitesi bakımından da dünyada ilk sırayı Çin almaktadır. Çin 352 GW hidro güç kapasitesi ile tüm dünyadaki kapasitenin %27,3 'ünü oluşturmaktadır. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yaptığı yatırımları arttıran Brezilya bu kategoride 2. Sırayı alarak dikkat çekmektedir. Bir diğer dikkat çekici durumda Türkiye'nin kendisine ilk 10 içerisinde yer bulmasıdır. 28 GW Hidro güç kapasitesi ile en geniş 9. Kapasiteye sahip olan Türkiye, dünya kapasitesinin, %2,16 sını oluşturmaktadır. Tüm dünyanın kurulu hidro güç kapasitesi ise 1.292 GW'dır (International Hydropower Association, 2019).

Kurulu Hidro güç kapasitesi 2018 yılında 21,8 GW artmıştır. 8,5 GW ile ilk sırayı Çin alırken, 3,86 GW artış ile 2. Sırayı Brezilya almaktadır. Ülkemiz Türkiye ise 2018 yılında en çok hidro güç kapasitesi arttıran 4. Ülke olmuştur. 1,085 GW kapasite artışı olan Türkiye, tüm dünyadaki kapasite artışının %5'i ne yakın bir oranını temsil etmektedir (International Hydropower Association, 2019). 2018 Yılında Türkiye'de Hidroelektrik santrallerinden 60.045 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de toplam elektrik üretiminin %19,7'si hidroelektrik santrallerinden gerçekleştirilmiştir. (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 2020)

1.3.3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal latince kökenli bir kelimedir. Yer anlamı taşıyan ‘geo’ ve ısı anlamı taşıyan ‘therme’ kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu iki kelimenin birleşimi olan ‘geotherme’ yerkürenin ısısı anlamı taşımaktadır (GEO, 2020).

Jeotermal enerji, yer kabuğu derinliklerine, yeryüzünden sızan suların, yer kabuğu altındaki magma tabakasından almış olduğu ısı sayesinde sıvı veya buhar olarak tekrar yeryüzüne hareket etmesinden elde edilen enerjidir. Tekrar yeryüzüne hareket eden su, normal sudan farklıdır. İçerisinde çeşitli mineral, tuz ve gaz bulundurmaktadır. Sıcaklık değeri de genellikle 20 dereceden fazladır (Ağaç ve Biçer, 2010:39).

Jeotermal sıvılar, yeryüzündeki kırık ve çatlaklardan ortaya çıkmaktadır (Savrul, 2016:23). Bu yüzden bu kaynakların bulunduğu bölgeler genellikle tektonik volkanların ve fay hatlarının yani deprem bölgelerinin olduğu yerlerdir.

Jeotermal kaynaklar, ortaya çıktığı yerdeki derinliğe, ısıya, yer altındaki su miktarına ve kayanın kimyasına göre bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir (Gupta, Ray, 2006:11).

Yer altında bulunan bu su ve buharların, ısı veya elektriğe dönüştürülmesi yani enerji elde edilmesi jeotermal teknolojiler ile gerçekleşir. Yer altındaki su, sondajlar vasıtasıyla çıkarılarak santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülür.

Jeotermal kaynaklardan önceleri sağlık ve kimya sektörlerinde yararlanılmıştır. 1900’lü yılların başında ise, İtalya’da elektrik üretimi, İzlanda’da şehir ısıtması amacı ile modern anlamındaki ilk kullanımları gerçekleşmiştir. Jeotermal kaynakların dünya genelinde ün salması, elektrik ve ısınma amacıyla kullanılması yani enerji elde edilmesi ile gerçekleşmiştir. Özellikle 1950’li yıllardan sonra enerji üretmek amacıyla dünya genelinde kullanımı yaygınlaşmıştır (Kılıç, Kılıç, 2013:48-49).

Jeotermal enerjiden doğrudan veya dolaylı olarak faydalanılabilir. Doğrudan kullanımı ısıtma veya soğutma amacıyla yapılır. Dolaylı kullanımı ise elektrik elde etme amacıyla yapılır. Doğrudan yani ısıtma veya soğutma için kullanım uygulamaları, konutlarda, sokak ve caddelerde, termal tesislerde, tarımda, seralarda ısıtma amacıyla yapılır. Bunun yanında birçok endüstri sektöründe kullanılan

jeotermal enerji, kâğıt endüstrisinde, konservecilikte, dokuma endüstrisinde, boya endüstrisinde, soğutma tesislerinde, yiyecek kurutmada ve kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır (Öztürk, 2013:31).

Jeotermal enerjinin avantajlarına değinecek olursak; En temiz doğal enerji kaynaklarından birisidir. Yerli bir kaynak olması ve enerji dışı bağımlılığını azaltması önemli avantajlarındandır. Yüksek teknolojiye ihtiyaç duyulmaz, sera gazı salınımı yapmaz ve radyoaktif atık ortaya çıkarmaz. Bir diğer önemli avantajı da sağlık turizmi ile ülke ekonomisine ciddi katkılar sağlar. Kaplıca turizmi özellikle iç turizm açısından önemli kalemlerden birisidir.

Jeotermal enerji santrallerinin maliyeti diğer enerji santrallerine göre oldukça düşüktür. Santrallerin masraflarının yaklaşık %70'i kurulum aşamasındaki sabit masraflardır (Şener, Aksoy, 2007:43).

Jeotermal enerjinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlara değinecek olursak; Jeotermal kaynak rezervlerinin hesaplanması oldukça zordur. Kaynaklardaki sıvı sıcaklığının yetersiz olması bir diğer problemidir. Jeotermal enerji santrallerinin çevreye bazı olumsuz etkileri de vardır ancak üretimi esnasında çıkarılan sıvı geri pompalanırsa, yeryüzündeki sulara nazaran daha çok emilmiş mineral, tuz ve gazlar sebebiyle kirli olarak düşünülen hali ortadan kalkar. Yenilenebilir ve temiz bir hal alır (Gürsoy, 2004:132).

Jeotermal enerjinin sıcaklığa göre kullanım alanları değişmektedir. Hangi sıcaklıkta nerelerde kullanılacağı Tablo 1.16. da verilmiştir.

Tablo 1.16. Jeotermal Enerjinin Sıcaklığa Göre Kullanım Alanları

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanları
180	Yüksek konsantrasyonlu solüsyonların buharlaştırılması
170	Diatomitlerin kurutulması, ağır su ve hidrojen sülfid elde edilmesi
160	Kereste, balık ve benzeri yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's metodu ile alüminyum eldesi
140	Konservecilik, çiftlik ürünlerin çabuk kurutulması
130	Şeker endüstrisi, tuz endüstrisi
120	Distilasyonla temiz su elde edilmesi
110	Çimento kurutmacılığı
100	Organik maddeleri kurutma, yün yıkama ve kurutma

90	Balık kurutma
80	Yer ve sera ısıtmacılığı
70	Soğutma (Alt sıcaklık limiti)
60	Sera, ahır ve kümes ısıtmacılığı
50	Mantar yetiştirme, balneolojik kullanımlar
40	Toprak ısıtma
30	Yüzme havuzları, fermentasyonlar, damıtma ve soğutma
20	Balık çiftlikleri

(Kaynak: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2010:105)

Tablo 1.17.'de ise Jeotermal kurulu gücü en yüksek 10 ülke görünmektedir. Tablodaki söz konusu veriler, Türkiye verileri hariç Aralık 2018'e aittir. Türkiye'nin 1303 MW jeotermal gücü ise Ocak 2019 verisidir. Dünya'da en yüksek jeotermal kurulu gücü olan 4. ülke Türkiye'dir. İlk 10 sıradaki ülkeleri incelediğimizde çıkardığımız bir diğer sonuç Jeotermal gücü yüksek ülkelerin aynı zamanda depremlerin yoğun meydana geldiği ülkeler olmasıdır. Yukarıda belirtildiği gibi jeotermal kaynaklar genellikle fay hatlarının olduğu bölgelerden yer kabuğundaki kırık ve çatlaklardan ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1.17. Dünyada Jeotermal Kurulu Gücü En Yüksek 10 Ülke

Ülke	Kurulu Güç (MW)
1. ABD	3639
2. Endonezya	1948
3. Filipinler	1868
4. Türkiye	1515
5. Yeni Zelanda	1005
6. Meksika	951
7. İtalya	944
8. İzlanda	755
9. Kenya	676
10. Japonya	542

(Kaynak: Enerji Atlası, 2019)

Tablo 1.18.'de ise kişi başına düşen jeotermal enerji gücü en yüksek 10 ülke görünmektedir. Bu tabloda dikkat çeken ise, Kosta Rika, Nikaragua, El Salvador gibi Orta Amerika ülkelerinin jeotermal enerjiden, diğer birçok ülkeye göre fazla

yararlanmalarındır. Başka bir Orta Amerika ülkesi Guatemala’da listede 16.sırada bulunmaktadır. İzlanda küçük nüfuslu olmasından ve jeotermal gücü yüksek olmasında dolayı listede açık ara 1.sıradadır. Ülkemiz Türkiye’de kişi başına düşen 16 watt jeotermal enerji gücü ile listede 7.sırada kendisine yer bulmuştur.

Tablo 1.18. Kişi Başına Düşen Jeotermal Enerji Gücü En Yüksek 10 Ülke

Ülke	Kurulu Güç (MW)	Kişi Başına Kurulu Güç (Watt)
1. İzlanda	755	2231
2. Yeni Zelanda	1005	209
3. Kosta Rika	204	41
4. El Salvador	205	31
5. Filipinler	1868	18
6. Nikaragua	109	17
7. Türkiye	1515	16
8. İtalya	944	16
9. Kenya	676	14
10. ABD	3639	11

(Kaynak: Enerji Atlası, 2019)

1.3.3.5. Biyoenerji

Biyoenerji üç grupta incelenmektedir. Bunlar; Biyogaz Biyoyakıt ve Biyokütledir.

1) Biyogaz

Biyogaz, organik atık ve artıkların oksijensiz bir ortamda fermentasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. İçerisinde yaklaşık %40 ila %70 metan, %30 ila %60 karbondioksit, %0-3 hidrojen sülfür ve minimal miktarda azot ve hidrojen barındıran bir gaz karışımıdır. (Küsbeci, 2011, 28)

2) Biyoyakıt

Biyoyakıt ise biyokütlenin enerjiye dönüştürülmüş halidir. Biyoyakıtlar, fosil yakıtların seyreltilme işleminde ve fosil yakıtların bir ikamesi olarak kullanılabilirler.

Ulaşımında ve temiz elektrik üretiminde kullanılabilen Biyoyakıt iki başlık altında incelenebilir (Küsbeci, 2011, 28).

2.a) Biyodizel

Sıvı bir biyoyakıt olan biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağların alkol ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkmaktadır. Biyodizelin göze çarpan özelliklerinden biri, dizel yakıtlar ile karıştırılarak kullanılabilmesidir (Küsbeci, 2011, 28).

2.b) Biyotenol

Biyodizel gibi sıvı bir biyoyakıt olan Biyotenol, çeşitli tarım ürünlerinin fermantasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. Biyotenol, benzin ile yaklaşık %10 oranında karıştırılarak yakıt amacıyla kullanılabilir (Küsbeci, 2011, 28).

3) Biyokütle

Biyokütle enerjisi çeşitli kaynaklardan kolay bir şekilde elde edilebilir. Biyokütlenin elde edilebildiği bu kaynaklar;

- Bitkisel kaynaklar
- Orman ve orman ürünlerinden elde edilen kaynaklar
- Hayvansal kaynaklar
- Organik çöpler, şehir ve endüstriyel atıklar (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

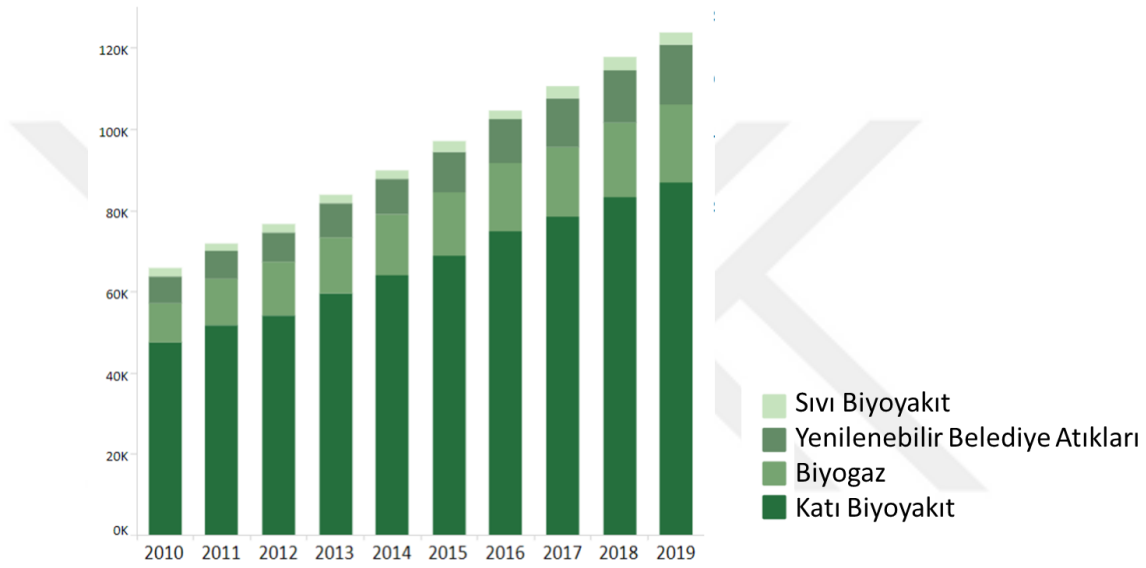
İlk biyoenerji kaynağı olarak kullanılan ve en yaygın bilinen yakıt odundur. Ancak yetişmesi uzun yıllar alan ağaçların yakıt amacı ile kesilip yok edilmesinin doğal denge üzerinde tahribata neden olduğu aşıkardır. Bu durumun önüne geçilebilmesi için sadece enerji elde edilmeye odaklı enerji ormanları kurulmaktadır. Bu açıdan, biyoenerji iki sınıfa ayrılmaktadır; Modern ve klasik sınıf. Kurulan enerji ormanlarının yansıra enerji bitkileri ve ağaç endüstrisinin atıklarından elde edilen yakıtlar modern sınıfa girerken, ağaç kesilmesi, hayvan tezeği yakılması ile ortaya çıkan enerji klasik biyoenerji sınıfına girmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2008:85).

Biyoenerjinin birçok avantajlı yönü bulunmaktadır. Biyoenerjinin üretim sahası çok geniştir. Birçok ülkede kullanılabilir. Kullanımı çok ileri bir teknoloji gerektirmez ve yaygın olarak bilinir. Karbon salınımına ve asit yağmurlarına neden

olmaz, çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Bazı enerji kaynaklarına göre üstün yanlarından birisi de depolanabilir olmasıdır.

En büyük dezavantajı ise düşük bir dönüşüm verimine sahip olmasıdır. Daha verimli kullanımı yani daha çok enerji elde etme yönünde çalışmaları devam etmektedir. Su içeriğinin fazla olması bir diğer dezavantajıdır.

Grafik 1.2. Dünya Geneline Kurulu Biyoenerji Kapasitesi



(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2020)

Dünya genelinde yıldan yıla biyoenerji kapasitesi artışını grafik 1.2.'de gözlemleyebilmekteyiz. 2019 yılında, dünya genelinde 86.624 MW katı biyoyakıt, 19.453 MW biyogaz, 14.518 MW yenilenebilir belediye atıkları ve 3.211 MW sıvı biyoyakıt, toplamda da 123.805 MW biyoenerji kapasitesi bulunmaktadır.

Biyoenerji kapasitesi en yüksek ülke ise birçok enerji kaynağında olduğu gibi Çin'dir. 2019 yılı verilerine göre kapasitesi en yüksek ilk 10 ülke tablo 1.19.'da görülmektedir.

Tablo 1.19. Biyoenerji Kapasitesi En Yüksek 10 Ülke

Ülke	Kurulu Güç (MW)
1. Çin	16537
2. Brezilya	14992

3. ABD	12450
4. Hindistan	10228
5. Almanya	9972
6. Birleşik Krallık	7006
7. İsveç	5021
8. Tayland	4258
9. İtalya	3891
10. Kanada	3376

(Kaynak, Statista, 2020)

Ülkemiz Türkiye'nin biyoenerji kapasitesi ise 2019 yılında 982,5 MW olarak hesaplanmıştır (International Renewable Energy Agency, 2020). Türkiye'nin özellikle son 10 yıllık periyotta biyoenerji kapasitesi yaklaşık 9 kat artmıştır. 2017 yılında Türkiye'de biyoenerjiden toplam 2096 GWh elektrik elde edilmiştir (International Renewable Energy Agency, 2020). Bu miktar Türkiye'de gerçekleştirilen elektrik üretiminin %0,6'sına tekabül etmektedir.

1.3.3.6. Deniz Kökenli Enerji

Güneş ışınlarının yeryüzüne farklı açılarla düşmesi sonucunda yeryüzünde sıcaklık farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Farklı sıcaklıkların oluşturduğu rüzgâr, deniz veya okyanuslarda dalgalar oluşturur. Rüzgârın su ile temas etmesi suyun içerisindeki bağımsız su partiküllerini harekete geçirir. Bu durum suyun yüzeyine yakın su katmanlarını hızlandırmaktadır (Graw, 2008:77). Rüzgarlar, su yüzeyleri arasında basınç farklılıkları oluşturur ve bu basınç farkından ortaya çıkan dalgalardan, akıntılardan yani su kütlelerinin yer değiştirmesinden ve gel-git olaylarından enerji elde edebilmek mümkündür.

Deniz kökenli enerji elde edebilmek için rüzgâr kilit bir roldedir. Yani dalga enerjisinden yararlanılan bölgelerde rüzgâr enerjisinden de faydalanılabilir.

Deniz kökenli enerji elde edebilmek için üç teknik mevcuttur. Bunlar kıyı şeridi, kıyıya yakın ve kıyıya uzak uygulamalardır. Bunlar arasında en basit enerji elde etme yolu kıyı şeridi uygulamalarıdır. Kıyı bölgesinde gömülü veya sabitlenmiş şekilde bulunan bu uygulama diğer tekniklere göre daha iktisadidir. Kıyıya yakın

uygulamalarda 10 ila 25 metre derinliklerde kullanılırken, kıyıya uzak uygulamalar 40 metre derinlikte kullanılır. Kıyıya uzak uygulamalarda su altı kabloları kullanılmaktadır (Ün, 2003:1-2).

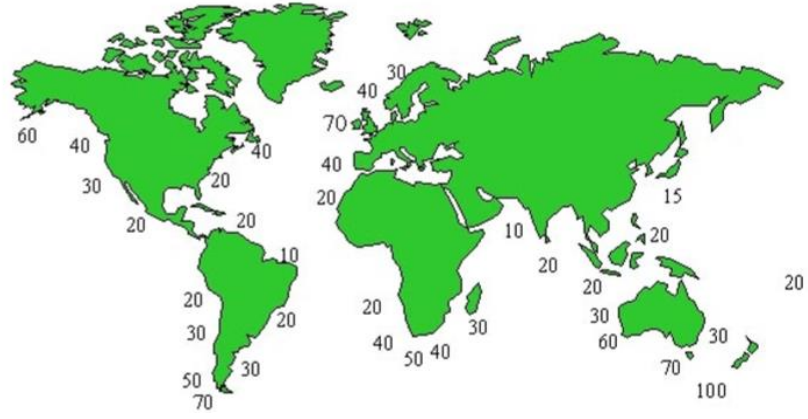
İnsanlar dalgalardan enerji elde edebileceklerini 18. yy.'da fark etmişlerdir ancak ilk başarılı uygulama 1966'da gerçekleşebilmiştir. Fransa'nın Rance Irmağında kurulan türbinden 240 MW enerji elde edilmiştir (Dunn, 2001:122).

Deniz kökenli enerjinin birçok avantajı söz konusudur. Kaynağı sonsuzdur ve bol miktarda bulunur. Temiz bir enerji kaynağıdır. Karbondioksit gazı salınımına veya radyoaktif atıklara neden olmaz. Deniz ve okyanuslarda yapılabilecek diğer çalışmalar için ön zemin hazırlar, çalışmalara hızlı enerji temini sağlanabilir. Deniz suyunun, içme suyuna dönüştürülmesinde kullanılabilir (Öztürk, 2013:422).

Bunun yanında bazı dezavantajları da bulunur. Bunlardan en önemlisi, her ülkenin denize kıyısı yoktur veya enerji üretmek için verimli bir kıyısı yoktur. Dolayısıyla her ülkenin faydalanabileceği bir enerji kaynağı değildir. Bir diğer dezavantajı, kuruldukları denizlerde dalgakıran etkisi yapmaktadır yani denizi durgunlaştırmaktadır. Bu durum yüzeye yakın yaşayan deniz canlıları için tehlike oluşturabilmektedir (Ün, 2003:7).

