



T.C.
NEVŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENERJİ GÜVENLİĞİ SORUNU: TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİNİN
BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ (1990-2018)

Yüksek Lisans Tezi

Bilal KARAASLAN

Danışman

Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK

Nevşehir
Aralık 2019

T.C.
NEVŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENERJİ GÜVENLİĞİ SORUNU: TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİNİN
BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ (1990-2018)

Yüksek Lisans Tezi

Bilal KARAASLAN

Danışman
Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK

Nevşehir
Aralık 2019

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Bilal KARAASLAN




Tez Yazım Kılavuzuna Uygunluk

“Enerji Güvenliği Sorunu: Türkiye’de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi (1990-2018)” adlı İktisat Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı Bitirme Tezi Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Lisansüstü tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Bilal KARAASLAN



Tez Danışmanı

Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK



İktisat ABD Başkanı

Doç. Dr. Serap ÇOBAN

Kabul ve Onay Sayfası

Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK danışmanlığında Bilal KARAASLAN tarafından hazırlanan "Enerji Güvenliği Sorunu: Türkiye'de Enerji Tüketiminin Büyüme Üzerindeki Etkisi (1990-2018)" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalında Tezli Yüksek Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir

..30...../12 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK

Üye

Doç. Dr. Aslıhan Nettekci

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ebru TOPRAK

ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 31.07.2020 tarih ve 2020.07.145 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Teşekkür

Bu bitirme tezinin hazırlanmasında, benden yardımlarını esirgemeyen Buket ALTINÖZ'e, katkılarıyla çalışmanın tamamlanmasında yanımda olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK'e ve tezin her aşamasında bana destek olan kıymetli aileme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bilal KARAASLAN

İmza

ENERJİ GÜVENLİĞİ SORUNU: TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİNİN BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ (1990-2018)

Bilal KARAASLAN

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans, 2019

Danışman: Prof. Dr. Serdar ÖZTÜRK

ÖZET

Enerji, dünyada kıt bir kaynak olduğu için rasyonel kullanılması gereken bir kaynaktır. Ülkelerin kalkınma, refah ve gelişmelerini sağlamada birincil derecede önemli olan enerji, son dönemde uluslararası sistemde de en stratejik araçlardan biri haline gelmiştir. Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki bağı anlamak, enerji politikalarının anahtarıdır denilebilir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ilişkili olduğu kabul edilmektedir, ancak bu ilişkinin yönü her zaman açık değildir. Bu çalışmada hem teorik çerçevede ve grafiksel karşılaştırmalı analiz yöntemiyle hem de ekonometrik olarak eşbütünleşme analiziyle Türkiye’de enerji tüketimi ile büyüme arasında bir ilişkinin olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kavramı, Enerji Türleri, Enerji Güvenliği, Ekonomik Büyüme

**ENERGY SECURITY ISSUE: IMPACT ON GROWTH OF ENERGY
CONSUMPTION IN TURKEY (1990-2018)**

Bilal KARAASLAN

Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Institute of Social Sciences

Economics M.B.A, 2019

Supervisor: Professor Dr. Serdar ÖZTÜRK

ABSTRACT

Since energy is a scarce resource in the world, it is a resource that should be used rationally. Energy, which is of primary importance in ensuring the development, prosperity and development of countries, has recently become one of the most strategic tools in the international system. Understanding the link between economic growth and energy consumption is key to energy policies. Energy consumption and economic growth are considered to be related, but the direction of this relationship is not always clear. This study aimed to investigate whether both a theoretical framework and comparative analysis graphically a possible relationship between the growth of the energy consumption in Turkey cointegration econometric analysis.

Keywords: Concept of Energy, Types of Energy, Energy Security, Economic Growth

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
TEZ YAZIM KLAVUZUNA UYGUNLUK	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİNİN TARİHSEL SÜREÇTEKİ GELİŞİMİ

1.1. Enerji Kavramı ve Enerjinin Tarihsel Süreçteki Gelişimi	3
1.2. Enerjinin Biçimleri	5
1.2.1. Potansiyel Enerji	5
1.2.2. Kinetik Enerji	6
1.3. Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması	8
1.3.1. Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları	8
1.3.2. Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	10
1.3.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	11
1.3.2.1.1. Biyokütle Enerjisi	11
1.3.2.1.2. Güneş Enerjisi	14
1.3.2.1.3. Rüzgâr Enerjisi	16
1.3.2.1.4. Jeotermal Enerji	20
1.3.2.1.5. Hidroelektrik Enerjisi (Ya da Hidroenerji)	22
1.3.2.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	26
1.3.2.2.1. Petrol	27
1.3.2.2.2. Doğal Gaz	32

1.3.2.2.3. Kömür	37
1.3.2.2.4. Nükleer Enerji	41

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ-EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ VE TÜRKİYE'DE ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI

2.1. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi.....	46
2.1.1. Ekonomik Büyüme ve Kalkınma Kavramı.....	46
2.1.2. Ekonomik Büyüme Teorileri.....	47
2.1.3. Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi.....	49
2.2. Türkiye'de Enerji Sektörünün Genel Yapısı.....	51
2.2.1. Türkiye'de Enerji Sektörü.....	51
2.2.2. Türkiye'de Enerji Kaynakları.....	53
2.2.2.1 Türkiye'de Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	53
2.2.2.1.1. Kömür.....	54
2.2.2.1.2. Petrol.....	58
2.2.2.1.3. Doğal Gaz.....	62
2.2.2.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	65
2.2.2.2.1. Hidrolik Enerji.....	67
2.2.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi	68
2.2.2.2.3. Jeotermal Enerji	71
2.2.2.2.4. Güneş Enerjisi	72
2.2.2.2.5. Biyokütle Enerjisi	75

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

3.1.Türkiye'de Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	77
3.2. Literatür Taraması	79
3.3. Model ve Veri Seti	83
3.3.1. Metodoloji	84
3.3.2. Bulgular	84
SONUÇ	87
KAYNAKÇA	90
ÖZ GEÇMİŞ	106

KISALTMALAR VE SİMGELER

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AEC: Atom Enerji Komisyonu

EIA: Enerji Bilgi Yönetimi

GSYH: Gayri Safi Milli Hâsıla

KE: Kinetik Enerji

LNG: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz

M.Ö: Milattan Önce

M.S: Milattan Sonra

EPDK: T. C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

RES: Rüzgâr Enerji Santrali

ŞEKİLLER LİSTESİ

Grafik 1: Dünyada Birincil Enerji Üretimi ve Tüketimi (1950-2018)	9
Grafik 2: Biyokütlenin Toplam Birincil Enerji Arzı	13
Grafik 3: 2016 Yılında Biyokütlenin Toplam Birincil Enerji Arzı	13
Grafik 4: Dünyada Toplam Kurulu Güneş Enerjisi Gücü: 2008-2018	15
Grafik 5: Toplam Kurulu Güneş Enerjisi Gücü: 2008-2018	16
Grafik 6: Dünyada Toplam Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi: 2008-2018	18
Grafik 7: Toplam Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi: 2008-2018	19
Grafik 8: Dünyada Toplam Kurulu Jeotermal Güç Kapasitesi	21
Grafik 9: Toplam Kurulu Jeotermal Güç Kapasitesi	22
Grafik 10: Hidroelektrik Kaynaklardan Elektrik Üretimi (Toplam enerji üretimini %'si olarak)	24
Grafik 11: Dünyada Bölgelere Göre Hidroelektrik Tüketimi	25
Grafik 12: Dünyada Toplam Hidroelektrik Tüketimi	26
Grafik 13: Dünya Petrol Üretimi (2008-2018)	31
Grafik 14: Dünyada En Yüksek İspatlanmış Doğal Gaz Rezervine Sahip 5 Ülke (2018)	35
Grafik 15: Dünyada İspatlanmış Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (2018)	35
Grafik 16: Dünyada Doğal Gaz Üretimini Bölgesel Dağılımı (2008-2018)	36
Grafik 17: 2018 Yılı Sonu İtibariyle Toplam İspatlanmış Rezervler: Bölgesel Olarak	40
Grafik 18: Dünya Kömür Üretimi: Bölgesel Olarak	40
Grafik 19: Dünyada Bölgesel Olarak Nükleer Enerji Tüketimi (2008-2018)	44
Grafik 20: Ülkelere göre Haziran 2019 itibariyle İşletilebilir Nükleer Reaktör Sayısı	45
Grafik 21: Türkiye’de 2017 Yılında Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Dağılımı	57
Grafik 22: 2008-2017 Yılları Arası Türkiye’de Petrol Üretimi (v/g).....	61
Grafik 23: Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü	66
Grafik 24: Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum (2008-2019)	70

Grafik 25: Kümülatif Kurulu Jeotermal Güç Kapasitesi 2007-2018 (Megawatts)...	72
Grafik 26: Kümülatif Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi 2008-2018 (Megawatts) ..	74
Grafik 27: Türkiye’de 2008-2018 Yıllar Arasında Birincil Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme	78



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: 2007-2018 Yılları Arasında Doğal Gaz Üretim Miktarları (Sm ³)	63
Tablo 2: 2007-2018 Yılları Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Sm ³)	64
Tablo 3: ADF Birim Kök Testi Sonuçları	85
Tablo 4: Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları	85
Tablo 5: FMOLS ve DOLS Sonuçları	86



GİRİŞ

Enerji, dünyada kıt bir kaynak olduğu için rasyonel kullanılması gereken bir kaynaktır. Nüfus artışı, kentsel gelişim ve sanayileşme ile birlikte dünyada enerji tüketiminin de gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Ülkelerin kalkınma, refah ve gelişmelerini sağlamada birincil derecede önemli olan enerji, son dönemde uluslararası sistemde de en stratejik araçlardan biri haline gelmiştir. Yüzyıllardan beri ülkeler arası ekonomik ve siyasi ilişkilerin arka planında enerji konusu yatmaktadır. Ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarını ve toplumsal refahını sağlayabilmesi için artan enerji talebini karşılamaları öncelikli hedeflerden birisi haline gelmiştir.

Enerji, madde ve maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneğidir. Bu da madde ve cisimlerin yapısında değişim yaratma imkânı sağlar. Enerji insan emeği olabileceği gibi başka kaynaklarda olabilir. Enerjiyi üretmek ve kullanmak, enerjiyi bir formdan diğerine dönüştürmek anlamına gelir. Enerji, günlük yaşamın her anında insanoğlunun ihtiyaç duyduğu en önemli gereksinim kaynağıdır. Yeterli düzeyde ve çevresel değerleri tehdit etmeyen enerji sağlama ve kullanma hedefi son yıllarda devletlerin en temel sorunu olarak üzerinde durulan konulardan birisidir.

İnsanlık 1970'ler boyunca zorlu ve açık bir enerji kriziyle yüz yüze kalmıştır. O tarihten beri problem küçülmüş gibi gözükse de arkasındaki teknik ve politik sorunların ortadan kalkmadığı söylenebilir. Özellikle 1973 yılında ortaya çıkan petrol krizi bir güvensiz ortamının oluşmasına zemin hazırlamıştır denilebilir. Dolayısıyla 70'li yıllardan sonra 'enerji güvenliği' ve 'enerji çeşitlendirilmesi' kavramlarının enerji politikalarının üzerinde durulması gereken temel konular haline geldiği görülmektedir.

Ekonomik büyüme bir ekonomide iki dönem arasında mal ve hizmet üretme kapasitesinin reel olarak artması şeklinde tanımlanabilir. Büyüme kavramı nicel bir büyüklüktür ve ekonomide mutlaka yapısal değişimi gerektirmez. Ekonomik büyüme hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından oldukça önemli bir konudur. Ekonomik kalkınma kavramı ise ekonomik büyümeyi de kapsayan daha geniş bir

kavramdır. Toplumdaki iktisadi yapının dönüşümünün sağlanmasının yanında sosyal, kültürel ve siyasal yapılarının da değiştirilmesini ve geliştirilmesini ifade etmektedir. Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki bağı anlamak, enerji politikalarının anahtarıdır denilebilir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ilişkili olduğu kabul edilmektedir, ancak bu ilişkinin yönü her zaman açık değildir.

Bu bağlamda çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Enerji Kaynakları ve Enerjinin Tarihsel Süreçteki Gelişimi, İkinci bölümde Enerji Tüketimi-Ekonomik Büyüme İlişkisi ve Türkiye'de Enerji Sektörünün Genel Yapısı incelenmiştir. Üçüncü ve son bölümde ise Türkiye'de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkileri başlığı altında hem teorik çerçevede ve grafiksel karşılaştırmalı analiz yöntemiyle hem de eşbütünleşme analiziyle Türkiye'de enerji tüketimi ile büyüme arasında bir ilişkinin olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİNİN TARİHSEL SÜREÇTEKİ GELİŞİMİ

1.1. Enerji Kavramı ve Enerjinin Tarihsel Süreçteki Gelişimi

Enerji tüm yaşam döngülerinde yer alır. Toplumsal ve ekonomik yapıdaki gelişmişliğin temel bir göstergesi ve insanoğlunun vazgeçilmez bir ihtiyacı olarak yaşamın her alanında karşımıza çıkmaktadır. Enerji yaşam kalitesinin artırılmasında en önemli etken olmasının yanı sıra teknolojik üretim ve gelişim de için önem arz etmektedir (Çanka Kılıç, 2011: 95).

Enerji kelimesi Yunanca kökenli bir sözcük olup “en”, “iç”, “ergon”, “iş” kelimelerinden oluşmaktadır. Dolayısıyla enerji, içeride oluşan bir “iç iş”tir. Sözcük daha sonraları sosyal bir nitelik kazanmış, iş üretme becerisi, dinamizm, kuvvet, kudret, etkinlikle eş anlamda kullanılmaya başlanmıştır (Erkan, 2014: 88). Diğer bir ifadeye göre enerji, madde ve maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneğidir. İş yapabilme yeteneği madde ve cisimlerde değişim yaratma imkânı sağlar (Sweeney,2000). Geçmişten günümüze bütün üretim faaliyetlerinde belli bir enerji kaynağının kullanılması zorunludur ve bu enerji insan emeği olabileceği gibi, başka kaynaklarda olabilmektedir. Enerjiyi üretmek ve kullanmak, enerjiyi bir formdan diğerine dönüştürmek anlamına gelir.

Enerjinin korunumunun iki termodinamik kanuna dayandığı söylenebilir. Bunlardan ilki enerjinin yoktan var vardan da yok edilememesidir. Enerji sadece biçim değiştirebilir. İkincisi ise enerjinin kalitesi ile ilgili yani dönüşüm sürecinde düşük kaliteli enerjinin ortaya çıkmasıdır. Enerji biçim değiştirebilir. Ancak evrendeki enerji miktarı değişmez aynı kalır (Aydın, 2014: 21-22). Einstein, madde ve enerjinin birbirinin yerine geçebileceğini ve bu ilişkinin $E = mc^2$ olarak ifade edilebileceğini belirtmiştir. Burada E, maddenin toplam enerjisidir.

Bilimsel araştırmalar, enerjinin yaklaşık 13 milyar yıl önce büyük patlama ile başladığını ve bunun sonucunda evrenin bir balon gibi şiştiğini göstermektedir.

Gerek doğrudan gerekse dolaylı olarak kullanılabilen temel enerji kaynağı olan güneş 5.5 milyar yıl önce oluşmuş daha sonra ise çekirdeği demir olan yerküre meydana gelmiştir. 1 milyar yıl sonra yerkürenin kabuğu katılaştıkça içi sıvı olarak kalmış ve buda jeotermal enerjinin kaynağını oluşturmuştur. Petrolün 500 milyon yıl önce prekambriyen döneminde okyanuslarda yaşamın oluşmaya başlamasıyla oluştuğu kabul edilmektedir. Devoniyen dönemine kadar deniz canlılarının petrolün oluşmasına neden olduğu tahmin edilmektedir. Organizmalar oksijensiz ortamda birikerek oluşturdukları tortudan kerojenin oluşması için gerekli bakteriyel ortamı hazırlamışlar, nihayetinde basınç ve sıcaklık petrolü ve doğal gazı oluşturmuştur. Petrol yaklaşık olarak 60-120 santigrat derecede doğal gaz ise 120-255 santigrat derece sıcaklık altında meydana gelmektedir. Kömür, Devoniyen dönemi başında bataklık bölgelerde yüksek bitkilerden oluşmuş ve genellikle turba olarak başlamıştır. Artan sıcaklık ve basınç ile birlikte turba linyite daha sonra taş kömürüne ve en sonunda antrasite dönüşmüştür (Aydın, 2014: 31-36).

İnsanoğlu ortaya çıktığı zaman hidrokarbon oluşumu ve birikmiş olan enerji zenginlikleriyle ilgili herhangi bir bilgiye sahip değildir. M.Ö. 3000 yılında Çinliler elektrik üretmeyi sağlayan kuvveti yani manyetizmayı keşfetmişlerdir. Aynı dönemde Ortadoğu’da yelken ve ilkel su çarklarını itmek için rüzgâr kullanıldığı bilinmektedir. Daha sonraki süreçte kalay ve bakır ısıtılarak bronz, M.Ö. 1200 yılı civarında kömür ve oksijen ile demir cevheri ısıtılarak demirin arındırılması keşfedilmiştir. İnsanlar tarafından kullanılan ilk ham petrol topraktaki sızıntılar sonucu oluşan havuzlarda bulunmuştur. Petrol Antik Mısırda mumyaları korumak, araba tekerleklerini yağlamak, 5000 yıl önce Asur ve Babil’de kum ve asfaltı karıştırarak yapı taşları, yol ve baraj yapımında kullanılmıştır. M.Ö. 3000 yılında ise Antik Çin’de kılıç ve zırhı cilalamak, aşçı pişirme tavaları için kullanılmıştır. Petrol yeryüzünde bulunamayınca Çinliler kuyu sondajları açarak çıkan petrolü yeryüzüne bambudan yapılan borularla taşımaya başlamışlardır. Yine Rumlar tarafından petrolün denize dökülüp yakılarak düşman gemilerinin yaklaşmasını engelledikleri bilinmektedir. Daha sonra Mayalar petrolden merhem yapmışlar ve dini ayinlerinde yakmak için kullanmışlardır. Doğal gazında kökeni çok eskiye dayanmakla birlikte kullanımı petrol kadar yaygın ve sürekli değildir. Azerbaycan, Azeri Dilinde “ateş ülkesi” anlamına gelmektedir. Doğal gazdan kaynaklanan Bakü’deki yangınlar halk

için dini bir öneme sahiptir. Çin, gene doğal gazı da kuyulardan bambu borularla taşıyarak aydınlatma, pişirme ve ısıtma amaçlı kullanmıştır. Batıda kullanılan ilk gaz ise kömürden elde edilmiş (havagazı) ve 1800'lerin başında ilk İngiliz fabrikasında aydınlatma amacıyla kullanılmıştır. Ortadoğu'da M.Ö. 800 yıllarında ilk yel değirmenleri tahıl öğütmek amacıyla inşa edilmiştir. Günümüzden yaklaşık 1000 yıl önce Çinlilerin kömürü yaktıkları bilinmektedir. Avrupa'da ise kömür Hollanda tarafından keşfedilmiş ve İngiltere'ye ihraç edilmiştir. 1700'lerin başında Thomas Newcomen tarafından madenlere su pompalamak için buhar makinesi geliştirilmiş bu da kömürün arzında büyük bir artışa neden olmuştur. 1765 yılında James Watt tarafından buhar motoruyla makinelerin çalıştırılması keşfedilmiştir. 1800'lerin başlarında kömür, buharlı lokomotif ve vapur ile ulaşımaya yeni bir boyut getirmiştir. Daha sonraki dönemde içten yanmalı motorların, otomobillerin ve uçakların bulunuşu petrol kullanımının artmasında önemli bir etki yaratmıştır (Aydın, 2014: 37-38).

1.2. Enerjinin Biçimleri

Enerji günümüzde farklı formlarda (Isı, Işık, Hareket ve Kimyasal Enerji) bulunabilir. Ancak temelde Potansiyel ve Kinetik Enerji olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir (<https://NEED.org>).

1.2.1. Potansiyel Enerji

Potansiyel Enerji, bir nesnenin başka bir nesneye göre konumundan dolayı sahip olduğu enerjidir. Depolanmış enerji olarak da tanımlanır. Örneğin gerilmiş bir yay Potansiyel Enerjiye sahiptir (<https://wwwchem.wisc.edu>). Potansiyel Enerji formülü, iki cisme etki eden kuvvete bağlıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$V(h) = mgh$$

Burada g, yerçekimi sabiti olarak kabul edilir ve değeri $9,8 \text{ m/s}^2$ olarak ifade edilir. m, cismin kilogram cinsinden kütesini ve h'de cismin dünyanın yüzeyinden metre cinsinden yüksekliğini temsil etmektedir (<https://www.toppr.com>).

Çeşitli Potansiyel Enerji biçimleri vardır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (EIA, 2018):

- Kimyasal Enerji
- Mekanik Enerji
- Nükleer Enerji
- Yerçekimi Enerjisi

Kimyasal Enerji, atom ve moleküllerin bağlarında depolanan enerjidir. Kimyasal tepkimeler sonucu elde edilir. Petrol, doğal gaz, biyokütle ve kömür kimyasal enerjiye örnek olarak verilebilir.

Mekanik Enerji, bir nesnenin hareketi veya konumu nedeniyle sahip olduğu enerjidir. Nesnelerin gerilmesi veya esnetilmesi sonucu depolanan enerjidir. Sıkıştırılmış yaylar ya da gerilmiş lastik bantlar depolanan mekanik enerjiye örnek olarak verilebilir.

Nükleer Enerji, bir atomun çekirdeğinde depolanan enerji kaynağıdır. Çekirdeklerin ayrıştırılması veya birleştirilmesi sonucu büyük bir miktarda enerji açığa çıkabilir.

Yerçekimi Enerjisi, bir nesnenin yüksekliğine bağlı olarak depolanan enerji miktarıdır. Nesne ne kadar yüksek ve ağır olursa o kadar fazla çekim enerjisi depolanır.

1.2.2 Kinetik Enerji

Kinetik Enerji, bir nesnenin hareketi nedeniyle sahip olduğu enerjidir. Eğer bir nesne hareketsizse Kinetik Enerjiye sahip değildir. Bir nesnenin Kinetik Enerjisi, biri nesnenin kütlesi diğeri de nesnenin hızı olmak üzere iki değişkene bağlıdır. Kinetik Enerji aşağıdaki gibi formülize edilebilir:

$$\text{Kinetik Enerji (KE)} = 1/2mv^2$$

Burada m, kütleyi ve v'de hızı simgelemektedir. Kinetik Enerji hem nesnenin kütlesi hem de hızının karesi ile doğru orantılıdır. Kinetik Enerji genellikle Joule (J) birimi ile ölçülür. $1 \text{ Joule} = 1 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2$ ye eşittir (<https://www.toppr.com>). Hızdaki küçük değişiklikler Kinetik Enerjide daha büyük değişikliklere neden olur. Örneğin bir otomobil diğerinden iki kat daha hızlı hareket ederse, dört kat daha fazla Kinetik Enerji içerecektir (Simmons). Kinetik Enerji, dalgaların, elektronların, atomların, moleküllerin, maddelerin ve nesnelerin hareketidir. Temel olarak enerji işlemi kimyasal bir reaksiyonla gerçekleşir. Temelde iki tür kimyasal reaksiyon söz konusudur. Bunlar; Ekzotermik ve Endotermik Reaksiyondur. Ekzotermik Reaksiyon, enerjiyi açığa çıkaran reaksiyondur. Endotermik Reaksiyon ise enerjiyi emen kimyasal reaksiyondur.

Kinetik Enerji formları aşağıdaki gibi sıralanabilir (EIA, 2018):

- Elektrik Enerjisi
- Radyan Enerji
- Hareket Enerjisi
- Termal ya da Isı Enerjisi
- Ses Enerjisi

Elektrik Enerjisi, hareket eden elektronların enerjisidir. Tüm madde atomlardan oluşur. Atomlar, Protonlar (pozitif yüklü olan), Nötronlar (nötr olan) ve Elektronlardan oluşan küçük parçacıklardan meydana gelir. Protonlar ve Nötronlar merkezde ya da atomun çekirdeğinde bulunur. Elektronlar ise dünyanın ayın etrafında döndüğü gibi çekirdeğin etrafında dönerler. Bu Elektronlar maddenin atomları arasında hareket ettiğinde bir elektrik akımı yaratılır (<https://www.theclaycenter.org>).

Radyan Enerji, dalgalar tarafından (ısı yayan) ya da çapraz dalgalarda hareket eden elektro manyetik enerji olarak tanımlanmaktadır. Işık, X-Işınları, Gama Işınları ve Radyo Dalgaları Radyan Enerji türleri olarak gösterilebilir. Güneş ışığı, dünyadaki yaşamı mümkün kılan yakıt ve sıcaklığı sağlayan Radyan Enerji türüdür (EIA, 2018). Kinetik Enerjinin en önemli formu Radyan Enerjidir. Radyan Enerji olmadan

dünyada yaşamın devam etmesi mümkün değildir. Yön, bir yüzeyden yayılan Radyan Enerjinin hesaplanmasında önemli bir değişkendir. Radyan Enerji tüm yönlere düzenli olarak yayılabildiği gibi yöne bağlı olarak da değişebilir (Aslan vd., 2004).

Hareket Enerjisi, nesnelerin hareket etmesi ile depolanan enerjidir. Cisimler ne kadar hızlı hareket ederse o kadar çok enerji depolanır. Bir nesne hareket ettikçe enerji depolar, yavaşladığında ise enerji serbest kalır. Rüzgâr, Hareket Enerjisine örnek verilebilir (EIA, 2018).

Termal Enerji (ya da Isı Enerjisi), bir madde içindeki atomların ve moleküllerin hareketinden kaynaklanan enerjidir. Bu parçacıklar hızlı hareket ettiğinde ısı artar. Başka bir ifade ile Termal Enerji bir sistemin içerdiği sıcaklıktan sorumlu enerjiyi ifade eder. Isı, Termal Enerjinin akışıdır. Kısaca Termal Enerji, ısının sisteme aktarılmasıyla ilgili enerjiyle ilgilenir (EIA, 2018; <https://www.theclaycenter.org>).

Ses Enerjisi, titreşim veya maddenin salınımı sonucu ortaya çıkan enerji formudur. Bir kuvvet bir nesnenin veya maddenin titremesine neden olduğu zaman ses üretilir. Enerji, maddeden bir dalga halinde aktarılır. Ses Enerjisi, diğer enerji türlerinden daha küçüktür (EIA, 2018).

1.3. Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması

Enerji kaynakları farklı kategoriler altında sınıflandırılabilir.

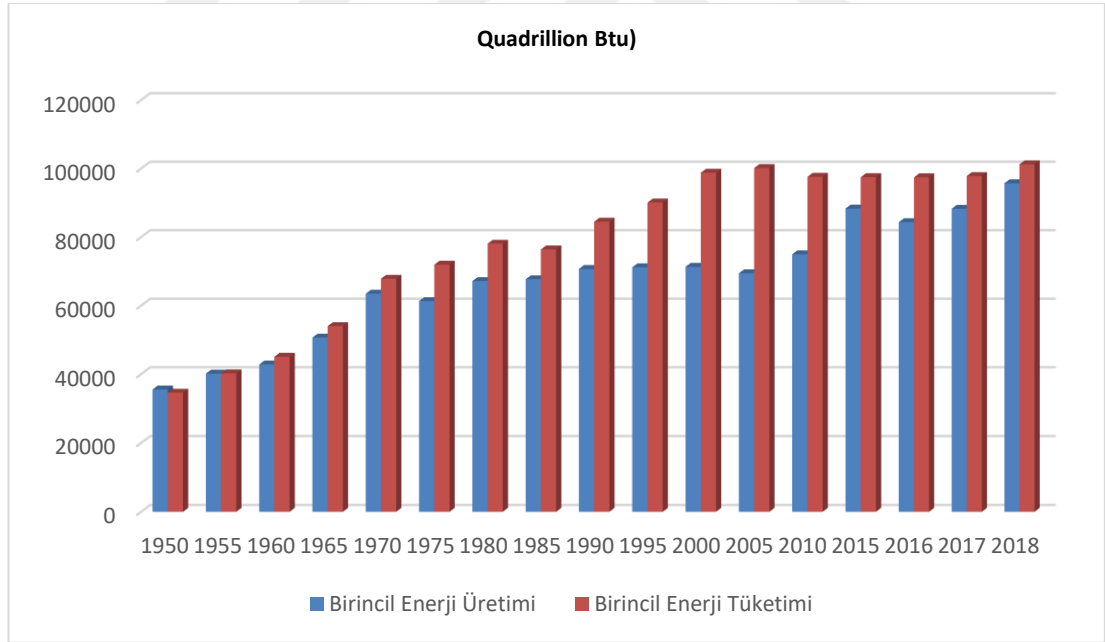
1.3.1. Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları

Birincil Enerji, kaynaklardan elde edilir ve net bir enerji kaynağı sağlayan girdiler olarak tanımlanabilir (<https://www.bieap.gov.in>). Temizleme ve ayrıştırma dışında herhangi bir çevrim ve dönüşüm geçirmeden doğal ortamda mevcut olan enerji kaynaklarıdır (Hulscher, 1991: 5-26). Başka bir ifade ile Birincil Enerji Kaynakları, elektrik veya petrol ürünleri gibi enerji taşıyıcılarına dönüştürüldükleri enerji sistemlerine temel girdilerdir. Aslında, tüm enerji taşıyıcıları İkincil (veya Üçüncül)

Enerji biçimleridir (Hitchin, Thomsen & Wittchen, 2010). Birincil Enerji Kaynakları aşağıdaki gibi sıralanabilir (<https://tr.wikipedia.org>):

- Biyokütle
- Fosil yakıtlar
- Jeotermal enerji
- Hidrolik enerji
- Nükleer enerji (Bazı nükleer yakıtlar -plütonyum gibi- kâinatta doğrudan bulunmaz, dolayısıyla bunlar ikincil enerji kaynağı olarak kabul edilirler.)
- Güneş enerjisi
- Gelgit enerjisi
- Dalga enerjisi
- Rüzgâr enerjisi

Grafik 1: Dünyada Birincil Enerji Üretimi ve Tüketimi (1950-2018)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Birincil enerji üretim ve tüketim değerleri grafik 1’de verilmiştir. 1950 yılında günümüze birincil enerjinin hem üretimi hem de tüketimi yaklaşık 3 kat artmıştır.

2018 yılında birincil enerji üretimi 95705 Quadrillion Btu iken birinci enerji tüketimi ise 101239 Quadrillion Btu olarak gerçekleşmiştir.

İkincil Enerji kaynaklarının en önemli ayırt edici özelliği dönüşüm sürecidir. Birincil Enerjinin dönüşüm veya çevrim işleminden geçirilmesi ile elde edilir. Enerji dönüşümü, bir enerji biçimini diğerlerine dönüştürme sürecidir. Yani, insan yapımı dönüşüme maruz kalan tüm enerji kaynakları İkincil Enerji olarak nitelendirilir. Nakil veya iletim için hazır olan enerjidir (Øvergaard, 2008).

1.3.2. Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları “Yenilenebilir Enerji ve Yenilenemez Enerji” olarak da sınıflandırılabilir. Bu ikisi arasındaki ayrım doğada bulunan mevcut rezervlerin yapısıyla ilgilidir. Yenilenemeyen enerji kaynakları genellikle petrol, kömür ve doğalgaz gibi doğada sınırlı miktarda bulunan birincil enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji ise doğada sınırsız miktarda bulunan ve çoğunlukla biyokütle tabanlı olan enerji kaynaklarıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlar gibi sınırlı bir rezerve sahip değildir ve küresel ısınmaya bir etkide bulunmazlar. Karbon kökenli olmadıklarından daha çevre dostu bir yapıya sahip oldukları söylenebilir. Ancak pek çok avantajlarına rağmen nispeten yüksek maliyeti oldukları da söylenebilir. Günümüzde artan enerji maliyetleri, zaman boyutunda yenilenebilir enerji kaynaklarını daha ekonomik ve dolayısıyla tercih edilebilir hale getirmektedir (Tutar ve Eren, 2011: 3-4).

Petrol ve kömür egemenliğine dayanan enerji çağı, 1973 yılında ortaya çıkan petrol krizi sonucunda bir güvensiz ortamın oluşmasına zemin hazırlamıştır. Dolayısıyla 70’li yıllardan sonra ‘enerji güvenliği’ ve ‘enerji çeşitlendirilmesi’ kavramlarının enerji politikalarının üzerinde durulması gereken temel konular haline geldiği görülmektedir (Çukurçayır ve Sağır, 2008:257-258).

1.3.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonunun çevresel sonuçları, yüksek ve dalgalı enerji fiyatları, fosil yakıt üretimini çevreleyen jeopolitik iklim ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili endişeler dünya enerji üretiminin ve tüketiminin önemli bileşenleri olarak gözükmemektedir. Yenilenebilir enerjinin gelecekte en hızlı büyüyen dünya enerji kaynağı olması ve elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payının 2035 yılında % 35 düzeyine yükselmesi öngörülmektedir (Apergis & Payne, 2012: 733-738).

Beş tane temel yenilenebilir enerji kaynağı vardır. Bunlar; Biyokütle Enerjisi, Güneş Enerjisi, Jeotermal Enerji, Rüzgâr Enerjisi ve Hidroelektrik Enerjisi (Gelgit dâhil) olarak sıralanabilir (EIA, 2019).

1.3.2.1.1. Biyokütle Enerjisi (Biyoenjerji)

Biyokütle, herhangi bir organik madde, yani biyolojik olarak yenilenebilir bir şekilde mevcut olan materyaldir. Ahşap ve tarımsal ürünler gibi hayvanlardan veya bitkilerden elde edilen hammaddeyi ve belediye ve endüstriyel kaynaklardan elde edilen organik atıkları içerir (IEA, 2018). Biyoenjerji kullanımı “geleneksel” ve “modern” olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Geleneksel kullanım, odun, hayvan atığı ve geleneksel kömür gibi formlardaki biyokütlenin yanmasını ifade eder. Modern biyoenjerji teknolojileri, bitkilerden üretilen sıvı biyo-yakıtları; biyo-rafinerileri, kalıntıların anaerobik sindirimi yoluyla üretilen biyogazı; odun ısıtma sistemlerini ve diğer teknolojileri içerir (IRENA, 2019).

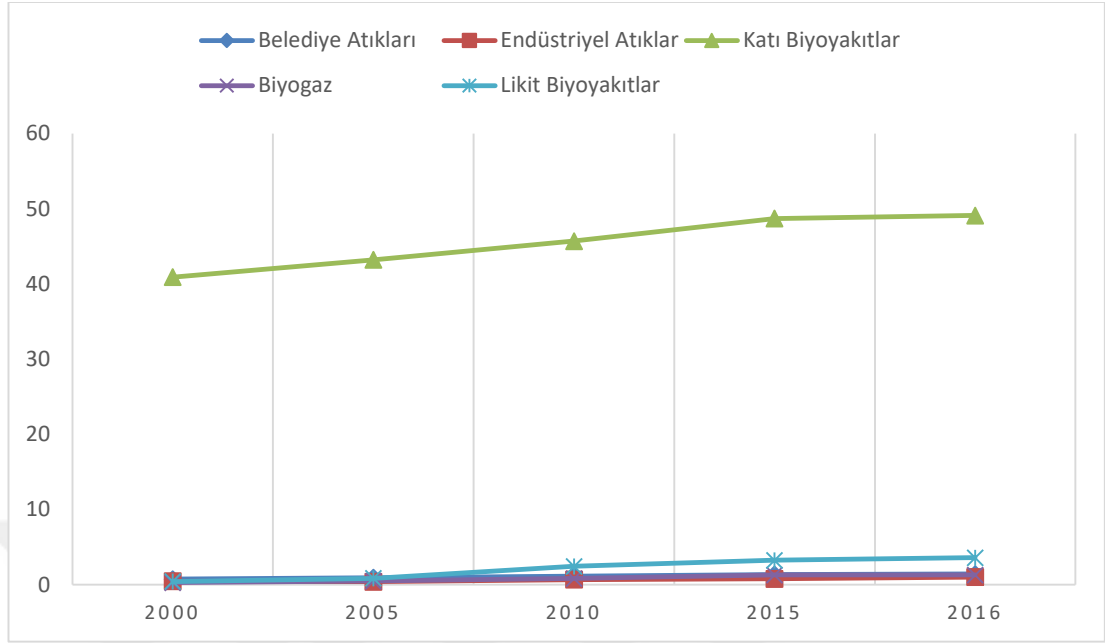
Güneş yeryüzündeki yaşamın temel kaynağıdır ve iki temel işlevi vardır. Bunlardan biri termodinamik ve ısı değeri değeri; foto biyolojiktir (fotosentez). Hayvansal ve bitkisel yaşamın biyokimyasal tepkimeleri için zorunlu ısı ve ışık koşullarını sağlayan tek etken olan güneş enerjisi organizmalar tarafından soğrulur ve vücutlarında depolanır. Güneşin can verdiği bitki türü canlılar ve diğer canlı türlerine yaşam verdikleri gibi, yanarak ısı vermeleri yoluyla taşıt çalıştırma, pişirme, ısınma ve elektrik üretme gibi amaçlarla enerji elde etmek üzere kullanılmaktadır. Böylece

bitkiler tarafından güneşten soğrulan enerjiden biokütle enerjisi yaratılmış olmaktadır. Biokütle, biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde kütlesidir (Ültanır & Acaroğlu, 2000: 161-171). Biokütle enerji kaynaklarının çok geniş ve çeşitli bir yapısı vardır. Orman ürünleri, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan atıkları ve kentsel atıkları içerir (<http://www.ucsusa.org>). Biokütle, enerji üretimi için katı yakıt ya da sıvı veya gaz haline dönüştürülmüş olarak kullanılabilir. Çeşitli biokütle dönüşüm süreçlerinin birleştirilmesi yoluyla tüm üretimler bir tesiste gerçekleştirilebilir ki buna da biorafineri adı verilir (<http://www.nrel.gov/biomass>).

Biokütle enerjisi pek çok çevresel yarar sağlar. Bunlardan ilki; karbondioksit emisyonunu fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında ciddi oranda azaltmasıdır (Dinger & Marland, 1996: 275–300). Bu ekolojik dengenin korunması ve iklimsel değişimlerin azaltılması anlamında pozitif bir etki de yaratacaktır (Cook & Beyea, 2000: 441-455). Bunun yanı sıra biokütle enerjisi su kirliliğini ve erozyonu azaltır, toprak kalitesini artırır ve vahşi hayatın doğal yapısının geliştirilmesine destek olur (Yamamoto, Fujino & Yamaji, 2001: 185-203).

Ancak biyokütle enerji arzının gelecekteki küresel potansiyeli hakkında karşımıza çeşitli sorunlar da çıkmaktadır. Biokütle yalnızca enerji üretimi için değil aynı zamanda yiyecek ve materyal olarak da kullanılır. Toprak, biyoenerji üretimindeki temel girdilerden birisi olduğu için yiyecek üretimi ile rekabet küresel biyoenerji potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir çerçevedir (Fischer & Schrattenholzer, 2001: 151-159). Biyoenerjiye olan talep arttıkça biyoenerji üretimi için gerekli toprak parçasına olan ihtiyaç da artacaktır. Oysa bunun için gerekli olan toprak miktarı sınırlıdır. Dolayısıyla, bu maliyetlerin zaman içerisinde gittikçe yükselmesine neden olacaktır (Yamamoto, Fujino & Yamaji, 1999: 101-113). Maliyetlerde meydana gelecek bu artışta bu enerji kaynağının ekonomik ve kullanılabilir olmasını engellemektedir.

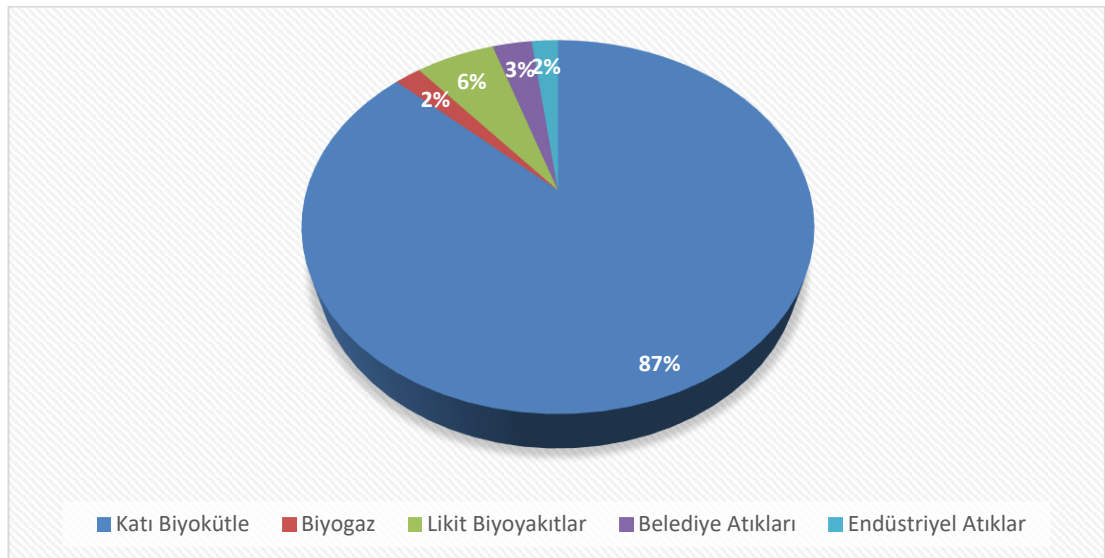
Grafik 2: Biyokütlenin Toplam Birincil Enerji Arzı



Kaynak: World Bioenergy Association, WBA Global Bioenergy Statistics 2018, 2019, <https://worldbioenergy.org>

Biyokütle enerji üretimi içerisinde en büyük pay katı biyoyakıtlara aittir (Grafik 2). Son yıllarda, elektrik ve ulaşım biyoyakıtlarına yönelik biyoenerji, özellikle sağlanan teşvikler sayesinde hızlı bir şekilde artmaktadır.

Grafik 3: 2016 Yılında Biyokütlenin Toplam Birincil Enerji Arzı



Kaynak: World Bioenergy Association, WBA Global Bioenergy Statistics 2018, 2019, <https://worldbioenergy.org>

2016 yılında biyokütlenin toplam birincil enerji arzı 56,5 EJ'dir. Arzın % 87'si katı biyokütle - odun yongaları, odun kabuğu, yakacak odun vs. şeklindedir. Arzın % 5'i hem belediye hem de endüstriyel atık olarak atık kaynaklarındandır. Biyoyakıt ve biyogaz payı % 6 ve % 2'dir (Grafik 3)(World Bioenergy Association, 2019).

1.3.2.1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, Dünyadaki en yaygın ve sınırsız enerji kaynağıdır. Tüm tarih boyunca insanoğlu pişirme ve ısınma gibi ihtiyaçlarını karşılamak için güneşten gelen bu enerji kaynağına bağımlı olmuştur. Ancak endüstriyel devrimden sonraki süreçte fosil yakıtların kullanımının arttığı ve bu artışın da hızlanarak devam ettiği görülmektedir (Sutula, 2006). Günümüzde fosil yakıtların kullanımının, Dünyadaki enerji kaynaklarında baskın durumunda olduğu söylenebilir. ((Jacobsson, & Bergek, 2004: 815-849).

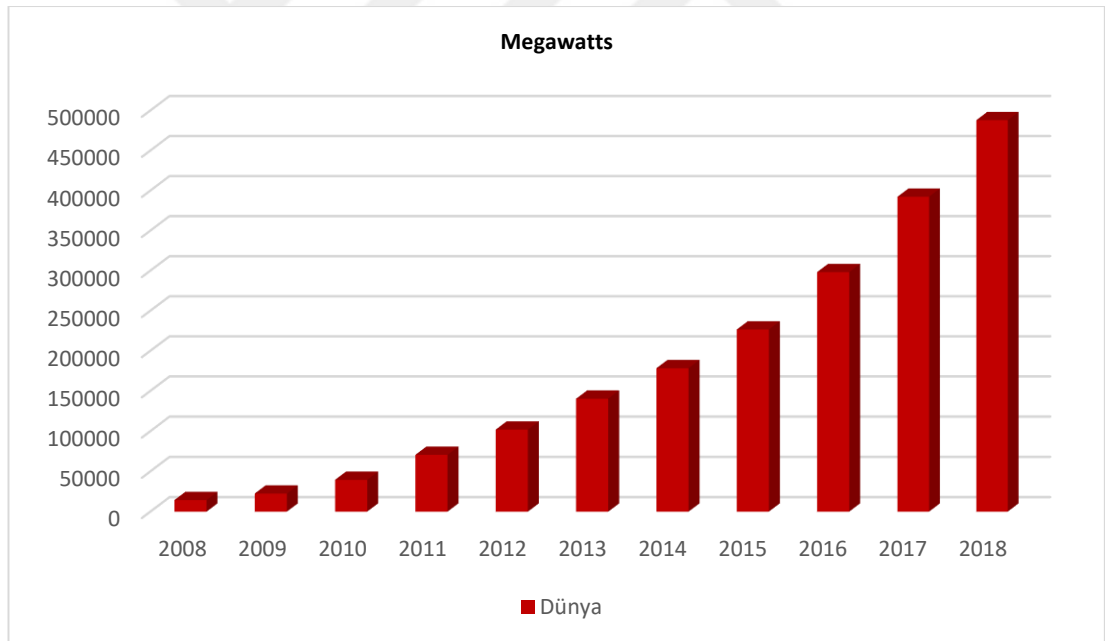
Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile ortaya çıkan ışınım enerjisidir. Güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır (Baç vd., 2007: 80-81). Bu enerjinin dünyaya gelen çok küçük bir kısmı dahi dünyadaki mevcut enerji tüketiminin kat kat üzerindedir. Örneğin; yıllık dünya yüzeyine gelen güneş enerjisi fosil ve uranyum yakıt kaynaklarının on katına eşittir (<http://www.wikipedia.org>)

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen çeşitli teknolojiler vardır. Bu teknolojiler; yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte ısı güneş teknolojileri ve güneş pilleri olarak iki ana gruba ayrılabilir (<http://www.solarenergy.com>). Ayrıca; güneş enerjisinin yoğunluğuna, gece-gündüz, yaz-kış, bölgesel ve ülkesel iklim farklılıklarına değişiklik gösterebilmesi nedeniyle güneş enerjisinden başlıca dört farklı şekilde yararlanılabilir. Bunlar sırasıyla; güneşin ısı etkisi, fotoelektrik etkisi, yörüngesel enerjisi ve biyolojik-kimyasal etkisidir (Baç, 2007:81).

Güneş enerjisinden yararlanmanın yollarından birisi, güneşin ısıtma etkisinden yararlanmaktır. Burada güneş ışınlarından ısı enerjisi toplanır. Bu ısı enerjisi yüksek

ve düşük ısıda kullanılır. Düşük ısı uygulaması, ticari ve özel yapılarda su ve alan ısıtmasını içerir (Patel, 1999). Güneşin fotoelektrik etkisinden yararlanmada ise güneş enerjisinin doğrudan doğruya elektrik enerjisine çevrilmesi söz konusudur. Bu yarı iletken materyallerden üretilen güneş pilleri sayesinde gerçekleştirilir (Neville, 1995: 1). Güneş enerjisinden biyolojik ve kimyasal etkiyle yararlanma şeklinde, fotosentez ve güneşte meydana gelen kimyasal tepkimelerle güneş enerjisini tutma ve depolamaya dayanmaktadır. Yörüngesel enerjide ise dünyanın çevresine dev bir uydunun gönderilerek, güneş enerjisinin fotoelektrik ve termik olarak depolanması ve atmosferde mikrodalgaya dönüştürülerek dünyaya gönderilmesi ilkesine dayanmaktadır (Baç, 2007: 84). Güneş enerjisi, hem endüstri gibi geniş ölçekli uygulamalarda hem de konut gibi daha küçük ölçekli uygulamalarda kullanılabilir (<http://www.nrel.gov>).

Grafik 4: Dünyada Toplam Kurulu Güneş Enerjisi Gücü: 2008-2018

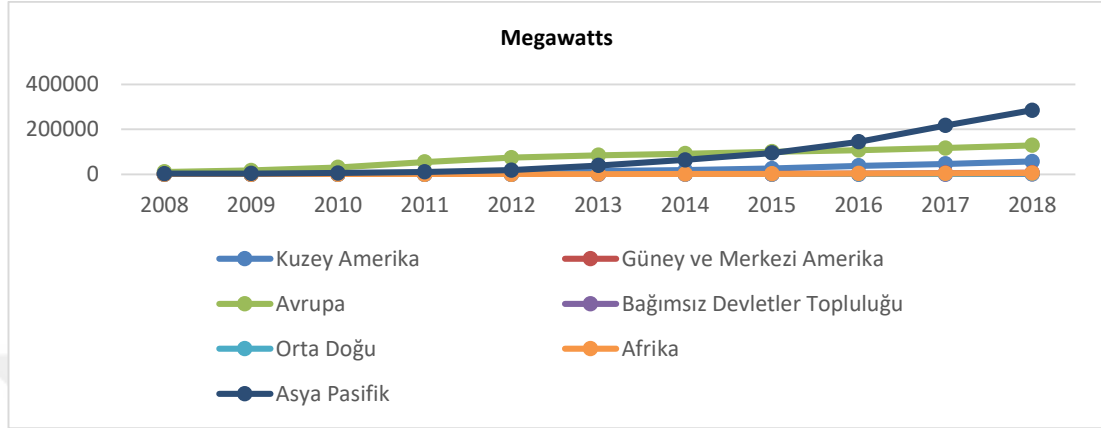


Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Birçok ülke, geleneksel enerji kaynaklarını desteklemek veya alternatif sağlamak için önemli miktarda güneş enerjisi kapasitesi yaratmaya çalışmaktadırlar. Dünya geneline baktığımız zaman 2008 yılında 14395 Megawatts olan toplam kurulu güneş

enerjisi gücünün 2018’de yaklaşık 34 kat artarak 487 829 Megawatts düzeyine yükseldiği görülmektedir (Grafik 4).

Grafik 5: Toplam Kurulu Güneş Enerjisi Gücü: 2008-2018



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Dünyada bölgesel düzeyde bakıldığında da toplam kurulu güneş enerjisi gücündeki hızlı artış görülmektedir. Özellikle Asya Pasifik ve Avrupa Bölgesi bu konuda başı çekmektedir (Grafik 5).

Güneş enerjisi doğada serbest haldedir, nakliye sorunu yoktur ve herhangi bir yakıtı gerek duymaz. Üretim sürecinde atık çıkarmaz ve kirlilik yaratmaz yani çevre dostudur. Ancak bunun yanı sıra güneş enerji sistemleri gece çalışmaz. Günümüzde güneş enerjisi istasyonları kurmak da oldukça pahalıdır. Eğer ülkede veya bölgede güneşli bir iklim söz konusu değilse çok fazla güvenilemez. Güneş panellerinin imalatı sırasında az da olsa çevreye zarar verebilecek maddeler kullanılmaktadır. Son olarak, Dünyada yaşanan hava kirliliği yeryüzüne ulaşan güneş ışınının miktarının zaman içinde azalmasına neden olabilir ve bu da güneş enerjisinin geleceği ile ilgili az da olsa endişeye yol açmaktadır.