Deniz kökenli enerji diğer enerji kaynaklarının aksine dünyada hala yaygınlaşmamıştır. 2017 yılında yaklaşık 536 MW'lık işletme kapasitesinin %90'ı sadece iki tesise aittir. Bunlardan biri Fransa'da, 1966'da yapılan Rance gel-git enerji santrali (240 MW), diğeri ise Güney Kore'de 2011'de yapılan Sihwa tesisidir. (254 MW) (International Renewable Energy Agency, 2017)

Şekil 1.2. Dalga Gücü Seviyesinin Dünyada Dağılımı (Kw/m Tepe Yüksekliği)



(Kaynak: Ün, 2003:2)

Şekil 1.2.'de dalga gücü seviyesinin dünyada dağılımı görülmektedir. Hem kuzey kutbuna hem de güney kutbuna yaklaştıkça dalga seviyelerinin arttığı görülmektedir.

Deniz kökenli enerji elde etmek için özellikle Güney Asya ülkeleri olmak üzere birçok ülkede çalışmalar devam etmektedir. İlerleyen süreçte fosil yakıt kullanımının azalmasına paralel olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artış göstereceği aşıkardır. Yenilenebilir enerji kullanımındaki bu artıştan deniz kökenli enerji de payını alacaktır.

Henüz Türkiye'de kendisine uygulama alanı bulamayan deniz kökenli enerji teknolojileri, ilerleyen yıllarda üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz için kullanılabilecek potansiyel bir enerji kaynağıdır.

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ DURUMU, KAYNAKLARI VE DIŞA BAĞIMLILIĞI

2.1. Türkiye’nin Enerji Kaynakları

Çalışmanın bu bölümünde, birinci bölümde dünya genelinde ele alınan enerji kaynaklarının, Türkiye özelindeki durumları incelenecektir. Fosil enerji kaynaklarının ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke içerisindeki üretimleri, tüketimleri, ithalat ve ihracatları ele alınacaktır. Nükleer enerjinin, Türkiye’deki tarihsel geçmişi ve inşa halindeki santrallerin getirileri ortaya konacaktır. Ayrıca bu bölümde Türkiye’nin enerji arz ve talebi, enerji üretimi ve tüketimi ele alınacak, ülkenin enerji bağımlılığının nedenleri ve etkileri irdelenecektir. Son olarak, Türkiye’nin 2023 yılı için belirlemiş olduğu yenilenebilir enerji hedefleri belirtilecek ve 2020 yılı itibarıyla ulaşılan rakamların, hedef rakamlarla karşılaştırılması yapılacaktır.

2.1.1. Türkiye’nin Fosil Enerji Kaynakları

Türkiye’nin fosil enerji kaynakları, ülkedeki petrol, doğalgaz ve kömür başlıkları altında ele alınacaktır.

2.1.1.1. Türkiye’de Petrol

Türkiye, petrol rezervleri açısından zengin olan ülkelere coğrafi olarak çok yakın olmasına rağmen, petrol rezervleri açısından yoksul bir ülkedir. Daha önce belirtildiği gibi bunun en büyük nedeninin Alp-Himalaya dağları kuşağında olması ve potansiyel petrol kaynaklarının zaman içerisinde tahribata uğraması sonucu olduğu düşünülmektedir. Petrol ihtiyacının yaklaşık %90’nını ithalat yoluyla

karşıl原因 Türkiye'nin, petrol fiyatlarındaki artışlardan ve ulusal paranın döviz karşısında değeri kaybetmesinden, dış ticaret açığının son derece etkilendiğini söylemek mümkündür.

Türkiye'de ilk kez 1945 senesinde Batman'daki Raman bölgesinde petrol bulunmuştur. Ülkemizde petrol üretimi sadece Güneydoğu bölgesinde, Adıyaman ve Batman'da gerçekleştirilmektedir (Erdoğan, 2016:53).

Türkiye'de kurulmuş olan en büyük petrol şirketi ise TPAO'dur. Hem yurt içinde hem de yurtdışında petrol arama çalışmalarının büyük bölümünü söz konusu şirket yapmaktadır.

Tablo 2.1. Türkiye'nin 2018 Yılında En Çok Petrol İthalatı Yaptığı 10 Ülke

Ülke	İthalat Miktarı (Milyon Ton)	Petrol İthalat Payı
1. Rusya	9,758	%25,21
2. İran	7,109	%18,37
3. Irak	6,613	%17,08
4. Hindistan	4,305	%11,12
5. Suudi Arabistan	1,934	%5,00
6. Yunanistan	1,914	%4,95
7. Kuveyt	1,436	%3,71
8. Kazakistan	1,214	%3,14
9. İsrail	0,898	%2,32
10. İtalya	0,742	%1,92
Diğer	2,788	%7,20

(Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Raporlarından derlenmiştir, 2019)

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun, 2018 yılı aralık ayında yayınladığı rapora göre Türkiye'nin en çok petrol ithalatı yaptığı 10 ülke Tablo 2.1.'de görülmektedir. Türkiye 2018 yılında toplamda 38,711 milyon ton petrol ithalatı yapmıştır. Tüm ithalatın %25,21'i Rusya'dan yapılmıştır.

Yapılan 38,711 milyon ton petrol ithalatı, 20,970 milyon tonu ham petrol, 13,749 milyon tonu motorin türleri, 0,553 milyon tonu fuel-oil türleri, 0,481 milyon tonu havacılık yakıtları, 0,01 milyon tonu denizcilik yakıtları ve 2,94 milyon tonu

diğer ürünler olmak üzere dağılmaktadır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

Lisans sahiplerine göre yapılan ithalat miktarında en yüksek pay ise yaklaşık %70 ile TÜPRAŞ'a aittir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

Tablo 2.2. Türkiye'nin 2018 Yılında En Çok Petrol İhracatı Yaptığı 10 Ülke

Ülke	İhracat Miktarı (Milyon Ton)	Petrol İhracat Payı
1. Mısır	0,941	%10,61
2. İspanya	0,874	%9,85
3. Malta	0,508	%5,73
4. ABD	0,380	%4,29
5. Rusya	0,291	%3,28
6. Cebelitarık	0,250	%2,82
7. K.K.T.C.	0,241	%2,72
8. İtalya	0,236	%2,67
9. Hollanda	0,231	%2,60
10. Suudi Arabistan	0,230	%2,59
Diğer	4,693	%52,84

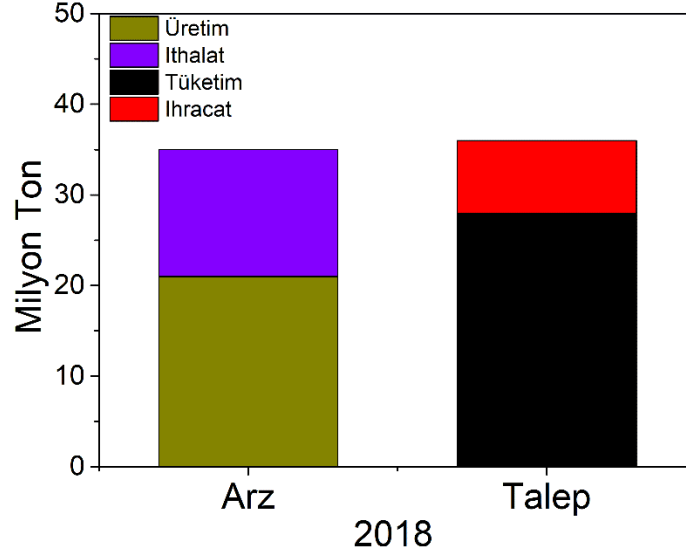
(Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Raporlarından derlenmiştir, 2019)

Yine 2018 aralık itibariyle EPDK tarafından yayınlanan verilere göre Türkiye 2018 yılında toplamda 8,875 milyon ton petrol ihraç etmiştir. Gerçekleştirilen petrol ithalatına kıyasla ihracat, oldukça düşük görünmektedir.

Türkiye'nin yaptığı 8,875 milyon ton petrol ihracatının dağılımı ise; 3,974 milyon ton havacılık yakıtları 2,439 milyon ton benzin türleri, 1,785 milyon ton denizcilik yakıtları 235 bin ton fuel-oil türleri ve 145 bin ton motorin türleri şeklindedir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

Petrol ihracatının lisans sahiplerine göre dağılımı ise; %47 oranında TÜPRAŞ, %28 oranında THY Opet Havacılık Yakıtları, %14 oranında Petrol Ofisi, %9 oranında diğer şirketler şeklindedir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

Grafik 2.1. Türkiye 2018 Yılı Petrol Arz-Talep Dengesi



(Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019)

Grafik 2.1.'de görüldüğü üzere ülkemizde petrol talebi, petrol arzından yüksektir. Yapılan ithalat ile ihracat makasının bu kadar açık olması ve talebin, arzdan yüksek olması ülkenin dışa bağımlılığını ve cari açığını arttırmaktadır. Petrol ithalatının bu denli yüksek olmasının yanı sıra petrol kullanımında uygulanan vergiler ile ortaya çıkan nihai fiyatlar ve bu fiyatların genellikle artış eğiliminde olması vatandaşların alım gücü ve refah seviyeleri üzerinde negatif etkiler doğurmaktadır.

2.1.1.2. Türkiye’de Doğalgaz

Doğalgaz diğer fosil yakıtlara nazaran daha temiz bir enerji kaynağıdır. Kömüre oranla %45, petrole oranla ise %30 daha az karbon salınımı yapmaktadır. Bu avantajı sayesinde dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de doğal gaz tüketimi diğer fosil yakıtlardan daha hızlı artmaktadır ve elektrik üretiminde, sanayi sektöründe doğal gaz kullanımı öne çıkmaktadır. İthal edilen ve üretilen doğalgazın yaklaşık yarısı elektrik üretimi için kullanılmaktadır.

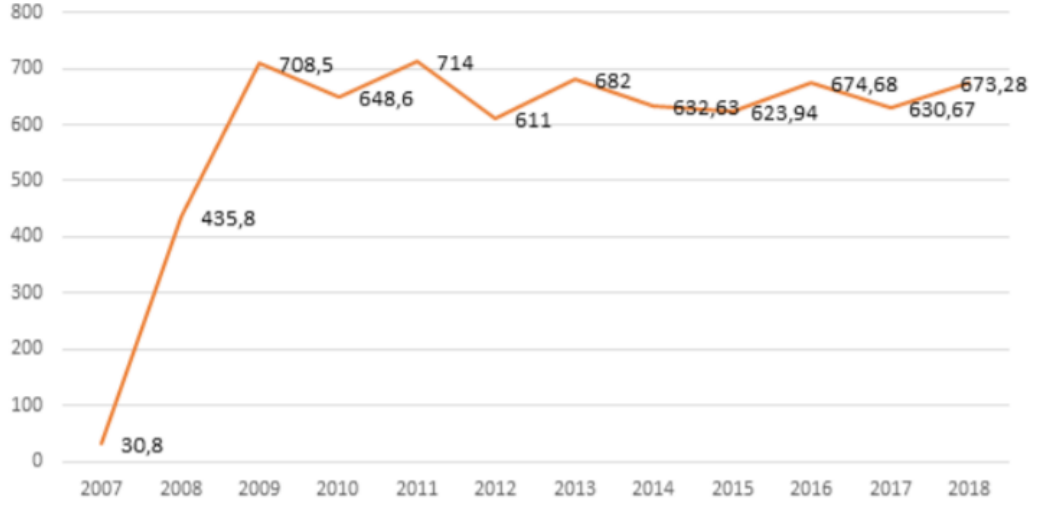
Türkiye, doğalgaz rezervleri açısından oldukça yoksul bir ülkedir. Doğalgaz tüketiminin yaklaşık %99'u ithalat yoluyla karşılanmaktadır (Özalp, 2018:115).

Türkiye'nin enerji dışa bağımlılığını en çok arttıran kalemlerin başında doğalgaz gelmektedir. Dışa bağımlılığı azaltmak adına yurtiçinde ve yurtdışında rezerv arayışları sürmektedir. Bu aramaların yoğunlaştığı bölgeler yurtiçinde, Batı Karadeniz, Güneydoğu, Trakya ve Akdeniz açıkları iken yurtdışında, Irak, Rusya ve Azerbaycan'dır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2019).

Türkiye, jeopolitik olarak oldukça kritik bir bölgededir. Enerji ihracatçısı konumundaki ülkelerin yoğun olduğu Hazar ve Ortadoğu bölgeleri ile enerji ithalatçısı konumundaki AB ülkeleri arasında bir köprü gibidir. Rezervleri sınırlı olsa da Türkiye'nin bu stratejik konumu sayesinde gelir elde etme imkânı bulunmaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'nin ve AB ülkelerinin doğalgaz ihtiyaçlarının karşılamasını hedeflediği TANAP (Trans anadolu doğalgaz boru hattı projesi), Türkiye ile Azerbaycan'ın üzerine çalıştığı bir projedir. Bu proje ile hem doğalgaz ihtiyacı karşılanması hem de üretilen gazın Avrupa'ya, Türkiye üzerinden geçişi hedeflenmiştir. İnşasına 2015'te başlanılan proje 2018 haziran ayında tamamlanmış ve Türkiye'ye gaz taşımaya başlanmıştır. Kasım 2019 tarihinde ise Avrupa bağlantısının açılışı yapılmıştır (TANAP, 2020). Bu gelişme Türkiye için oldukça önemli bir yere sahiptir ve önümüzdeki dönemlerde Türkiye'nin doğalgaz kullanımını daha iktisadi hale getireceği düşünülmektedir. Nitekim Türkiye, transit ülke konumunda olmasından ve projenin BOTAŞ vasıtasıyla %30 ortağı olmasından dolayı Azerbaycan'dan gelen doğalgazı, Rusya'ya dan aldığı doğalgaz fiyatına oranla %12 daha ucuz şekilde alacaktır (Erdoğan, 2017:22). Söz konusu projenin diğer ortakları ise %58 ortaklık payı ile Azerbaycan şirketi olan SOCAR ve %12 ortaklık payı ile İngiliz şirketi BP'dir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Türkiye'nin 2018 yılı doğalgaz ithalat miktarı 50,361 milyon sm^3 'tür. Bu ithalatın miktarının, 23,642 milyon sm^3 Rusya'dan, 7,863 milyon sm^3 İran'dan, 7,527 milyon sm^3 Azerbaycan'dan, 4,521 milyon sm^3 Cezayir'den, 1,668 milyon sm^3 Nijerya'dan gerçekleştirilmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

Grafik 2.2. Türkiye'nin yıllara göre Doğalgaz İhracat Miktarları (Bin Sm3)



(Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019)

Türkiye'nin 2018 yılında yapmış olduğu, 673,28 bin sm³ doğalgaz ihracatının tamamı Yunanistan'a yapılmıştır. İhracı gerçekleştiren şirket ise BOTAŞ'tır.

Tablo 2.3. Türkiye'nin Yıllara Göre Doğalgaz Tüketim Miktarları (Milyon Sm3)

Yıllar	Tüketim (Milyon sm ³)	Bir önceki yıla göre değişim (%)
2009	35.219	-4,47
2010	37.411	6,22
2011	43.697	16,8
2012	45.242	3,53
2013	45.918	1,5
2014	48.717	6,1
2015	47.999	-1,47
2016	46.480	-3,16
2017	53.857	15,87
2018	49.329	-8,41

(Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019)

Türkiye'nin 2018 yılı itibariyle 49.329 milyon sm^3 doğalgaz tüketiminin sektörel dağılımı ise; %36,89 dönüşüm-çevrim sektöründe, %25,75'i konutlarda, %24,30'u sanayi sektöründe, %8,20 hizmet sektöründe, %4,86'sı diğer şekildedir. Türkiye'nin 2018 yılı Doğalgaz üretimi ise 428,17 bin sm^3 'tür. 2017'de 354,15 bin sm^3 doğalgaz üretimi yapılırken, 2018 yılında üretim %20,9 oranında artış göstermiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019).

2.1.1.3. Türkiye'de Kömür

Türkiye, kömür rezervleri açısından, doğalgaz ve petrole kıyasla daha avantajlıdır. Ülkenin birçok farklı bölgesinde kömür rezervleri özellikle de linyit rezervleri bulunmaktadır. Isıl değeri düşük olduğu için genellikle termik santrallerde kullanılan linyit, Türkiye'nin birincil enerji arzı arasında oldukça önemli bir paya sahiptir.

Kahramanmaraş'a bağlı olan Afşin ve Elbistan'da, Manisa'ya bağlı olan Soma'da, Kütahya'ya bağlı olan Tavşanlı ve Tunçbilek'te, Muğla'ya bağlı olan Yatağan'da, Ankara'ya bağlı olan Beypazarı'nda ve Trakya bölgesinde linyit rezervleri bulunmaktadır (Erdoğan, 2016:48).

Türkiye, linyit rezervleri açısından dünya genelinde orta sıralarda yer alırken, taş kömürü rezervleri açısından daha alt sıralarda yer almaktadır. Isıl değeri daha yüksek olan ve linyit kadar geniş rezervi olmayan taş kömürü, linyitten daha kullanışlı bir kömürdür. Türkiye'nin taş kömürü rezervleri ağırlıklı olarak Zonguldak bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölge de ki taş kömürü arama çalışmalarını TTK' dan gerekli izinleri alan özel firmalar yürütmektedir. Bölgedeki taş kömürü üretimi çalışmaları genellikle emek yoğun şeklinde yapılırken, son dönemlerde havza şartlarına uygun mekanize kazı teçhizatı ile pilot çapta uygulama yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu tarzdaki teçhizatların bu alanlar da yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir (Türkiye Taşkömürü Kurumu sektör raporu, 2019).

Fosil yakıtların en büyük dezavantajı, günümüzde tüm dünyanın en büyük problemlerinden birisi olan küresel ısınmaya neden olmasıdır. Küresel ısınmaya,

fosil yakıtların yanması esnasında atmosfere salınan karbondioksit gazı neden olmaktadır. Fosil yakıtlar arasında da kömür, küresel ısınmaya en çok neden olan fosil yakıttır. 2015 yılında İEA tarafından yayınlanan, fosil yakıtlardan kaynaklı karbon salınımı raporuna göre Türkiye’deki 2013 yılında fosil yakıtlardan kaynaklı karbon salınımının %42,57’si kömüre aittir (İEA, 2019). Ancak gelişmekte olan birçok ülke gibi Türkiye’nin de enerji talebi her geçen yıl artmakta ve bu artan talebi karşılamak adına enerji ithalatı yapılmaktadır. Diğer birçok enerji kaynağına göre ucuz olan ayrıca rezervleri de özellikle diğer fosil enerji kaynaklarına göre fazla olan kömür, handikaplarına rağmen Türkiye için önemli bir yere sahiptir.

Türkiye’nin 2018 yılı itibariyle toplam taş kömürü rezervi 1.518.822.641 tondur (Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2019).

Tablo 2.4. Türkiye’nin 2009 – 2018 Yılları İtibariyle Kömür Üretimi

Yıllar	TTK Üretimi (ton)	Özel Sektör Üretimi (ton)	Havza Toplamı
2009	1.879.630	999.776	2.879.406
2010	1.708.844	883.074	2.591.918
2011	1.592.515	1.026.732	2.619.247
2012	1.457.098	835.157	2.292.255
2013	1.366.509	549.332	1.915.841
2014	1.300.154	488.187	1.788.341
2015	948.573	486.309	1.434.882
2016	911.002	404.968	1.315.970
2017	823.036	389.936	1.212.972
2018	686.142	415.442	1.135.356

(Kaynak: Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2019)

Tablo 2.5. Türkiye’nin Taş Kömürü Üretim, İthalat ve Toplam Tüketim Dengesi (Bin ton)

Yıllar	Üretim	İthalat	Toplam Tüketim
2009	2.879	20.364	23.243
2010	2.591	21.333	23.924
2011	2.619	23.679	26.298
2012	2.292	29.195	31.487
2013	1.915	28.200	30.115
2014	1.788	27.015	28.803

2015	1.434	31.494	32.928
2016	1.315	34.880	36.195
2017	1.234	36.632	37.866
2018	1.101	37.083	38.184

(Kaynak: Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2019)

Tablo 2.5.'de ki rakamlar bin ton cinsindedir. 2000 yılından 2018 yılına kömür tüketiminde %248'lik bir artış meydana gelmiştir. Söz konusu periyotta %285'lik bir ithalat artışı olmuştur. Taş kömürü ithalatı bu periyotta artarken, üretimi ise yıldan yıla düşüş göstermiştir.

Türkiye'de kömür büyük oranda elektrik üretimi için kullanılmaktadır. 2018 yılı için enerji bakanlığının paylaştığı verilere göre elektrik enerjisi üretiminin, %21,4'ü kömürden sağlanmıştır. Kaynak türlerine göre elektrik üretiminde ise taş kömürü, linyit ve asfaltit toplam olarak 11057,8 MW kurulu güce sahiptir (Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2019).

Türkiye'nin en çok taş kömürü ithalatı yaptığı ülkeler ise, Kolombiya, Rusya, ABD, Güney Afrika ve Avustralya'dır (Türkiye Taşkömürü Kurumu, 2019).

2.1.2. Türkiye'nin Nükleer Enerji Kaynakları

1956 yılında kurulan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın ilk üyelerinden birisi Türkiye'dir. Türkiye'nin nükleer santral kurma girişimleri ise 1965 yılına dayanmaktadır. Yapılan çalışmaların ardından 1974 yılında Mersin'in Akkuyu bölgesi nükleer enerji santrali için uygun bir zemin olarak belirlenmiştir. 1976'da saha lisansı da alınan Akkuyu, bu tarihten 2009 yılına kadar dört kez nükleer enerji ihalesine çıkarılsa da hiçbirinden sonuç alınamamıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019). Petrol ve doğalgaz kullanımının yüksek, rezervlerinin ise çok az olmasına rağmen Türkiye'nin nükleer enerjiye geçişinin bu denli geç kalmasının ülke ekonomisinin günümüzdeki durumuna dahi büyük etkisi vardır. Nükleer santrallerde yaşanan bazı kazalar dünya genelinde bu enerji kaynağı ile ilgili soru işaretleri yaratsa da Türkiye'nin nükleer enerji kullanımına geç kalmasının ayrıca nedenleri vardır ve bu nedenler genellikle politiktir. Günü kurtarmaya yönelik politikalar, nükleer enerji ile ilgili politikacıların uzun süren kararsızlıklar yaşaması, nükleer enerji kullanımına geçişin bu denli geç kalmasının bazı nedenleridir.

Nihayetinde Türkiye'deki ilk nükleer enerji santrali, Akkuyu Nükleer Enerji Santralinin Türkiye-Rusya ortaklığında kurulumu için 12 Mayıs 2010 tarihinde hükümetler arasında anlaşma imzalanmıştır. 3 Nisan 2018 Tarihinde ise ilk güç ünitesinin inşası için temel atılmıştır (Akkuyu.com). İnşasının bitmesi ve tam kapasite ile çalışması için öngörülen tarih 2025 yılıdır.

Türkiye'nin ikinci nükleer enerji santrali ise Sinop'a kurulacaktır. 3 Mayıs 2013 tarihinde Türkiye ile Japonya arasında hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır. Sinop nükleer enerji santralinin ise 2028 de tamamlanması öngörülmektedir. Türkiye'de üçüncü bir nükleer enerji santrali kurulması için çalışmalarda devam etmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Türkiye, elektrik talebi yıllık ortalama %7-8 civarında artış göstermektedir. Elektrik talebi en çok artış gösteren ülkelerden biri olan Türkiye'nin 2023 yılı itibariyle elektrik tüketiminin 500 Milyar kWh olacağı tahmin edilmektedir (Savrul, 2016:107). Akkuyu ve Sinop nükleer santrallerinin tam kapasite ile çalışması durumunda yıllık sağlayacağı elektrik miktarı ise 80 milyar kWh olarak hesaplanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019). Bu hesaba göre tam kapasite ile çalışan iki nükleer enerji santrali, Türkiye'nin elektrik ihtiyacının %16'sını karşılayabilir.

Türkiye'nin ilk nükleer enerji santrali Akkuyu, Rusya tarafından, Sinop santrali ise Japonya tarafından yapılmaktadır. Türkiye, nükleer enerji teknolojileri ile ilgili deneyimi bulunmadığından, bu aşamada gerek Ruslardan gerekse Japonlardan nükleer enerji kullanımı ile ilgili deneyim kazanacaktır. Bu doğrultuda 300 Türk öğrenci Rusya'ya, eğitime gönderilmiştir. Oradaki stajları da dahil olmak üzere yaklaşık 9,5 yıl eğitim alacak olan öğrenciler, Akkuyu nükleer enerji santralinde, mühendislikten, yöneticiliğe kadar çeşitli kademelerde istihdam edileceklerdir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Nükleer enerji kaynağı radyoaktif elementlerdir. Bunların başlıcaları uranyum, toryum ve plütonyumdur. Günümüzde aktif olan tüm santraller hammadde olarak uranyumu kullanmaktadır. Toryum ve Plütonyum kullanımı ile ilgili yeterli teknolojiye henüz ulaşamamasının yanı sıra bu iki element, uranyuma göre hem daha zor bulunmakta hem de işlemleri daha maliyetli olmaktadır. Toryum

elementinin geleceğin nükleer enerji kaynağı olacağı düşünülmektedir. Türkiye dünyadaki tüm toryum yataklarının yaklaşık %20'sine sahiptir (Alkin ve diğerleri, 2003:67). Bu orana karşılık gelen pay 380.000 tondur. Muhtemel toryum yataklarının ise 880.000 ton civarında olduğu düşünülmektedir. 1 ton toryum ile de 1 milyon varil petrolün enerji üretme kapasitesinin birbirlerine çok yakın olduğu düşünülmektedir (Alkin ve diğerleri, 2003:67). 2019 yılında petrolün varil fiyat ortalaması 64 dolardır. Dolayısıyla bir milyon varil petrol 64 milyon dolar eder. Bir milyon varil petrol ile bir ton toryumun enerji üretme kapasitesinin birbirlerine yakın olduğu düşünüldüğünde ülkemizdeki toryum rezervinin maddi karşılığı oldukça yüksek olacağı düşünülebilir. Bu yüzden gelecekte hammadde olarak toryumun kullanıldığı nükleer santraller faaliyete geçerse, Türkiye hammadde arzı konusunda herhangi bir sıkıntı yaşamayacak ve bu hammaddenin ihracatını yapabilecektir.

Nükleer enerji teknolojisinde son yıllarda ciddi ilerlemeler kaydedilmesiyle birlikte, santrallerin atık konusunda cimrileştiği söylenebilir. Enerji üretimi sonrası ortaya çıkan atıklardan plütonyum elde edilebilmekte ve bu atıkların %80'i ile tekrar üretim yapılabilmektedir. Bilindiği üzere nükleer enerji santrallerinde enerji üretiminin yanı sıra nükleer silahlarda yapılabilmektedir. Atıklarla ortaya çıkan plütonyumda nükleer silahlarda kullanılabilmektedir. Nükleer silahların patlayıcıları plütonyumdan yapılmaktadır.

Ülkenin ilk santrali olan Akkuyu nükleer enerji santrali çalışmaya başladığında, elde edilen elektrik ve üretim sonrası ortaya çıkan radyoaktif atıklar Türkiye'ye ait olacaktır. Ancak atıklardan elde edilen Plütonyum, Rusya'ya ait olacaktır.

Akkuyu nükleer santralinin maliyeti 20 milyar dolar civarındadır (Akkuyu.com). Sinop nükleer santralinin de maliyeti bu rakama yakındır. Akkuyu ve Sinop nükleer enerji santrallerinden elde edilecek yıllık 80 milyar kWh elektrik, 16 milyar metre küp doğalgaz ithalatına karşılık gelmektedir. Bu ithalatın bedeli ise yaklaşık 7,2 Milyar dolardır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019). Akkuyu ve Sinop Nükleer enerji santrallerinin tam kapasitesi ile çalışması durumunda yakıt giderleri toplamı 720 milyon dolar civarındadır. (Özalp, 2018:127). Bu hesaba göre yaklaşık 6 yılda bu nükleer enerji santralleri maliyetlerini çıkarabilmektedir.

Türkiye’de nükleer enerji santrallerinin kurulacak olması, özellikle santrallerin kurulacağı bölgede yaşayan insanları tedirgin etmektedir. Akkuyu nükleer enerji santralının kapatılması için sayısız dava açılmıştır ancak bunların bir karşılığı olmamıştır. Nükleer karşıtı platformlar sık sık yürüyüşler düzenleyerek santralleri protesto etmektedir. Nükleer enerji ile ilgili bazı basmakalıp fikirler dışında toplumun büyük çoğunluğu tam bilgiden yoksundur. Nükleer enerji elbette bazı riskler barındırmaktadır. Fakat güvenlik protokolleri eksiksiz yerine getirilen bir nükleer enerjinin çevreye en ufak bir olumsuz etkisi olmayacaktır. Birçok kişinin aklında, Antalya’ya 300 km. mesafedeki Akkuyu’nun turizme etkisinin ne olacağı, santral bölgesinde yetişen tarım ürünlerin de radyasyon olabileceği, bölgede balıkçılığın bitebileceği ve denize girilemeyeceği gibi düşünceler dolaşmaktadır. Türkiye’nin en çok turist alan şehri İstanbul, Romanya’daki, Cernovoda nükleer enerji santraline 370 km., Bulgaristan’daki, Belene nükleer enerji santraline ise 400 km. mesafededir. Ancak bugüne kadar bu santrallerin turizme herhangi bir negatif etkisi olmamıştır. Paris’e 200 km. mesafeden daha yakın 6 nükleer santral, Madrid’e yine 200 km. mesafeden daha yakın 4 nükleer santral ve Londra’ya 200 km. mesafeden daha yakın tam 9 adet nükleer santral bulunmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Dünyadaki tüm nükleer enerji santrallerinin yaklaşık %20’sine sahip olan ABD dünyanın en çok tarım ihracatı yapan ülkesidir. Yine Avrupa’da nükleer enerjiden en çok yararlanan Fransa’da tarım ihracatında başı çekmektedir.

Fransa’nın 1000 km. uzunluktaki Loire Nehri üzerinde tam 14 adet nükleer enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin tamamı, enerji üretimi sırasında gerekli suyu nehirden alıp daha sonra tekrar nehre geri vermektedir. Söz konusu nehrin birçok bölgesinde insanlar balık tutmakta ve yüzmektedirler. Ayrıca nehrin suyu tarımda sulama amaçlı kullanılmaktadır. Nehrin kollarını oluşturduğu bir vadide dünyanın en kaliteli şaraplarının üretildiği bağ alanları mevcuttur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Nükleer enerjinin en büyük sorunlarından olan radyoaktif atıklara gelecek olursak, bugüne kadar faaliyet gösteren bütün nükleer enerji santrallerinden çıkan atık 260.000 ton civarındadır. Bu atıklar yan yana konulursa, dört futbol sahasını dolduracak bir alan kaplamaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Nükleer enerji santrallerinin özellikle ülkemiz için en büyük tehlikesi ise, bu santrallerin terör grupları için açık hedef olmasıdır. Nükleer enerji santrallerinin olduğu bölgelerin çok iyi korunması gerekmektedir. Bunun yanı sıra santralde çalışacak personellerin derin bir güvenlik soruşturmasından geçmesi ve terör gruplarının içeriye sızmaları önlenmelidir.

Yukarıda bahsedildiği gibi doğru güvenlik protokolleri yerine getirilirse, nükleer enerji santralleri çevreye zarar vermez, etrafına radyasyon yaymaz ve enerji ithalatımızı düşürür. Türkiye gibi enerji dışa bağımlılığı çok yüksek bir ülke için, nükleer enerji bir tercih değil bir zorunluluktur.

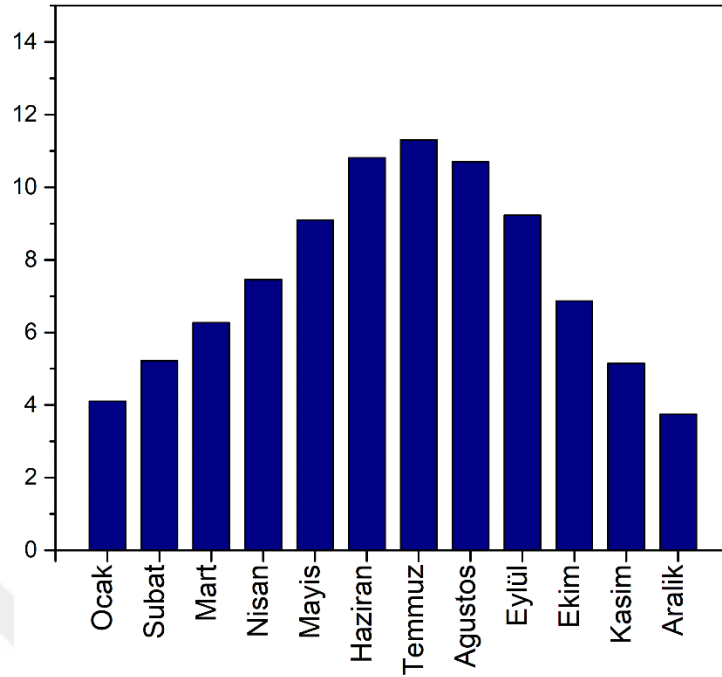
2.1.2. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye'nin enerji dışa bağımlılığını azaltma yolundaki en büyük umut kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynakları, ülkedeki güneş, rüzgâr, hidro, jeotermal ve biyoenerji alt başlıkları altında ele alınacaktır.

2.1.3.1. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Türkiye, 40⁰ kuzey, 40⁰ güney enlemleri arasında, yani güneş enerjisi kullanımı için oldukça avantajlı bir bölgede yer almaktadır. Avrupa'daki birçok ülkeden, güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye, son yıllarda güneş enerjisine büyük yatırımlar yapan Almanya'dan iki kat fazla potansiyele sahiptir (Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, 2020). Elektrik işleri etüt idaresinin yapmış olduğu çalışmada Türkiye'nin, yıllık ortalama 2640 saatlik bir güneşlenme süresi olduğu saptanmıştır. Bu rakam günlük olarak güneşlenme süresinin 7,5 saate yakın olduğunu gösterir. Söz konusu çalışmada toplam ışıınım şiddetinin 1311 kWh/m²-yıl yani yine günlüğe vurduğumuzda toplam 3.6 kWh/m² olduğu saptanmıştır. Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme süresi gün içerisinde saat cinsinden grafik 2.3'te verilmiştir.

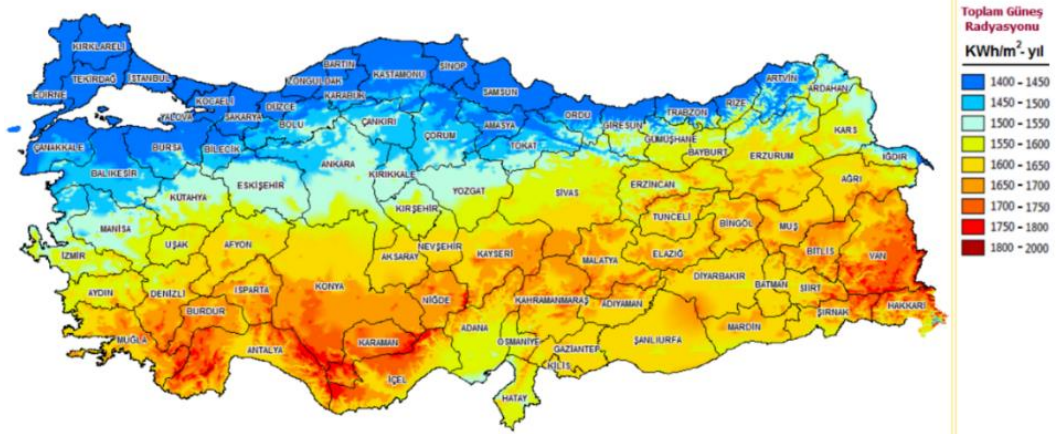
Grafik 2. 3. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneşlenme Süreleri (Saat)



(Kaynak: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, 2020)

Türkiye’de, güneşlenme süresi en uzun süren ay günlük ortalama 11,31 saat ile temmuz ayıdır. Bu değerin en düşük olduğu ay ise günlük ortalama 3,75 saat ile aralık ayı olmuştur.

Şekil 2.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası



(Kaynak: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, 2020)

Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli en yüksek bölge Güneydoğu Anadolu bölgesi iken onu Akdeniz bölgesi izlemektedir. En düşük potansiyele sahip bölge ise Karadeniz bölgesidir. Bölgelerin detaylı potansiyelleri tablo 2.6.’da verilmiştir.

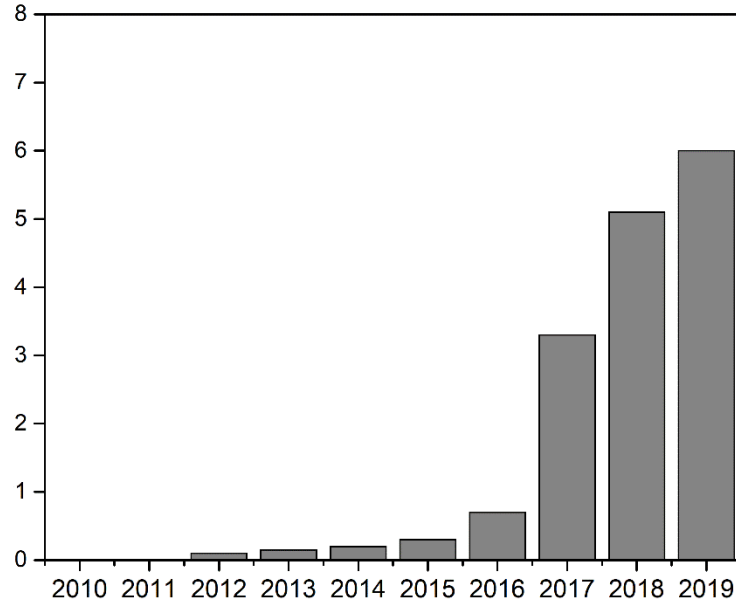
Tablo 2.6. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

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

(Kaynak: Yalkı, 2014:85)

Türkiye’de son 5 yılda güneş enerjisi kapasitesinde yıldan yıla büyük artışlar gözlenmiştir. Nitekim 2015 yılında kurulu güneş enerjisi kapasitesi 249 MW olan Türkiye’de, 2019 yılında bu rakam 5995 MW değerine yükselmiştir. Söz konusu periyottaki artış %2407’dir. 2010-2019 yılları arasındaki Türkiye’nin kurulu güneş enerjisi kapasitesi grafik 2.4.’de verilmiştir.

Grafik 2.4. Türkiye’nin 2010-2019 Yılları Arasındaki Kurulu Güneş Enerjisi Kapasiteleri (MW)



(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2020)

Türkiye’de 2010 yılında güneş enerjisinden, 8 GWh elektrik üretimi yapılırken, 2017 yılında 2889 GWh, elektrik üretimi yapılmıştır (International Renewable Energy Agency, 2020).

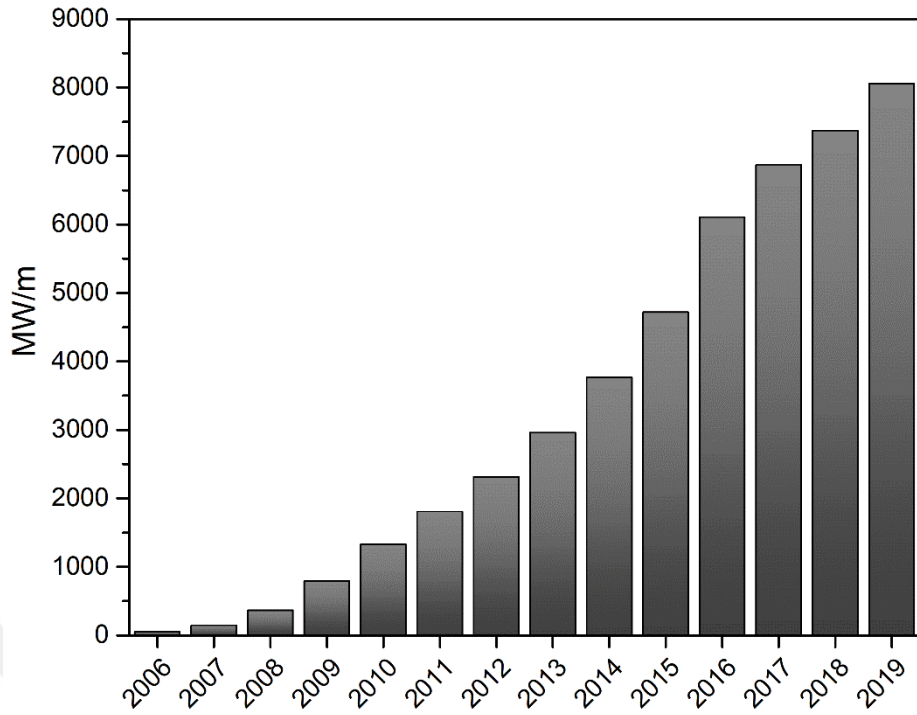
Güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olan Türkiye’de, bu alandaki yatırımlarının artması enerji dışı bağımlılığını azaltma konusunda son derece önemlidir. Henüz elektrik üretiminde, diğer enerji kaynaklarına göre payı oldukça düşük olan güneş enerjisinin yaygınlaştırılması, güneş enerjisi tarlaların artması, enerjiyi üreten, dönüştüren, depolayan düzeneklerin ülke içerisinde üretimi ve işyerlerinde, konutlarda kullanılması için üzerindeki vergilerin düşürülüp, devlet tarafından teşvik edilmesi son derece önemlidir.