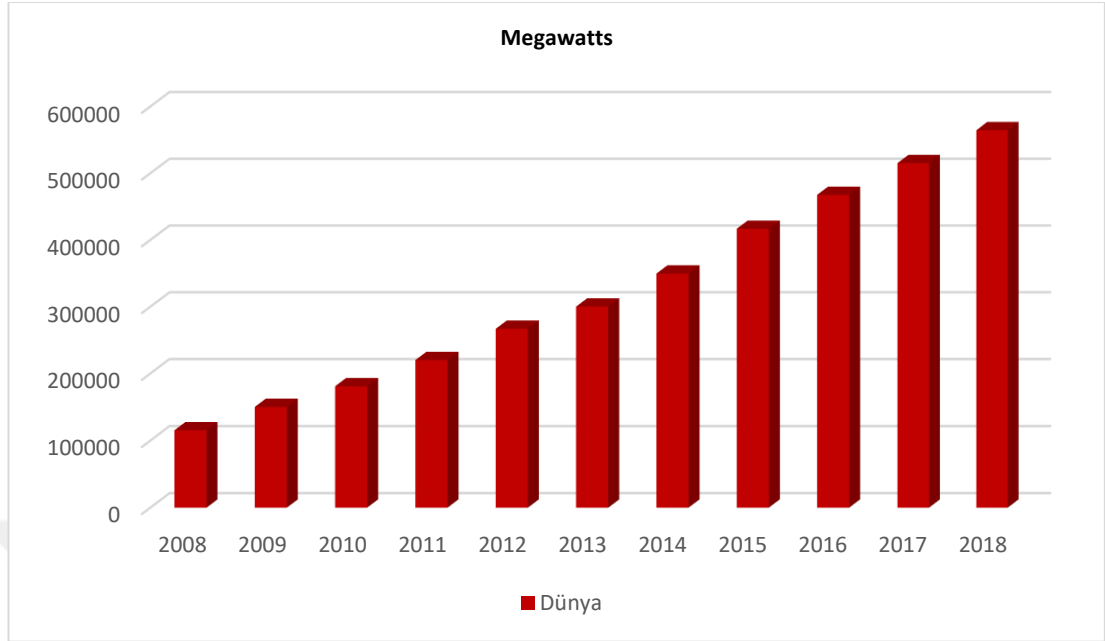
1.3.2.1.3. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneştir. Yani rüzgâr güneşin dolaylı bir ürünüdür. Güneş radyasyonu yer yüzeylerini farklı ısıtır ve bu da havanın sıcaklığının, neminin,

basıncının farklı olmasına neden olur. Bu farklı basınç, havanın hızlı bir şekilde yer değiştirmesine yol açar. Havadaki bu değişim sürecinin kinetik enerjiye dönüştürülmesine rüzgâr enerjisi, rüzgâr enerjisinden elektrik üreten merkezlere de rüzgâr santrali adı verilir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2 kadarı rüzgâr enerjisine çevrilir. Teknik açıdan ele alındığında kullanılabilir küresel rüzgâr kaynağı, tahmin edilen dünya elektrik talebinin iki mislinden daha fazladır (<http://www.eie.gov.tr>).

Rüzgâr enerjisinin ilk kez, yaklaşık 5000 yıl önce Nil'de yelkenli gemilerde kullanıldığı bilinmektedir. Daha sonrasında, 20. yüzyılın başlarına kadar, hububat öğütmekte ve su pompalamakta, mekanik güç sağlamak için kullanılmıştır (Patel, 1999). Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üreten ilk rüzgâr türbini 1888 yılında ABD'de (Ohio) kurulmuştur. Ancak insanlar o dönemde buna çok fazla ilgi göstermemişlerdir (Zhao, 2006). 1970'lerin başlarında geleneksel (klasik) enerji kaynaklarının tükenebileceği fikrinin oluşmaya başlaması ve petrol krizi ile birlikte rüzgâr enerjisine olan ilgi yeniden artmaya başlamıştır. Bu dönemde temel odak noktası mekanik enerji yerine elektrik enerjisi olmuştur. Bu süreçte rüzgâr türbinleri adım adım daha da geliştirilmiştir. 1980'lerden 1990'lara geçişte enerji krizi korkusunun unutulması ve fosil yakıtların fiyatlarının düşük seviyelere inmesi karşısında yenilenebilir enerji kaynaklarının geleneksel kaynaklara göre pahalı düzeylerde kalması insanları olumsuz yönde etkilese de, 1990'lardan sonra, rüzgâr enerjisi en önemli sürdürülebilir enerji kaynaklarından birisi olarak yeniden önem kazanmıştır (Redlinger, Andersen & Morthorst, 2002: 1–7)

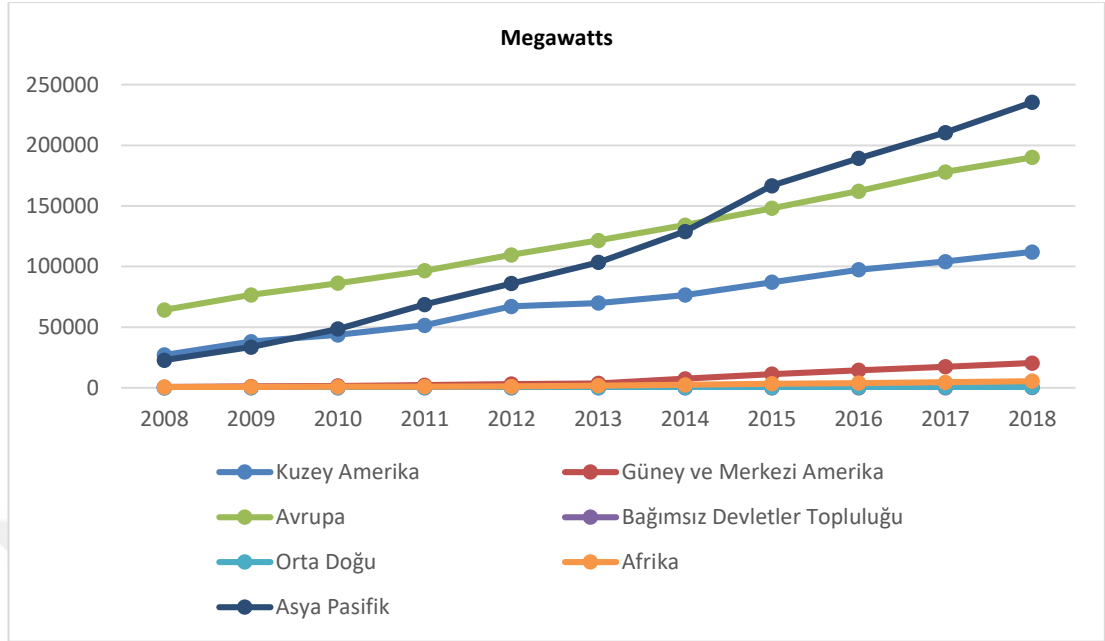
Grafik 6: Dünyada Toplam Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi: 2008-2018



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Rüzgâr enerjisi teknolojisi 1990’larda en hızlı büyüyen enerji teknolojisi olmuştur (Ackermann, 2005: 7-9). Dünyada Toplam Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesinin 2008-2018 yılları arasında yaklaşık 5 kat arttığı görülmektedir. Dünya genelinde rüzgâr enerjisi kapasitesi açısından ilk sırayı sırasıyla Çin, ABD ve Almanya almaktadır. Özellikle Çin, 2018 yılı itibariyle sahip olduğu 184696 Megawatts kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi ile açık ara liderdir (Grafik 6). Bölgesel düzeyde bakıldığı zamanda Asya Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika’nın diğer bölgelere göre daha yüksek kapasiteye sahip olduğu görülmektedir (Grafik 7).

Grafik 7: Toplam Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi: 2008-2018



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Pek çok ülkenin, rüzgâr enerjisi teknolojilerini ilerletmek için ulusal programlarına aldığı ve piyasa teşvikleri ile desteklediği görülmektedir (Stiebler, 2008: 1).

Rüzgâr enerjisinin daha etkin ve verimli kullanılabilmesi rüzgârın hızına ve sürekliliğine bağlıdır. Tepeler, platolar, uçurumlar ve büyük su kütlelerine yakın kara alanları iyi rüzgâr alan ve rüzgâr hızı yüksek olabilecek yerlerdir. Bundan dolayı rüzgâr çiftlikleri bu tür yerlere kurulmaktadır.

Günümüzde rüzgâr enerjisi teknolojisi oldukça gelişmiş ve üretim maliyetleri de geçmişe göre ciddi anlamda aşağılara çekilmiştir. Buna rağmen halen kömür ve nükleer santrallerde, rüzgâr santrallerinden daha ucuza enerji üretilmektedir (<https://www.howstuffworks.com>). Ancak 2020 yılına kadar, 1980'lerde 35–40 cent civarında olan rüzgâr enerjisi üretim maliyetlerinin 2–2,5 cent'e düşeceği tahmin edilmektedir (Zhao, 2006).

Enerji üretiminde rüzgâr kaynağının önemli avantajları vardır. Her şeyden önce hava kirliliği yaratmayan, sınırsız, sürdürülebilir enerji biçimidir. Herhangi bir yakıt

gerektirmez. Sera gazı salınımı yaratmaz. Rüzgâr enerjisi tarafından üretilen elektriğin her bir megawatt saati, her yıl kömür ya da dizel yakıt tarafından üretilen sera gazı emisyonunun 0,8–0,9 ton azalmasına yardımcı olur. 2007 yılında, Avrupa’da kurulu durumdaki rüzgâr enerjisi tesisleri 91 milyon ton karbondioksit salınımını önlemiştir (Kjaer, 2007). Toksik ya da radyoaktif atık üretmez. Fosil yakıtların fiyat değişkenliğinden kaynaklanan sorunları engeller. İthalat bağımlılığı yoktur ve enerji güvenliği sağlar (<http://www.canren.gc.ca>).

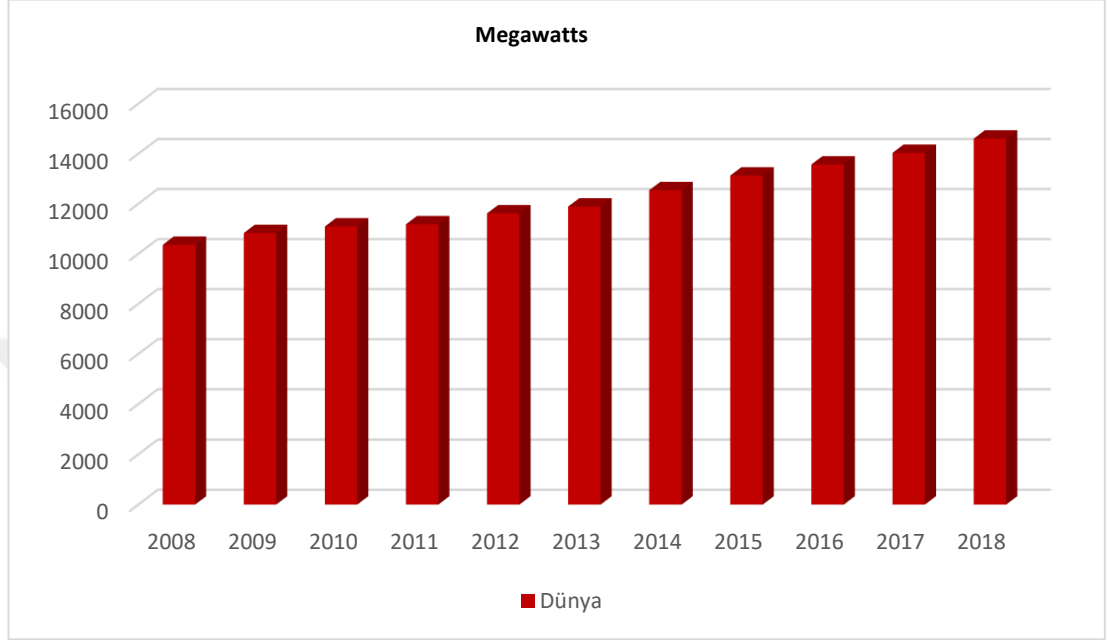
Rüzgâr enerjisinin tüm bu avantajlarına rağmen bazı olumsuz yönleri olduğu da görülmektedir. İlk olarak rüzgâr enerjisinin depolanamaması birçok ülkenin pek çok bölgesinde rüzgârın hiç bulunmaması veya zayıf oluşu da ciddi sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Rüzgar enerjisi çevre dostu bir enerji olarak kabul edilse de, emisyon gazı salımı konusunda küçük de olsa negatif bir etkisi olduğu söylenebilir. Rüzgar türbinlerinin materyallerinin üretiminde (pervane, kule vb.), ekipmanların nakliyesinde katı yakıt tabanlı bir tüketime neden olmaktadır ve bu da emisyon gazının salınımı demektir. Bunun yanı sıra rüzgâr santralleri rüzgâr hızındaki değişkenlikten dolayı diğer enerji santralleri gibi her zaman yüksek verimle çalışmazlar. Ayrıca rüzgâr türbinlerinin görsel ve gürültüsel etkisi rüzgâr enerjisi teknolojisinin halk tarafından kabulünde göz önüne alınması açısından önemlidir. Yani rüzgâr türbinleri şehirlere yakın bölgelere kuruldukları zaman oluşturdukları görüntü ve ses kirliliği sebebiyle insanlara, hayvanlara ve doğal yaşama rahatsızlık vermektedir (Ackermann, 2005: 23-24). Rüzgâr enerjisinin dünya genelinde gelişiminin geleceği, toplum kabulünün yanında rüzgâr gücünün ekonomisine yani maliyetlerine bağlıdır.

1.3.2.1.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerjinin kelime anlamı yeryüzüne ait (dünyaya ait) ısı enerjisi demektir. Yeraltında magmada depolanmış yüksek sıcaklık ve basınca sahip enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir ve temiz enerji kaynakları arasında da yer alır. Ayrıca, Jeotermal enerji son derece güvenilir bir enerji kaynağıdır. Kullanımda patlama, yangın vb. gibi hiçbir risk faktörü taşımaz.

Kobe ve San Francisco depremlerinde meydana gelmiş olan zararın %70'i doğalgaz yangınlarından olmuştur (<http://jeotermaldernegi.org.tr>).

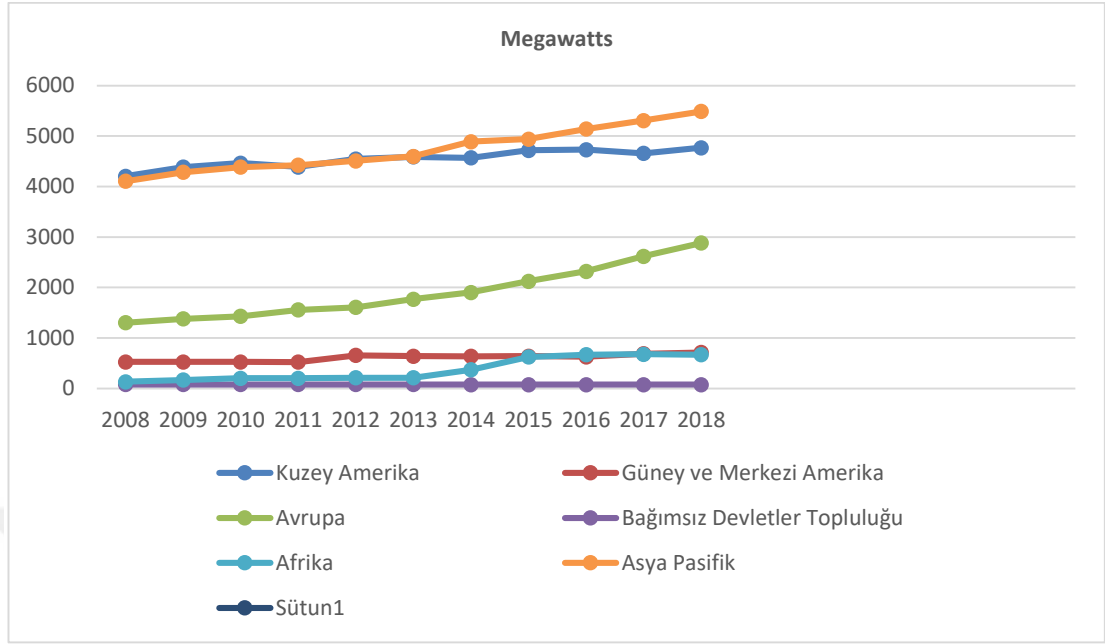
Grafik 8: Dünyada Toplam Kurulu Jeotermal Güç Kapasitesi



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Dünyada toplam kurulu jeotermal enerji gücü 2018 yılı sonu itibariyle 14.601 GWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklinde sıralanabilir (Grafik 8). Elektrik dışı kullanım ise 70.000 MW'tı aşmış olup dünyada doğrudan kullanım uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise ABD, Çin, İsveç, Belarus ve Norveç'tir (<https://www.enerji.gov.tr>).

Grafik 9: Toplam Kurulu Jeotermal Güç Kapasitesi



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Dünyada bölgesel düzeyde baktığımız zaman da Asya Pasifik ve Kuzey Amerika'nın diğer bölgelere göre bariz üstünlüğü görülmektedir (Grafik 9).

1.3.2.1.5. Hidroelektrik Enerjisi (ya da Hidro Enerji)

Hidroelektrik kelimesi; Latince'de su anlamına gelen "hidro" kelimesi ile "elektrik" kelimelerinin birleşmelerinden meydana gelmektedir. Suyun gücünden yararlanarak elektrik üretilmesini ifade etmektedir. Hidroelektrik enerjinin dalga enerjisi ile karıştırılmaması gerekir. Dalga enerjisi; deniz ve okyanuslarda meydana gelen dalgalanmalardan yararlanırken, hidroelektrik enerjinin temelinde potansiyel enerji yatmaktadır (<https://yer-su.com>). Hidrolik elektrik enerjisinde suyun potansiyel enerjisi, hidrolik türbinler kullanılarak mekanik enerjiye dönüştürülür. Her ne kadar hidroelektrik santrallerinin sermaye maliyeti diğer elektrik santrallerine göre daha yüksek olsa da işletme maliyetleri oldukça düşüktür (<https://www.bieap.gov.in>).

Yeryüzünde su çeşitli durumlarda sürekli hareket eder. Önce güneş yeryüzündeki suyun ısınmasına yol açar. Su, yeryüzünden buharlaşarak bulutlarda yoğunlaşır ve

yağmur ya da kar olarak yeryüzüne geri düşer. Akarsuların su seviyesi artar ve denizlere doğru akar. Bu durum hidrolik döngü olarak tanımlanmaktadır (Union of Concerned Scientists, 2015).

Bu form, akan suyun gücünün elektriğe dönüştürülmesidir. Dağlardan ve ırmaklardan akan suyun içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı tayin eder. Suyun yerçekimi kuvveti düşerken akan su türbinlerin ya da jeneratörlerin çalıştırılması yoluyla elektrik üretilmesini sağlar. Dünyada yaşanan nüfus artışı ve teknolojiye hızlı gelişimin gittikçe artan miktarda elektrik enerjisi gerektirdiği görülmektedir. Hidroelektrik santraller elektrik enerjisi üretmenin en etkili yoludur. Günümüz hidroelektrik santralının verimliliği yüzde 90 civarındadır ve hidroelektrik santralleri hava kirliliği yaratmaz (<https://www.usbr.gov>).

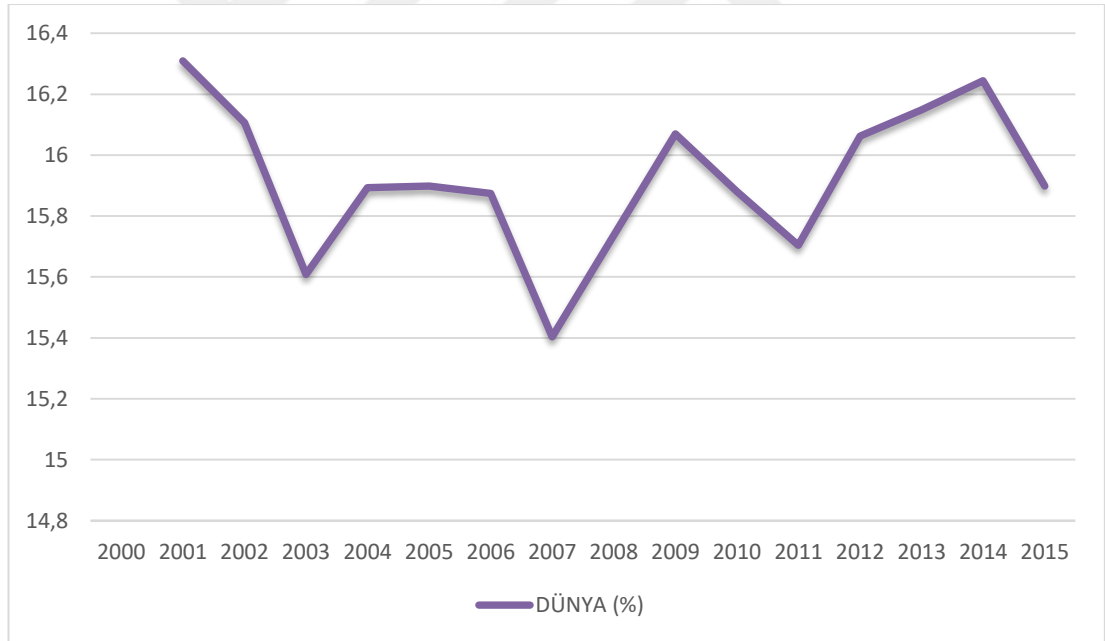
2000 yıl önce Antik Yunanlıların ve Mısırlıların tahıl öğütmek ve tekerlekleri çalıştırmak için su gücünü kullandıkları bilinmektedir. Bu, büyük miktarlarda gıdanın işlenmesine olanak sağlamıştır. Daha sonra, bu aynı su çarkları, mobilya ve kumaş gibi malların üretilmesi için torna tezgâhları, testere bıçakları ve tezgâhlar gibi ilkel ekipmanlara bağlanmıştır. 1700'lere gelindiğinde, fabrikaların bu ürünlerin seri üretimine geçmesi işçilerin daha da uzmanlaşmasına ve büyük şehirlerin büyümesine olanak sağlamıştır. 1800'lerin sonlarında elektrik jeneratörünün icadı, medeniyetin büyümesi için hidroelektrikten yararlanmanın yeni bir yolunu göstermiştir. Su türbinlerinin kayışlarla ve dişlilere sahip jeneratörlerle bir araya getirilmesiyle, fabrikaları ve işletmeleri günün her saatinde çalıştırmak için kullanılabilir güvenilir bir elektrik kaynağı oluşturulmuştur. İlk hidroelektrik santrali 1881'de Niagara Şelaleleri'nde şehirdeki sokak lambalarını açmak için inşa edildi. Bu on yılın bitiminden önce ABD'de 200'den fazla ek enerji santrali kurulmuştur (EAS21, 2007).

Günümüzde Norveç, elektrik ihtiyacının % 99'unu hidroelektrik santrallerinden karşılamaktadır. Dünyanın en büyük hidroelektrik santrali, Çin'deki 22.5 gigawatt gücüne sahip olan Three Gorges Barajıdır. Yılda 80 ila 100 terawatt-saat elektrik üretmekte ve bu da 70 ila 80 milyon hanenin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Yani insanoğlu binlerce yıldan beri bu enerjiyi kullanmaktadır. Günümüzde de dünya

genelinde bilinen kirlilik yaratmayan ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltan en geniş yenilenebilir enerji kaynağıdır (IRENA, 2019).

Hidroelektrik, birçok olumlu yanına rağmen büyük barajlar yoluyla nehirleri bloke ederek çevresel ve sosyal açıdan yıkıcı sonuçlar da doğurmaktadır. Bir baraj inşa edildiği zaman nehrin doğal yapısı değiştirilmekte ve bir haline dönüştürülmektedir. Bu zararsız gibi görünmekle beraber ciddi çevresel sorunlara yol açabilir. Barajlar geniş rezervler oluşturarak toprakların kurumasına ve doğal yapının bozulmasına neden olabilir. Ayrıca barajlar inşa edilirken bazı topraklar, köyler ya da tarihi alanlar (Zeugma gibi) baraj sularının altında kalabilmektedir (Union of Concerned Scientists, 2015).

Grafik 10: Hidroelektrik Kaynaklardan Elektrik Üretimi (Toplam enerji üretimini %'si olarak)

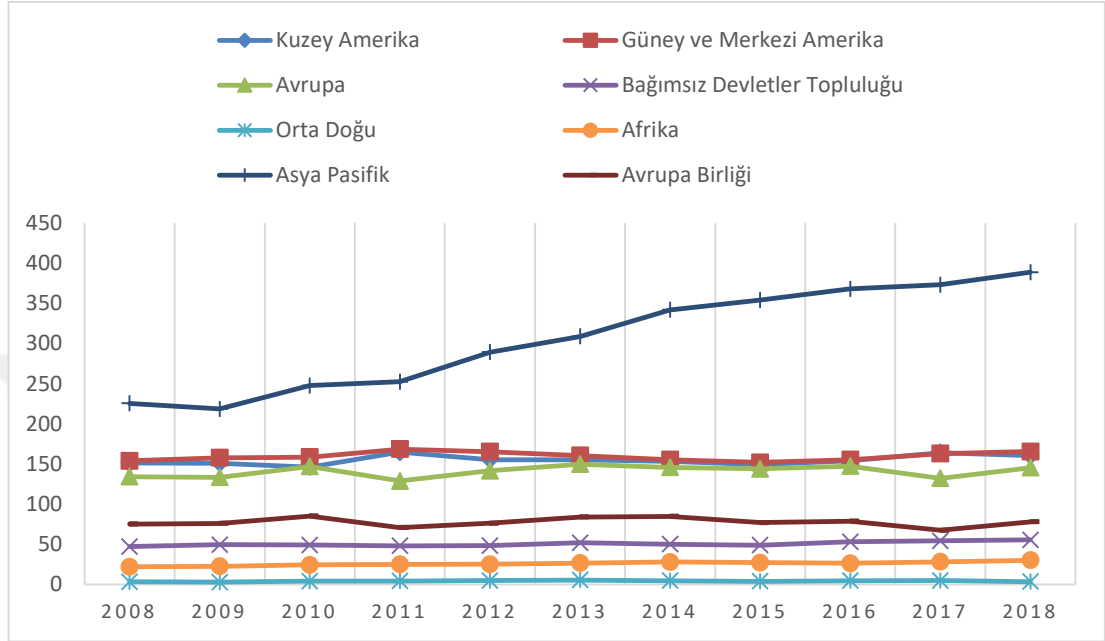


Kaynak: World Bank, Electricity production from hydroelectric sources (% of total), <https://data.worldbank.org>

Dünyada hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi, toplam elektrik üretiminin yüzdesi olarak grafik 10'da görülmektedir. Bugün dünyada üretilen hidroelektrik

enerji toplam enerji üretiminin yaklaşık % 15-20'sini sağlayabilmektedir. Bu hidroelektrik potansiyelinin oldukça altındadır.