2.1.3.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi

Türkiye’de rüzgâr enerjisinden ilk kez 1985 yılında İzmir, Çeşme’de kurulan 55 kW gücündeki Vestas adlı rüzgâr türbini ile faydalanılmıştır. Uluslararası boyutlarda rüzgâr enerjisinden ilk elektrik üretimi ise 21 Şubat 1998’de yine Çeşme’de yapılmıştır. (Acaroğlu 2013:231). Ardından, Çeşme-Alaçatı bölgesinde yeni rüzgâr santralleri ilave edilmiş, Bozcaada ve Bandırma’da yeni rüzgâr enerjisi santralleri kurulmuş ve günümüze kadar yaygınlığı artmıştır.

Türkiye, rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından son derece avantajlı bir ülkedir. Rüzgâr enerjisinin, elektrik üretiminde, tüm enerji kaynakları arasındaki payı 2018 yılında %8 civarında (7031,1 MW) (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019) gerçekleşse de Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyeli ülkenin tüm elektrik ihtiyacının iki katı olduğu hesaplanmaktadır. Rüzgâr enerjisi potansiyelinin, Türkiye’deki termik ve hidro santrallerin toplamından daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Nitekim temiz ve yerli bir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi yatırımları Türkiye’de yıldan yıla büyük artışlar göstermektedir.

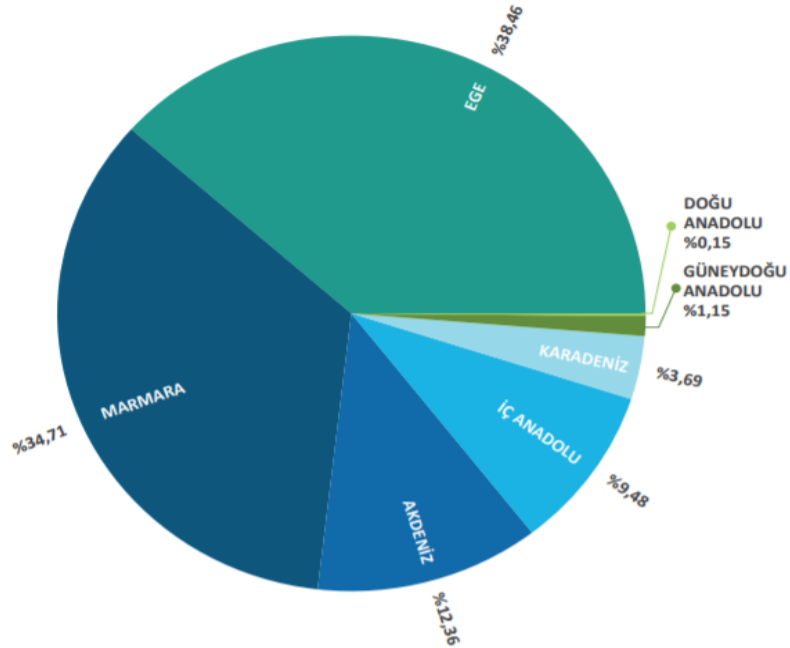
Grafik 2.5. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarının Gelişimi



(Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Ocak 2020 Raporu:9)

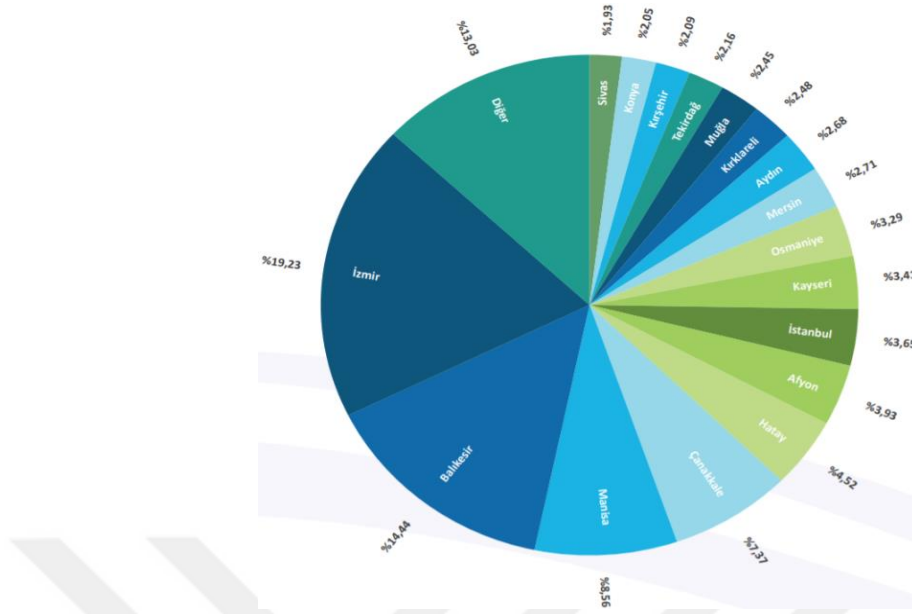
Türkiye’de rüzgâr potansiyeli en yüksek bölgeler ise Ege ve Marmara bölgeleridir. Nitekim işletilen rüzgâr enerjisi santrallerinin büyük bir bölümü (%73,17) bu iki bölgeye kurulmuştur.

Grafik 2.6. İşletmedeki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı



(Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Ocak 2020 Raporu:23)

Grafik 2.7. İşletmedeki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin İllere Göre Dağılımı



(Kaynak: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği Ocak 2020 Raporu:25)

2020 Ocak itibarıyla 8056 MW'lık kurulu güce sahip olan Türkiye'de halihazırda 25 adet rüzgâr enerjisi santrali inşa halindedir. İnşa halindeki bu 25 santralin 22 tanesi Ege ve Marmara bölgelerinde kurulurken, 1 tanesi Van'da, 1 tanesi Kahramanmaraş'ta ve diğeri de Hatay'da inşa edilmektedir. İnşası devam eden bu santrallerin toplam kurulu gücü ise 1309,79 MW'tır (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2020:30).

Tablo 2.7. Türkiye'nin Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Rüzgâr Hızı

Bölge	Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Yıllık Ortalama Rüzgâr Yoğunluğu (W/ m ²)
Marmara	3.29	51.91
Güneydoğu Anadolu	2.69	29.33
Ege	2.65	23.47
İç Anadolu	2.46	20.14
Akdeniz	2.45	21.36
Karadeniz	2.38	21.31
Doğu Anadolu	2.12	13.19
Ortalama	2.58	25.82

(Kaynak: Yalkı, 2014:87)

Türkiye'nin en çok rüzgâr potansiyeline sahip ikinci bölgesi Güneydoğu Anadolu bölgesi olmasına rağmen bu bölgede rüzgâr enerjisi yatırımlarının payı oldukça düşüktür. Türkiye'de kaçak elektrik kullanımının en yoğun olduğu bölge olan Güneydoğu Anadolu'da, önümüzdeki süreçte rüzgâr enerjisi yatırımları arttırılarak hem bölgenin elektrik sorunun çözülmesi hem yeni istihdam yaratılması oldukça önemlidir.

2.1.3.3. Türkiye'de Hidro Enerji

Türkiye için hidro enerji oldukça önemli bir yere sahiptir. Öyle ki, ülkenin toplam elektrik üretiminin %31,24'ü hidroelektrik santrallerinde yapılmaktadır. Türkiye'de elektrik üretim tesislerinin toplam kurulu gücü Mart 2020 itibariyle 91.371 MW.'tır. 28.543,64 MW kurulu gücü ile hidroelektrik santralleri, termik santrallerden sonra en çok elektrik üretilen santrallerdir (EİGM, 2020). Hidro güç ile elektrik üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında da elektrik üretiminin yaklaşık %55'ini oluşturmaktadır.

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar KWh'dir. Ülkenin bu potansiyeli, dünya potansiyelinin %1'ini, Avrupa potansiyelinin ise %16'sını oluşturmaktadır. Teknik anlamda değerlendirilebilir potansiyeli 216 milyar KWh, ekonomik potansiyeli ise 140 milyar KWh/yıl 'dır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Türkiye'de akarsu ve nehirlerin doluluk oranları, akımları düzensiz olduğu için teorik potansiyeli ile teknik değerlendirebilir potansiyeli arasında bu denli farklılıklar vardır. Bu düzensizlik hidroelektrik potansiyelinin yeterince kullanılamamasına neden olmaktadır. Bu düzensizliğin nedeni, ülkenin topografyasından kaynaklanmaktadır. Su kaynaklarının kontrolünün zorluğu, bölgeler arasında yağışların dengesiz dağılımı gibi etmenlerden kaynaklanır. Bu sebepten dolayı Türkiye, hidroelektrik gücünün yaklaşık yarısını kullanabilmektedir.

Türkiye'de hidroelektriğin ilk kullanımı 1902 yılında Mersin-Tarsus'ta gerçekleştirilmiştir. İlk kullanım küçük ölçekli bir hidroelektrik santrali ile yapılmıştır. İlk büyük ölçekli hidroelektrik santrali ise 1914 yılında İstanbul'da kurulmuştur. Ardından 1933'te İzmir-Ödemiş'te, 1936'da Ankara'da ve ilerleyen

süreçlerde ülkenin birçok bölgesinde hidroelektrik santralleri kurulmuştur. Cumhuriyetin ilk kurulduğu yıllarda Türkiye'nin elektrik üretimi 45 GWh seviyelerindeyken, 29,66 MW hidroelektrik kapasitesi mevcuttu (Gökdemir ve diğerleri, 2012: 20).

Tablo 2.8. Türkiye'nin Faal En Büyük Kurulu Güce Sahip 10 Hidroelektrik Santrali

Santral Adı	İli	İşleten Firma	Kurulu Güç (MW)
1. Atatürk Barajı ve HES	Şanlıurfa	EÜAŞ	2.405
2. Karakaya Barajı ve HES	Diyarbakır	EÜAŞ	1.800
3. Keban Barajı ve HES	Elâzığ	EÜAŞ	1.330
4. Altinkaya Barajı ve HES	Samsun	EÜAŞ	703
5. Birecik Barajı ve HES	Şanlıurfa	EÜAŞ	672
6. Deriner Barajı ve HES	Artvin	EÜAŞ	670
7. Beyhan Barajı ve HES	Elâzığ	Cengiz Enerji	582
8. Oymapınar Barajı ve HES	Antalya	Cengiz Enerji	540
9. Boyabat Barajı ve HES	Sinop	Boyabat Elektrik	513
10. Berke Barajı ve HES	Osmaniye	EÜAŞ	510

(Kaynak: T Makine Mühendisleri Odası B, 2018:323)

Tablo 2.9. Türkiye'nin Yapım Aşamasındaki En Büyük Kurulu Güce Sahip 10 Hidroelektrik Santrali

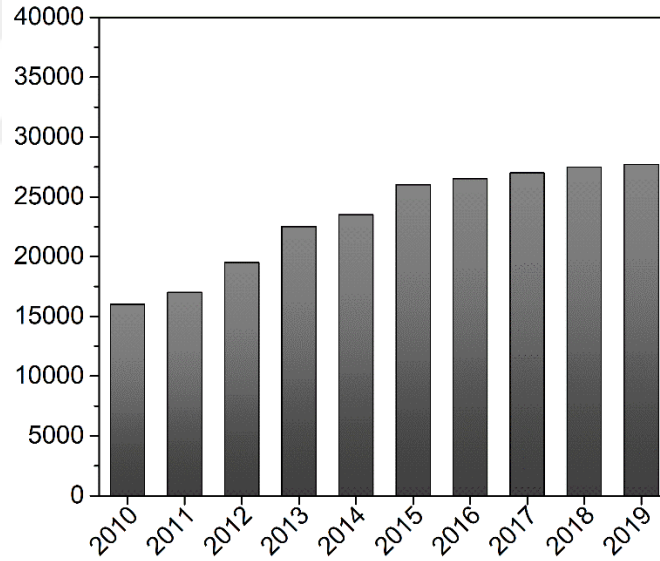
Santral Adı	İl	İşleten Firma	Kurulu Güç (MW)
1. Iısu Barajı ve HES	Mardin	EÜAŞ	1200
2. Yukarı Kaleköy Barajı ve HES	Bingöl	Cengiz Enerji	627
3. Yusufeli Barajı ve HES	Artvin	EÜAŞ	558
4. Çetin Barajı ve HES	Siirt	Limak Enerji	517
5. Aşağı Kaleköy Barajı ve HES	Bingöl	Cengiz Enerji	500
6. Pervari Barajı ve HES	Siirt	Enerjisa Elektrik	409
7. Keskin Barajı ve HES	Siirt	Batman Enerji	318
8. Doğanlı 3 Barajı ve HES	Hakkâri	DC Hidro Enerji	314
9. Çukurca Barajı ve HES	Hakkâri	DC Hidro Enerji	288
10. Eriç Barajı ve HES	Erzincan	Palmet Enerji	283

(Kaynak: Türk Mühendis ve Mimmar Odaları Birliği, 2018:324)

Şanlıurfa, Adıyaman arasındaki Atatürk Barajı 2405 MW kurulu gücü ve yıllık 8900 GWh elektrik üretimi ile Türkiye'nin en büyük, dünyanın da beşinci en büyük barajıdır. Türkiye'deki tüm hidroelektrik santrallerinin ürettiği elektriğin %13'ünü Atatürk barajı sağlamaktadır (Devlet Su İşleri, 2018).

Türkiye'nin 2019 yılındaki hidroelektrik kurulu kapasitesi 28.503 MW olarak hesaplanmıştır. 2010 yılında 15.831 MW olan kurulu kapasite söz konusu periyotta %90 oranında artış göstermiştir.

Grafik 2.8. Türkiye'nin Yıllara Göre Hidroelektrik Kurulu Kapasitesi (MW)



(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2020)

2.1.3.4. Türkiye'de Jeotermal Enerji

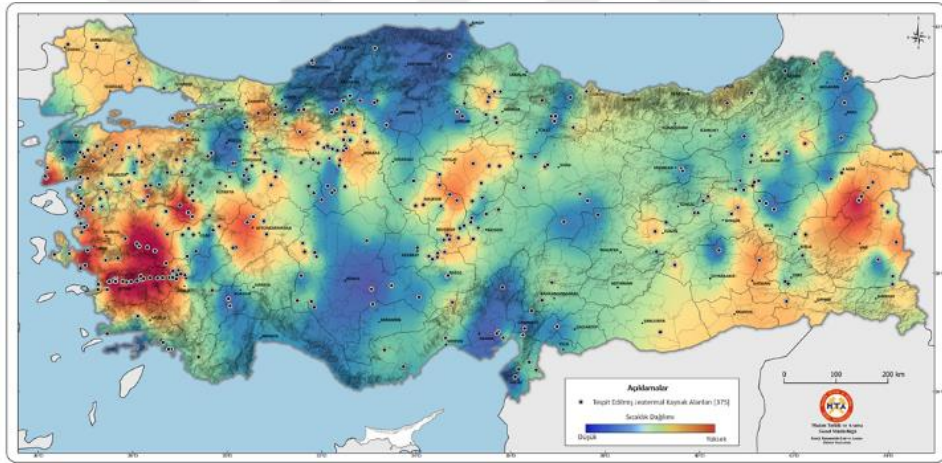
Türkiye, jeotermal enerji kaynakları açısından çok zengin bir ülkedir. 2019 yılındaki jeotermal kurulu kapasitesi 1515 MW olan Türkiye, Avrupa'nın en büyük kurulu jeotermal enerji kapasitesine, dünyada da 4. büyük kurulu jeotermal enerji kapasitesine sahiptir. Türkiye'nin özellikle fosil enerji rezervleri açısından fakir

olmasının sebebi yukarıdaki bölümlerde bahsedildiği üzere Alp-Himalaya dağ kuşağında bulunmasıdır. Ancak jeotermal enerji zenginliğini ise Alp-Himalaya dağ kuşağında olmasından alır.

Türkiye’de jeotermal enerjinin geçmişi 1962 yılına dayanmaktadır. Bu tarihte Maden tetkik ve arama genel müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, ülke de 190 jeotermal alana rastlanmıştır. Bu alanların çok büyük bir çoğunluğu yani %78’i Batı Anadolu’da, %9’u İç Anadolu’da, %7’si Marmara’da, %5’i Doğu Anadolu’da, %1’de diğer bölgelerdedir.

Türkiye jeotermal enerji kaynakları açısından zengin olmasına rağmen bu kaynakların %94’ünün düşük veya orta sıcaklıklarda olmasından dolayı sadece %6’lık bir jeotermal alandan elektrik üretebilmektedir. %94’lük kısım doğrudan kullanılmakta yani ısıtma, mineral eldesi, termal turizm gibi alanlarda kullanılmaktadır (Maden Tetkik Arama, 2020).

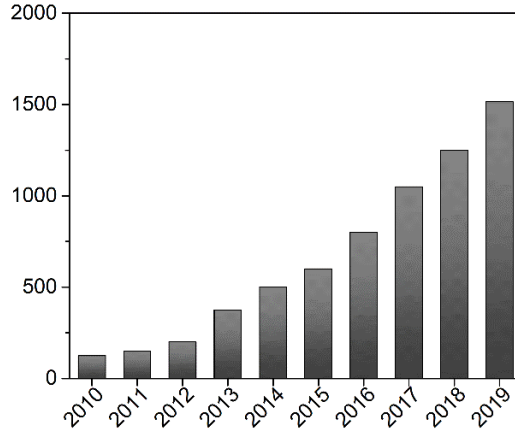
Şekil 2.2. Türkiye Jeotermal Kaynak Alanları ve Sıcaklık Dağılımları



(Kaynak, Maden Tetkik Arama, 2020)

Elektrik üretimi için jeotermal kaynağın 150⁰ ‘den yüksek olması gerekmektedir. Türkiye’de elektrik üretilen jeotermal alanlar; Denizli-Kızıldere jeotermal alanı (200-242 °C), Aydın-Germencik jeotermal alanı (200-232 °C), Aydın-Salavatlı jeotermal alanı (171 °C) ve Aydın-Yılmaz köy jeotermal alanı (142 °C) (Erdoğan 2016: 83-84).

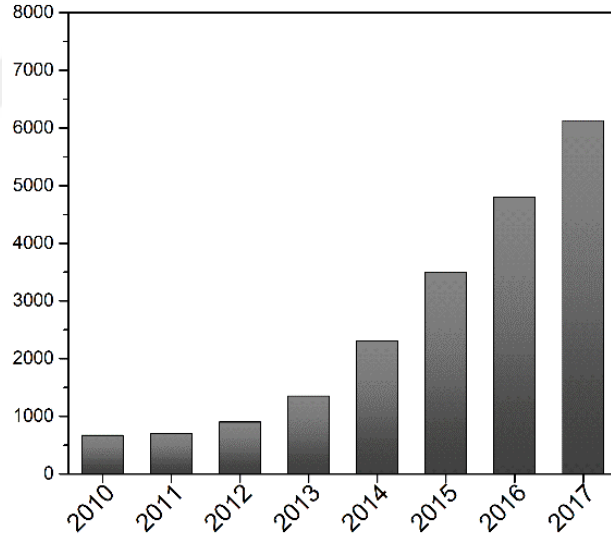
Grafik 2.9. Türkiye’nin Yıllara Göre Jeotermal Kurulu Kapasitesi (MW)



(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2020)

Türkiye'nin 2010 yılında 94 MW olan jeotermal kapasitesi 2019 yılında %1611 artarak 1515 MW 'a yükselmiştir.

Grafik 2.10. Türkiye'nin Yıllara Göre Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi (GWh)



(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2020)

Türkiye'de birçok yenilenebilir enerji kaynağında olduğu gibi jeotermal enerjiden elektrik üretiminde de artış eğilimi gözlemlenmektedir. 2010 yılında 669 GWh olan elektrik üretimi, 2017 yılında 6127 GWh'ye yükselmiştir.

Jeotermal enerjiden elektrik üretimi yıllar itibariyle artış gösterse de jeotermal enerjiden elde edilen elektrik, Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin (üretim+ithalat)

yalnızca %1,5 oranında bir payını oluşturur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

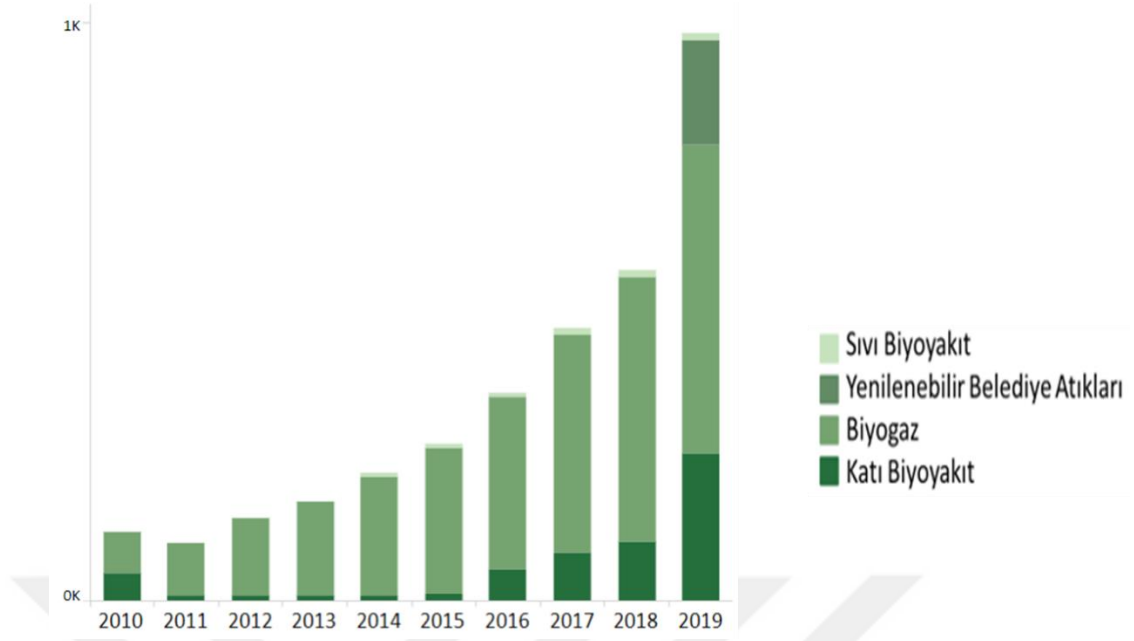
2.1.3.5. Türkiye’de Biyoenerji

Türkiye’de biyoenerji, elektrik üretiminde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha az tercih edilmektedir. Ülkenin biyoenerji kaynakları büyük bir oranda konutlarda pişirme ve ısınma amacıyla kullanılmaktadır. Hayvansal atıklar, daha çok tarımda gübre amacıyla kullanıldığı için biyoenerji açısından kullanımları oldukça kısıtlıdır. Odun ise, Türkiye’de yaklaşık 6,5 milyon konutta ısınma amacıyla kullanılmakta ayrıca, kâğıt sektöründe gerekli enerjinin %60’ını karşılamaktadır (Barış, Küçükali, 2012:384).

Türkiye’nin biyokütle yakıtları, tarım, orman, şehir atıkları ve hayvansal atıklardan oluşur. Ülkenin yıllık biyoenerji potansiyeli 32 milyon ton eş değer petrol (MTEP) ve geri dönüşümü sağlanabilir 17,2 MTEP biyoenerji potansiyeli olduğu tahmin edilmektedir. (Erdoğan, 2008:2184)

Türkiye’de ilk biyokütle ısı ve güç santrali 2008 yılında kurulan Zonguldak-Çaycuma’daki OYKA kâğıt fabrikasıdır. Bu tesis 32 MW ısı ve 10 MW elektrik üretim kapasitesine sahiptir. Günlük 120-150 ton biyoyakıt (odun kabukları, kâğıt atıkları, odun talaşları, fındık-badem-ceviz kabukları, endüstri odunları) yakılır. Türkiye’de 65 MW ısı üretme kapasitesine sahip faaliyet halinde sekiz adet biyokütle santrali bulunmaktadır (Erdoğan 2016: 80).

Grafik 2.11. Türkiye’nin Yıllar İtibariyle Kurulu Biyoenerji Kapasitesi (MW)



(Kaynak: International Renewable Energy Agency, 2020)

Türkiye'nin 2019 yılı biyoenerji kurulu kapasitesi 982,5 MW olarak hesaplanmıştır. Bu kapasiteyi 255,3 MW katı biyoyakıt, 534 MW biyogaz, 180,9 MW yenilenebilir belediye atıkları, 12,3 MW sıvı biyoyakıt oluşturmaktadır. Ülkenin biyoenerji kapasitesi son 10 yıl içerisinde büyük bir artış göstermiştir.

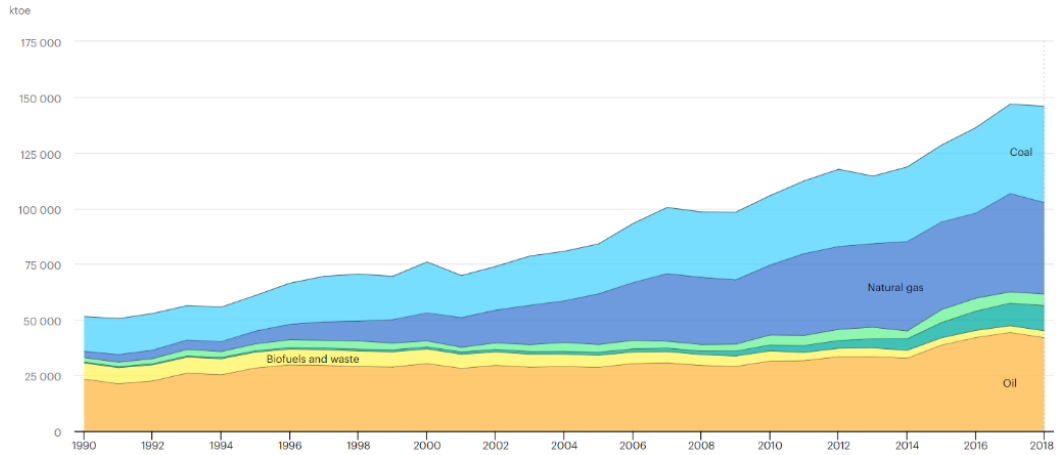
Türkiye'nin 2017 yılında biyoenerjiden elektrik üretim miktarı ise 2096 GWh olarak hesaplanmıştır. Bu üretim miktarını, 313 GWh katı biyoyakıt, 1781 GWh biyogaz, 2 GWh sıvı biyoyakıt oluşturmaktadır. 2010 yılında biyoenerjiden elektrik üretim miktarı ise 333 GWh olarak hesaplanmıştır. Söz konusu periyotta elektrik üretimi artışı %629 oranında artmıştır (International Renewable Energy Agency, 2020).

Biyoenerji kurulu kapasitesi ve biyoenerjiden elektrik üretimi yıldan yıla artışlar gösterse de ülkenin enerji talebinin küçük bir kısmını dahi karşılayabilmek için oldukça düşük bir seviyededir. Öyle ki Türkiye'de biyoenerji, enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki paylarından yalnızca %0,9'luk bir pay alabilmektedir.

2.2. Türkiye'nin Enerji Arz-Talebi

Enerji arzı, genel anlamda, enerji talebini karşılayabilmek için üretilen enerji miktarı olarak tanımlanır. Enerji arzını iki alt başlık altında incelemek mümkündür. Bunlar; fiili enerji arzı ve potansiyel enerji arzıdır. Fiili enerji arzı kullanıma hazır olan enerji arzıdır. Potansiyel enerji arzı ise ülkedeki tüm enerji kaynaklarının kullanılan, kullanılmayan toplam enerji arzıdır. Fiili enerji arzı ile potansiyel enerji arzı arasında fark olması yani, fiili arzın, potansiyel arzdan düşük olmasının teknolojik yetersizlikler, kaynak yetersizliği gibi birçok nedeni vardır. Gelişmiş ülkelerde potansiyel ile fiili enerji arzı makası dar iken, gelişmekte olan ülkelerde bu makas açıktır. Bu makasın kapanması, enerji alanında kaydedilecek teknolojik ilerlemelere bağlıdır. Grafik 2.12. Türkiye'nin 1990-2018 yılları arasındaki fiili enerji arz miktarlarını vermektedir.

Grafik 2.12. Türkiye'nin 1990-2018 Yılları Arasındaki Enerji Arzı Miktarları



(Kaynak: İEA, 2020)

Türkiye'nin 1990 yılında 50 MTEP (Milyon ton eş değer petrol) civarında olan enerji arz miktarı 2018 yılında yaklaşık 146 MTEP olarak hesaplanmıştır. (İEA, 2020) Türkiye'nin bu enerji arzının kaynak dağılımlarına bakacak olursak;

Tablo 2.10. Türkiye Birincil Enerji Arzında Kaynakların Miktarı ve Payları

Enerji Kaynağı	Arz Miktarı (MTEP)	Toplam Arz Miktarı İçerisindeki Oranı
1. Petrol	41,91	%29,17

2. Doğalgaz	41,17	%28,66
3. Kömür	40,98	%28,56
4. Jeotermal	8,33	%5,81
5. Hidrolik	5,16	%3,59
6. Biyoenerji ve Atıklar	3,01	%2,1
7. Rüzgâr	1,7	%1,19
8. Güneş	1,54	%1,08

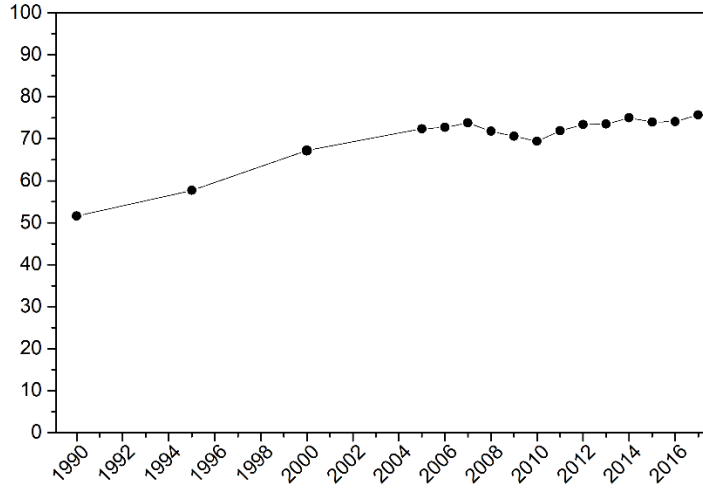
Kaynak: (Makine Mühendisleri Odası, 2020:8)

Türkiye'nin enerji arzı kaynaklarının payları, %86,4 oranında fosil yakıt, %13,6 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır.

Enerji talebini ise, bireylerin ve devletlerin farklı zaman periyotlarındaki aktivitelerini yerine getirebilmeleri için ihtiyaç duydukları enerji miktarı olarak tanımlayabiliriz.

2016 yılında Türkiye'nin enerji talebi yaklaşık 130 MTEP olarak hesaplanmıştır. Bu rakamın 2023 yılında %90 oranında artarak 218 MTEP olacağı beklenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018). Söz konusu enerji talebinin, yukarıda bahsedildiği üzere %86,4'ü fosil yakıtlardan ve %13,6'sı ise yenilenebilir kaynaklardan temin edilmiştir. Birincil enerji talebi sektörler arasındaki dağılımlarına bakacak olursak; %32'sinin sanayi sektöründe, %19'unun konut, %13'ünün ticaret ve hizmet sektöründe, %26'sı ise ulaştırma sektöründe kullanılmıştır (EİGM, 2018).

Grafik 2.13. 1990-2017 Yılları Türkiye Enerji Talebinin Dışa Bağımlılık Oranı



(Kaynak: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu:34)

Türkiye’de enerji talebinin bu denli hızlı artışı, talebin dışa bağımlılık oranını da doğal olarak arttırmıştır. 1990 yılında Türkiye’de enerji talebinin dışa bağımlılık oranı %51,6 olarak hesaplanırken, 2017 yılında bu rakam %75,7’ye yükselmiştir. Ancak talebin ve talebin dışa bağımlılık oranının artmasının yanında, enerji kaynaklarının çeşitliliği de artmıştır. Özellikle son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yenilenebilir enerjinin, özellikle elektrik talebini karşılamada aldığı pay yıldan yıla artış göstermektedir.

Enerji arz ve talebini etkileyen birçok faktör vardır. Bunların başında nüfus artışı gelir. Dünyanın nüfusu 1650 yılında 515 milyon, 1850 yılında 1,1 milyar, 1950 yılında 2,5 milyar ve günümüzde de 7,77 Milyara ulaşmıştır. Türkiye’de 1990 yılında 56 milyon olan nüfus günümüzde 83 milyona ulaşmıştır. Nüfus artış hızının yüksek olması ayrıca kentleşmeyi de arttırmaktadır. Kentleşmenin artması, nüfusun büyümesi enerji arz ve talebini arttırmaktadır. Enerji arz ve talebini etkileyen bir diğer faktör ise ekonomik büyümedir. 2018 yılında yaşanan döviz krizinden dolayı büyüme oranlarında bir miktar düşüş yaşansa da Türkiye ekonomik büyümeyi temel hedeflerden biri haline getirmiş bir ülkedir. Üretimden kaynaklanan bir büyüme olmasa dahi her türlü ekonomik büyüme enerji talebini dolayısıyla da enerji arzını arttırmaktadır. Bir diğer faktör ise teknolojik gelişmedir. Teknolojinin ilerlemesinde enerji olmazsa olmaz bir girdidir. Enerji kaynaklarını çeşitlendirip, arttırmak, verimliliklerini yükseltmek için çok önemli bir faktör olan teknolojik gelişmeyi ülkeler enerji kullanımlarını arttırarak sağlarlar. Yani enerji arzının arttırılabilmesi

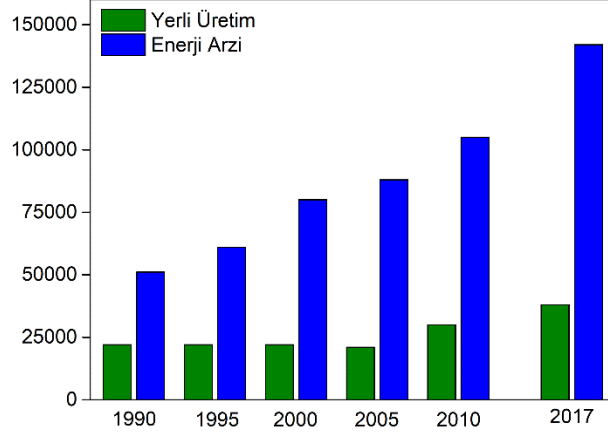
için enerji talebi yükselmektedir. Son olarak enerji arz ve talebini etkileyen bir diğer faktör, enerji talebi ve arzının, gelir ve fiyat esneklikleridir. Fiyat esneklikleri, enerji fiyatlarındaki değişikliklere olan hassasiyeti ifade ederken, gelir esneklikleri ise enerji tüketiminin gelirdeki değişimlere hassasiyetini ifade eder. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin, literatürde gelir esnekliklerinin 1'e yakın olduğu yani yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Ertuğrul 2013:259). Bunu sözel bir şekilde ifade etmek gerekirse, milli gelirden meydana gelen %1'lik artış, enerji talebini %1 arttırmaktadır gibi bir örnek verebiliriz.

Enerji bağımsızlığı, devletler için güvenlik, ekonomik istikrar ve benzeri durumlardan ötürü oldukça önemli bir konudur. Ancak dünyada enerji bağımlılığını talep ve arz durumu belirler ve odak noktası arzın artması veya talebin azalması olsun, enerji bağımsızlığı aslında gerçek bir temele dayanmamaktadır. (Karaca, 2019:27)

2.3. Türkiye'nin Enerji Üretimi ve Tüketimi

Türkiye, 2018 yılı itibarıyla yaklaşık 39,67 MTEP birincil enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Yapılan yerli üretimin 22,788 MTEP' i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Enerji ithalatı miktarı ise 115,79 MTEP olarak hesaplanmıştır. Ülkede arz edilen enerji miktarı bu yılda 143,66 MTEP olarak hesaplanmıştır. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020). Yani ülkedeki enerji üretimi, toplam enerji arzının sadece %24'ünü karşılayabilmektedir. Enerji arz miktarı ile enerji üretimi arasındaki makas her geçen yıl biraz daha açılmaktadır. Bunun nedeni, ülkede enerji talebi artış hızının yüksek olması, yerli enerji kaynaklarının talebi karşılamada yetersiz kalması ve neredeyse tamamen dışa bağımlı olunan doğal gaz kullanımının hem elektrik üretiminde hem de konutlarda ısınma amaçlı olmak üzere son 30 yıllık periyotta hızlı bir artış göstermesidir.

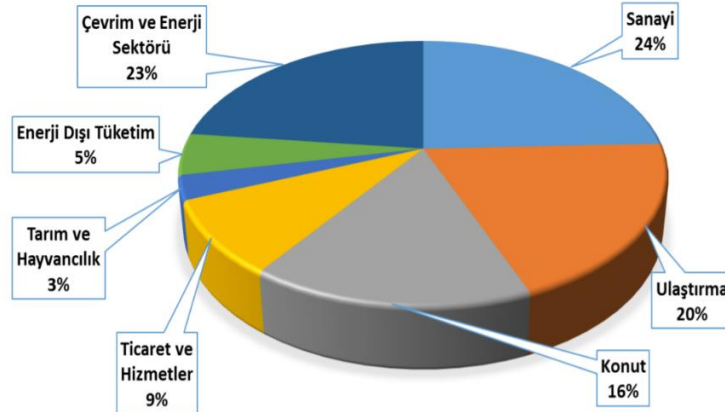
Grafik 2.14. Türkiye'nin 1990-2017 Yılları Arasında Birincil Enerji Üretimi ve Arzı



(Kaynak: Kurtuldu, 2019:57)

Türkiye 2018 yılı sonunda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından açıklanan denge tablosuna göre 144,3 MTEP enerji tüketimi yapmıştır. Bu tüketimin yaklaşık 112 MTEP' i fosil yakıtlardır. Yani ülkede yapılan enerji tüketiminin %77,6'sı fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. 2018 yılında Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerjinin tüketimi, elektrik tüketimi hariç 10 MTEP' tir. Elektrik tüketimi ise 22 MTEP olarak hesaplanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020). Türkiye'de elektrik üretiminin %51,2' si kömür ve doğalgazdan yapılırken, %48,8'i yenilenebilir enerji kaynakları (%32'si Hidro enerji) ve diğer alternatif kaynaklardan sağlanmaktadır.

Grafik 2.15. Türkiye Birincil Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı



(Kaynak: Makine Mühendisleri Odası, Türkiye Enerji Görünümü Raporu, 2019)

Türkiye’de enerji tüketiminin en yoğun yapıldığı alanlar ise, sanayi, konutlar ve ulaştırma’dır.

2006 yılında Türkiye’nin birincil enerji tüketimi 95,8 MTEP olarak hesaplanırken, 2019 itibarıyla 144,3 MTEP olarak hesaplanmıştır. 13 yıllık süreçte enerji tüketimi %66,4 oranında artmıştır. Dünya nüfusunun yaklaşık %1’ini oluşturan Türkiye, enerji tüketiminde de benzer şekilde dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık %1’ini oluşturmaktadır. Kişi başına düşen enerji tüketim miktarı 1,5 ton civarında olan Türkiye, kişi başına düşen enerji tüketim miktarı açısından, gelişmiş ülkelerin gerisinde, gelişmekte olan ülkeler ortalamasının ise biraz üzerindedir. Türkiye’nin enerji üretimi, yaptığı tüketimin son 10 yıldır %20-27 oranları arasında karşılayabilmektedir. Öyle ki Türkiye’nin, Rusya’dan yaptığı enerji ithalat miktarı, tüm enerji kaynaklarından yaptığı üretimden fazladır (Makine Mühendisleri Odası, 2019).

2.4. Türkiye’nin Enerji Dışa Bağımlılığı

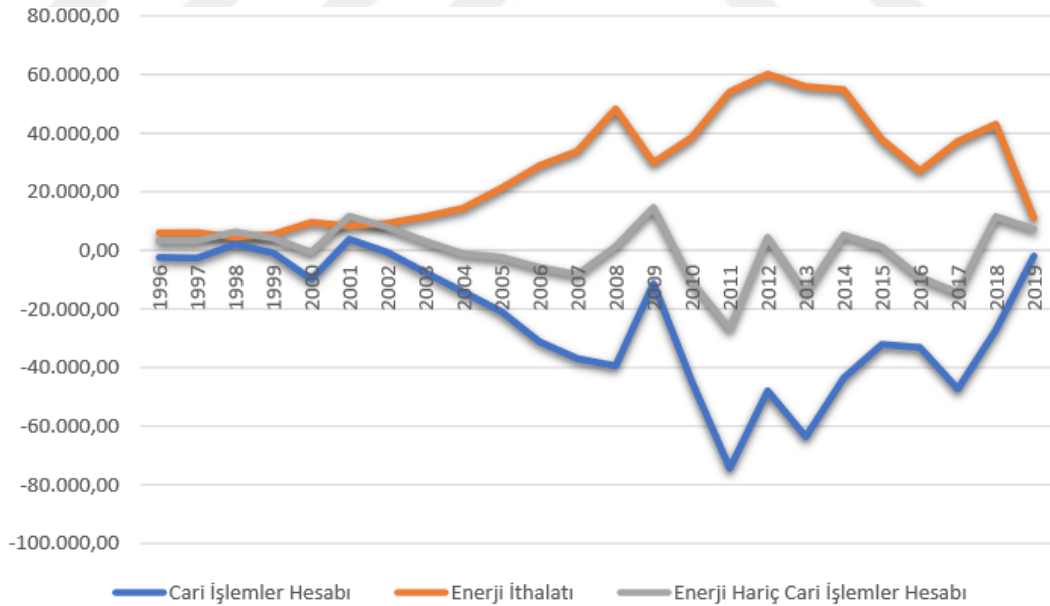
Çalışmanın birçok bölümünde bahsedilen 1970’lerde gerçekleşen petrol şoku yani OPEC ülkelerinin petrol fiyatlarını birdenbire keskin bir biçimde arttırması, petrol rezervleri açısından zengin olmayan ülkeleri, enerjiyi daha temkinli ve iktisatlı kullanmaya, alternatif enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya ve bunlarla ilgili AR-GE çalışmaları yapmaya itmiştir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik olarak gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme sağlaması için olmazsa olmaz olan enerji meselesi, petrol şokunun ardından birçok ülkenin bir numaralı gündem maddesi olmuştur.