Grafik 11: Dünyada Bölgelere Göre Hidroelektrik Tüketimi*

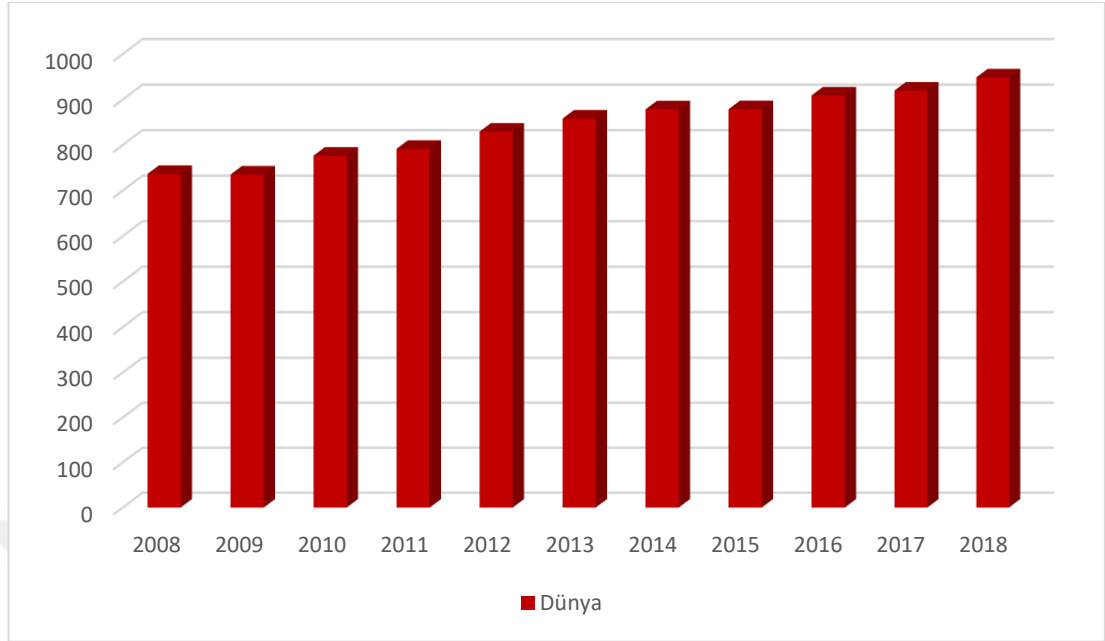


Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

*Milyon ton petrol eşdeğeri

Hidroelektrik enerji kaynakları dünya üzerinde oldukça geniş bir şekilde yer almaktadır. Ancak bölgesel olarak hidroelektrik tüketimi farklılıklar göstermektedir. Hidroelektrik tüketimi en düşük olan bölgeler sırasıyla Orta Doğu Bölgesi ve Afrika Kıtasıdır. Avrupa Birliği de bu ülkelerin ardından üçüncü sırada gelmektedir (Grafik 11).

Grafik 12: Dünyada Toplam Hidroelektrik Tüketimi*



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

*Milyon ton petrol eşdeğeri

Dünyada toplam hidroelektrik tüketimine baktığımızda da 2008 – 2018 döneminde yaklaşık 1,3 kat arttığı görülmektedir. Bölgesel düzeyde ise Asya Pasifik bölgesinin diğer bölgelere göre oldukça önde olduğu görülmektedir (Grafik 12).

1.3.2.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Önümüzdeki 30 yıllık dönemde birincil enerji kaynaklarının tüketiminde fosil enerji kaynakların oranı (%80) biraz azalmakla birlikte hala önemini koruyacağı öngörülmektedir. Bu süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla önem kazanması beklenen bir durumdur. Ayrıca fosil kaynakların neden olduğu küresel iklim değişikliği ve daha farklı çevre sorunları yüzünden özellikle karbon emisyon oranı yüksek olan gelişmiş ülkelerin Kyoto Protokolü'ndeki taahhütlerine bağlı olarak bu emisyonları azaltmaları gerekmektedir. Örneğin, AB ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının 2020 yılında %20 oranında olması hedeflenmiştir (Yılmaz, 2012: 35).

Yenilenemeyen enerji kaynakları; Petrol, Doğal Gaz, Kömür ve Nükleer Enerji şeklinde sıralanabilir (EIA, 2018).

1.3.2.2.1. Petrol

Petrol, Petrol, derin tortul yataklarda hayvansal ve bitkisel atıklardan oluştuğuna inanılan doğal olarak oluşan genellikle koyu renkli, viskoz ve kötü kokan bir hidrokarbon maddesidir. Petrol kendisini çevreleyen sudan daha az yoğundur (Caudle & McLeroy, 2019). Milyonlarca yıl önce yaşayan bitkiler, algler ve planktonlar ölünce denizlerin altında diğer sedimanlarla karışarak gömülü kalmıştır. Milyonlarca yıl yoğun ısı ve basınca maruz kalan bu nesnelere hemen hemen oksijenin hiç olmadığı tonlarca kaya ve tortu arasına sıkışmış ve organik madde kerojen adı verilen bir mumlu maddeye dönüşmeye başlamıştır. Daha fazla ısı, zaman ve basınçla kerojen, katagenez adı verilen işlem geçirerek hidrokarbonlara dönüşmüştür. Hidrokarbonlar, basitçe hidrojen ve karbondan oluşan kimyasallardır. Farklı ısı ve basınç kombinasyonu farklı hidrokarbon formları oluşturmuştur. Sonunda denizler kurumuş ve geriye sedimanter havza denilen kuru havzalar kalmıştır. Kömür, doğal gaz ve petrol bu benzer koşullarda oluşan fosil yakıtlardır. Ham yağ yani petrol genellikle siyah ve koyu kahverengidir. Ancak sarımsı, kırmızımsı, kahverengi hatta yeşilimsi olabilir (National Geographic, 2018). Ham petrol yeraltı havuzlarında, rezervuarlarda, tortul kayalar içindeki küçük alanlarda ve katran (veya yağ) kumlarında yer kabuğunun altında sıvı halde bulunur. Yeraltından çıkarıldıktan sonra farklı petrol ürünlerine ayrıştırılması için rafineriye gönderilir. Bu petrol ürünleri arasında benzin, dizel yakıt, jet yakıtı, petrokimyasal hammaddeler, mumlar, yağlar ve asfalt gibi distilatlar bulunur. 42 galon ham petrol rafineride işlendikten sonra 45 galon petrol ürünü elde edilmektedir. Bu durum mısır patlatıldıktan sonraki genişleme gibi düşünülebilir (EIA, 2019).

Petrol, tek başına veya bir arada gaz halinde, sıvı halde veya yakın katı fazlarda bulunabilir. Sıvı faz genellikle ham yağ olarak adlandırılırken daha katı faz bitüm, katran, zift veya asfalt olarak adlandırılabilir. Bu fazlar bir arada meydana geldiğinde, gaz genellikle sıvının üzerine, sıvı yağ ise daha katı fazın üzerine gelir. Sıvı petrolün yüzeye yakın tortuları, üstündeki kayadaki doğal çatlaklar vasıtasıyla

yavaş bir şekilde yüzeye sızmaktadır. Burada biriken ve kaya yağı olarak isimlendirilen bu sızıntılar 19. Yüzyılda ticari olarak basit damıtma işlemi ile kandil yağı yapmak için kullanılmıştır. Bununla birlikte petrol yataklarının büyük çoğunluğu zemin yüzeyinin 150 ile 7600 metre arasında derinliklerde doğal kaya gözeneklerinde sıkışıp kalmaktadır. Genel bir kural olarak daha derin tortular daha yüksek iç basınçlara sahiptir ve fazla miktarda gaz halinde hidrokarbon içerir (Caudle & McLeroy, 2019).

Bilinen en eski petrol kuyularının M.Ö 350 yıllarında Çin'de açıldığı tahmin edilmektedir. Bu kuyularda güçlü bambu uçları kullanılarak yaklaşık 244 metreye (800 fit) kadar inilmiştir. Petrol çıkarıldıktan sonra bambu boru hatları ile taşınmıştır. Petrol, ısınmak için yakıt ve endüstriyel bileşen olarak kullanılmıştır. Çinli mühendisler tuzlu suyu buharlaştırarak tuz üretmek için petrolü yakmışlardır (National Geographic, 2018). Tarihsel süreçte petrolün 19. yüzyılın ortalarına kadar tıp, ilaç, savaş, gemi yapımı ve mumyalama gibi pek çok farklı amaçlar için kullanıldığı bilinmektedir. 19. Yüzyılın ortalarında yeryüzüne kendiliğinden sızan petrol (kaya yağı) fenerler için uygun damıtılmış bir ürün olduğu keşfedildiğinde yeni petrol kaynakları bulmak için çabalar artmıştır. Bu kaya yağı balina yağından elde edilen yakıttan daha ucuz ve daha güvenli bir yakıttır. Bu durumun Amerikan ekonomisinin yaşam standardını ve kültürünü değiştirdiği söylenebilir (Amerkan Oil and Gas, 2019).

İlk petrol şirketi, Pennsylvania, Titusville yakınlarında su üzerinde yüzer şekilde bulunan bir yağı geliştirmek için Connecticut'ta kurulan Pennsylvania Rock Oil Company'dir (daha sonra Seneca Petrol Şirketi). New York'lu bir avukat olan George H. Bissell ve New Haven'lı bir işadamı olan James Townsend, Yale Üniversitesi'nden Dr. Benjamin Sillimanın bir şişe yağı analiz edip bunun mükemmel bir ışık alacağını söylemesiyle yakından ilgilenmişlerdir. Bissell ve birkaç arkadaşı Titusville yakın arsalar satın almışlar ve buradaki petrolü bulmak için Edwin L. Drake'i görevlendirmişlerdir. Drake, delme işlemlerini gerçekleştirmek için bu konuda uzman olan William Smith'i kullanmış ve 27 Ağustos 1859'da altmış dokuz metre derinlikte petrole rastlanmıştır (History, 2018). Edwin Drake'in,

Ahab'ın beyaz balina arayışında olduğu gibi petrol arama işinde oldukça saplantılı ve sabit fikirli olduğu söylenebilir (Latson, 2015).

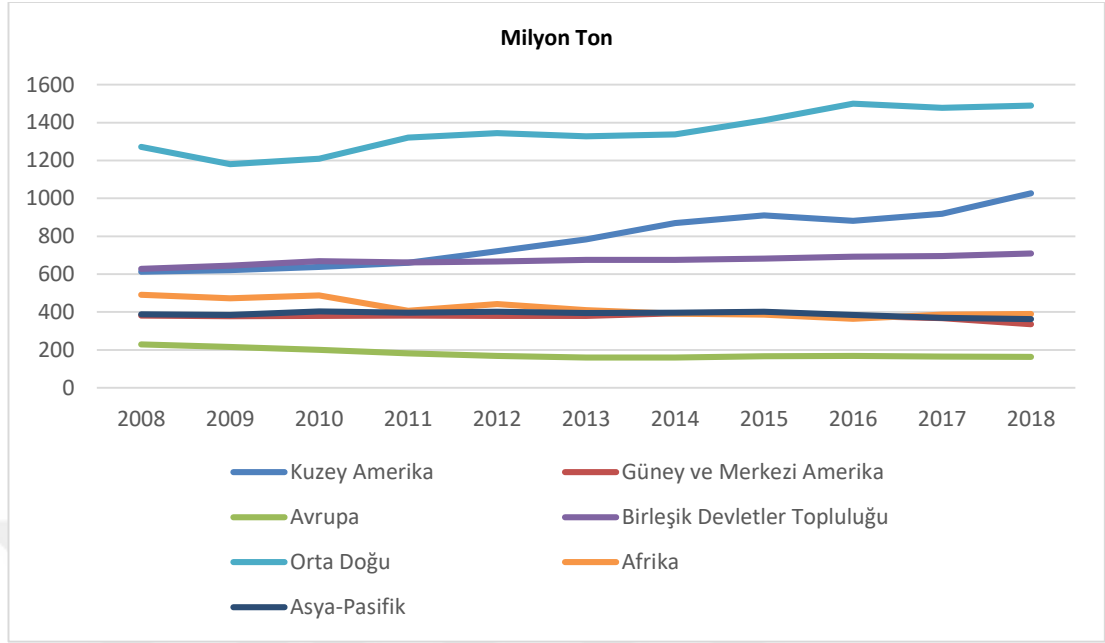
Albay Edwin Drake 1859 yılında ilk petrol kuyusunu açtığına pek çok insanın petrolün dünyayı nasıl değiştireceği hakkında bir yoktu. Drake ve onu destekleyenler aslında gazyağı kaynağı arıyorlardı (The Environmental Literacy Council, 2019). Açılan kuyudan gaz yağı üretmek için damıtma işlemi sırasında benzin de dâhil olmak üzere diğer petrol ürünleri kullanılmamış atılmıştır. 1892 yılında ilk otomobilin icat edilmesine kadar benzinin değerli bir yakıt olduğu kabul edilmemiştir (EIA, 2019). Pennsylvania'nın Titusville kentindeki bu petrol kuyusunun başarısının ardından petrol aramaları Batıya doğru Ohio ve Indiana'ya taşınmıştır. 1862-1869 yılları arasında Pulaski ve Vigo ilçelerinde kuyu sondajları yapılmış yeni gaz ve petrol yatakları keşfedilmiştir (IGS, 2019). Keşfi duyanlardan birisi de John D. Rockefeller'dir. Rockefeller, girişimci içgüdüleri ve şirket yönetimi konusunda dâhiyane başarıları sayesinde ABD'de petrol endüstrisinde öncü bir isim olmuştur. 1860 yılında Rockefeller ABD'de birçok rafineri satın almış, petrol üretimi ve taşımacılığı konusunda tekel olmuştur. Rockefeller, 1870 yılında "Standart Oil of Ohio" şirketini kurmuş ve 19. Yüzyılın ikinci yarısında hem ABD'de hem de dünyada petrol piyasasında tek söz sahibi olmuştur. ABD hükümeti piyasada oluşan tekelleşmeyi kırmak için 1890 yılında "Sherman Act" olarak bilinen anti-tröst yasasıyla yasal mücadele dönemi başlatmış ve Standart Oil şirketi 1911 yılında bir mahkeme kararıyla dağıtılarak birçok parçalara bölünmüştür. Bu parçalanma sonucu ortaya çıkan Standart Oil New Jersey şirketi içine düştüğü zor durum sonucu Royal Dutch şirketi tarafından satın alınarak ABD petrol sektöründe bir Avrupa şirketi olarak yerini almıştır. Daha sonra bu şirket 1907 yılında petrol ürünleri taşıma faaliyetinde bulunan İngiliz şirketi Shell Transport ile ortaklık kurarak Royal Dutch Shell ismini almıştır. Böylece 19. Yüzyılın sonlarına doğru Standart Oil şirketinin petrol piyasasındaki tekelci yapısı kırılmıştır. Yirminci yüzyılın başlarından sonra ABD'de gelişen petrol endüstrisine dünyanın farklı bölgelerinde yeni rakipler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde ABD'ye ilk rakip Bakü sahasında üretim yapmaya başlayan Çarlık Rusya olmuştur. 1885 yılında Rusya'nın üretimi ABD'nin üretiminin yaklaşık %60'ına ulaşmıştır (Aydın, 2014: 78-79).

I. Dünya Savaşı, petrolün dünyadaki rolünü geri dönülemez bir şekilde değiştirmiştir. İngiltere savaşa girdiğinde çoğu özel şahıslardan temin edilen 800 motorlu taşıtı varken savaşın sonunda 56000 kamyonu ve 36000 arabası olduğu görülmektedir. Ayrıca ABD ve Avrupa'ya da 50000'den fazla araç göndermiş ve bir buçuk yılda 15000 uçak üretmiştir. Petrol daha önce birkaç girişimci tarafından piyasada işlem gören bir mal olarak görülürken birinci dünya savaşından sonra stratejik bir mal olarak kabul edilmeye başlanmıştır (The Environmental Literacy Council, 2019).

Petrol küresel enerji yapısındaki en önemli enerji kaynağını oluşturmaktadır. Ancak bu durumun yaklaşık son 30 yıldır düşüşe geçtiği söylenebilir. Bu düşüş sürecinde alternatif kaynakların daha fazla gündeme geldiği görülmektedir. Petrol üretiminin teknolojinin değişmediği kabul edildiğinde 1475-1128 milyar varil arasında değişebileceği öngörülmektedir. Kanıtlanmış petrol rezervleriyle ilgili daha yüksek tahminler petrol kumları veya kaya petrolü gibi konvansiyonel olmayan kaynakları da kapsamaktadır. Bu çerçevede petrol kaynağının 3000-5000 varil arasında değişebileceği ve gelecekte daha fazla üretim yapılabileceği öne sürülmektedir (Aydın, 2014: 77).

Petrol üretiminde ilk 15 ülke üretimin %80'ini sağlamaktadır. ABD, Suudi Arabistan ve Rusya liderliğindeki ülkelerin üretimi toplam petrol üretiminin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. 2018 yılı itibariyle Dünya da toplam petrol üretimi içerisinde ABD'nin payı %15, Suudi Arabistan'ın payı %12,9 ve Rusya'nın payı ise %12,6'dır. Bölgesel olarak değerlendirildiğinde ise 2018 yılında ilk sırada dünyadaki petrol üretiminin %33,3'ünü gerçekleştiren Orta Doğu ikinci sırada ise Kuzey Amerika yer almaktadır (Grafik 13).

Grafik 13: Dünya Petrol Üretimi* (2008-2018)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2019, <https://www.bp.com>

* Ham Petrol, Şist Yağı ve Kaya Kumu dâhil

ABD'nin ham petrol üretimi 1985 ve 2008 yılları arasında genel olarak gerilerken yıllık üretim 2009 dan 2015'e kadar artmıştır. 2016 yılında üretim hafif düşmüş ancak 2017 ve 2018 yıllarında tekrar artmıştır. ABD'de 2017 yılında en çok tüketilen petrol ürünü ise benzindir. Benzin tüketimi günlük ortalama 392 milyon galon olmuştur. Bu rakam ABD'deki petrol tüketiminin yaklaşık % +/'sine eşittir (EIA, 2019).

Petrol tüketen ülkelere bakıldığında ABD en çok tüketim yapan ülke konumundadır. ABD'nin 2018 yılı itibariyle petrol tüketimi günlük 20456 bin varildir. ABD'ni Çin (13525), Hindistan (5156), Japonya (3854) ve Rusya (3228) izlemektedir. Dünyada 2018 yılı itibariyle toplam ispatlanmış petrol rezervleri açısından ülkelere baktığımızda ise ilk sırada 303,3 milyar varil ile Venezüella'nın olduğu görülmektedir. Onu 297,7 milyar varil ile Suudi Arabistan 167,8 milyar varille Kanada 155,6 milyar varille İran ve 147,2 milyar varille de Irak izlemektedir (<https://www.bp.com>).

Dünyadaki petrol kaynaklarının yapısı ve tükenmesiyle ilgili farklı yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlardan ilki ve en bilineni Hubbert Zirve Teorisidir. Bu teori petrol kaynaklarından üretim miktarının bir çan eğrisi şeklini izlediğini söylemektedir. Yeni bir petrol kaynağı keşfedildiği zaman üretim önce hızlı bir şekilde artar daha sonra zirve yapar ve en sonunda hızlı bir şekilde düşer. Çünkü petrol bulunduğu alanda sınırlıdır. ABD Enerji Bilgi Yönetimi (EIA) ise dünyadaki petrolün üretim ve rezervlerinin 47 yıl sonra bu günkü değerleriyle tükenebileceğini tahmin etmektedir. En uzun süreli rezervlere Kanada, Venezüella ve bazı Orta Doğu Ülkeleri (İran, Irak ve Kuveyt) sahiptir (Aydın, 2014: 85-88).

1.3.2.2.2. Doğal Gaz

Doğal gaz, her ikisi de atmosferik koşullar altında gaz halinde olan, esas olarak metan ve etan gibi doymuş hafif parafinlerden oluşan bir hidrokarbon karışımıdır. Karışım ayrıca propan, bütan, pentan ve heksan gibi başka hidrokarbonlar da içerebilir. Doğal gaz rezervuarlarında, daha yüksek basınçlar nedeniyle çoğu zaman gaz halindeki daha ağır hidrokarbonlar oluşur. Hidrokarbon gazları ile birlikte yaygın olarak oluşan diğer gazlar azot, karbondioksit, hidrojen ve helyum ve argon gibi soy gazlardır. Azot ve karbon dioksit yanmaz ve önemli oranlarda bulunabilir. Azot etkisizdir, ancak önemli miktarlarda mevcutsa karışımın ısıtma değerini azaltır; Bu nedenle, gazın ticari pazar için uygun olması için ayrılması gerekir. Isıtma değerini artırmak, hacmi azaltmak ve hatta yanma özelliklerini korumak için karbondioksit uzaklaştırılır. Genellikle doğal gazlar önemli miktarda hidrojen sülfür veya diğer organik sülfür bileşiklerini içerir. Bu durumda, gaz “ekşi gaz” olarak bilinir. Sülfür bileşiklerini, solunduğunda toksik olduklarından, bitki ve boru hattı tesislerinde aşındırıcı olduklarından ve ekşi gazdan yapılan ürünlerde yandığında ciddi kirletici maddeler olduğu için işleminden çıkarılır. Bununla birlikte, kükürtün giderilmesinden sonra, taşıma veya kullanımda meydana gelebilecek herhangi bir sızıntının hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlamak için her zaman ticari bir doğal gaza, az miktarda koku maddesi ilave edilir (Riva, Atwater, Solomon, Carruthers, & Waddams, 2019).

Doğal gaz milyonlarca yıl önce çürüyen bitki ve hayvanlardan oluşmuştur. Bitkiler ve hayvanlar öldükten sonra, kalıntıları su, kum ve çamurla karışmış ve katmanlaşmıştır. Zamanla, çamur ve kum tortusu, kayaların içinde birikip kalmış ve ısı ve basınç kaya içindeki maddeyi kömüre, petrole ve kokusuz kabarcıklı doğal gaza dönüştürmüştür (Mesa.az, 2019). Doğal gaz bir petrol türevidir. Ancak doğal gazı oluşturan jeolojik koşullar petrole göre daha zordur. Sıvı haldeki petrol belirli bir derinlikte bulunabilir. Ancak gaz rezervleri için herhangi bir derinlik sınırlaması bulunmamaktadır.

Doğal gaz genellikle bir rezervuarda mevcut olan yüksek basınçlarda petrolde çözülmüş şekilde ve petrolün üstünde bir gaz katmanı olarak bulunabilir. Birçok durumda petrolü yüzeye çıkmaya zorlayan yeraltı petrol rezervuarına uygulanan doğal gazın basıncıdır. Bu tür doğal gaz, birleşik gaz olarak bilinir; Ham petrolün gaz halindeki fazı olarak kabul edilir ve genellikle propan ve bütan gibi hafif sıvılar içerir. Bu nedenle, birleşik gaz bazen “ıslak gaz” olarak adlandırılır. Gaz içeren ve yağ içermeyen rezervuarlar da vardır. Bu gaza bağlı olmayan gaz denir. Bilinen herhangi bir sıvı petrol kaynağına bağlı olmayan rezervuarlardan gelen bağlantısız gaz “kuru gaz”dır (Riva, Atwater, Solomon, Carruthers, & Waddams, 2019).

İnsanlar doğal gazın ne olduğu konusunda bir fikir sahibi olmadan önce onu oldukça gizemli görmüşlerdir. Bazen yıldırım düşmesi, yer kabuğunun altından çıkan doğal gazı tutuşturmuş buda yeryüzünde yangınlar çıkmasına sebep olmuştur. Bu yangınlar ilk uygarlıkların çoğunu şaşırtmış, mit ve batıl inançların kökeni olmuştur. Bu alevlerin en ünlülerinden biri, antik Yunanistan'da, yaklaşık M. Ö. 1000 yıllarında Parnassus Dağı'nda bulunmuştur. Bir keçi çobanı, kayadaki çatlaktan yükselen bir alevle karşılaşmış ve ilahi bir köken olduğuna inanan Yunanlılar alev üzerine bir tapınak inşa etmişlerdir. Bu tapınak, Delphi'nin Oracle'ı olarak bilinen bir rahibe ev sahipliği yapmış, alevden ilham aldığını iddia ettiği kehanetleri ortaya koymasını sağlamıştır (naturalgas.org).

M. Ö. 400 Yüzyılda Çin'in, tuz üretmek için büyük tuzlu su kaplarını kaynatmak için kullandıkları doğal gaz için sondaj yaptıkları ve çıkan doğal gazı da içi boş bambu

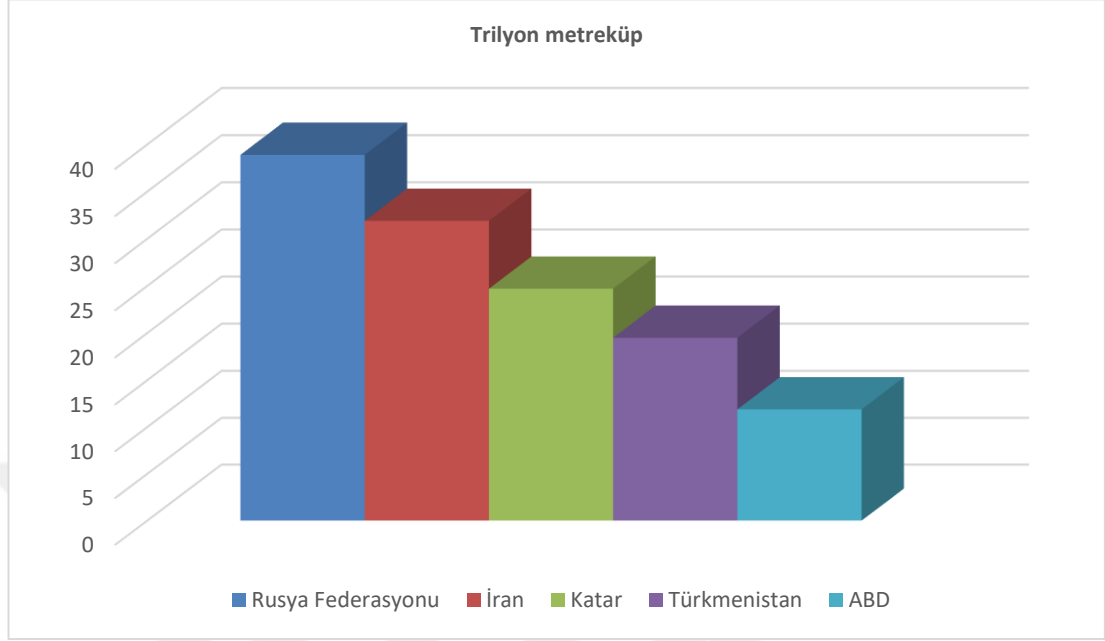
boruları kullanarak taşıdıkları bilinmektedir. M. Ö. 100 yıllarında Perslerin evlerinde doğal gaz kullandığı söylenmektedir (Wylie, 2019).