Fosil yakıt rezervleri çok kısıtlı olan Türkiye’de, ekonomik büyüme sağlanmaya çalışılırken, enerji talebinin de çok hızlı artması ortaya büyük bir çelişki çıkarmaktadır ve karar alma mercilerinin, bu süreçte aldıkları her karar ülke ekonomisi için hayati öneme sahiptir.

Bir ülkenin ekonomik gücünü belirleyen en önemli göstergelerden birisi o ülkenin cari denge durumudur. Yani ihracat ile ithalat arasındaki fark ülkelerin ekonomik anlamda gelişmişlik düzeyi ile ilgili fikir verir. Ticaret bakanlığının

paylaşmış olduğu dış ticaret verilerine göre, Cumhuriyet kurulduktan sonra Türkiye'nin cari dengesinin pozitif olduğu son yıl 1946 yılıdır. 1947 yılından itibaren 2019 yılına kadar cari denge hep negatif hesaplanmış yani ithalat, ihracattan hep daha fazla gerçekleşmiştir. 1974 yılında dış ticaret dengesinde negatif anlamda önceki yıllara göre çok ciddi bir sıçrama olmuştur. Bu yıl da hesaplanan dış ticaret dengesi-2,245 Milyar dolar olarak hesaplanmış (1973 yılı 769 Milyon dolar) ve bu yıldan itibaren 2019 yılına kadar zaman zaman dalgalansa da genel anlamda cari açık negatif anlamda artış göstermiştir. (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020) Nitekim cari açığın 1974 yılından itibaren negatif sıçraması petrol şoku ile ilgilidir. Türkiye'nin 2019 yılındaki ithalat gideri ise 202,702 Milyar dolar olarak hesaplanmıştır. 2019 yılı için dış ticaret dengesi-31,231 milyar dolardır. 2019 yılı Türkiye'nin enerji ithalatı 41,184 milyar dolardır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020). Yani enerji ithalatı, 2019 yılı itibariyle tüm ithalat kalemleri arasında %20'den biraz daha yüksek bir orana tekabül etmektedir.

Grafik 2.16. 1996-2019 Yılları Arası Cari İşlemler Hesabı, Enerji İthalatı ve Enerji Hariç Cari İşlemler Hesabı (milyon ABD doları).



(Kaynak: Ak, 2019:64)

Türkiye, eğer enerji ithalat miktarını 10 milyar dolar seviyelerine indirebilirse günümüz şartlarında dış ticaret bilançosu dengede olacaktır.

2.4.1. Enerji Dışa Bağımlılığının Nedenleri

Grafik 2.13.'de verildiği gibi Türkiye'nin enerji dışa bağımlılığı %76'ya yakın bir seviyededir. Bu denli enerji bağımlılığının ortaya çıkmasında birçok etken vardır. Fosil yakıt rezervi çok kısıtlı olması önemli bir etkindir ancak özellikle birçok Avrupa ülkesinin de fosil yakıt rezervleri kısıtlı olmasına karşın, Türkiye kadar enerji dışa bağımlılıkları yoktur. Türkiye'de doğalgaz ve petrol rezervlerinin çok kısıtlı olmasına karşın bu enerji kaynakları kullanımının yıldan yıla arttırmak, enerji ithalatını ve cari açığı arttırmıştır.

Türkiye, 2020 yılı itibariyle halen nükleer enerjiden faydalanamamaktadır. Grafik 2.3.'de detaylı olarak belirtilen nükleer santral sayılarını incelediğimiz de Fransa'nın 58, Rusya'nın 37, Ukrayna'nın ve İngiltere'nin 15, İsveç'in 8, Almanya, Belçika ve İspanya'nın 7'ser, Çekya'nın 6, İsviçre'nin 5, Macaristan, Finlandiya ve Slovakya'nın 4'er, Bulgaristan ve Romanya'da 2 şer, Hollanda, Ermenistan, Slovenya ve komşumuz İran'da da 1'er tane aktif nükleer reaktör bulunmaktadır. (International Energy Agency, 2019) Fransa, elektrik ihtiyacının yaklaşık %75'ini nükleer enerji santrallerinden karşıladığı bilinmektedir. Türkiye gibi, bu saydığımız birçok Avrupa ülkesinden büyük ve potansiyelli bir ülkenin nükleer enerji kullanımına bu denli geç kalması bugün enerji dışa bağımlılığının en önemli sebeplerinden biridir.

Türkiye 2018 yılında elektrik üretimini, neredeyse tamamını ithal ettiği doğalgazdan (%30,3) ve yine bir kısmını ithal ettiği kömürden (%37,2) yani %67,5'ini fosil yakıtlardan gerçekleştirmiştir. (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020). Fosil yakıtlardan elektrik üretimi yapılmasının ithalatı arttırmasının yanı sıra çalışmanın birçok kısmında bahsedildiği üzere çevresel etkileri de mevcuttur. Küresel Karbon Bütçesi 2019 raporuna göre Türkiye 2018 yılında yapmış olduğu 430 milyon ton karbon salınımı ile dünyayı en çok kirleten 15. ülke durumundadır. (Eneji Günlüğü, 2020).

Tablo 2.11. Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Payları

Yıl	Kömür %	Sıvı Yakıtlar %	Doğalgaz %	Hidrolik Enerji %	Yenilenebilir Enerji %
-----	------------	-----------------------	---------------	-------------------------	------------------------------

2002	24,8	8,4	40,6	24,4	0,3
2003	22,9	8,3	45,2	25,1	0,2
2004	22,8	6,6	41,3	30,6	0,3
2005	26,6	3,4	45,3	24,4	0,3
2006	26,4	2,4	45,8	25,1	0,3
2007	27,9	3,4	49,6	18,7	0,4
2008	29,1	3,8	49,7	16,8	0,6
2009	28,6	2,5	49,3	18,5	1,2
2010	26,1	1,0	46,5	24,5	1,9
2011	28,8	0,4	45,4	22,8	2,6
2012	28,4	0,7	43,6	24,2	3,1
2013	26,6	0,7	43,8	24,7	4,2
2014	30,2	0,9	47,9	16,1	4,9
2015	29,1	0,9	37,9	25,6	6,5
2016	33,7	0,7	32,5	24,5	8,6
2017	32,8	0,4	37,2	19,6	10,0
2018	37,2	0,1	30,3	19,7	12,7

(Kaynak: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Türkiye Elektrik Üretim- İletim İstatistikleri, 2020)

1985 yılında Türkiye’de, konutlarda ısınma amacı ile kullanılmasının yanı sıra elektrik üretiminde de kullanılmaya başlanılan doğalgazın özellikle 2000-2014 yılları arasında neredeyse %50 seviyelerine yaklaşması, enerji dışı bağımlılığı artışının en önemli nedenlerinden birisidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları açısından yine Avrupa ülkelerine göre çok daha yüksek potansiyeli olan Türkiye’nin bu kaynaklara olan yatırımında da maalesef oldukça geç kalınmıştır. Son 10 yıllık süreçte yenilenebilir enerji kaynakları kapasiteleri artış göstermeye başlayan Türkiye’nin yatırımları halen birçok Avrupa ülkesinin gerisinde kalmaktadır. Türkiye, Avrupa Birliği (AB) ülkeleri arasında %13,6’lık yenilenebilir enerji kullanımı ile 18. sıradadır (Eurostat, 2020). Tüm AB ülkelerinin yenilenebilir enerji kullanımı ortalamaları ise %17,89’dur (Eurostat, 2020).

Türkiye’nin enerji dışı bağımlılığının bu denli yüksek oluşunun bir diğer nedeni ise yaşanan enerji kayıplarıdır. Dünyada, sanayi sektöründen sonra en çok

enerjinin tüketildiği alanlar konutlardır. (Yaklaşık %40) Literatüre göre de en fazla enerji tasarrufu yapılabilecek alanlar da konutlardır. (Bingöl, 2018:107).

Son yıllarda özellikle Kuzey Avrupa ülkeleri olmak üzere pek çok ülke inşaatlarla ilgili yönetmeliklerinde, konutlarda enerji verimliliği ve ısı yalıtımı ile ilgili detaylı düzenlemelere yer vermektedirler. (Kulaksızoğlu 2006:16). Bu düzenlemeler sayesinde konutlarda ciddi oranlarda enerji tasarrufu yapılmaktadır. Ancak Türkiye’de enerji tasarrufuna uygun binaların inşası söz konusu değildir. Hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin etkisiyle yeni inşa edilen binaların enerji verimliliği standartlarına uygun olarak yapılmaması binalarda enerji kayıplarını yükseltmektedir (Kaya ve Öztürk 2014: 55). Örnek vermek gerekirse, konutlarda enerji tasarrufu uygulamalarını en başarılı biçimde yürüten ülkelerden birisi olan İsveç’te, sağlanan ısı tasarrufu, Türkiye’deki konutlar ile kıyaslandığında; İstanbul’daki bir binada 2,8, Ankara’da 3,6, Erzurum’da 6 kat daha fazla yakıt sarf edilerek aynı ısınmanın sağlandığı görülmektedir (Kulaksızoğlu 2006: 16).

2.4.2. Enerji Dışa Bağımlılığının Ekonomik Etkileri

Enerji dışa bağımlılığının ülke ekonomileri üzerinde oldukça şiddetli etkileri vardır. Her ülkenin ekonomik anlamdaki en temel hedeflerinden birisi üretim yapabilmektir. Üretimin olmazsa olmaz girdilerinden birisi de enerjidir. Türkiye gibi enerji dışa bağımlılığı olan ülkeler için üretim, enerjinin ithal edilmesinden dolayı maliyetli hale gelmektedir. Dolayısıyla üretilen ürünlerin fiyatları yükselir. Fiyatların yükselişleri devamlı olduğu müddetçe de enflasyon kaçınılmaz hale gelir. Üretim maliyetlerinin artması milli gelirde de azaltıcı etki yapar.

Türkiye gibi enerji dışa bağımlılığı yüksek ülkelerin, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalara ve döviz kurundaki yükselişlere duyarlılıkları da son derece yüksektir. Enerji ihraç eden ülkelerdeki istikrarsızlar yani enerji fiyatlarının yükselişi veya ulusal paranın değerinin düşmesi cari açığı arttırır. Cari açığın artması, dış borçlanmanın artması anlamına gelir ki bu süreçlerde ülkenin sıcak paraya ihtiyacı artmaktadır. Sıcak para da genellikle portföy yatırımlarından sağlanmaktadır. Portföy yatırımları ülkeye hızlı para girişini sağlamaktadır ancak yatırımcıların ülkeden parayı ani çekmeleri ülkeyi büyük ekonomik sıkıntılara sürükleyebilmektedir (Yıldız, 2017:60).

İthalat ve enerji fiyatları arttıkça, dolayısıyla döviz kuru arttıkça, Türkiye gibi enerji dışı bağımlılığı olan ülkelerin döviz ihtiyacı sorunu ortaya çıkmaktadır. Döviz rezervinin azalması, ülkenin girebileceği ani ekonomik krizlere müdahale etme gücünü düşürürken aynı zamanda küresel ekonomide rekabet etme gücünü düşürmektedir.

Enerji dışı bağımlılığının bir diğer kritik etkisi istihdam sorunudur. Enerji ithalatı yapan ülke, bu enerjinin elde edilmesi, üretilmesi, pazarlanması ve diğer süreçlerdeki tüm istihdamı, enerjiyi ithal ettiği ülkeye bırakmaktadır. Türkiye için bu alanda yapılan bir çalışmada, ülkedeki ithal enerji kaynakları yerine ülkenin kendi kaynaklarını kullanarak yapacağı yenilenebilir enerji yatırımlarını kullanması durumunda, yaklaşık 3,6 milyon kişiye ilave istihdam imkânı sağlayacağı tahmin edilmiştir. Bu yatırımların sadece elektrik sektöründe değil, ulaşım ve konut gibi sektörlerde de yayılmasıyla bahsedilen istihdam miktarının daha da artması mümkündür. (Bingöl, 2018:60)

Bir diğer önemli konuda, dış politikada yaşanacak her gelişmenin enerji bağımlılığı olan ülkeler açısından çok hassas olması durumudur. Enerji ihracatı yapılan ülkenin, ihraç ettiği enerjinin miktarını azaltması veya fiyatını yükseltmesi durumunda, enerji bağımlısı ülkenin ekonomisinde ciddi sıkıntılar meydana gelmektedir. Dolayısıyla enerji bağımlısı olan ülke, enerji ithal edilen ülkeye dış politikada boyun eğmek durumundadır. Bundan kaçınmak için tek bir ülkeden enerji ithalatı yapmak yerine ithalatı birçok farklı ülkeden yaparak, kaynak çeşitliliği oluşturmak oldukça önemlidir. Çalışmanın önceki kısımlarında verildiği gibi Türkiye, toplam ürettiği enerji miktarından daha fazla miktarda enerjiyi Rusya'dan ithal etmektedir.

Bu sıralanan enerji dışı bağımlılığının ekonomik etkilerinin tamamı Türkiye'de gözlemlenmiştir. Türkiye bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve enerji dışı bağımlılığını azaltabilmek için birtakım amaç ve hedefler belirlemiş bu yönde bazı politikalar izlemiştir.

2.4.3. Türkiye'nin 2023 Enerji Hedefleri ve Hedeflerin Mevcut Durumu

Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. kuruluş yıldönümü olan 2023 yılı için birçok sektöre ait hedefler belirlenmiştir. Enerji sektörü için belirlenen hedefler ise şu şekildedir;

- Kurulu gücün 120.000 MW'a çıkarılması,
- Su enerjisi kullanımının en üst düzeye ulaştırılması
- Yenilenebilir enerji kaynakları payının %30'a yükseltilmesi
- İki adet nükleer enerji santralının işletmeye alınması ve üçüncüsünün inşasının başlatılması
- Kurulu rüzgâr enerji kapasitesinin 20.000MW'a çıkarılması
- Jeotermal enerjisi kapasitesinin 600MW'a çıkarılması
- Güneş enerjisi kapasitesinin 3.000MW'a çıkarılması
- Hidroelektrik üretim kapasitesinin 36.000MW'a çıkarılması

Enerji altyapısı ile ilgili olarak;

- Taşıma hattı uzunluğunun 60.717km'ye çıkartılması
- Enerji dağıtımı birim kapasitesinin 158.460MWA düzeyine çıkartılması
- Akıllı şebeke kullanımının arttırılması
- Doğal gaz depolama kapasitesinin 5milyar m³'e yükseltilmesi
- Enerji borsası oluşturulması
- 18.500MW kapasiteli kömür yakıtlı bir elektrik santrali inşa etmek (ISPAT, 2015).

2020 yılı itibariyle Türkiye'nin bu hedeflerinin yenilenebilir enerji kapasiteleri açısından neresinde olduğuna bakacak olursak;

Mart 2020 itibariyle Türkiye'nin kurulu gücü 91.371MW'tır. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020) 3 yıl içerisinde hedeflenen kapasiteye yani 120.000MW'a ulaşılabilmesi olasıdır.

TUİK'in son paylaştığı tablo 2.11.'da ki verilere göre Türkiye'nin 2018 sonu itibariyle elektrik üretiminin, hidroelektrikte dahil olmak üzere %32,4'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır.

Türkiye'nin 2020 yılı itibariyle kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi 7.591MW olarak hesaplanmıştır. (International Renewable Energy Agency, 2020) 2023 yılı için hedeflenen 20.000MW kapasiteye ulaşmak hemen hemen imkansızdır. Dolayısıyla rüzgâr potansiyeli oldukça yüksek olan Türkiye'nin rüzgâr enerjisi yatırımlarını arttırması son derece önemlidir.

Türkiye'nin 2020 yılı itibariyle jeotermal enerji kapasitesi ise 1515MW olarak hesaplanmıştır. (International Renewable Energy Agency, 2020). Jeotermal enerji kapasitesi 2023 için 600MW olarak belirlenmiştir ki bu rakamın daha şimdiden yaklaşık 2,5 katından fazla bir kapasiteye ulaşılmıştır.

Türkiye'nin 2020 yılı itibariyle güneş enerjisi kapasitesi 5995MW olarak hesaplanmıştır. (International Renewable Energy Agency, 2020) 2023 yılı için belirlenen hedefin şimdiden yaklaşık iki katı kapasiteye ulaşılmıştır.

Türkiye'nin 2020 yılı itibariyle hidrogüç kapasitesi 28.503 MW olarak hesaplanmıştır. (International Renewable Energy Agency, 2020) 2023 yılı için hedeflenen 36.000MW kapasiteye ulaşmak imkânsız olmasa da son yıllarda hidrogüç kapasitesi artışı oldukça yavaş seyretmektedir. Nitekim 2018'de 28.291MW, 2017'de 27.273MW kurulu hidrogüç kapasitesi mevcuttur.

Türkiye, enerji dışa bağımlılığını azaltmak ve yenilenebilir enerji potansiyelinden yararlanmak adına 2005 yılından bu yana bazı teşvikleri uygulamaya almıştır. Yenilenebilir enerji üreticileri için uygulanan teşviklerin başında sabit fiyat garantisi gelmektedir. Birçok ülkede de uygulanan bu teşvik sistemine göre üreticiler, ihtiyacından fazla elektrik üretmeleri ve dağıtmaları halinde tablo 2.12.'de ki fiyatlardan 10 yıl boyunca yararlanabileceklerdir. (Narin ve Gholizadeh,2018:284). Tablo 2.12. 2010 yılında kabul edilmiş olan 6094 sayılı kanun ile belirlenmiştir.

Tablo 2.12. Sabit Fiyat Uygulaması I Sayılı Cetvel

Üretim Tesis Tipleri	Fiyat (\$)
Hidroelektrik Üretim Tesisi	7,3
Rüzgâr Enerjisi Üretim Tesisi	7,3
Jeotermal Üretim Tesisi	19,5
Biyokütle Üretim Tesisi	13,3

Güneş Enerjisi Üretim Tesisi	13,3
------------------------------	------

(Kaynak: I Sayılı Cetvel, 2011, 27809 sayılı Resmî Gazete Kararı)

Bir diğer teşvik ise lisanssız üretim içindir. Bu teşvik sistemi, sabit fiyat garantisinin ardından, yenilenebilir enerji alanında yatırım yapan ve yapacak kişileri bu piyasaya çekebilmek için kullanılmaktadır. Lisans alma ve şirket kurma yükümlülüklerinden kişileri muaf tutarak, yenilenebilir enerji anlamında, kurulu gücün artırılması temel hedeftir (Narin ve Gholizadeh,2018:285).

Yenilenebilir enerji yatırımlarının desteklenmesi ve bu konudaki teşviklerin artması Türkiye için oldukça önemlidir. Nitekim fosil yakıt rezervlerinin özellikle de petrol ve doğalgaz rezervlerinin sınırlı olması ve yakın gelecekte tükenecek olmasından dolayı bu enerji kaynaklarının fiyatlarında oluşacak dalgalanmalar, Türkiye gibi rezerv zenginliği olmayan ve dışa bağımlı olan ülkelerin ekonomisi için son derece tehlikeli senaryolara açıktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI, VERİLER VE AMPİRİK YÖNTEM

3.1. Literatür Taraması

Çalışmanın bu bölümünde, enerjiyi ekonomik perspektiften inceleyen, enerji dışı bağımlılığı ve enerji talebi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri inceleyen ampirik uygulamalı çalışmalara yer verilmiştir. İlk olarak uluslararası çalışmalara ardında ulusal çalışmalara değinilecektir.

Kraft, A. ve Kraft, J. (1978) yaptıkları çalışma, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi inceleyen, literatürdeki ilk çalışmalardan birisidir. Çalışma, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için yapılmış olup, 1947-1974 aralığında GSYİH ve Enerji Tüketimi değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini incelemektedir. Çalışmanın sonucunda, GSYİH'dan, enerji tüketimine doğru bir nedensellik tespit edilmiştir.

Yu ve Choi (1985) yaptıkları çalışmada değişkenlerini enerji tüketimi ve ekonomik büyüme olarak belirlemiş ve seçilmiş birçok ülke için analizler yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, ABD ve İngiltere'de bu iki değişken arasında bir ilişki gözlenemezken, Filipinler ve Güney Kore'de nedensellik ilişkisi gözlemlenmiştir. Fakat gözlemlenen bu ilişkilerin yönleri farklıdır. Güney Kore'de enerji tüketiminden, ekonomik büyümeye doğru bir ilişki tespit edilirken, Filipinler'de ekonomik büyümeden, enerji tüketimine doğru bir nedensellik tespit edilmiştir.