Doğal gazın ilk ticari kullanımı, 1785 yılında kömürden üretilen ve evler ve sokakları aydınlatmak için kullanılan İngiltere'de gerçekleşmiştir. Otuz yıl sonra 1816'da, Baltimore, Maryland sakinleri aynı şeyi yapmışlar ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kaynakları kullanarak bölgelerini aydınlatan ilk şehir olmuştur. Erken enkarnasyonunda doğal gaz neredeyse sadece ışık için kullanılmasına rağmen, 1885 yılında Robert Bunsen, doğal gazın termal özelliklerini kullanmanın yeni yollarına öncülük etmiştir. 1904'te, ilk olarak Londra'da merkezi ısıtma ve büyük ölçekli sıcak su kaynakları sağlamak için de doğal gaz kullanılmıştır. Doğal gazın endüstriyel amaçlar için buharın yaratılmasında kullanılması elektrik üretiminde doğal gaz kullanımının önünü açmıştır (Miser, 2015).

Günümüzde, doğal gaz dünyanın enerji tedarikinin hayati bileşenidir. Tüm enerji kaynaklarının en temiz, en güvenli ve en kullanışlılarından birisidir. Doğal gaz yakıldığı zaman kömür ve petrole göre atmosfere daha az karbon gazı yayar (APGA, 2019). Doğal gaz, Terra Joule başına 56,1 ton CO₂, petrol 73,3 ton CO₂ ve kömür ise 94,6 ton CO₂ yaymaktadır. Doğal gaz bu açıdan çevre dostu kabul edilebilir. Ancak gaz halinde bulunması dolayısıyla taşınması çok maliyetlidir ve kaza için risk unsuru taşımaktadır. Taşıma altyapısı için çok büyük sermaye yatırımları gerektirir. Doğal gaz endüstrisinin petrol gibi uluslararası piyasa olma özelliği zayıftır (Aydın, 2014: 121).

Doğal gazın rezerv yapısı incelendiğinde dünyadaki ilk beş ülke sırasıyla Rusya, İran, Katar, Türkmenistan ve ABD olarak sıralanmaktadır (Grafik 14). Rusya ve İran'ın bu gurubun oldukça üstünde olduğunu söylemek mümkündür.

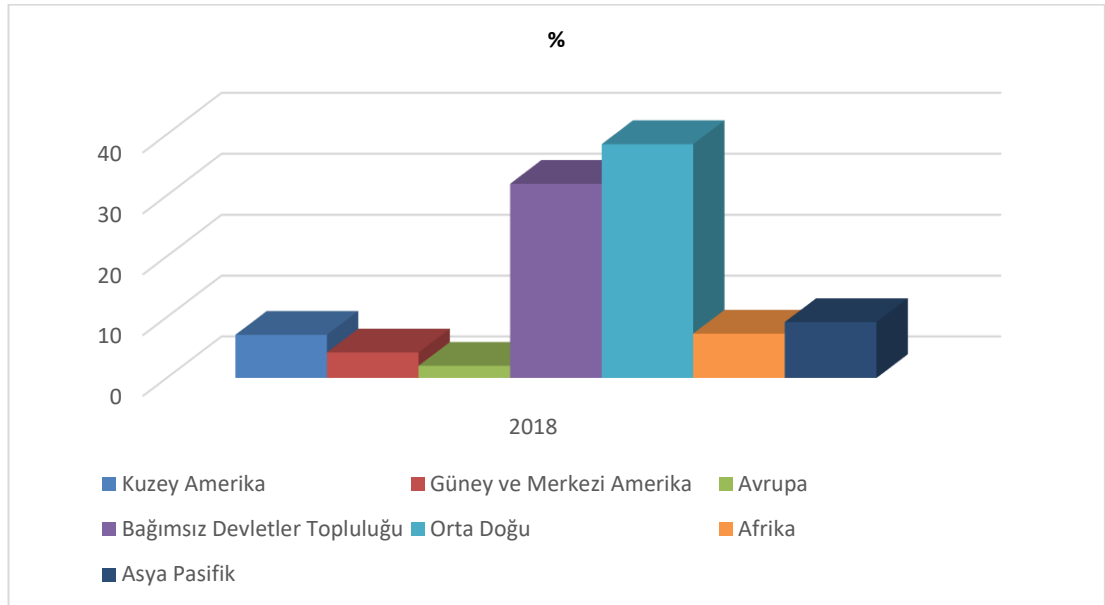
Grafik 14: Dünyada En Yüksek İspatlanmış Doğal Gaz Rezervine Sahip 5 Ülke (2018)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2019, <https://www.bp.com>

Rezervlerin bölgesel dağılımı incelendiğinde toplam rezervlerin 2018 yılı itibariyle %70,3'ünün Orta Doğu ve Bağımsız Devletler Topluluğuna olduğu görülmektedir. En düşük rezerv ise Avrupa Bölgesindedir (Grafik 15).

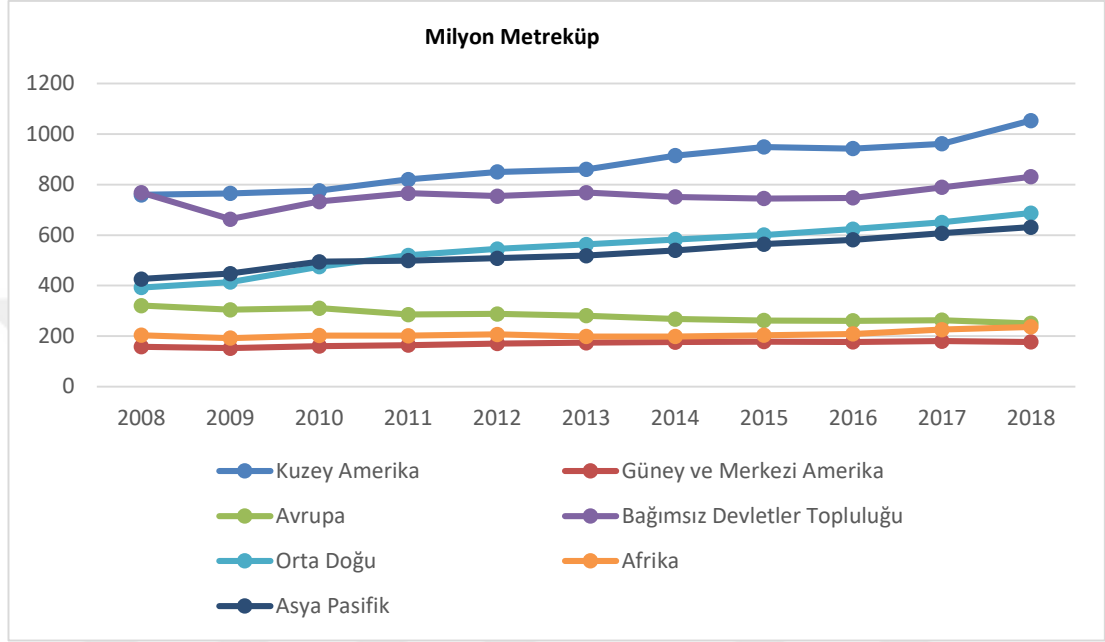
Grafik 15: Dünyada İspatlanmış Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (2018)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2019, <https://www.bp.com>

Doğal gaz rezervlerinin dünyaya dağılımının petrole göre çok daha geniş olduğu söylenebilir. Yani Antarktika hariç dünyanın her yerinde az ya da çok doğal gaz rezervi bulunmaktadır.

Grafik 16: Dünyada Doğal Gaz Üretimini Bölgesel Dağılımı (2008-2018)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2019, <https://www.bp.com>

Dünyada doğal gaz üretimine 2018 yılı itibariyle bölgesel olarak bakıldığında ise en yüksek üretim hacminin sırasıyla Kuzey Amerika (1053,9 milyon metreküp), Bağımsız Devletler Topluluğu (831,1 milyon metreküp) ve Orta Doğuda (687,3 milyon metreküp) olduğu görülmektedir (Grafik 16). Dünyanın toplam doğal gaz üretimi de aynı dönemde 3867,9 milyon metreküptür.

Günümüzde dünyada doğal gaz ticareti iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi boru hatlarıdır. Gaz taşıma teknolojisinde önemli bir gelişme 1890 yılında sızdırmaz boru hattı bağlantısı buluşuyla gerçekleşmiştir. Boru hattı teknolojisindeki ilerlemeler nedeniyle 1920'lerin sonunda uzun mesafeli gaz nakli pratik hale gelmiştir. Doğal gaz üretim bölgesinden tüketim merkezlerine uluslararası boru hatları ile taşınmaktadır. İkincisi ise doğal gazın sıvılaştırılarak (LNG) tankerlerle taşınmasıdır. Avrupa doğal gaz piyasasının en önemli ihracatçısı Rusya'dır. Rusya'yı Norveç ve Cezayir izlemektedir. Rusya ve Norveç ihracatının tamamına yakını

boru hatları ile taşımaktadır. Avrupa doğal gaz piyasasında en büyük ithalatçı ise Almanya'dır. Sonra İtalya gelmektedir (Riva, Atwater, Solomon, Carruthers, & Waddams, 2019; Aydın, 2014: 128).

Doğal gaz, birincil enerji grubundaki payının artması beklenen ve dünyanın daha temiz, daha ekonomik ve güvenli bir enerji geleceğine geçişte önemli bir rol oynama potansiyeline sahip olan tek fosil yakıttır (World Energy Council, 2016).

1.3.2.2.3. Kömür

Kömür, çoğunlukla karbon ve hidrokarbonlardan oluşan yanıcı bir siyah veya kahverengimsi-siyah tortul kayadır. Kömür yenilenemez bir enerji kaynağıdır. Kömürdeki enerji, dünyanın kısmen bataklık ormanlarla kaplı olduğu, yüz milyonlarca yıl önce yaşayan bitkilerin depoladığı enerjiden gelmektedir. Milyonlarca yıldır, bataklıkların dibindeki bir ölü bitki tabakası, ölü bitkilerin enerjisini hapseden su ve kir tabakalarıyla kaplanmış, üst katmanlardan gelen ısı ve basınç, bitkinin bugün kömür dediğimiz şeye dönüşmesine yardımcı olmuştur (<http://www.ei.lehigh.edu/>).

Kömür % 65-95 karbondan oluşur ve ayrıca hidrojen, kükürt, oksijen ve azot içerir. Hemen hemen tüm kömürlerin azot içeriği % 1-2 aralığındadır. Oksijen içeriği karbon içeriği ile ters orantılıdır. Örneğin % 65 karbon içeren kömürler % 30 oksijen, % 95 karbon içeren kömürler % 2-3 oksijen içerir. Bu önemlidir. Çünkü bir kömürün içeriğinde oksijen ne kadar fazla olursa o kadar kolay tutuşur (<https://personel.ems.psu.edu>). Dünyanın ilk kömürünün büyük bölümü, Pennsylvanian Epoch (Carboniferous Dönem) sırasında, milyonlarca yıl önce tropik sulak alanlarda yaşayan ve ölen bitkilerin kalıntılarında oluşmuştur. Bu formda kömür tortul bir kayadır; bununla birlikte, antrasit kömürü, tüm sert ve parlak parlaklığında, daha yoğun sıcaklıklara ve basınçlara maruz kalması nedeniyle metamorfik bir kayadır. Antrasit kömürü genellikle en kaliteli kömürdür. Antrasit kömürün madenciliği temel olarak Çin tarafından yapılmaktadır ve küresel üretimin % 75'i geçmektedir (Whitehurst, 2017).

Dünyada en çok üretilen ve en bol bulunan fosil yakıttır. Kömür formasyonu, 360 milyon ila 290 milyon yıl önce ilk kömür çağı olarak bilinen Carboniferous Dönemi'nde başlamıştır. Kömür içerdiği karbon miktarına ve üretilen ısı miktarına bağlı olarak dört derece olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar: Antrasit, Bitümlü, Düşük (Alt) Bitümlü ve Linyittir. Sıralama, kömürün içerdiği karbonun cinsine ve miktarına ve kömürün üretebileceği ısı enerjisi miktarına bağlıdır. Başlangıçta turba linyit veya “kahverengi kömür” e dönüşüm söz konusudur. Bunlar düşük organik olgunluğa sahip kömür türleridir. Diğer kömürlere kıyasla, linyit oldukça yumuşaktır ve rengi koyu siyahtan kahverenginin çeşitli tonlarında değişebilir. Milyonlarca yıldan fazla bir süredir, sıcaklık ve basıncın devam eden etkileri, linyitte daha fazla değişiklik meydana getirmekte, organik olgunluğunu aşamalı olarak arttırmakta ve “alt bitümlü” kömür olarak bilinen aralığa dönüştürmektedir. Daha fazla kimyasal ve fiziksel değişiklikler bu kömürleri “bitümlü” veya “sert kömürlere” dönüştürür. Doğru koşullar altında, organik olgunluktaki artış devam edebilir ve nihayetinde antrasit oluşur (WORLD COAL INSTITUTE, 2009).

Antrasit% 86 -% 97 oranında karbon içerir ve genellikle tüm kömür seviyelerinde en yüksek ısıtma değerine sahiptir. Bitümlü kömür % 45-86 karbon içermektedir. Alt bitümlü kömür tipik olarak % 35 ila % 45 karbon içerir ve bitümlü kömürden daha düşük bir ısıtma değerine sahiptir. Linyit % 25 - % 35 karbon içerir ve tüm kömür rütbelerinde en düşük enerji içeriğine sahiptir. Linyit kömür yatakları nispeten genç olma eğilimindedir ve aşırı sıcağa veya basınca maruz kalmamıştır. Linyit ufalanır ve düşük ısıtma değerine katkıda bulunan yüksek nem içeriğine sahiptir (EIA, 2018).

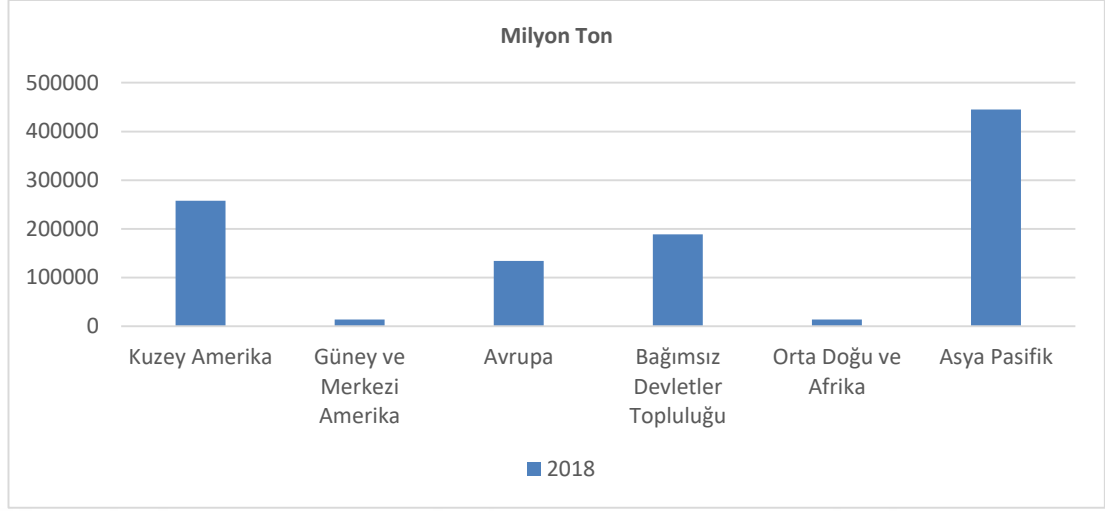
Kömür iki yöntemle çıkarılmaktadır: yüzey veya “açık işletme” madenciliği ve yer altı madenciliği. Madencilik yönteminin seçimi büyük ölçüde kömür yataklarının jeolojisine bağlıdır. Bazı önemli kömür üreten ülkelerde, yüzey madenciliği daha yaygın olmasına rağmen. Yeraltı madenciliği şu anda dünya kömür üretiminin yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır. Kömür üreten en büyük ülkeler tek bir bölgeyle sınırlı değildir; en büyük beş kömür üreticisi, ABD, Hindistan, Avustralya ve Endonezya'dır (World Coal Association, 2017).

Kömür, diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında yeryüzünde bol ve yaygın bulunan ve en uzun tarihe sahip bir yakıttır. Bazı tarihçiler kömürün ilk kez ticari olarak Çin'de kullanıldığını öne sürmektedirler. M. Ö. 1000 civarında bakırın eritilmesi ve paraların dökülmesi için Kuzeydoğu Çin'deki bir madenden kömür çıkartıldığına sair kayıtlar olduğunu ifade etmektedirler. Gene İngiltere'deki Roma kalıntıları arasında bulunan kömür cürüfları, Romalıların M. S. 400'den önce kömür kullandığını göstermektedir (World Coal Institute, 2009). Büyük ölçekli kömür madenciliği sanayi devrimi sürecinde gelişmiş, 18. Yüzyıldan 20. Yüzyılın ortalarına kadar endüstriyel alanlarda sanayi ve ulaşım için birincil enerji kaynağı olmuştur. 1800'lerin ortalarında dünya kömür üretiminin yaklaşık % 60'ının İngiltere tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir. İngiltere bu üretimin % 45'ini kendi ihtiyacı için kullanıyor % 55'lik kısmı ise ihraç ediyordu. Bu dönemde Rusya ve ABD ise dünya kömür ihtiyacının % 20'sini gerçekleştiriyordu. Ancak 1900'lü yıllarda ABD tüm ülkeleri geçerek öne geçmeyi başarmıştır. 1920'lerde Dünya kömür üretiminin yaklaşık yarısı ABD tarafından tüketilmektedir (Aydın, 2014: 48-49).

Kömür halen günümüzde de diğer yakıtlara göre bol olması ve düşük maliyeti nedeniyle önemli bir enerji kaynağı olma özelliğini korumaktadır. Ancak 20. Yüzyılın sonlarında sanayi ve ulaşımında yerini yavaş yavaş petrole bıraktığı söylenebilir.

Enerji Konseyi tarafından ülke bazında hazırlanan raporda dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı (250,9 milyar ton) ABD'de yer almaktadır. Onu 160,4 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 144,8 milyar ton ile Avustralya izlemektedir. Dünya kömür rezervlerinin % 90'dan fazlası dokuz ülkenin sınırları içinde yer almaktadır. Dünya kanıtlanmış işletilebilir kömür rezervi toplam 892 milyar ton büyüklüğündedir. Söz konusu rezervin; 403 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 287 milyar tonu alt bitümlü kömür ve 201 milyar tonu ise linyit kategorisindedir (<https://enerji.gov.tr>).

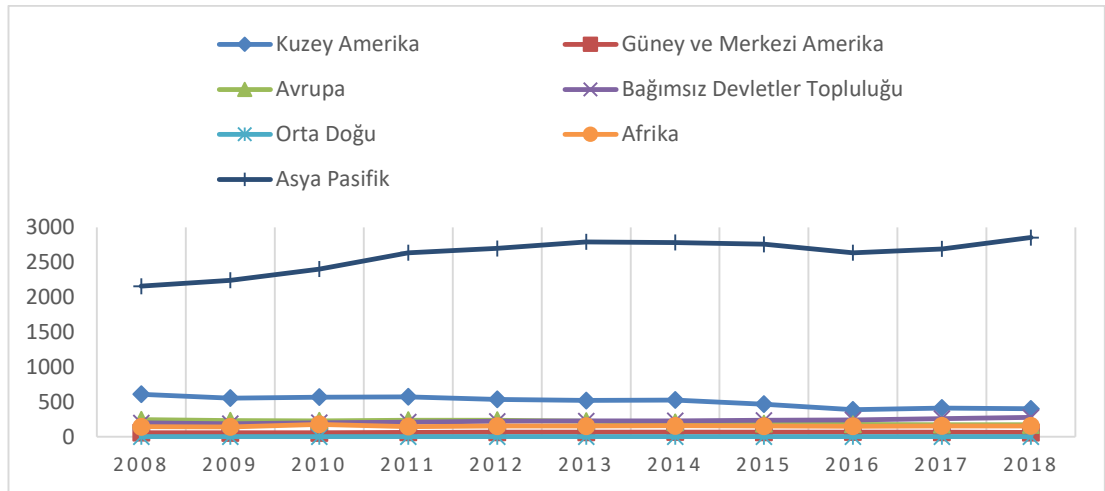
Grafik 17: 2018 Yılı Sonu İtibariyle Toplam İspatlanmış Rezervler: Bölgesel Olarak



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Dünyada bölgesel olarak 2018 yılı toplam ispatlanmış kömür rezervlerine bakıldığında 444888 Milyon Ton ile Asya Pasifik Bölgesinin çok büyük farkla önde olduğu görülmektedir. İkinci sırada 258012 Milyon Ton ile Kuzey Amerika yer almaktadır. 2018 yılı sonu itibariyle dünyada toplam ispatlanmış rezerv miktarı 1054782 Milyon Ton' dur (Grafik 17).

Grafik 18: Dünya Kömür Üretimi: Bölgesel Olarak*



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

*Milyon ton petrol eşdeğeri

Dünya kömür üretimine bölgesel olarak bakıldığında ilk sırada Asya Pasifik bölgesinin ikinci sırada ise Kuzey Amerika'nın geldiği görülmektedir. Bu bölgeler (özellikle Asya Pasifik) diğer bölgelere göre bariz bir üstünlüğe sahiptir. Burada en zayıf halka ise Orta Doğu'dur (Grafik 18).

Kömür dünya genelinde pek çok farklı alanda kullanılmaktadır. Bunların içinde en önemlisi elektrik üretimidir. Bunun dışında demir – çelik ve çimento üretimi de ekonomik faaliyetler açısından oldukça önemlidir. Kömürün en önemli kullanıcıları arasında alüminyum, rafineri, kâğıt üreticileri, kimya ve ilaç endüstrisi bulunmaktadır.

1.3.2.2.4. Nükleer Enerji

Nükleer enerji, bir atomun çekirdeğindeki enerjidir. Atomlar, evrendeki tüm maddeyi oluşturan minik birimlerdir ve enerji, çekirdeği bir arada tutan şeydir. Aslında, çekirdeği bir arada tutan güç resmen "güçlü kuvvet" olarak adlandırılır. Elektrik üretmek için nükleer enerji kullanılabilir, ancak önce atomdan serbest bırakılması gerekir (National Geographic, Nuclear Energy).

Nükleer enerji, nükleer reaksiyon sonucunda ortaya çıkar. Nükleer reaksiyon veya çekirdek tepkimesi, iki nükleer partikülün yani iki atom çekirdeğinin veya bir atom çekirdeğiyle atom dışından bir atom altı parçacığın (nükleon) çarpışarak atom çekirdeğinin kimliğinde ve özelliklerinde değişiklik yaratmasıdır. Bu gibi reaksiyonlarda yer alan atom altı parçacıklar yani bombardıman partikülü bir alfa partikülü, bir gama ışını fotonu, bir nötron, bir proton veya ağır bir iyon olabilir. Her durumda, bombardıman partikülünün pozitif yüklü çekirdeğe yaklaşmak için yeterli enerjiye sahip olması gerekir (Encyclopaedia Britannica, 2018). Bazen bir çekirdek, herhangi bir çekirdeğin doğasını değiştirmeden başka bir çekirdekle veya parçacıkla etkileşime girerse, işlem, nükleer bir reaksiyondan ziyade nükleer bir saçılma olarak adlandırılır. Belki de en dikkate değer nükleer reaksiyonlar, yıldızların ve Güneş'in enerji üretimine güç sağlayan ışık elementlerinin nükleer füzyon reaksiyonlarıdır. Doğal nükleer reaksiyonlar, kozmik ışınlarla madde arasındaki etkileşimde de oluşur. İnsan tarafından kontrol edilen en önemli nükleer reaksiyon nükleer reaktörlerde

meydana gelen fisyon reaksiyonudur. Nükleer reaktörler, bir nükleer zincir reaksiyonunu başlatan ve kontrol eden yapılardır (<https://www.nuclear-power.net>).

Nükleer Enerji üç nükleer reaksiyondan birisi ile oluşur (Aydın, 2014: 177-178):

- Füzyon
- Fisyon
- Yarılanma

Füzyon, atomik parçacıkların birleşme reaksiyonudur. Hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları meydana getirdiği tepkimelerdir. Fisyon, atom çekirdeğinin zorlanmış olarak parçalanmasıdır. Ağır radyoaktif maddelerin dışarıdan nötron bombardımanına tutularak daha küçük atomlara parçalanması olayını ifade eder. Yarılanma ise çekirdeğin parçalanarak daha kararlı hale geçmesidir. Doğal (yavaş) çekirdek parçalanmasıdır.

Nükleer enerjinin tarihsel süreçteki gelişiminde üç temel aşama olduğu söylenebilir (<https://nuclear-energy.net>):

- Elementlerin fiziksel ve kimyasal bilimsel çalışmaları
- II. Dünya Savaşı sırasında nükleer bombanın gelişimi
- Nükleer enerjinin sivil alanlarda kullanılması

Bilimsel çalışmalar, ilk Yunan filozoflarının atomları tanımlamaya başlamasından ilk nükleer bombaların gelişimine kadar ki dönemi kapsamaktadır. Bu süreçte farklı bilim insanları elektronların, nötronların, protonların varlığını ve bir atomu diğerinden daha radyoaktif yapan özelliklerin varlığını keşfetmişlerdir. Yunan filozofu Democritus M. Ö. 5. Yüzyılda maddenin en küçük bileşeni olarak atomu tanımlamıştır. Atom terimi, bölünemez anlamına gelen Yunanca bir kelimedir. Daha sonra 1803 yılında İngiliz kimyager John Dalton “Yeni bir kimyasal felsefe sistemi” isimli kitabında elementlerin belirli atom kombinasyonlarından oluştuğunu ve aynı elementin tüm atomlarının aynı olduğunu belirtmiştir. Nükleer enerji, Fransız fizikçi Antoine-Henri Becquerel tarafından 1896 yılında tesadüfen uranyum maddesinin radyasyon ürettiğinin yani karanlıkta yayılan X-Ray ışınların fark edilmesi ile keşfedilmiştir (Nuclear Energy, 2019).

1902’de Ernest Rutherford, radyoaktivitenin çekirdekten alfa veya beta partikülü yayan spontan bir olay olarak farklı bir element yarattığını göstermiştir. Frederic Soddy, 1911’lerde doğal olarak radyoaktif elementlerin aynı kimya ile bir dizi farklı izotoplara sahip olduğunu ve Chadwick’de 1932’de nötronu keşfetmiştir. 1932’de Cockcroft ve Walton hızlandırılmış protonlarla atomları bombalayarak nükleer dönüşümler üretmiştir (World Nuclear Association, 2019).