Jun, Kim, Chang (2009) yaptıkları çalışmada, Güney Kore'nin dört önemli elektrik kaynağının maliyetlerini ölçmüşlerdir. Bu elektrik kaynakları; nükleer enerji, kömür, doğalgaz ve petroldür. Yaptıkları çalışmanın amacı, enerji tüketimindeki en güvenli kaynağı saptamak ve enerji tüketim portföyü oluşturmaktır. Çalışmada

Hirschman–Herfindahl endeksi (HHI) kullanarak enerji arz ve talebindeki yoğunlaşma derecesini dikkate almışlardır. Ele alınan elektrik kaynaklarının durumunu miktarsal olarak değil, parasal olarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda Güney Kore için en güvenli enerji kaynağının nükleer enerji olduğu saptanmış ardından kömür, petrol ve doğalgaz sıralanmıştır.

Aslani, Helo ve Naaranoja (2014), yaptıkları çalışmada, enerji arzının bağımlılığı incelemişlerdir. Finlandiya için yapılan çalışmada nedensel döngüler diyagramı kullanılmış ve enerji talebini, enerji bağımlılığını tanımlamışlardır. Kullandıkları bu diyagram ile çıkardıkları sonuç ise, 2020 yılında Finlandiya’da enerji tüketimi %7 oranında artacak, enerji dışa bağımlılığı ise %1-7 arasında artış gösterecektir.

Altınay (2007), 1980-2005 yılları arasındaki verileri kullanarak ve bağımlı değişken olarak petrol ithalatı, açıklayıcı değişkenler olarak GSYİH ve nominal petrol fiyatlarını seçtiği çalışmasında, Türkiye için petrol ithalatını, her iki açıklayıcı değişkenin de etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Yani çalışmanın sonucunda da hem GSYİH hem de nominal petrol fiyatları, Türkiye’de ithal edilen petrol miktarını etkilemektedir.

Telatar ve Terzi (2009), Türkiye için 1991-2005 yılları arasındaki verileri kullanarak, cari denge ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik testi ve VAR analizi kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ekonomik büyümeden, cari açığa doğru tek yönlü bir nedensellik tespit etmişlerdir.

Yanar ve Kerimoğlu (2011) yaptıkları çalışmada, Türkiye’de oluşturulması gereken enerji politikalarında son derece önemli rol oynayan, cari açık, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi değişkenleri ile analizler yapmışlardır. 1975-2009 yılları arasındaki verilerin kullanıldığı çalışmada, Johansen eş bütünleşme testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre bu üç değişken arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir. Vektör hata düzeltme modeli ile ekonomik büyüme arttığı sürece, enerji tüketiminin artacağı, enerji tüketimi de arttıkça da cari açığın artacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, enerji tüketiminden, büyümeye doğru güçlü bir nedensellik ilişkisine ulaşılrken, ekonomik büyüme ile cari açık arasında çift yönlü zayıf bir ilişki tespit edilmiştir.

Bilginoğlu ve Dumrul (2012) yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının nedenleri ve bağımlılığın derecesini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada bağımlı değişken olarak enerji ithalatının enerji üretimine oranını seçerken, açıklayıcı değişkenleri GSMH, konutlarda kullanılan enerji miktarı ve enerji verimliliği olarak seçmişlerdir. 1960-2008 yılları arasındaki veriler ile Johansen-Juselius eş-bütünleşme analizi kullanılan çalışmada, enerji bağımlılığı ile açıklayıcı değişkenler arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu ve enerji verimliliğinin, enerji bağımlılığını güçlü şekilde desteklediğini saptamışlardır.

Korkmaz ve Develi (2012) Türkiye'nin enerji tüketimi, enerji üretimi ve GSYİH değişkenleri arasında Granger nedensellik testi ve vektör hata düzeltme mekanizması kullanarak analizler yapmışlardır. 1960-2009 yılları arasındaki verilerle yapılan analizin sonucunda, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu, enerji tüketimi ile GSYİH arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır. Yani ekonomik büyüme arttıkça enerji tüketimi artacak enerji tüketimi arttıkça da ekonomik büyüme artacaktır. Ekonomik büyüme, enerji bağımlılığını arttıracaktır.

Demir (2013) çalışmasında VAR analizi kapsamında eş bütünleşme, hata düzeltme modeli ve Granger nedensellik testi ile Türkiye için seçmiş olduğu, sanayi üretimi, cari açık ve enerji ithalatı değişkenlerinin aralarındaki ilişkinin niteliği ve yönünü analiz etmiştir. Araştırmanın sonucuna göre, nedenselliğin yönü sanayi üretim endeksi ve enerji ithalatından cari açığa doğru tek yönlü nedensellik biçiminde gerçekleşmiştir. Ekonomik büyüme yolunda artan enerji talebinin doğurduğu enerji bağımlılığı arttıkça, ülkenin cari açık sorunu da büyüyecektir.

Taşdemir (2014), yaptığı çalışmada, enerji dışa bağımlılığı yüksek olan ülkelerde enerji ve makro ekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Panel veri analizinin kullanıldığı çalışmada, GSMH ile enerji tüketim artış hızı ve enerji ithalatı artış hızı arasında ilişki olduğu saptanmıştır. Enerji dışa bağımlılığı artan ülkelerde, enflasyon ve cari dengenin olumsuz anlamda etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Efeoğlu ve Pehlivan (2018) yaptıkları çalışmada, belirlemiş oldukları nihai enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık değişkenleri ile 1987-2016 yılları arasındaki Türkiye verileri ile Johansen Eşbütünleşme, Etki tepki analizi, Granger ve Toda- Yamamoto Nedensellik testleri yapılmışlardır. Çalışmanın amacı, bu üç

değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Uygulamanın sonucunda, enerji tüketimi, cari açık ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığı tespit edilmiş ve, GSYİH'dan cari açığa, enerji tüketiminden de GSYİH ve cari açığa doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu ayrıca cari açıktan GSYİH 'ya ve enerji tüketiminden de GSYİH 'ya doğru bir nedenselliğin olduğu tespit edilmiştir.

Ayla ve Karış (2019) Türkiye için yaptıkları çalışmada, 1984-2015 yılları arasındaki verileri kullanarak, cari açık ile enerji ithalatı değişkenleri arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testiyle araştırmışlardır. Net doğrudan yabancı yatırım girişleri ve varil başına ham petrol ithalatı fiyatları kontrol değişkenlerinin de ARDL sınır testine eklendiği çalışmanın sonucunda, değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi saptanmıştır. Cari açıktan, yabancı yatırımlara doğru tek yönlü negatif nedensellik ilişkisi saptanırken, nedensellik etkisinin incelendiği diğer değişkenler arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişkiye ulaşılamamıştır. Yazarlara göre ters yönlü negatif nedensellik ilişkisi, gelişmekte olan ülkelerdeki finansal kırılganlığı temsil etmektedir.

Ulusal ve uluslararası literatür incelendiğinde ortak paydanın enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki olduğunu söyleyebiliriz. Ulusal literatürde, enerji ile ilgili yapılan çalışmalarda, uluslararası çalışmalara nazaran daha çok cari açık değişkenin modellere dahil edildiği gözlemlenmektedir. Türkiye'nin cari açığının sürekli olarak artış trendinde olmasından kaynaklı ulusal literatürün odak noktası daha çok cari açığa doğru kaymıştır. Bu çalışmada, Türkiye'nin cari açığını en çok arttıran net enerji ithalatı, bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Literatürde enerji tüketimi, ampirik analizlerde genellikle bir bütün olarak ele alınmıştır. Ancak bu çalışma kapsamında enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi olarak ayrılmıştır. Literatürde yenilebilir enerji konusunu farklı boyutlarıyla hem teorik hem uygulamalı olarak ele alan çok sayıda çalışma olmasına karşın bu konuyu enerji bağımlılığı çerçevesinde inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bundan dolayı bu çalışmada, yenilenebilir enerjinin de enerji bağımlılığı üzerindeki etkisi ele alınmıştır.

3.2. Veriler ve Ekonometrik Yöntem

Net enerji ithalatı ile GSYİH, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmamızın, 1990-2018 yılları arasında kapsayan verilerin kaynakları tablo 3.1.'de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Değişkenler, Veri Dönemi ve Verinin Kaynağı

Değişkenin Adı	Verinin Dönemi	Verinin Kaynağı
Net Enerji İthalatı (ly)	1990-2018	World Bank
GSYİH (lgdp)	1990-2018	World Bank
Fosil Yakıt (lfuel)	1990-2018	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal Denge Tabloları
Yenilenebilir Enerji (lenergy)	1990-2018	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal Denge Tabloları

Çalışmada net enerji ithalatı bağımlı değişken olarak seçilirken, GSYİH, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi çalışmanın bağımsız değişkenlerini oluşturmaktadır.

Net enerji ithalatı, birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'nin cari dengesinde de hayati bir role sahiptir. Son yıllarda toplam ithalat içerisinde %20 seviyelerini izleyen enerji ithalatı Türkiye'nin ithalat kalemleri arasında ilk sırayı almaktadır. Bu nedenle net enerji ithalatını belirleyen faktörlerin ortaya konması büyük önem arz etmektedir. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını, fosil yakıt kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji kaynağından karşılamaktadır. 2020 yılı itibariyle Türkiye'de nükleer enerjiden yararlanılmaması nedeniyle, çalışmaya fosil yakıt ve yenilenebilir enerji değişkenleri dahil edilmiştir.

3.2.1. Birim Kök Testleri

Çalışmada yapmış olduğumuz birim kök testleri, Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim kök testleridir.

Değişkenlerin logaritmaları alındıktan sonra, ADF birim kök testi yapılmış ve serilerin birinci farkları alındıktan sonra durağan oldukları görülmüştür. ADF birim kök testi sonuçları tablo 3.2. de verilmiştir.

Tablo 3.2. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

ADF	Düzy (ADF-t İstatistiği)				Birinci Fark (ADF-t İstatistiği)			
Değişken	T-İstatistik	%1	%5	%10	T-İstatistik	%1	%5	%10
Net Enerji İthalatı	-1.42	-3.69	-2.97	-2.62	-5.42	-3.69	-2.98	-2.63
GSYİH	0.53	-3.69	-2.97	-2.62	-5.44	-3.69	-2.98	-2.63
Fosil Yakıt	-0.42	-3.69	-2.97	-2.62	-4.59	-3.69	-2.98	-2.63
Yenilenebilir Enerji	-0.81	-3.69	-2.97	-2.62	-6.62	-3.69	-2.98	-2.63

Çalışmada uygulanan bir diğer birim kök testi PP birim kök testidir. Buna göre serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları gözlemlenmiştir. PP birim kök test sonuçları tablo 3.3. de sunulmuştur.

Tablo 3.3. PP Birim Kök Testi Sonuçları

PP	Düzy (PP-t İstatistiği)				Birinci Fark (PP-t İstatistiği)			
Değişken	T-İstatistik	%1	%5	%10	T-İstatistik	%1	%5	%10
Net Enerji İthalatı	-1.69	-3.69	-2.97	-2.62	-5.35	-3.69	-2.98	-2.63
GSYİH	1.71	-3.69	-2.97	-2.62	-5.44	-3.69	-2.98	-2.63
Fosil Yakıt	-0.49	-3.69	-2.97	-2.62	-4.59	-3.69	-2.98	-2.63

Yenilenebilir Enerji	-0.61	-3.69	-2.97	-2.62	-6.62	-3.69	-2.98	-2.63
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Çalışmadaki son birim kök testi KPSS birim kök testidir. KPSS birim kök testinde, tüm değişkenler için birinci fark değerinde %5 kritik değeri LM istatistik değerinden büyük olduğu için durağandır. Böylece tüm birim kök testlerinde birbirini destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.4. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

PP	Düzy (PP-t İstatistiği)				Birinci Fark (PP-t İstatistiği)			
Değişken	LM-İstatistik	%1	%5	%10	LM-İstatistik	%1	%5	%10
Net Enerji İthalatı	0.61	0.74	0.46	0.35	0.22	0.74	0.46	0.35
GSYİH	0.69	0.74	0.46	0.35	0.23	0.74	0.46	0.35
Fosil Yakıt	0.69	0.74	0.46	0.35	0.05	0.74	0.46	0.35
Yenilenebilir Enerji	0.61	0.74	0.46	0.35	0.14	0.74	0.46	0.35

3.2.2. Toda – Yamamoto Nedensellik Testi

Çalışmada, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Toda – Yamamoto (1995) ya göre, seriler eşbütünleşik olabilir, eşbütünleşik olmayabilir ya da her ikisi de aynı anda olabilir. Bu nedenle, Toda – Yamamoto nedensellik testi bağımlı ve bağımsız değişkenlerin $I(0)$, $I(1)$ veya $I(2)$ düzeylerinde eşbütünleşik olmasına bakılmaksızın alternatif bir test olarak geliştirilmiştir. Ayrıca Toda – Yamamoto nedensellik testi arttırılmış Granger nedensellik testi olarakta bilinmektedir.

Toda ve Yamamoto (1995) güçlendirilmiş Granger nedensellik testi yöntemi aşağıdaki denklemlere dayanmaktadır:

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^{p+m} \alpha_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+m} \beta_i x_{t-i} + u_{1t}$$

$$x_t = \mu + \sum_{i=1}^{p+m} \gamma_i x_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+m} \delta_i y_{t-i} + u_{2t}$$

Burada m, sistemdeki değişkenin en yüksek entegrasyon derecesini, p ise y_t 'nin optimal gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Modelin temel amacı, gerçekleşmesi beklenen m maksimum entegrasyon derecesini belirlemek ve toplam (p + m) gecikmeli seviyelerinde bir VAR oluşturmaktır. Çalışmada yapılan birim kök testlerinde seriler birinci fark alındığında durağan olduğu için m=1 olarak kabul edilmektedir.

Gecikme uzunluklarının belirlenmesinde LL, LR, df, p, FPE, AIC, HQIC ve SBIC bilgi kriterleri kullanılmıştır.

Tablo 3.5. Gecikme Uzunluğu Kriterleri

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	79.62				2.8e-08	-6.05	-5.99	-5.85
1	158.13	157.02	16	0.00	1.9e-10	-11.05	-10.78	-10.07
2	169.52	22.77	16	0.12	3.1e-10	-10.68	-10.19	-8.93
3	191.38	43.72	16	0.00	2.7e-10	-11.15	-10.45	-8.61
4	245.61	108.46*	16	0.00	2.6e-11*	-14.21*	-13.29*	-10.89*

Tüm bilgi kriterleri 4. Gecikme uzunluğunun en optimal olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla gecikme uzunluğu (p) 4 olarak saptanmıştır. Daha sonra otokorelasyon varlığını incelemek amacıyla LM (Langrange-Mulitpler) testi yapılmıştır. Sonuçları tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. LM Testi

Lag	Chi2	df	Prob>chi2
-----	------	----	-----------

1	18.30	16	0.31
2	14.39	16	0.57

İki gecikme uzunluğunda prob değerleri düşük olduğu için otokorelasyon yoktur ve model istikrarlıdır.

Tablo 3.7. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Değişkenler	Nedensellik Yönü	M-Wald İstatistikleri
ly ve lgdp	lgdp ly'nin Toda-Yamamoto nedenidir.	23.97 (0.0001)*
	ly lgdp'nin Toda-Yamamoto nedenidir.	16.87 (0.0020)*
ly ve lfuel	lfuel ly'nin Toda-Yamamoto nedenidir.	82.49 (0.000) *
	ly lfuel'in Toda-Yamamoto nedenidir.	65.17 (0.0000) *
ly ve lenergy	lenergy ly'nin Toda Yamamoto nedenidir	53.60 (0.000) *
	ly lenergy'nin Toda Yamamoto nedenidir.	157.38 (0.0000)*
lgdp ve lfuel	Lfuel lgdp'nin Toda Yamamoto nedenidir.	31.18 (0.000)*
	lgdp lfuel'in Toda Yamamoto nedenidir.	89.61 (0.000)*
Lgdp ve lenergy	Lenergy lgdp'nin Toda Yamamoto nedeni değildir.	7.30 (0.1208)
	Lgdp lenergy'in Toda Yamamoto nedenidir.	66.42 (0.0000)*
Lfuel ve lenergy	Lenergy lfuel'in Toda Yamamoto nedenidir.	61.93 (0.0000)*
	Lfuel lenergy'nin Toda Yamamoto nedenidir.	240.70 (0.0000)*

Parantez içindeki değerler p değerleridir; * ve **, sırasıyla%1 ve%5'teki p değeri istatistiksel anlamlılık düzeyini gösterir.

Yapılan Toda-Yamamoto nedensellik testlerinin sonuçlarına göre, bağımlı değişken net enerji ithalatı ile bağımsız değişkenler (GSYİH, yenilenebilir enerji, fosil yakıt) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Ayrıca GSYİH ile

fosil yakıt tüketimi arasında ve yenilenebilir enerji tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasında da çift yönlü bir nedensellik söz konusudur. GSYİH'dan, yenilenebilir enerji tüketimine doğru bir nedensellik söz konusu iken, yenilenebilir enerji tüketiminden GSYİH'ya doğru bir nedensellik bulunamamıştır.

3.2.3. Kantil Regresyonu

Bu çalışmada net enerji ithalatı ile yenilenebilir enerji, GSYİH ve Fosil yakıt tüketimi arasında ilişkiyi incelemek için kantil regresyon tahminleri yapılmıştır. Alternatif regresyon tekniklerinden biri olan kantil regresyon modeli uygulamalı ekonometride yaygın olarak kullanılmaktadır. Koşullu kantil fonksiyonlarının tahmini için uygun bir yöntem olarak Koenker ve Basset (1978) tarafından geliştirilmiştir. Diğer birçok regresyon modelinde olduğu gibi kantil regresyonu da değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılmaktadır.

Tablo 3.8. Kantil Regresyonu Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: Log(Net Enerji İthalatı)				
Bağımsız Değişken: Log(Yenilenebilir Enerji)				
Kantil	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
0.2	0.277675	0.046949	5.914438	0.0000
0.4	0.296300	0.054982	5.389051	0.0000
Median	0.181141	0.074987	2.415631	0.0227
0.6	0.144483	0.082528	1.750723	0.0913
0.8	0.136260	0.074855	1.820321	0.0798
Bağımlı Değişken: Log(Net Enerji İthalatı)				
Bağımsız Değişken: Log(GSYİH)				
Kantil	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
0.2	0.356891	0.034454	10.35844	0.0000
0.4	0.345247	0.042529	8.117914	0.0000
Median	0.338695	0.047663	7.106085	0.0000
0.6	0.335397	0.051909	6.461303	0.0000
0.8	0.309622	0.094870	3.263659	0.0030
Bağımlı Değişken: Log(Net Enerji İthalatı)				

Bağımsız Değişken: Log(Fosil Yakıt)				
Kantil	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
0.2	0.635297	0.052960	11.99583	0.0000
0.4	0.635094	0.064730	9.811434	0.0000
Median	0.610128	0.068754	8.874122	0.0000
0.6	0.622328	0.071302	8.728042	0.0000
0.8	0.587886	0.124618	4.717512	0.0001

Tabloda kantil regresyona ait tahmin sonuçları yer almaktadır. Buna göre; 0.2 kantil değerinde yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen %1’lik artış net enerji ithalatını %0,27 oranında arttırmaktadır. GSYİH da meydana gelen %1’lik artış net enerji ithalatını %0.35 ve fosil yakıt tüketiminde meydana gelen %1’lik artış net enerji ithalatını %0,63 arttırmaktadır.