Enrico Fermi, nükleer enerjinin keşfedilmesinde önemli bir isim olarak kabul edilir, Fermi, protonlar yerine nötronlar kullanıldığında çok çeşitli yapay radyonüklidlerin oluşabileceğini keşfetmiştir. İtalya’nın Roma şehrinde doğan bu bilim insanı atomu bölen ilk bilim insanıydı. Araştırmaları, nükleer enerjinin keşfedilmesine önemli katkılar sağlamıştır. Leo Szilard ile birlikte Fermi, nükleer zincir reaksiyonlarına neden olan ilk nükleer reaktörü keşfetmiştir. Fermi, nükleer enerji üzerine yaptığı araştırmalarla 1938 yılında Nobel Fizik Ödülünü almaya hak kazanmıştır (Alternative Energy Secret, 2019).

Tarihteki büyük icatların çoğu askeri kökenlidir. Bu nükleer enerji içinde böyle olmuştur. II. Dünya Savaşından hemen önce ve savaş boyunca nükleer araştırmalar temel olarak savunma silahlarının geliştirilmesine odaklanmıştır. Çalışma Manhattan Projesi kod adıyla yapılmıştır. 1939 yılında II. Dünya savaşının başlangıcında Albert Einstein, ABD Başkanı FD Roosevelt’e atom bombasını geliştirmelerini tavsiye ettiği ve bunu da en kısa sürede gerçekleştirebilmek için bilim adamları ile endüstri arasında işbirliği önerdiği bilinmektedir. Daha sonra Roosevelt bununla ilgili bir komisyon oluşturmuştur. Bombanın projesi orduya verilmiştir. 16 Temmuz 1945’de Alamogordo çölünde (New Mexico) ilk kez plütonyum atom bombası testi yapılmış ve başarılı olmuştur. 6 Ağustos 1945’de ise Hiroşima ve Nagasaki’ye atılan atom bombaları tarihini akışını değiştirmiştir (Nuclear Energy, 2019).

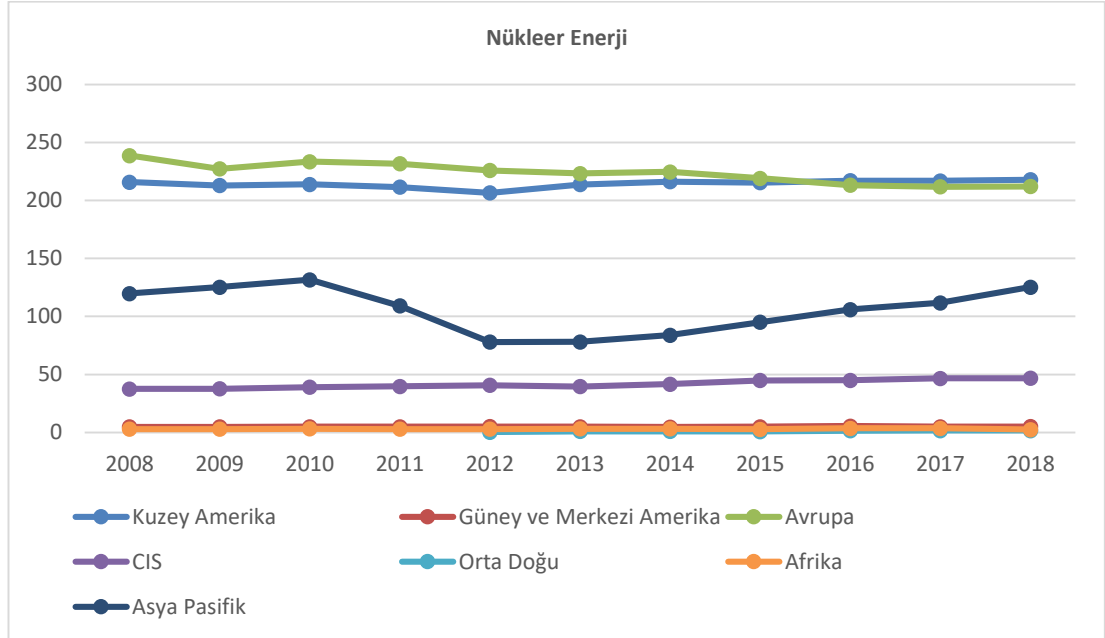
Savaştan sonra ABD Hükümeti barışçıl nükleer enerjinin sivil amaçlar için geliştirilmesini teşvik etmiştir. ABD Kongresi 1946 yılında Atom Enerjisi Komisyonunu (AEC) oluşturmuştur. Komisyon Idaho’daki bir tesiste deneysel amaçla bir reaktörün yapımına izin vermiş (EBR 1) ve reaktör nükleer enerjiden ilk elektriği 20 Aralık 1951’de üretmiştir. 1950’lerin ortalarında nükleer araştırmaların

ana hedefi nükleer enerjinin ticari kullanım için elektrik üretebileceğine odaklanmıştır. Nükleer enerjiyle çalışan ilk ticari elektrik üreten tesis Pennsylvania, Shippingport'ta kurulmuştur. ABD'de Westinghouse 1960 yılında başlayan 1992 yılına kadar 250 MWe'lik tamamen ticari ilk PWR'yi tasarlayarak faaliyete geçirmiştir (World Nuclear Association, 2019).

Nükleer reaktör, uranyum atomlarının parçalanması sonucunda ortaya çıkan enerjiyi jeneratör türbinlerini itmek için gerekli olan buharı elde etmede kullanan bir yapıdır. Bir nükleer santral kurmak için zenginleştirilmiş uranyum gereklidir. Yani reaktörler fosil yakıt yerine uranyum kullanır (NEU,2019).

Nükleer santrallerde, kalifiye işgücü, atıkların depolanması ve yaşanan büyük nükleer kazalara rağmen nükleer enerji halen birçok kişiye göre günümüzün ve geleceğin en önemli enerji kaynaklarından birisi olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni de karbon dioksit ve diğer sera gazlarının salınımına neden olmadan büyük miktarda elektrik üretebilmesidir.

Grafik 19: Dünyada Bölgesel Olarak Nükleer Enerji Tüketimi* (2008-2018)

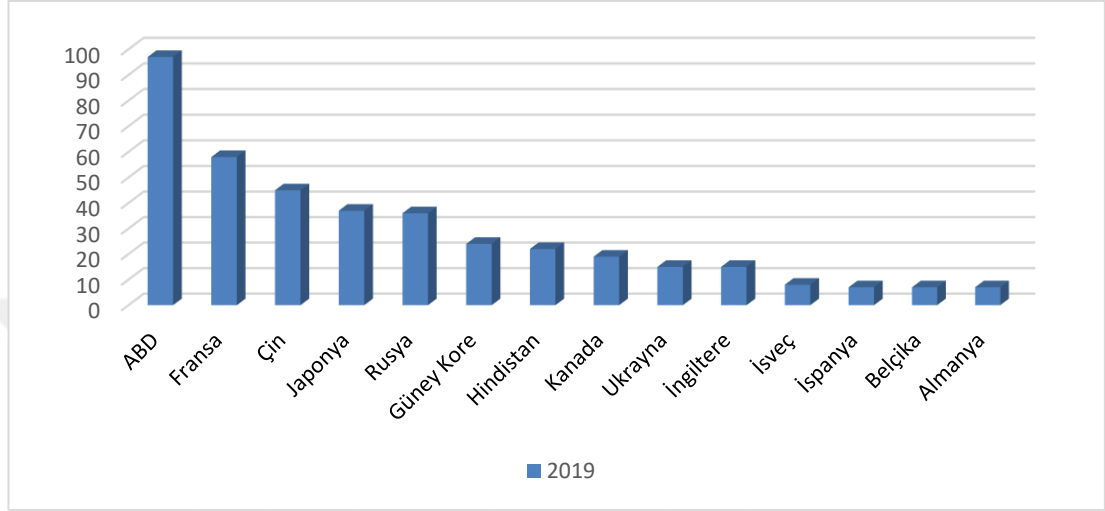


Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

*Milyon ton petrol eşdeğeri

Dünyada bölgesel olarak nükleer enerji tüketimine baktığımızda 2018 yılı itibariyle Kuzey Amerika'nın Başlı çektiği görülmektedir. İkinci sırada Avrupa ve üçüncü sırada da Asya Pasifik gelmektedir (Grafik 19).

Grafik 20: Ülkelere göre Haziran 2019 İtibariyle İşletilebilir Nükleer Reaktör Sayısı



Kaynak: STATISTA, Number of operable nuclear reactors as of June 2019, by country, <https://www.statista.com>

Ülkelere göre Haziran 2019 itibariyle işletilebilir nükleer reaktör sayısına baktığımızda ise ABD, Fransa ve Çin'in ilk sırada olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, 1990'lı yıllardan sonra Nükleer teknolojinin tıpta, endüstride, bilimde, gıda ve tarımın yanı sıra enerji üretiminde önemli bir rol oynadığını söylemek mümkündür. Hatta arkeologların tarih öncesi nesnelere doğru bir şekilde tarihlendirmek için, heykel ve binalardaki kusurları bulmak için de nükleer teknikler kullandıkları görülmektedir. Ancak günümüzde nükleer endüstrinin pek karmaşık sorunlarla karşı karşıya olduğu da inkâr edilemez.

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ -EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ VE TÜRKİYE'DE ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GENEL YAPISI

2.1. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi

Enerji, rasyonel kullanılması gereken kıt bir kaynaktır. Nüfus artışı, teknolojik gelişim ve sanayileşme ile birlikte dünyada enerji tüketiminin gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Ülkelerin refah ve gelişmelerine sağladığı katkıdan dolayı birincil derecede önemli olan enerji, son dönemde uluslararası sistemde en stratejik araçlardan biri haline gelmiştir.

2.1.1. Ekonomik Büyüme ve Kalkınma Kavramı

Ekonomik büyüme temelde, bir ekonominin üretim hacminde dönemler itibarıyla ortaya çıkan artış ya da iki dönem arasında ekonominin mal ve hizmet üretme kapasitesinin reel olarak artması şeklinde tanımlanmaktadır (Turan, 2008:11; Moroianu & Moroianu, 2012: 135-136). Yani, Ekonomik büyüme, artan üretim ölçeğinden ve gelişmiş üretkenlikten (ürün ve süreçlerdeki yenilikler) kaynaklanan ürün ve hizmet talebini karşılama kapasitesindeki sürekli gelişmedir (DFID). Ekonomik büyüme hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından oldukça önemli bir konudur. Literatürde farklı ekonomik büyüme kavramları ve bunları ölçmenin de farklı yolları vardır. Ancak kabul gören temel anlayış ekonominin uzun vadeli kapasitesindeki artıştır ve bu da bir ülkede reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'daki (GSYH) değişimler ile ölçülür (Haller, 2012: 66-67). Ancak gelişmiş ülkeler reel GSYH'de yıllar itibarıyla ortaya çıkan değişime önem verirken, gelişmekte olan ülkeler daha çok ekonomik kalkınma kavramına odaklanmaktadır.

Ekonomik kalkınma kavramı ekonomik büyümeyi de kapsayan daha geniş bir kavramdır. Toplumdaki iktisadi yapının dönüşümünün sağlanmasının yanında sosyal, kültürel ve siyasal yapılarının da değiştirilmesini ve geliştirilmesini ifade etmektedir. Yani kişi başına düşen milli gelirin artmasının yanı sıra genel olarak üretim faktörlerinin etkinliğinin ve miktarlarının değişmesi, sanayi kesiminin milli gelir ve

ihracat içerisindeki payının artması gibi değişiklikler kalkınmanın temel unsurlarını oluşturmaktadır. Dolayısıyla ekonomik kalkınma çok karmaşık bir süreci ve olguyu temsil etmektedir. Büyüme kavramı ise nicel bir büyüklüktür ve ekonomide mutlaka yapısal değişimi gerektirmez. Büyüme ile kalkınma arasındaki en temel fark, büyümede mevcut ekonomik yapı esas alınırken kalkınmada mevcut ekonomik yapının değiştirilmesinin ve geliştirilmesinin esas alınmasıdır (Taban & Kar, 2015: 3-4; Mladen, 2015:55-56).

2.1.2. Ekonomik Büyüme Teorileri

Büyüme karmaşık bir süreçtir. Ancak büyümenin temel teorileri kavramsal olarak basittir. Ekonomik büyüme Teorileri, temelde iki başlık altında incelenebilir. Bunlar; Dışsal Büyüme Modelleri (Özellikle Neo-Klasik Büyüme Modeli) ve İçsel Ekonomik Büyüme Modelleri olarak ifade edilebilir (Gould & Ruffin, 1993: 25-26).

Neo-Klasik Büyüme Modeliyle ilgili çalışmalar 1950'li yılların sonlarında ortaya çıkmıştır. Neo-Klasik Büyüme Modeli, bir ekonomide sermaye stokunda ortaya çıkan büyüme, işgücündeki büyüme ve teknolojik gelişmenin nasıl bir etkileşim içerisinde olduklarını ve bunun ülkenin büyümesi üzerinde nasıl bir etki yarattığını görmek amacıyla tasarlanmış modeldir. Bu bağlamda teknolojik gelişme dışsal bir etken olarak kabul edilmektedir. Bunun nedeni teknolojik gelişmenin ekonomik faktörlerden etkilenmediğinin kabul edilmesidir. Fakat bu modelin uzun dönemde denge durumunda olan bir büyümeyi açıklamak gibi amacı yoktur. Model, zaten büyümekte olan bir ekonominin aşamalarını açıklar. Dışarıdan herhangi bir teknolojik gelişim öngörülmediği sürece ekonomi kendisini dengeye getirecek mekanizmalara sahiptir. Denge sağlandıktan sonra da sürekli değişmeden kalacaktır (Taban, 2016: 109).

İçsel Büyüme Modellerinin temelinde A. Smith görüşlerinin yattığı söylenebilir. A. Smith, emeğin verimliliğini piyasa boyutunun artan bir fonksiyonu olarak kabul etmiştir. İş bölümünün artmasının emeğin verimliliğinde artışa neden olacağını ifade etmiştir. 1928 yılında A. Young, A. Smith'in bu analizini genelleştirmiştir. Endüstriyel yapı ve dallar arasındaki iş bölümünü genişleterek ortaya çıkacak

zincirleme reaksiyonlar sonucu verimlilikteki ve büyümedeki artışın içsel olduğunu ortaya koymuştur. Diğer taraftan bazı çağdaş iktisatçılarda analizlerinde A. Marshall'ın geliştirdiği dışsal ekonomiler kavramını yeniden ele almışlardır. 1986 yılında, Paul Romer'in yazdığı bir makaleyle tüm bu analizlerin güncelleşmesine katkı yaptığı söylenebilir. Romer'in çalışması sadece A. Marshall ve A. Young'ın değil aynı zamanda K. Arrow'un da çizgisindedir (Parasız, 2003: 169-170).

Standart Neo-Klasik Modeller, büyümenin temelinde sermaye birikiminin olduğunu savunmaktadır. Sermayeye yapılan yatırımlar uzun dönem denge durumunu karakterize eden durağan hale doğru geçişsel bir büyüme sağlamaktadır. Ancak uzun dönem dengesinde sermaye birikiminin büyümenin temel kaynağı olmaktan çıktığı söylenebilir. Sermayenin de ötesinde geliri belirleyen en önemli unsur emeğin etkinliğidir. Emeğin etkinliğini arttıran en önemli faktörde bilgidir (Yeldan, 2010: 221).

Bilgi, teknik ilerlemenin en önemli unsurudur ve aynı zamanda bir çıktıdır. Çünkü bir çıktı olarak bilginin de üretilmesi gerekir. Fiziksel mallar zaman içerisinde aşındığı ve yenilenmesi gerektiği halde bilgide böyle bir şey söz konusu değildir. Bilgi kendi kendini besleyerek gelişebilir. Bilgi üretimi nihai mal üretimi gibi değildir. Bilgi emek gücünün zamanının bir bölümünü temsil etmektedir. Bilgi hem nihai mal hem de bizzat kendisinin üretimine girer. Her firma diğer firmalar tarafından biriktirilen bilgiden yararlanacaktır. Bilgi çok soyut ya da uygulamaya yönelik olabilir. Farklı bilgi tiplerinin ekonomik büyümede önemli bir rol oynayacağı söylenebilir. Farklı bilgilerin birikimini belirleyen unsurların aynı olması gerekmez ve beklenemez. Burada özellikle üzerinde durulması gereken nokta P. Romer tarafından vurgulandığı gibi tüm bilgi türlerinin rakiplerinin olmamasıdır. Bu temel özellik bilginin üretiminin ve kullanımının rekabetçi piyasalar tarafından yönetilemeyeceğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Ancak Romer burada ikinci boyutunu da vurgulamaktadır. O da bilginin dışarıda tutulabilirliğidir. Dışarıda tutulabilirlik hem bizzat bilginin doğasına hem de mülkiyet haklarını yöneten kurumlara bağlıdır. Bilgiyi geliştirici kaynak tahsisini dört temel faktör etkilemektedir. Bu faktörler (Parasız, 2003: 174-176);

- Temel bilimsel araştırmaların desteklenmesi
- AR-GE ve Yeniliği özel güdüleri
- Yetenekli bireyler için alternatif fırsatlar
- Yapararak ğrenmedir.

İçsel büyüme modellerinde eğitimi işgücü ve teknolojik yenilik uzun vadeli büyüme oranını belirlemede özel bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişmenin ekonomideki fiyat, kar gibi ekonomik sinyallere bir tepki sonucunda ortaya çıktığı görülmektedir. Başka bir ifadeyle, teknolojik gelişme ekonomik sistem açısından içsel bir süreçtir (Seyidoğlu, 2006:844-845).

2.1.3. Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi

Dünya nüfusunun her geçen gün artması ve buna yönelik olarak artan üretim ihtiyaı ve teknolojik gelişmeler enerjiye olan talebi de gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu süreçte ülkeler, enerjiyi en verimli şekilde kullanmayı ve en düşük maliyetle gerçekleştirmeyi amaçlamaktadırlar. Bu bağlamda, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantının teknolojik gelişmeler ve kaynaklar arasındaki karşılıklı ilişkilerden önemli ölçüde etkilendiği söylenebilir. Günümüzde, özellikle gelişmekte olan ülkelerin, güçlü bir enerji artışına ihtiyaç duydıkları görülmektedir. Bunun temelinde, hızlı ekonomik büyüme ve endüstriyel gelişme, yüksek nüfus artışı, kentleşme ve geleneksel ticari olmayan yakıtların ticari enerji ile ikame edilmesi yatmaktadır (Adaçay, 2014:88). Ancak tüm bu gelişmelere paralel olarak insanların yaşam kalitesinin ve ekonomik refah seviyelerinin artmasının yanında ekolojik sorunlar ve evre kirliliği de gittikçe ciddi bir hal almaktadır. Bu da sürdürülebilir ekonomik büyüme ve hatta insanların sağlığı üzerinde ciddi risk yaratmaktadır. Bu nedenle, dünyadaki ülkeler arasında enerji tasarrufu ve emisyon düzeyinin azaltılmasına odaklanan faaliyetler gündeme gelmektedir Aynı zamanda, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişki üzerine araştırmalar enerji ekonomisi endüstrisinde de önemli bir konu haline gelmiştir (Nan & Xu, 2018:817)

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki bağı anlamak, enerji politikalarının anahtarıdır denilebilir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ilişkili olduğu kabul edilmektedir, ancak bu ilişkinin yönü her zaman açık değildir.

Bir ülkenin enerji yapısındaki yenilenebilir enerjinin artan payının, ekonomik kalkınmayı etkilerken gelecekteki artan enerji talebini karşılamaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Fosil yakıtlarla ilişkili çevresel etkinin azaltılmasının yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji kaynaklarının çeşitliliğini de artırabilir ve potansiyel olarak, enerji güvenliğine ve enerji arzının uzun vadeli kullanılabilirliğine katkıda bulunabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel enerji kaynakları olmadan daha az gelişmiş alanlarda kullanılabilir ve iklim değişikliği ile ilgili maliyetleri azaltabileceği için bölgesel kalkınmayı da destekleyebilir (European Commission, 2013).

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyle ilgili olarak iki farklı anlayış olduğu söylenebilir. İlki, enerjinin büyümenin temeli olduğu ve enerji olmadan hiç bir şey yapılamayacağıdır. Yani enerji tüketimi ekonomik büyümenin en önemli faktörüdür. Diğer görüşe göre ise, enerjinin büyüme üzerinde etkisiz olduğudur. Enerjinin büyüme üzerindeki etkisizliğinin ana nedeni ise enerji maliyetinin GSYH içindeki payının çok az olması ve dolayısıyla çıktı artışına önemli bir katkıda bulunmamasıdır.

Bu yüzyılda insanoğlunun karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi gelecekte sürdürülebilir enerjinin varlığıdır. Dünyanın her köşesindeki insanların davranışları, yaşam tarzları, seçimleri ve tercihleri enerjinin geleceğini şekillendirme konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Dünyadaki pek çok ülkede enerji yoğunluğunun azalmakla birlikte genel ekonomik büyümeyi dengelemeye ve enerji tüketimini mutlak olarak azaltmaya yetecek oranda düşmediği görülmektedir (IAC, 2010: xvii-xviii).

2.2. Türkiye’de Enerji Sektörünün Genel Yapısı

Günümüzde enerjiden yararlanmak hem modern çağın gereği ve hem de temel bir insan hakkıdır denilebilir. Enerjiyle ilgili temel ölçüt, enerji kaynaklarının değerlendirilmesinden başlayarak üretim, iletim, dağıtım aşamalarında toplum çıkarlarının gözetilmesi, bütün bu süreçlerde çevreye, iklime ve doğaya olumsuz etkileri asgari düzeyde tutulması gerekliliğidir. Türkiye’nin, özellikle son dönemlerde, enerji ihtiyacının karşılanmasında plansız, kontrolsüz özel sermaye çıkarlarını gözetilen bir politika izlediği söylenebilir. Enerji iletimi ve dağıtımda yaşanan kayıplar ve nihai sektörlerde yaklaşık %50’nin üzerine çıkması muhtemel enerji tasarrufu imkânları göz ardı edilmiştir. Günden güne artan enerji ihtiyacını karşılamak için genelde enerji ithalatına başvurulmuş ve fosil kaynaklı ithalata dayalı yüksek maliyetli yatırımlar yapılmıştır. Uygulanan yanlış politikalar ya da alınması gerekirken alınmayan önlemler enerjideki dışa bağımlılık sorunu Türkiye için ciddi boyutlara ulaştırmıştır (tmmob, 2018).

Türkiye, linyit hariç fosil yakıtlar açısından zengin rezervlere sahip olmayan bir ülkedir. Dolayısıyla birincil enerji kaynaklarında tüketiminin dörtte üçünü ithal etmektedir. 2017 yılında Türkiye’nin enerji ithalatına ödediği para yaklaşık 35 milyar dolar civarındadır. Türkiye’nin Doğal gazda yaklaşık yüzde 99, petrolde ise yaklaşık yüzde 91 oranında dışa bağımlı olmasının önemli bir arz güvenliği riski oluşturduğu söylenebilir. Ayrıca dünya piyasalarında enerji fiyatlarında yaşanan artışlar Türkiye’nin maliyet enflasyonu üzerinde de önemli baskılar oluşturmaktadır (Sönmez, 2018: 46).

2.2.1. Türkiye’de Enerji Sektörü

Çevre ve doğal kaynakların yapısı, sahipliği ve kullanımı toplumların tarihsel süreçteki gelişiminde oldukça önemli bir rol oynamıştır. Özellikle enerji, ekonomik yaşamda merkezi öneme sahiptir ve enerji tüketiminin etkilerinin son iki yüzyılda merkezi bir sorun haline geldiği söylenebilir (Malanima, 2014:1).

Dünyada enerji tüketimi her yıl ortalama olarak %5 oranında artış göstermektedir. Bu hızla fosil yakıtların (özellikle de petrolün) bu yüzyılın sonunda büyük oranda tükenmesi beklenmektedir. Bu günkü duruma baktığımızda kuzey petroleri sınıra dayanmış durumda ve Orta Doğu'da ki kuyuların büyük bir kısmı da seksen yılı doldurmuş vaziyette. Mevcut rezervlerin ömrünün günümüz tüketim hızıyla 60 yıl içerisinde tükenme olasılığı oldukça yüksek görünüyor. Elbette yeni rezervler bulunacaktır ama bu rezervler ya derin denizlerde ya da kutup bölgelerinde olacak ve maliyetleri yenilenebilir kaynaklarla rekabet edemeyecek düzeylere yükselecektir. Diğer taraftan yenilenebilir enerji teknolojilerinin hızla gelişmesi ve bunun sonucunda düşen maliyetleri bu kaynaklara olan yönelimi arttırmaktadır. Çünkü enerji maliyetlere etki eden önemli girdilerden bir tanesidir. Örneğin, 2017 yılında, PV güneş enerji santrallerinin kapasitesindeki artış diğer tüm enerji kaynaklarına dayalı santrallerin kapasitelerinden daha fazla gerçekleşmiş; son beş yıl içerisinde güneş enerjisinin maliyeti %70, rüzgâr enerjisinin maliyeti %25 ve bataryaların maliyeti de %40 oranında düşmüştür (Ulusaler, 2018: 137-138).

Cumhuriyetin ilk kuruluş yıllarında Atatürk, sahip olduğumuz enerji kaynaklarının değerlendirilmesinin kalkınmanın ana unsuru olduğuna işaret etmiş ve 1935 yılında Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nü, Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ni ve elektrik üretim işletmelerinin finanse edilmesi için de Etibank'ı kurduştur.

Türkiye enerji kullanımında petrol ve doğal gaz başta olmak üzere yüksek oranda fosil yakıtlara bağımlı bir ülkedir. Sahip olduğu en büyük enerji kaynağı düşük kalorili yerli kömürden ibarettir. Dikkate değer başka kayda değer fosil enerji kaynağına da sahip değildir. Bu yapıdaki bir enerji yapısının cari açıkları sürekli beslemesi kaçınılmazdır. Öncelikle bu yapının değiştirilmesi gerekmektedir. Ulaşılabilir, kesintisiz, düşük maliyetli enerji arzının sağlanmasına yönelik enerji politikalarının oluşturulması kaçınılmazdır. Sürekli gündemde olduğu gibi ülke jeostratejik açıdan önemli bir konuma sahip olsa da bu durumun öyle sanıldığı kadar da avantaj sağladığı söylenemez (Ulusaler, 2018: 144).

2.2.2. Türkiye’de Enerji Kaynakları

Türkiye’nin enerji potansiyeli fosil ve yenilenebilir kaynaklar olarak iki başlık altında toplanabilir. Türkiye fosil enerji kaynakları noktasında yalnızca linyit rezervlerinde kendi ihtiyaçlarını karşılayacak düzeydedir. Türkiye fosil yakıtlarda çok yüksek oranda dışa bağımlı bir ülkedir.