Kantil regresyon sonuçlarına bakıldığında zaman farklı kantil değerlerine göre elde edilen katsayıların pozitif, yakın değerlerde ve istatistiksel olarak anlamlı oldukları gözlemlenmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçların ışığında, GSYİH ve fosil yakıt tüketiminin, net enerji ithalatını arttırması beklenen bir durumdur. Ancak, beklenenin aksine, yapılan kantil regresyonu uygulaması sonucu elde edilen, yenilenebilir enerji tüketimi ile net enerji ithalatının katsayılarının pozitif olması yani yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça, net enerji ithalatının da artıyor olması dikkat çekici bir sonuçtur. Bunun en önemli nedeni, enerji talebinin çok yüksek olmasıdır. Enerji talebinin yüksek oluşu, fosil yakıt tüketimini büyük oranlarda arttırdığından, yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen artışlar, net enerji ithalatını düşürmede etkisiz kalmıştır. Elde edilen bulgular ışığında söyleyebiliriz ki; Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının arttırılmasına yönelik olarak uygulanan politikaların enerji bağımlılığını azaltmada yetersiz kalmıştır ve fosil enerji kaynakları halen hakimiyetini korumaktadır.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji dışa bağımlılığı, Türkiye ekonomisi için en ciddi sorunlardan biridir. 1970'lerde yaşanan petrol krizi ile petrol fiyatlarının yükselmesi, dışarıya dönük sanayileşmeden dolayı enerji ihtiyacının artması ve konutlarda doğalgaz kullanımının başlaması ile enerji talebi her geçen yıl yükselmiştir. Fosil yakıt rezervleri kısıtlı olmasına rağmen, yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %78'nin fosil yakıtlardan yapılması, dışa bağımlılığın nedenleri arasında gösterilebilir. Yapılan ampirik çalışma sonucu da net enerji ithalatı üzerindeki en yüksek etkileşimin fosil yakıt tüketimi değişkeni olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin enerji dışa bağımlılığını azaltma yolunda attığı her adım ekonomisi için hayati öneme sahiptir. Bu doğrultuda belirlenen yenilenebilir enerji hedefleri ve bu hedeflere rüzgâr enerjisi hariç ulaşılmış olması, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları kapasitelerinin artışlar göstermiş olması umut vadeden gelişmeler olsa da yapılan ampirik analiz sonucunda ülkedeki yenilenebilir enerji üretiminin net enerji ithalatı üzerinde etkisiz olduğu saptanmıştır. Buda yenilenebilir enerji kaynaklarının kapasitelerinin daha fazla artırılması gerektiğini ve fosil yakıt hakimiyetinin kırılması gerektiğini göstermektedir. Nitekim çalışmanın birçok bölümünde bahsedildiği üzere yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksek olan Türkiye'nin bu potansiyeline ulaşabilmesi, enerji bağımlılığını bitirme noktasında son derece önemlidir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yapmış olduğu projeksiyonlara göre petrolün 51, doğalgazın 53 ve kömürün 114 yıllık ömrü kalmıştır. Hem büyük ölçüde ithal edilen hem de karbondioksit salınımı ile iklim değişikliğine neden olan ve geleceği olmayan bu fosil yakıtların kullanımını en aza indirmek ve zaman içerisinde bitirmek, her ülkenin olduğu gibi Türkiye'nin de en önemli odak noktası olmalıdır. Nükleer enerjiden 2025 yılında faydalanmaya başlaması beklenen Türkiye, bu teknolojiyi Rusya ve Japonya'dan aldıktan sonra doğrudan kendisinin inşa edeceği nükleer santraller yapmalıdır. Ciddi miktarlarda toryum rezervine sahip olan ülkemiz, gelecekte toryum bazlı nükleer santrallerin inşasını yapabilmek adına önümüzdeki

yıllarda girişimlerde bulunmalıdır. Ancak nükleer santraller de ana değil bir ara hedef olmalıdır. Gelişmiş ülkelerde nükleer enerji santralleri kurulurken genellikle santrallere 50 ila 75 yıl arasında bir ömür biçilir. Gelişmiş ülkelerde enerji ile ilgili 100-150 yıllık hedefler ve planlamalar söz konusu olabilmektedir. Gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarında yaşanan teknolojik ilerlemeler ile tüm enerji ihtiyacının bu kaynaklardan karşılanabilmesi tüm dünyanın beklentisidir. Türkiye'nin de kısa, orta ve uzun vadeli planlar yapması oldukça önemlidir. Kısa vadede ithalat açısından kaynak çeşitliliği, orta vadede yenilenebilir enerji kapasitelerinin ve nükleer enerji kullanımının artırılması ve uzun vadede de tamamen yenilenebilir enerjiden tüm enerji talebinin karşılanması hedeflenebilir. Bu hedefler için teknolojik gelişmeleri takip etmek, bilimi teşvik etmek, ar-ge yatırımlarını arttırmak, alanında donanımlı personeller yetiştirmek son derece önemlidir.

KAYNAKÇA

Acaroğlu, M. (2003). *Alternatif Enerji Kaynaklar* (p. 343). İstanbul: Atlas Yayın & Dağıtım

Adıgüzel, G. E. (2019). *Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji dinamikleri ve Türkiye'nin uyumu* (Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü).

Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan swot analizler* (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Ak, S. (2019). *Enerji Ekonomisi Perspektifinden Türkiye'de Cari Açığın Sürdürülebilirliği Üzerine Ekonometrik Bir Analiz* (Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Akkuyu Nükleer Enerji Santrali resmi sitesi, Akkuyu nükleer santrali hakkında,

akkuyu.com/ (erişim tarihi: 16.05.2020).

Aksan, A. (2010). *Türkiye'nin Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojilerinin Kullanılması Durumunda Ülke Ekonomisine Katkılarının ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Alkin, K., Uzunoğlu, S., Beyazıt, Z., Atabey, R., ve Güngör, Ş., *Türkiye'nin Stratejik Yer Altı Kaynakları Ekonomik Değerleri ve Uluslararası Yeri*, İstanbul: Acar Matbaacılık A.Ş., (2003).

Altınay, G. (2007). Short-run and long-run elasticities of import demand for crude oil in Turkey. *Energy Policy*, 35(11), 5829-5835

Aslani, A., Helo, P., & Naaranoja, M. (2014). Role of renewable energy policies in energy dependency in Finland: System dynamics approach. *Applied energy*, 113, 758-765.

Ayla, D., & Karış, Ç. Türkiye’de Enerji İthalatı ve Cari Açık Üzerine Bir Değerlendirme. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 380-412.

Baris, K., & Kucukali, S. (2012). Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective. *Energy Policy*, 42, 377-391.

Basilaia, M., Bogdanova, I., & Dymnikova, O. (2019). Cosmoharmonic principles of environmental safety. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 135, p. 01079). EDP Sciences.

Bilginoğlu, M. A. (2012), “Türkiye'nin Enerji Sorunları ve Çözüm Arayışları”, Erciyes Üniversitesi Stratejik Araştırmalar Merkezi (ERUSAM), 02012 Tarihli Sunum Metni, Kayseri: ERÜ Basın Yayın.

Bingül A., (2018), Enerji Bağımlılığının Türkiye Ekonomisine Etkisi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.

BP Statistical Review of World Energy, June 2018. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> Dünya enerji istatistikleri incelemesi, (erişim tarihi:05.04.2020)

Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2001). *Wind energy handbook* (Vol. 2). New York: Wiley.

Çukurçayır, M. A., & Sağır, H. (2008). Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20), 257-278.

Demir, M. (2013). Enerji ithalatı cari açık ilişkisi, Var analizi ile Türkiye üzerine bir inceleme. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 5(9).

Devlet Planlama Teşkilatı. (2001). Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, Devlet Planlama Teşkilatı.

Dinçer, Mithat Zeki ve Özgür Aslan: Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye eğerlendirmesi, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul, 2008.

Doğan, T. B. V. (2009). *Türkiye birincil enerji kaynakları piyasasının zaman serileri ile istatistiksel analizi* (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi).

Doğanay, H., & Coşkun, O. (2017). Enerji kaynakları. *Pegem Atıf İndeksi*, 1-328

Dunn, M. G. (2001). Convective heat transfer and aerodynamics in axial flow turbines. In *Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air* (Vol. 78538, p. V004T06A001). American Society of Mechanical Engineers.

Duran, E., & Şeker, D. Z. (2004). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Doğalgaz Uygulamaları ve Analizleri.

Edwards, G. A. (2019). Coal and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(5), e607.

Efeoglu, R., & Pehlivan, C. (2017). Türkiye’de enerji tüketimi ve cari açığın ekonomik büyüme üzerine etkisi. *Politik Ekonomik Kuram*, 2(1), 103-123.

Enerji atlası (2019). Ükelere göre Jeotermal Enerji, <https://www.enerjiatlası.com/ukelere-gore-jeotermal-enerji.html> (erişim tarihi:12.06.2020).

Enerji Günlüğü, (2020). Atmosferi en çok kirleten ülkeler <https://www.enerjigunlugu.net/turkiye-atmosferi-en-cok-kirleten-15-ulke-oldu-35196h.htm> (erişim tarihi:25.03.2020).

Enerji istatistikleri el kitabı, (2004). Enerji istatistikleri, <http://docplayer.biz.tr/5425456-International-energy-agency-enerji-istatistikleri-el-kitabi.html> (erişim tarihi:24.12.2019).

Enerji Portalı, (2020). Enerji Terimleri, <https://www.enerjiportali.com/category/enerji-rehberi/enerji-sozlugu/> (erişim tarihi: 12.05.2020).

Erdoğan, N. (2017). TANAP Projesinin Türkiye ve Azerbaycan Enerji Politikalarındaki Yeri ve Önemi. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10(3), 10-26.

Erdoğan, Selahattin (2016). Arz Güvenliği Bakışı İle Türkiye’de Enerji Politikaları. Ankara: Orion Kitabevi.

Ergün, S.ve Polat, M.A. (2013). Nükleer Enerji ve Türkiye’ye Yansımaları. İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, Vol. 1(2), 34-58.

Erdogdu, E. (2008). An expose of bioenergy and its potential and utilization in Turkey. *Energy Policy*, 36(6), 2182-2190.

Ertuğrul, H. M. (2013). Türkiye’de enerji tüketimi GSYH ilişkisi: dinamik bir analiz. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13(25), 249-266.

Everett, R., Boyle, G., Peake, S., & Ramage, J. (2012). *Energy systems and sustainability: power for a sustainable future*. Oxford Univerity Press.

Gezer, Emrah Hüseyin, (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Global Wind Energy Council, 2019: syf.25-28

Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ., & Evcimen, T. U. (2012). Türkiye’de hidroelektrik enerji ve HES uygulamalarına genel bakış. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 471(57), 2012-1.

Gupta, H. K., & Roy, S. (2006). *Geothermal energy: an alternative resource for the 21st century*. Elsevier.

Gülay, A. N. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa Birliği ile karşılaştırılması* (Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü).

Gümüş, Ö., & Altan, Y. (1995). Petrolün Tarihçesi ve Türkiye’de Açılan Petrol Kuyuları. *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü*.

Gürsoy, U. Ekim. 2004. Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Ankara. s:35-132.

Graw, Kai-Uwe 2008: “Wave-Motion Power Plants Energy Reserves from The Ocean”, Renewable Energy Sustainable Energy Concepts for the Future, , eds. Roland Wengenmayr and Thomas Bührke, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, , pp.76-82.

GWEC, (2019). Küresel Rüzgar Enerjisi Raporları, (2019) <https://gwec.net/global-wind-report-2019/> (erişim tarihi:13.03.2020).

Hewitt, G. F., & Collier, J. G. (2000). *Introduction to nuclear power*. CRC Press.

İraz, R., Altınışık, İ. ve Peker, H.S. (2010). Güneş Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler ve Türkiye'deki Durum. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, Vol. 13(1), 69-78.

IEA, 2019, Uluslararası Enerji Ajansı, Nükleer enerji verileri, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/nuclear> (erişim tarihi:02.05.2020).

International Hydropower Association, 2020. Hidro güç kapasiteleri, <https://www.hydropower.org/> (erişim tarihi:08.12.2019).

ISPAT (The Republic of Turkey Prime Ministry Investment Support and Promotion Agency) (2015). Türkiye’de yenilenebilir enerji. <https://www.invest.gov.tr/en/sectors/pages/energy.aspx> (erişim tarihi: 04.06.2020).

James, C. (2007). *Global status of commercialized biotech/GM crops, 2007* (Vol. 37). Ithaca^ eNY NY: ISAAA.

Jun, E., Kim, W., & Chang, S. H. (2009). The analysis of security cost for different energy sources. *Applied Energy*, 86(10), 1894-1901.

Kapluhan, E. (2015). Nükleer Enerjide Yeni Yaklaşımlar: Toryum ve Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, Vol. 30, 29-47.

Karaca A., (2019), 2000 Sonrası Türkiye’nin Enerji Bağımlılığı ve Dış Ticaretin Ekonomik Analizi, Marmara Üniversitesi.

Kaştan, Y. (2016). Osmanlı İmparatorluğunda Kömür Ocaklarının İşletilmesi (1839-1918). *Osmanlı Medeniyeti Araştırmaları Dergisi*, Vol. 2(2), 1-26.

Kaya, H., & Öztürk, E. (2014, April). Performance of distributed turbo coded system with selected best relay. In *2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 678-681). IEEE.

Kaya, İ.S. (2012). Nükleer Enerji Dünyasında Çevre ve İnsan. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Vol. 24(24), 71-90.

Khan, B. H. (2006). *Non-conventional energy resources*. Tata McGraw-Hill Education.

Kılıç, F.Ç., Kılıç, M.K. (2013). Jeotermal Enerji ve Türkiye. *Mühendis ve Makina*, Vol. 54(639), 45-56.

Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.

Korkmaz, Ö., & Develi, A. (2012). Türkiye’de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi Ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (Gsyih) Arasındaki İlişki. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(2).

Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 401-403.

Kurtuldu, E. (2019). *Türkiye ekonomisinde enerji bağımlılığı ve etkisi* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Kulaksızoğlu, Z. (2006). Isı Yalıtım Sektör Araştırması. *İstatistik Şubesi*.

Küsbeci, B. (2011). Türkiye Ekonomisinin Enerji Bağımlılığı. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Aydın.

Le Gourières, D., & le Gourières, D. (1982). *Énergie éolienne: Théorie, conception et calcul pratique des installations*. Eyrolles.

Maden Tetkik Arama (2020). Jeotermal Enerji araştırmaları, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari> (erişim tarihi:25.04.2020).

Makine Mühendisleri Odası, 2019. Türkiye'nin enerji görünümü raporu. <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyenin-enerji-gorunumu-raporu> (erişim tarihi: 09.05.2020)

Merritt, R. D. (1986). *Coal exploration, mine planning, and development* (p. 464). Noyes Publications.

Narin, M., & Gholizadeh, Y. Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikalarının Karşılaştırılması Comparing the European Union and Turkey's Renewable Energy Policies.

Obitet, 2011. Gazi Üniversitesi Otomotiv Bilim ve Teknoloji Topluluğu. İnternet Sitesi. <http://topluluklar.gazi.edu.tr/posts/view/title/teknoloji-fakultesi-otomotiv-bilim-ve-teknoloji-toplulugu-%28obitet%29-189008?siteUri=topluluklar> (erişim tarihi: 14.03.2020)

Oral, M. (2017). Enerji coğrafyası perspektifinde Türkiye'nin enerji politikaları. *Karabük: Karabük Üniversitesi Sbe Yayınlanmamış Doktora Tezi*.

Özalp, Mustafa (2018). Küresel Enerji Denkleminde Merkez Ülke: Türkiye. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Öztürk, Hasan Hüseyin (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. İstanbul: Birsan Yayınevi.

Öztürk, İ., & Çelik, A. (2006). Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kullanım Durumu ve Geleceğe Yönelik Beklentiler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 267-274.

Savrul, Burcu. (2016). Enerji Ekonomisi: Türkiye'nin Enerji Sektörü ve Alternatif Enerji Kaynakları. Çanakkale: Dora Yayınevi.

Speight, J. G. (2007). *Natural gas: a basic handbook*: Gulf Pub.

Statista (2020). Küresel Biyoenerji Kapasiteleri, <https://www.statista.com/statistics/476416/global-capacity-of-bioenergy-in-selected-countries/> (erişim tarihi:05.05.2020).

Sungur, B., Özdoğan, M., Topaloğlu, B., & NAMLI, L. (2017). Küresel Enerji Tüketimi Bağlamında Mikro Kojenerasyon Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 58(686), 1-20.

Suppes, G. J., & Storvick, T. (2006). *Sustainable nuclear power*. Elsevier.

Şener, A, C. ve Aksoy N., (2007), "Jeotermal Güç Ekonomisi: Genel Bakış" Jeotermal

Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, Ekim 2007, TMMOB, İzmir, Seminer Kitabı, ss.341-348, İzmir.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2020). Petrol Ürünleri, DPT-https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/6-PetrolUrunleri_OIK353.pdf (erişim:12.02.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye elektrik enerjisi, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> (erişim tarihi:21.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye’de petrol, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> (erişim tarihi:21.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye’de hidrolik enerji, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> (erişim tarihi:21.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye’de jeotermal enerji, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> (erişim tarihi:26.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye nükleer enerji, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> (erişim tarihi:20.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye rüzgar enerjisi, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> (erişim tarihi:11.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye güneş enerjisi, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> (erişim tarihi:30.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye doğalgaz, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz> (erişim tarihi:01.03.2020).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye biyoenerji, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> (erişim tarihi:30.02.2020).

Tamzok N., (2019) Dünyada ve Türkiye’de Kömür, MMO Oda Raporları, Türkiye’de Enerji Görünümü

Taşdemir, Ş. (2014). Enerji Kaynaklarında Dışa Bağımlılık Sorununun Makro Ekonomik Etkileri.

Temurçin, K., & Aliagaoglu, A. (2003). Nükleer Enerji Ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği. Coğrafi Bilimler Dergisi, 1(2), 25-39.

Telatar, O. M., & Terzi, H. (2009). Türkiye’de ekonomik büyüme ve cari işlemler dengesi ilişkisi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2), 119-134.

The Geothermal Exchange Organization (GEO), Jeotermal Enerji <https://www.geoexchange.org/geothermal-101/> (erişim tarihi:12.04.2020).

Tmmob Oda Raporu, (2019), Türkiye’nin Enerji Görünümü-2018, Yayın No: MMO/691.

Torunoğlu Gedik, Ö. (2015). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Çevresel Etkileri* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018 Yılı Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94-1007/dogal-gazyillik-sektor-raporu>. (erişim tarihi: 03.04.2020).

Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı (2020). <https://www.tanap.com/tanap-projesi/tanap-nedir/> (erişim:12.06.2020).

Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018 Yılı Petrol Piyasası Sektör Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> (erişim tarihi: 03.04.2020).

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (2019). Türkiye elektrik üretim istatistikleri, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> (Erişim Tarihi:02.02.2020).

Türkiye İstatistik Kurumu, 2019 Türkiye Enerji istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/> (erişim tarihi: 26.03.2020).

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. (2018). Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu. <https://www.tpao.gov.tr/file/2003/sector-raporlari-2018-2735e5d18395d1ba.pdf> (erişim tarihi:27.03.2020).

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. (2017). Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. <https://www.tpao.gov.tr/file/2003/sector-raporlari-2017-2725e5d182fd81c3.pdf> (erişim tarihi:24.03.2020).

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. (2016). Yıllık rapor, <https://www.tpao.gov.tr/file/2003/yillik-raporlar-2016-2765e5d18ad09ce8.pdf> (erişim tarihi:08.12.2019).

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, (2020). Ocak 2020 Rüzgar Enerjisi Raporu, <https://tureb.com.tr/yayinlar/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporlari/5> (erişim tarihi:12.04.2020).

Türkiye Taş Kömürü Kurumu,(2019). Aralık 2019 Sektör Raporu [http://www.tki.gov.tr/depo/2019%20K%C3%96M%C3%96R%20SEKT%C3%96R%20RAPORU%20\(1\).pdf](http://www.tki.gov.tr/depo/2019%20K%C3%96M%C3%96R%20SEKT%C3%96R%20RAPORU%20(1).pdf) (erişim tarihi:15.04.2020).

Türkiye Taş Kömürü Kurumu (2020). Mayıs 2020 Sektör Raporu <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2020/05/2019sektorraporu.pdf> (erişim tarihi: 02.07.2020).

Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ), (2003). Kömür Sektör Raporu. http://www.tki.gov.tr/depo/2017/2003_faaliyet_raporu.pdf (erişim tarihi:12.04.2020).

Ugetam Genel Müdürlüğü, Genel Doğal Gaz, 3. Baskı, Ugetam Yayınları, İstanbul, 2016. <https://ugetam.istanbul/wp-content/uploads/2020/12/Genel-Dogalgaz.pdf> (erişim tarihi: 29.03.2020).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı, (2020) Güneş enerjisi verileri <https://www.irena.org/solar> (erişim tarihi:21.04.2020).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı, (2020) Rüzgar enerjisi verileri <https://www.irena.org/wind> (erişim tarihi:23.04.2020).

Ün, Ü. T. (2003). Dalga Enerjisi (Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu). *II. Yenilenebilir Enerji Sempozyumu*.

Ünsal, H. 2010. Türkiye’de Enerji Sektörüne Kamusal Müdahaleler. Ankara. s:1-17.

Varınca, K. B ve Varank, G, (2005), Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Verfondern, K. (2008). Safety considerations on liquid hydrogen (Vol. 10). Forschungszentrum, Zentralbibliothek.

Yalkı, Toplam Enerji Arzı İçerisinde Yenilenebilir Enerjinin Payı ve OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama, Doktora Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2014.

Yanar, R., & Kerimoğlu, G. (2011). Energy Consumption, Economic Growth and Current Account Deficit Relations in Turkey. *Journal of Economic Sciences*, 3(2), 191-201.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Eylül. 2017. Rüzgar Enerjisi Ana Sayfası. s:1. <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar.aspx> (erişim tarihi:09.02.2020).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası GEPA, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> (erişim tarihi: 07.04.2020)

Yıldız T. (2017), Türkiye’nin Enerji Bağımlılığı, Mustafa Kemal Üniversitesi.

Yu, E. S., & Choi, J. Y. (1985). The causal relationship between energy and GNP: an international comparison. *The Journal of Energy and Development*, 249-272.

Quaschnig, Volker: Renewable Energy and Climate Change, IEEE Press, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2010.

World Energy Council, (2016). Dünya Enerji Konseyi, Hidroenerji raporu https://www.we-energies.com/home/power_plants.htm erişim tarihi (06.05.2020).