Türkiye Yenilenebilir enerji kaynakları açısından ise hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biokütle enerjisi konusunda önemli bir potansiyele sahiptir (Yılmaz, 2012: 38). Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığı yüzde 70 civarındadır. Bu oldukça yüksek bir orandır ilerleyen dönemlerde bunun daha da artmaması için yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının teşvik etmek kaçınılmazdır.

2.2.2.1. Türkiye’de Yenilenemez Enerji Kaynakları

Ekonomik ve sosyal açıdan bakıldığında enerji toplumların yaşam standartlarında ve ülkelerin gelişiminde ilerlemeyi sağlayan en önemli faktördür denilebilir. Sanayi alanındaki ve teknolojiadaki gelişmeler ve değişimler ile birlikte dünya nüfusunun sürekli artması enerji ihtiyacını da arttırmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları olarak petrol, kömür ve doğal gaz, çekirdek kaynaklı nükleer enerji sayılabilir. Ancak dünyadaki fosil kaynaklı yakıt rezervleri giderek azalmaktadır. Hatta özellikle de petrol ve doğal gaz rezervlerinin kritik seviyelere ulaştığı söylenebilir.

Dünya birincil enerji arzının 1973 ve 2017 yılları arasında 2,2 kat artarak 13.511 mtep (milyon ton eşdeğer petrol) düzeyine ulaştığı görülmektedir (BP, 2018). Birincil enerji tüketimi, 2017-2018 döneminde de % 2,9 oranında artmıştır. Bu oran son on yıllık ortalamanın yaklaşık iki katı seviyesinde ve 2010 yılından bu güne kadarki en yüksek düzeydir. Enerji tüketimindeki bu artışın % 40’ından fazlası doğal gazdan kaynaklanmıştır. Çin, ABD ve Hindistan enerji talebindeki küresel artışın üçte ikisinden fazlasını oluşturmaktadır ve ABD tüketimi son 30 yılın en yüksek seviyesine çıkmıştır. Büyümeye en büyük katkıyı günde ortalama 1,4 milyon v/g artarak petrol tüketimi sağlamıştır. Doğal gaz tüketimi 195 milyar metreküp (bcm) ya da % 5.3 oranında artış göstermiştir. Bu oran 1984 yılında bu güne kadar ki en hızlı

büyüme oranlarından biridir. Gaz tüketimindeki büyüme destekleyen ülkeler ABD (78 bcm), Çin (43 bcm), Rusya (23 bcm) ve İrandır (16 bcm). Kömür tüketimi son 10 yıllık büyümesini iki katına çıkararak % 1,4 oranında artış göstermiştir. Tüketimdeki bu artışın nedeni Hindistan (mtoe) ve Çin'in (mtoe) tüketimindeki artıştır. Bu süreçte OECD'nin talebi ise 1975'ten bu yana en düşük seviyesine gerilemiştir. Kömürün birincil enerji içindeki payı, % 27,2 ile son 15 yılın en düşük seviyesine gerilemiştir. Küresel kömür üretiminin 162 mtoe veya % 4.3 arttığı görülmektedir. Çin (82 milyon ton) ve Endonezya (51 mtoe) ile bu artıştaki en büyük paya sahip iki ülkedir. 2018 yılında hem kömür tüketimindeki (%1,4) hem de üretimindeki (% 4,3) artış son 5 yılın en yüksek düzeylerine ulaşmıştır. Kömür tüketimindeki büyüme, enerji sektöründe kömür kullanımının artmasından dolayı gerçekleşmiştir (BP, 2019).

2.2.2.1.1. Kömür

Kömür son yıllarda dünyanın en hızlı büyüyen dünyanın en önemli enerji kaynaklarından biridir. Polonya'da elektrik üretiminin % 94'ünden fazlası, Güney Afrika'da % 92'si, Çin'de % 77'si ve Avustralya'da da % 76'sı kömüre dayanmaktadır. Kömür yüzyıllarca bu önemli rolü oynamıştır. Sadece elektrik sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çelik ve çimento üretimi ve diğer endüstriyel faaliyetler için de önemli bir yakıttır. Biriken Silt ve diğer sedimanlar tektonik hareketler olarak bilinen yerkabuğundaki hareketlerle birlikte bataklıkların derinliklerine gömülmüşlerdir. Bu gömülme ile birlikte Bitki ve kısmen de hayvan artıkları yüksek sıcaklıklara ve basınçlara maruz kalmış, fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğramıştır. Bu değişimde, mikroorganizmaların da önemli rolü olduğu söylenebilir. Bu süreç onu önce turba daha sonra da kömür haline getirdi. Kömür formasyonu, ilk kömür çağı olarak bilinen 360 milyon ila 290 milyon yıl öncesine uzanan Karbonifer Dönemi'nde başlamıştır. Her kömür yatağının kalitesi, sıcaklık ve basınç ile ve 'organik olgunluğu' olarak adlandırılan oluşum süresinin uzunluğuna göre belirlenir. Başlangıçta turba linyit veya "kahverengi kömür" e dönüştürülür ki bunlar düşük organik olgunluğa sahip kömür türleridir. Diğer kömürlere kıyasla, linyit oldukça yumuşaktır ve rengi koyu siyahtan kahverenginin çeşitli tonlarında değişebilir. Milyonlarca yıldan fazla bir süredir sıcaklık ve basıncın devam eden

etkileri, linyitte organik olgunluğu kademeli olarak arttırarak ve onu 'alt bitümlü' kömürler olarak bilinen aralığa dönüştürmüştür. Daha fazla kimyasal ve fiziksel değişiklikler, bu kömürleri daha sert ve daha kara olan “bitümlü” veya “sert kömürler” e dönüştürmüştür. Doğru koşullar altında, organik olgunluktaki artış devam edebilir ve nihayetinde antrasit oluşabilir (WORLD COAL INSTITUTE, 2009: 2). Kısaca kömürün elementel analizine bakıldığında 4 safılığa ayrıldığı görülmektedir (Bowen & Irvin, 2008):

- Antrasit
- Bitümlü
- Alt bitümlü
- Linyit

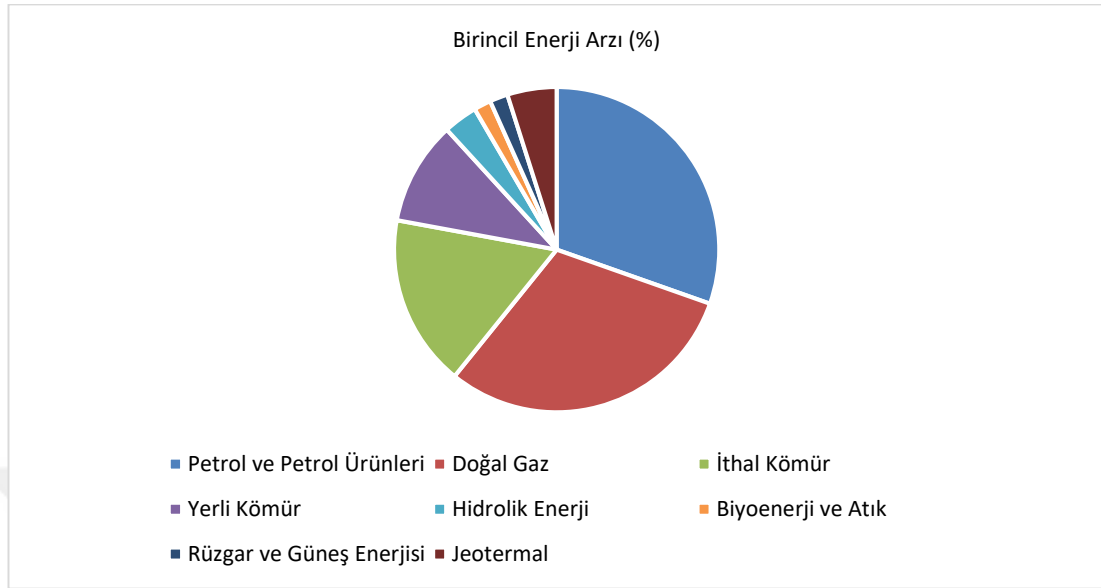
Kömürün bir enerji kaynağı olarak kullanılması, ikinci ve üçüncü yüzyıla Roma'ya dayanmaktadır; arkeolojik kanıtlar kazılarak çıkarıldığını ve bir ısıtma kaynağı olarak kullanıldığını göstermektedir. 1700'lerde kömür odun kömüründen daha temiz ve daha sıcak olduğu için yaygın olarak kullanılmış, dolayısıyla Endüstri Devrimi'ni de katkı sağlamıştır. Günümüzde kömür, küresel elektrik üretiminin% 41'ini oluşturan elektrik enerjisi için birincil enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Çin ve Hindistan da dâhil olmak üzere geliştirmekte olan ülkeler, yalnızca artan elektrik talebini karşılamak için değil, aynı zamanda beton ve çelik üretimi için de - kentleşmenin yapıtaşlarını karşılamak için - büyüyen ekonomilerini desteklemek için büyük ölçüde kömüre güveniyorlar.

İlk ampulden modern elektrik şebekesine kadar bugünün modern kömür gücünün kökleri, 19. yüzyılın sonlarında Thomas Edison'un karbon filament ampulünü duman yayan gaz ve yağ aydınlatmasının yerini almasını için icat etmesine dayanır. Edison 1882'de New York'ta kömürle çalışan Pearl Street İstasyonunu aydınlatma için elektrik sağlayan ilk kalıcı elektrik santralini kurmuştur. 1900'lerin başlarında Westinghouse tarafından alternatif akımın (AC) piyasaya sürülmesiyle, elektrik enerjisi uzun mesafelere de iletilebilmiştir (NATIONAL COAL COUNCIL, 2015).

Dünyadaki enerji yapısında ortaya çıkan değişim, yeniden şekillenen coğrafi ve ekonomik dengeler enerji piyasalarının uzun dönemli çözümler üretme zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, teknolojik gelişme ve müşteri davranışları enerji pazarının öncelikli konuları olarak ortaya çıkmaktadır. Gelecekte yenilenebilir enerji dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağı olarak öne çıkacak gibi görünüyor. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarındaki bu artışa rağmen kömür, petrol ve doğal gaz 2040'a kadar temel enerji kaynakları olarak konumlarını koruyacaklar ve çok büyük olasılıkla küresel enerji tüketiminin yüzde 77'si 2040'ta hala fosil yakıtlardan sağlanıyor olacak (KPMG, 2018: 3).

Türkiye'de son 10 yıllık süreçte birincil enerji tüketiminde ortalama yıllık artış oranı %3,9 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2017 yılında birincil enerji arzı bir önceki yıla göre %7 oranında artış göstererek 145,31 mtep olmuştur. Enerji arzının kaynaklara dağılımına baktığımızda ilk sırayı 44,28 mtep ile ham petrol ve petrol ürünleri alırken; ikinci sırada 44,32 mtep ile doğalgaz ve 39,56 mtep ile de üçüncü sırayı kömür almıştır. 2017 yılında, yerli kömür arzı toplam 15,07 mtep, ithal kömür arzı ise toplam 24,85 mtep düzeyindedir. Türkiye'de enerji tüketimi son on yılda %46 artış enerji üretimiye ise %28 oranında artış göstermiştir. Yerli kömür üretiminin enerji tüketimini karşılama oranı 2005 yılında %11,4 düzeyindeyken, 2015 yılında %9,9 düzeyine gerilemiş fakat 2017 yılında tekrar yükselişe geçerek %10,37 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2015 yılında Türkiye'deki enerji tüketiminin %23,9'u yerli kaynaklarından, %76,1 gibi önemli bir kısmı ise ithal kaynaklardan sağlanmıştır. Net enerji ithalatının kaynaklara dağılımı; 44,32 mtep doğalgaz, 44,28 mtep ham petrol ve petrol ürünleri; 39,05 mtep kömür ve 0,50 mtep kok şeklindedir (<http://www.tki.gov.tr>).

Grafik 21: Türkiye’de 2017 Yılında Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), Kömür Sektör Raporu 2017, 2018, <http://www.tki.gov.tr>

Birincil enerji arzının kaynaklara dağılımına baktığımızda 2017 yılında en büyük pay %30,4 ile 1980’li yılların ortalarından itibaren ithalatına başlanan doğalgazın olmuştur. Petrol ve petrol ürünleri %30,4 ile az bir farkla doğalgazdan sonra yer almış, yerli kömür %10,3 ve biyo enerji ve atıklar da %1,7 düzeyine gerilemiş; ithal kömür ise (taşkömürü ve kok) ise %17,1 seviyesine yükselmiştir. Burada dikkat çekici olan durum ise rüzgâr, güneş ve jeotermal kullanımının giderek artmasıdır (Şekil ghy).

Türkiye’de 2017 yılında kömür üretimi, 71,46 milyon ton linyit, 1,23 milyon ton taşkömürü ve 1,41 milyon ton asfaltit olmak üzere toplam 74,10 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde 1980’li yıllardan önce son derece düşük miktarlarda başlayan kömür ithalatının (kok kömürü dâhil), 1990’lı yıllarda 10 milyon tonu ve 2000’li yıllarda ise 20 milyon tonu geçtiği görülmektedir. 2015 yılı kömür ithalatı 34,5 milyon ton, 2016 yılı kömür ithalatı 36,8 milyon ton ve 2017 yılı ithalatı ise 39,1 milyon ton düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu rakamın 833 bin tonu kok kömürüdür. 38,3 milyon tonu ise taşkömürü ve antrasit kömüründen oluşmaktadır. Son yıllarda kömür ithalatındaki artışın en önemli nedeni, elektrik üretimi amacıyla

kullanılacak buhar kömürlerine olan talebin artmasıdır. Bu eğilimin devam etmesi halinde ithalatın önümüzdeki yıllarda da artarak süreceği ve kömür ithalat faturasının doğalgaz faturasına yakın düzeylere yükselebileceği anlaşılmaktadır. 2017 yılında en fazla kömür ithalatı yapılan ülke 14,22 milyon ton ile Kolombiya'dır. Daha sonra 14,16 milyon ton ile Rusya, 5,44 milyon ton ile ABD, 2,42 milyon ton ile Güney Afrika Cumhuriyeti, 1,3 milyon ton ile Avustralya ve 621.000 ton ile Kanada gelmektedir (<http://www.tki.gov.tr>).

2.2.2.1.2. Petrol

Petrol ve doğal gaz, tarih öncesi bitkilerin ve hayvanların kalıntılarında oluşmuştur - bu yüzden buna fosil yakıtlar denir. Yüz milyonlarca yıl önce, tarih öncesi bitki ve hayvan kumu, silt ve kayaların yanı sıra denizlere yerleşmiş halde kalır. Kayaçlar ve siltler yerleştikçe, nehirlerde, kıyı şeridinde ve deniz tabanında organik malzemeyi hapsederek yığılı bir tabaka üzerinde tabaka oluşur. Hava olmadan organik tabakalar çürümez. Zamanla, artan basınç ve sıcaklık, çamuru, kumu ve siloyu kayaya dönüştürmüştür. Petrol, bir süngerin su tutma şekline benzer şekilde kaya oluşumunda tutulur. Bazen bir sıvı (ham yağ) ve bazen bir buhar (doğal gaz) olarak var olan hidrojen ve karbon içeren yüzlerce farklı hidrokarbon molekülünün bir karışımıdır. Milyonlarca yıl boyunca, yeryüzünün derinliklerinde bulunan kaynak kayada oluşan petrol ve gaz, kayaların içindeki küçük, birbirine bağlı gözenek alanlarından yukarı doğru hareket etmiştir. Bazıları Dünya'nın yüzeyinde sızmıştır ancak petrol hidrokarbonlarının çoğu gözenekli olmayan kayalar veya diğer engeller tarafından tutulur. Bu yeraltı petrol ve gaz kapacları rezervuarlar olarak adlandırılır. Yaygın yanlışların aksine, rezervuarlar yeraltındaki "göller" değildir; gözenek boşluklarında önemli miktarda yağ ve gaz tutabilen gözenekli ve geçirgen kayalardan oluşurlar. Bazı rezervuarlar yüzeyin altında yüzlerce metre, diğerleri ise binlerce metre bulunurlar (<http://energy4me.org>).

Petrol, yaşam standartlarımızı destekleyen dünyanın en önemli yakıtıdır ve taşıma sistemleri için oldukça önemlidir. Petrolün rafine edilmesi ile benzin, mazot ve jet yakıtı gibi taşıma yakıtları ve ayrıca kerosen gibi ısıtma yağları üretilir. Rafine edilmiş yan ürünler de değerlidir. Plastik ve kimyasalların yanı sıra birçok

kayganlaştırıcı, balmumu, katran ve asfalt üretiminde kullanılırlar (APPEA, 2019). Ham petrol, 1850'lerden bu yana benzin ve dizel, yağlayıcılar ve endüstriyel kimyasallar gibi yakıtları yapmak için rafine edilmektedir. Sanayileşmenin de gelişimini petrole borçlu olduğu söylenebilir. Gelişmiş OECD ekonomilerinin petrol talebi toplam dünya talebinin % 66'sını oluşturmaktadır ve sürekli artmaktadır. 1980 ile 2008 arasında dünya talebi, günlük 60 milyon varilden 85 milyon varilin üzerine çıkarak % 40 oranında artmıştır (Economics Online, 2018).

2018 yılında dünyada ispatlanmış petrol rezervi 1.729,7 milyar varil olarak tespit edilmiştir. İspatlanmış bu petrol rezervinin 836,1 milyar varili (%48,3) Orta Doğu ülkelerinde, 325,1 milyar varili (%18,8) Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, 236,7 milyar varili (%13,7) Kuzey Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. Dünya petrol üretimi ise 2018 yılında 94,7 milyon varil/gün'e ulaşmıştır. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol 2018 yılı itibarıyla dünya enerji talebinin %33,6'sını karşılamıştır (TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Dünyadaki toplam petrol rezervlerinin yaklaşık % 70'i Türkiye'nin de içinde bulunduğu bölge coğrafyasında bulunmasına rağmen ülkemizin petrol açısından komşuları İran, Irak ve Suriye kadar zengin olmadığı görülmektedir. Bu durumun, ülkemizdeki jeolojik yapının farklılığından kaynaklandığı söylenebilir (Petrol-İş, 2012).

Türkiye'de İlk sondaj faaliyeti, 1890 yılında İskenderun'un Çengen yöresinde gerçekleştirilmiştir. Enerji ve petrol kalkınmanın ana unsuru olarak kabul edilerek Türkiye'de petrol kaynaklarının aranması ve işletilmesini düzenleyen, 1924 tarihli Romanya Petrol Kanunundan alınan ve ülke şartlarına göre hazırlanan ve Cumhuriyetimizin ilk Kanunu olan 22 maddelik 792 sayılı petrol kanunu 24 Mart 1926 yılında kabul edilerek ilk önemli adım atılmıştır. Petrol arama ve üretim faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere ilk oluşum 20 Mayıs 1933'de tarih ve 2189 sayılı "Altın ve Petrol işletme idaresi Teşkiline" dair kanunla gerçekleştirilmiştir. 20 Haziran 1935 yılında 2804 sayılı kanunla M.T.A Enstitüsü kurulmuş ve Petrol Arama ve işletme idaresi de bu Enstitüye bağlanmıştır (Gönülalan, 2009).

20 Nisan 1940 yılında Batman'da açılan Raman-1 kuyusunda Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk petrol keşfi yapılmış ve 1945 yılında da Batman Rafinerisi faaliyete geçmiştir. Amerikalı hukukçu ve jeolog Max Ball tarafından kaleme alınan 6326 sayılı Cumhuriyet Döneminin İkinci Petrol Kanunu ve 6327 Sayılı TPAO'nun kuruluş kanunu 792 Sayılı Kanun iptal edilerek 07.03.1954 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu kanun ile yerli ve yabancı tüm yatırımcılar teşvik edilmiştir (Cömert, 2008).

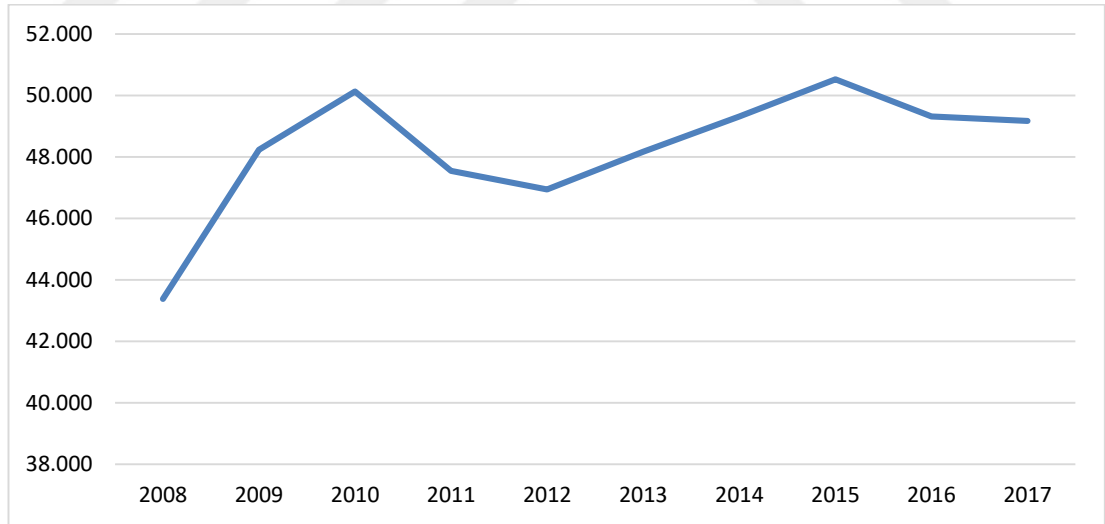
Bu yasada ilk değişiklik 13 Mayıs 1955 tarihinde 6558 sayılı düzenleme ile gerçekleştirilmiştir. İki sene sonra uygulamalardaki eksiklikler nedeni ile 6 Haziran 1957 tarihinde 6987 sayılı kanunla yeni eklemeler yapılmıştır. Kanunla; petrol arama ve üretim faaliyetlerinde yabancı şirketlere elverişli yatırım imkânları getirilmiştir. Bu dönemde (1954-1973) toplam 914 kuyu açılmış ve 58 yabancı şirket faaliyette bulunmuştur. 05.04.1973 tarihinde kabul edilen 1702 sayılı Kanun ile petrol kanununda değişiklik yapılmış ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü yeniden yapılandırılmıştır. 1702 sayılı Petrol Reformu Kanunu'nda getirilen kısıtlamalar yüzünden birçok şirket yatırımlarını başka ülkelere kaydırmıştır. Petrol üretiminde ortaya çıkan düşüşü önlemek amacıyla yabancı şirketlerin çekilmemesi için koşullar tekrar cazip hale getirilmeye çalışılmış ve bu amaçla 1983 yılında Petrol Kanunu'nda 28.3.1983 tarihli, 2808 sayılı Kanun ile yeniden düzenleme yapılmıştır. Düzenlemelere rağmen petrol arama ve üretiminde beklenen etki yaratılamamıştır. Getirilen liberal düzenlemeler sayesinde yatırımlar yeniden hız kazanmış ve petrol üretimi kısa sürede 2,5 katına çıkarak 1991 yılında zirve noktası olan yılda 4,5 milyon tona ulaşmıştır. 6326'nın içindeki bazı bölümler, 04.12.2003 tarihinde çıkarılan 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu'na ve 18.2.2001 tarihinde kabul edilen 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu'na, dâhil edilmiştir. 17 Ocak 2007 tarihinde Petrol Kanunu değiştirilmiş Yeni Türk Petrol Kanunu TBMM'de kabul edilmiş, ancak Dönemin Cumhurbaşkanı'nca 4 maddesi veto edilmiş ve TBMM'ye geri iade edilmiştir. Yaşanan bu sürecin etkisiyle üretim yarı yarıya düşmüş ve bu düşüş uzun süre devam etmiştir (Gönülalan, 2009).

11 Haziran 2013 tarihinde 28674 Sayılı ve 30.05.2013 Kabul tarihli Resmi Gazetede 6491 Sayılı Türkiye'de petrol arama ve üretim faaliyetlerinin düzenlenmesi,

yönlendirilmesi, teşvik edilmesi, denetlenmesi, arama ve üretim için gerekli bilgilerin ve verilerin toplanması, değerlendirilmesi ve kullanıma sunulmasına ilişkin usul ve esasları kapsayan Türk Petrol Kanunu yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Resmi Gazete, 2013).

Türkiye’de petrol üretimi 2008 yılında 43.379 v/g olarak gerçekleşmiştir. 2008-2017 arası dönemde en yüksek düzeye ise 50.250 v/g ile 2015 yılında çıkmıştır. Türkiye’de petrol ve doğal gaz üretimi (Akçakoca deniz alanlarındaki doğal gaz üretimi hariç) kara alanlarından yapılmaktadır. Türkiye’de 2017 yılı içinde 41 adet arama ve tespit kuyusu, 45 adet üretim kuyusu olmak üzere toplam 86 adet kuyu açılmıştır. 2015 ve 2016 yıllarında petrol fiyatlarının düşmesi ve şirketlerin buna bağlı olarak arama faaliyetlerine ayırdıkları kaynakları azaltmaları nedeniyle arama ve sondaj faaliyetleri azalma göstermiştir. 2017 yılında ise, geçen yıllara oranla petrol fiyatlarında görülen görece artışın etkisiyle arama faaliyetlerinde tekrar artış olduğu görülmektedir (Grafik 22).

Grafik 22: 2008-2017 Yılları Arası Türkiye’de Petrol Üretimi (v/g)



Kaynak: Türkiye Petrolleri, Petrol Üretimi, 2008-2017, <http://www.tpao.gov.tr>

2018 yılında 21 milyon ton olarak gerçekleştirilen ham petrol ithalatımızın yanı sıra 17,74 milyon ton petrol ürünü ithal edilmiştir. Buna karşın 8,88 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir. Toplam ithalat 2018 yılında 2017 yılına göre % 9,24 azalarak 42.653.430,593 tondan 38.711.454,518 tona gerilemiştir. İhracat ise aynı dönemde

% 12,04 azalarak 8.875.016,246 ton olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılında Türkiye'nin en fazla ithalat yaptığı üç ülke ve ithalat miktarları sırasıyla Rusya Federasyonu 9.758.156,107, İran 7.109.530,987 ve Irak 6.613.428,718 olarak gerçekleşmiştir. (EPDK, 2019).

Türkiye'nin petrol tüketimine baktığımız zaman ise 2017 yılında günlük ortalama 49 bin v/g ham petrol üretimi yapılmasına karşılık 550 bin v/g ham petrol tüketilmiş; 517 bin v/g düzeyinde ham petrol, 339 bin v/g düzeyinde ise işlenmiş ürün ithalatı gerçekleştirilmiştir. 2017 yılında, yerli ham petrol üretiminin, toplam tüketime oranı %5,4 olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılı itibariyle Türkiye'nin üretilebilir petrol rezervi 324 milyon varildir. Eğer yeni keşifler yapılmazsa mevcut üretim miktarı baz alınırsa kalan üretilebilir ham petrol rezervinin yaklaşık 18 yıllık ömrü bulunduğu düşünülmektedir. Türkiye'deki petrol sahalarının %7'si, 25 milyon varil rezervden daha büyük, kalan %93'ünün rezervi ise 25 milyon varilden azdır. Yani, Türkiye'de keşfedilmiş petrol sahalarının %93'ü küçük saha, %7'si ise orta büyüklükteki saha sınıfındadır. Türkiye büyük saha sınıfına giren 500 milyon varilden büyük rezerv barındıran sahaya sahip değildir. Sahaların büyük çoğunluğu yaşlı sahalar ve bu nedenle kuyu verimleri giderek düşmektedir (Türkiye Petrolleri, 2018).

2.2.2.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, dünya yüzeyinin derinliklerinde oluşan fosil enerji kaynağıdır. Doğal gaz birçok farklı bileşik içerir. Doğal gazın en büyük bileşeni, bir karbon atomu ve dört hidrojen atomuna sahip bir bileşik olan metandır (CH₄). Bunun yanı sıra doğalgazın bünyesinde homolog parafinler, karbondioksit (CO₂), hidrojen sülfür (H₂S) ve azot (N₂) gibi anorganik bileşiklerde bulunur. Doğalgazın bileşimi çıkarıldığı yere göre değişir. Milyonlarca ila 100 milyonlarca yıl önce ve uzun bir süre boyunca, yeryüzü yüzeyinde ve okyanus zeminlerinde kalın katmanlarda, bazen kum, silt ve kalsiyum karbonatla karıştırılmış bitki ve hayvan kalıntıları (diatomlar) oluşmuştur. Zamanla bu katmanlar kum, silt ve kaya altına gömülmüştür. Basınç ve ısı, bu karbon ve hidrojen bakımından zengin malzemenin bir kısmını kömür, bir kısmı da petrol (bir kısmı) ve bir kısmı da doğal gaz olarak değiştirmiştir (EIA, 2018).

Günümüzde doğal gaz konut, ticari ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ev ısıtması için kullanılan ana enerji kaynaklarından birisidir: Kullanımı kolaydır ve diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında doğal gaz kullanımı elektrikten daha ucuzdur. Amerikan konutların yarısından fazlası ısıtma için doğal gaz kullanmaktadır. Giderek, elektrik enerjisi üretimi için de doğal gaz kullanıldığı görülmektedir (Amerikan Gaz Association-AGA, 2019). Ayrıca doğal gaz çevreye verdiği zarar açısından da oldukça avantajlıdır. Örneğin kömürden % 45 daha az karbondioksit yayar. Doğal gazın nakliyesi deniz tankerleri, boru hatları ve küçük tanklar aracılığı ile gerçekleştirilir (Güvenek vd., 2017:3).

Türkiye de doğal gaz piyasasına baktığımız zaman bu piyasanın hukuki altyapısını oluşturan 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu'nda ithalat, iletim, depolama, toptan satış, ihracat, dağıtım, sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) dağıtım ve iletimi, yürütülmesi için lisans alınması zorunlu piyasa faaliyetleri olarak sayılmıştır. Türkiye'de doğal gaz arama ve üretim faaliyetleri, 6491 sayılı Türk Petrol Kanununa göre Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PİGM) tarafından verilen arama ve işletme ruhsatları kapsamında gerçekleştirilmektedir (EPDK, 2018: 19).

Doğal gaz piyasası ithalat, üretim ve tüketim detaylarına ilişkin veriler, bu verilerin tümünün toplandığı tek merci olan EPDK tarafından her yıl yayımlanan sektör raporlarında kamuoyu ile paylaşılmaktadır. 2007 yılında 874 milyon m³ olarak gerçekleşen doğal gaz üretimi 2008 yılında en yüksek üretimin gerçekleştiği 969 milyon m³ seviyesinden sonra başlayarak azalma eğilimine girmiş ve 2018 yılında 428 milyon m³ seviyesine düşmüştür. Bu yıllar arasındaki en düşük üretim hacmi ise 354 milyon m³ ile 2017 yılında gerçekleşmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: 2007-2018 Yılları Arasında Doğal Gaz Üretim Miktarları (Sm³)

Yıllar	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Miktar	874	969	684	682	759	632	537	479	381	367	354	428

Kaynak: EPDK, Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu 2018, Ankara, 2019, <https://www.epdk.org.tr>

1970'lerde kullanımına başlanan ve sahip olduğu avantajlar nedeniyle her geçen gün kullanım oranı ve alanları gittikçe artan doğal gazın talebinin karşılanmasında yurt içi rezerv ve üretim miktarlarının oldukça sınırlı düzeylerde kalması, Türkiye açısından doğal gaz ithalatını zorunlu hale getirmiştir. 1986 yılında Rusya'yla imzalanan yıllık 6 milyar m³ (plato) miktarındaki ilk alım anlaşmasının ardından, artan tüketim miktarının karşılanabilmesi amacıyla imzalanan diğer alım anlaşmaları da imzalanmıştır. Bu kapsamda sırasıyla Rusya (İlave Batı Hattı), İran ve Rusya (Mavi Akım Hattı)'dan doğal gaz alımına devam edilmiştir. Azerbaycan ile 12.03.2001 tarihinde imzalanan alım anlaşması kapsamında bu ülkeden de doğal gaz alımına başlanmıştır. Böylece mevcut durum itibariyle Türkiye, bu 3 farklı ülkeden yapılan doğal gaz alım anlaşmaları kapsamında boru hatlarıyla doğal gaz ithalatı gerçekleştirmektedir. 2018 yılında gerçekleştirilen ithalat miktarlarına bakıldığında Rusya Federasyonundan ithal edilen doğal gazın giriş yaptığı noktalar, %51,93'lük payla ilk iki sırada yer almaktadır. 2018 yılı itibariyle ülkemizin toplam doğal gaz arzının % 0,84'ü Türkiye'de üretilen doğal gaz ile geri kalan % 99,16'lık kısmı da yurt dışından ithalat lisansı sahibi şirketler tarafından değişik kaynaklardan gerçekleştirilen ithalat ile karşılanmıştır. Konunun ihracat yönüne baktığımızda ise ithal edilmiş veya yurt içinde üretilmiş doğal gazın yurt dışına ihraç faaliyeti, ihracat lisansı almış tüzel kişiler tarafından, lisanslarında belirtilen ülkeler dâhilin de gerçekleştirilebilmektedir. Bu çerçevede sadece BOTAŞ faaliyette bulunmaktadır (EPDK, 2019: 6-16).

Tablo 2: 2007-2018 Yılları Arasında Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Sm³)

Yıllar	Tüketim (Sm ³)	Bir Önceki Yıla Göre Değişim
2007	35.395	14,24
2008	36.865	4,15
2009	35.219	-4,47
2010	37.411	6,22
2011	43.697	16,80
2012	45.242	3,53
2013	45.918	1,50
2014	48.717	6,10
2015	47.999	-1,47
2016	46.395	-3,34
2017	53.857	15,87
2018	49.329	-8,41

Kaynak: EPDK, Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu 2018, Ankara, 2019, <https://www.epdk.org.tr>

2018 yılındaki ulusal doğal gaz tüketim miktarı 18/01/2018 tarih ve 7649-1 sayılı Kurul Kararı ile 54.523.999.692 Sm³ olarak tahmin edilen rakamdan %9,5 sapma göstererek 49.328.933.112,03 Sm³ olarak gerçekleşmiştir (EPDK, 2019: 57). Yıllara göre ulusal doğal gaz tüketim miktarları Tablo 2’de verilmektedir. Tabloya göre Türkiye’de doğal gaz tüketim miktarının istikrarlı bir çizgiye sahip olmadığı görülmektedir. En yüksek düzeye 53.857 m³ ile 2017 yılında çıktığı anlaşılmaktadır. 2018 yılında ulusal doğal gaz tüketiminde %8,41’lik azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu durumun büyük oranda, elektrik üretimindeki, sanayide kullanılan doğal gaz miktarlarındaki ve hane halkı gaz tüketimindeki azamadan kaynaklandığı söylenebilir.

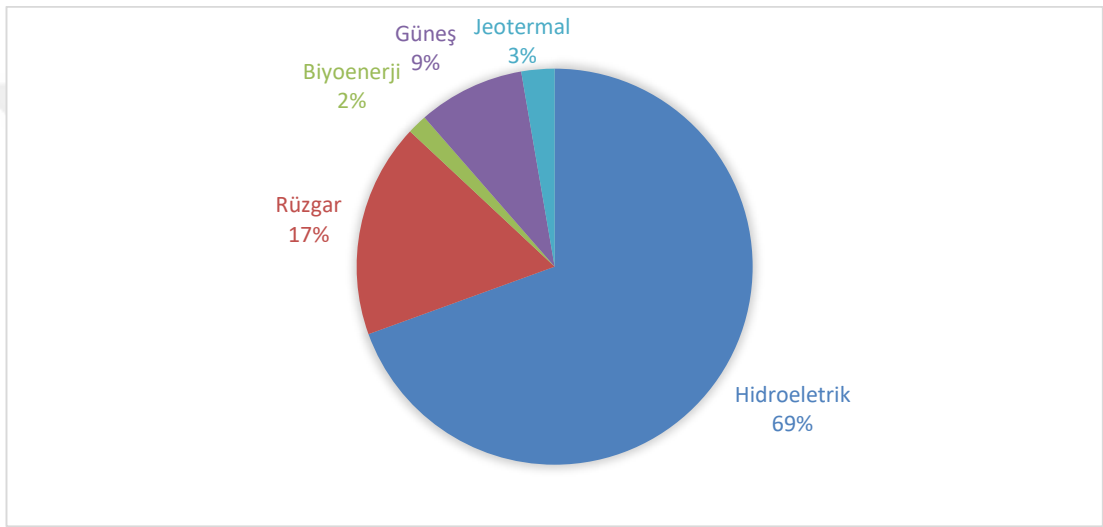
2.2.2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünya nüfusunda yaşanan hızlı artış ve sanayileşmeye paralel olarak artan enerji ihtiyacı gün geçtikçe azalan ve yenilenemeyen enerji (ya da fosil yakıtlar) kaynaklarıyla karşılanmaya çalışılmaktadır. Ayrıca enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan bu fosil yakıtlar günümüzün en büyük sorunlarından birisi olan çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden de birisidir. Fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı yarattığı çevre kirliliğinin yanında enerji konusunda dışa bağımlılık (enerji güvenliği sorunu) ve yüksek ithalat giderleri gibi sorunlara da yol açmaktadır. Arica dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükendiği gerçeği de göz ardı edilemez. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekliliği nedeni ile sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın her ülkesinde bulunabilmesi ile de büyük önem taşımaktadır (Çukurova Kalkınma Ajansı, 2012).

Dünyada başlıca yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr, hidrolik, güneş, hidrojen, biokütle, jeotermal, dalga şeklinde sınıflandırılabilir. Yenilenebilir enerji kullanımı doğaya zarar vermemesi ve tükenmeyen enerji olması bakımından önemli bir konuma sahiptir. Türkiye’nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü 2017 yılı sonu itibariyle 39,11 GW’dır. Elektrik üretiminin yaklaşık olarak %32’si yenilenebilir kaynaklar ile sağlanmaktadır. Bu kurulu gücün büyük bir kısmını hidrolik enerji oluşturmaktadır. Ülkemizde geçmiş 15 yıllık sürece bakıldığında bakıldığında

yenilenebilir enerji sektöründe önemli gelişmeler kaydedildiği görülmektedir. 2017 yılı dönemi içerisinde güneş, rüzgâr, hidrolik ve geri kalan yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşan santrallerin kurulu gücünde yaşanan artış 2.128 MW olarak hesaplanmış olup, yenilenebilir kaynaklar kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi 2002 yılında 34 milyar kWh iken, 2017 yılı sonu döneminde 69,4 milyar kWh olmuştur. Türkiye'nin 2017 yılı itibariyle yenilenebilir enerji kurulu gücü grafik 23'te görülmektedir (Koçvd., 2018: 98-99).

Grafik 23: Türkiye'nin Yenilenebilir Kurulu Gücü 2017 (MW)



Kaynak: Koç vd., Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi, Mühendis ve Makine, Cilt 59, Sayı 692, 2018.

Şekilden de görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında Hidroelektriğin payı % 69 ile tüm diğerlerinin toplamından daha fazladır. Bu sadece Türkiye'de değil dünya genelinde de en yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji çeşididir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından oldukça iyi bir coğrafi konumda olduğu söylenebilir. Ancak yenilenebilir kaynaklı enerji üretim seviyesi oldukça düşük miktarlardadır. Türkiye'de özellikle 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji konusunda önemli gelişmeler kaydedildiği görülse de halen istenilen düzeyin oldukça altındadır.

2.2.2.2.1. Hidrolik Enerji

Hidroelektrik, okyanus, nehirler ve şelaleler gibi su kaynaklarından gelen enerjidir. Su enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi yoluyla elde edilmektedir. (Department of Environmental Protection, 2019). İnsanların, akarsularda ve nehirlerde akan suyun, mekanik enerji üretmek için kullanılması konusunda uzun bir geçmişi olduğu söylenebilir. Hidroelektrik, elektrik üretimi için kullanılan ilk enerji kaynaklarından birisidir (EIA, 2019). Hidrolik enerji dünya çapında kullanılan en yaygın yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Anadolu'da ilk barajın inşa edilmiş tarihi MÖ. 1300'dür. Hititler tarafından yapılmıştır. Urartular' da MÖ. 1000 yılında, Van'da bu günde hala bazı kısımları aktif olan iki önemli hidrolik yapı inşa etmişlerdir. Dünyadaki ilk ince kemer tipli baraj olan Dara Barajı altıncı yüzyılda Mardin ili yakınlarında kurulmuştur. Osmanlılar zamanında İstanbul'da inşa edilen hidrolik yapılardan bazıları hala kullanımdadır. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşundan sonraki ilk baraj ise Çubuk-1 barajıdır. Bu baraj, 1930 ve 1936 yılları arasında Ankara için içme suyu temini amacıyla yapılmıştır. İlk hidroelektrik santral 1902 yılında Tarsus'ta faaliyete geçmiştir. Bu küçük ölçekli bir tesistir. Büyük ölçekli ilk güç santrali ise İstanbul'da 1913 yılında inşa edilmiştir. 1950 yılında Türkiye'nin toplam Kurulu kapasitesi 408 MW'dır. Bu tarihte toplam 18 MW Kurulu kapasiteli hidroelektrik santrallerin payı yalnızca %4,4'dür. Ancak, 1954 yılında DSİ'nin kurulmasından sonra hidroelektrik kapasitesi 10 yıl içinde hızlı bir artış göstermiş toplam kurulu kapasitenin %34'üne eşdeğer bir düzeye ulaşmıştır. 2003-2005 ve sonrası için, özel sektörün beklentileri ve ısrarları sonucunda 2003 yılında "Su Kullanım Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Daha sonra 2005 yılında 5346 sayılı kanun ile birlikte su kullanım hakkı anlaşmasıyla beraber, özel sektörün yapacağı HES'lerden elektrik üretip satabilme serbestliği de getirilmiştir (Gökdemir, Kömürcü & Evcimen, 2012: 18-21; Yıldız, Yıldız & Özgüler, 2019: 6-8).

Su, dünyada var olan ekosistemin vazgeçilmez bir parçası ve canlılar için de temel yaşam kaynağıdır. Dünya nüfusu son yüz yıl içerisinde yaklaşık üç kat su kaynaklarına olan talep ise yedi kat artmıştır. Türkiye'nin yapısına baktığımız zaman

yıllık ortalama yağış yaklaşık 574 mm olduğu görülmektedir. Bu da yılda ortalama 450 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 172 milyar m³ 'tür (Yılmaz, 2018: 309).

Türkiye'de 2018 yılı sonu itibarıyla 644 adet Hidroelektrik santrali işletmededir. Bu 644 adet santralin toplam kurulu gücü 28.423 MW ve ortalama yıllık Üretimi ise 99.1 milyar kWh'dir. Bu değer toplam geliştirilen potansiyelin yaklaşık %55'ine karşılık gelmektedir. Hidroelektrik potansiyelin enerjiye dönüştürülmesi sürecinde gerçekleştirilen 28.423 MW Kurulu gücün 12.556 MW'ı (%44,2'si) DSİ tarafından geliştirilen ve inşa edilen HES'lerden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca halen DSİ'nin yatırım programında olan ve inşaatı devam eden 2 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 1.758 MW, yıllık ortalama enerji üretimi 6,0 milyar kWh'dir. Bu HES'ler tamamlandığında DSİ tarafından inşa edilip işletmeye alınan hidroelektrik potansiyeli 14.314 MW'a ulaşacak ve bu tesisler ile yıllık 51,2 milyar kWh enerji üretilmesi sağlanacaktır (DSİ, 2019: 36). Ülkemizin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin % 1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin & 16'sı kadardır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

2.2.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, hidrojenin (H) nükleer füzyonunun helyuma dönüştürülmesi ile üretilen bir güneş enerjisi şeklidir. Füzyon işlemi güneşten uzaya her yöne yayılan ısı ve elektromanyetik radyasyon yaratır. Güneş ışınlarının sadece küçük bir kısmı yeryüzünde tutulursa da, neredeyse dünyanın tüm enerji ihtiyacını karşılayabilir. Rüzgâr enerjisi, yeni enerji üretiminin ana enerji kaynağını temsil etmektedir ve dünyanın enerji pazarında önemli bir oyuncudur. Lider bir enerji teknolojisi olarak, rüzgar gücünün teknik olgunluğu ve yayılma hızı, elektrik sistemine entegre edilebilecek rüzgar yüzdesinde pratik bir üst sınır bulunmadığı gerçeğiyle kabul edilmektedir. Geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla, rüzgâr enerjisinin birçok fayda ve avantajı vardır. Zararlı gaz yayan ve radyoaktif atıkları üreten nükleer enerjiyi yayan fosil yakıtların aksine, rüzgâr enerjisi temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Tükenmeyen ve serbest bir enerji kaynağı olarak, dünyanın çoğu bölgesinde bulunur ve bol miktarda bulunur. Ek olarak, rüzgâr gücünün daha yaygın

kullanılması, mevcut tüketimlerine göre bu yüzyılda tükenebilecek fosil yakıtlara olan taleplerin azaltılmasına da yardımcı olacaktır. Ayrıca, kWh başına rüzgâr enerjisi başına maliyet güneş enerjisinden çok daha düşüktür. Bu nedenle, en umut verici enerji kaynağı olarak rüzgâr enerjisinin 21. yüzyılda küresel güç kaynağında kritik bir rol oynadığına inanılmaktadır (Tong, 2010: 3-4).

Rüzgâr gücünün pratik amaçlar için bilinen en eski kullanımı yaklaşık 5000 yıl öncesine kadar uzanır. Bu tarihlerde Eski Mısırlıların kürek kölelerine yardım etmek için teknelerde yelken kullanmaya başladıkları bilinmektedir. Mısırlılar zaman içinde özellikle tahıl öğütme ve su kaldırmada taslak hayvanlara yardımcı olmak için de tarımda yelken teknolojisini kullanmışlardır (<http://www.idc-online.com>). Babil imparatoru Hammurabi'nin M.Ö. on yedinci yüzyılda bir sulama projesi için rüzgâr enerjisini kullanmayı planladığı bilinmektedir. Yunanlı mühendis İskenderiyeli Heron'un MS 1. yüzyılda bir makineye güç sağlamak için rüzgâr çarkı kullandığına dair kayıtlar vardır. Rüzgâr, elektrik üretimi için ilk olarak 19. yüzyıl sonlarında kullanılmıştır. Elektrik üretimi için özel olarak tasarlanmış ilk modern rüzgâr türbini, 1890'da Danimarka'da inşa edilmiştir (Eltamaly, 2013).

Rüzgârdaki kinetik enerji, dünyanın birçok yerinde önemli potansiyele sahip, umut verici bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgâr Türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanıdır. Hareket halindeki havanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye sonrada elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgâr türbinleri tarafından yakalanabilecek enerji, büyük ölçüde yerel ortalama rüzgâr hızına bağlıdır. Normalde kıyılar, açık arazilere sahip iç bölgeler veya su kenarları en cazip potansiyeli sunan bölgelerdir. Bazı dağlık bölgelerde de iyi bir potansiyel olabilir. Rüzgâr enerjisi projesi için bu coğrafi sınırlamalara rağmen, yerel elektrik ihtiyaçlarının önemli bir kısmını rüzgâr enerjisi projeleriyle karşılamak için dünyanın pek çok bölgesinde geniş bir alan olduğunu söylemek mümkündür (RetScreen, 2001; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Türkiye dünyanın en hızlı büyüyen ve en genç nüfusuna sahip ülkelerinden birisidir. Dolayısıyla buna paralel bir şekilde de enerjiye olan talebi de sürekli artmaktadır. Bu durum Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını da arttırmaktadır. Bunu önlemenin

yolu Türkiye'nin büyük bir potansiyele sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapmasından geçmektedir.

Türkiye sahip olduğu rüzgâr potansiyeli ile dünyada önemli bir konuma sahiptir ve bu piyasanın da önemli aktörlerinden birisidir. Ancak rüzgâr enerjisi elde etmek için Avrupa'da ilk çalışmalara 19. Yüzyılda başladığı düşünülürse Türkiye'nin bu konuda biraz geç kaldığını söylemek mümkündür. Ancak gene de büyük bir yol kat ettiği söylenebilir. Türkiye'de ilk rüzgâr santrali 1998 yılında 1.5MW gücünde İzmir'de kurulmuştur (EKOLOJIST, 2017).

Grafik 24: Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum (2008-2019*)



Kaynak: TUREB, Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, Temmuz 2019, <https://www.tureb.com.tr>

*2019 Yılı Temmuz ayı itibariyle

Türkiye'de rüzgâr enerji santrallerinden üretilen elektrik ile toplam elektrik ihtiyacımızın % 7,40'ı karşılanmaktadır. Kurulu rüzgâr gücü kapasitesi Temmuz 2019 itibariyle 7615 MW'dır (Grafik 24). Kurulu türbin sayısı 3155'dir. Şu an işletmedeki Rüzgâr Enerji Santrali (RES) sayısı 183'dür. İnşa halindeki RES sayısı ise 17'dir.

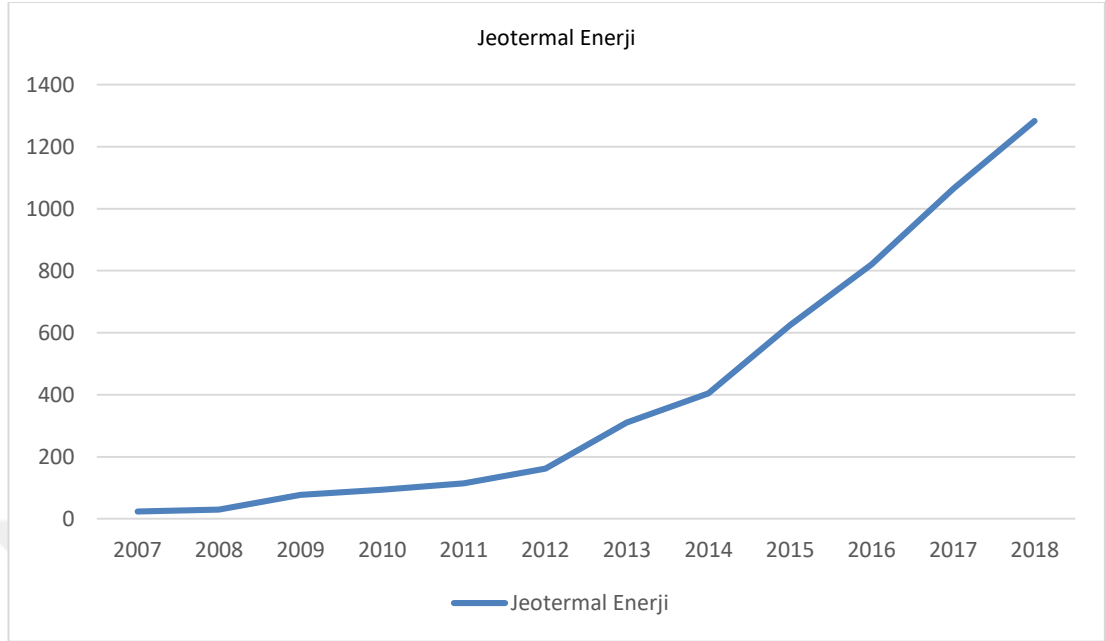
2.2.2.2.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi; İngilizce 'deki "yer" anlamına gelen "geo" ve "ısı" anlamına gelen "thermal" anlamına gelen kelimelerin birleşmesiyle ortaya çıkmış bir terimdir. Bu kelimenin Türkçe 'deki karşılığı yer ısısı/ yer enerjisi olarak ifade edilebilir. Yerin derinliklerindeki kayalar içinde birikmiş olan ısı enerjisinin akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhara jeotermal kaynak adı verilmektedir (Küçükkaya, 2017). Jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan sağlanan doğrudan veya dolaylı her türlü faydayı kapsamaktadır. Jeotermal enerji, yenilenebilir, sürdürülebilir, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür. Jeotermal enerji, A.B.D. Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre sera etkisi yaratan Karbondioksit emisyonu açısından diğer enerji türleriyle karşılaştırıldığında oldukça güvenilir ve çevre dostu bir yapıya sahiptir (Türkiye Jeotermal Derneği, 2019):

Kömür	900 - 1300 g/kWh,
Doğalgaz	500 - 1250 g/kWh,
Güneş enerjisi	20 - 250 g/kWh,
Rüzgâr enerjisi	20 - 50 g/kWh,
Jeotermal enerji	20 - 35 g/kWh' dir.

Türkiye jeotermal potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Jeotermal potansiyel oluşturan alanların %78'i Batı Anadolu, %9'u İç Anadolu, %7'si Marmara, %5'i Doğu Anadolu ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynakların %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygun bir yapıya sahiptir. Dünyadaki jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılı sonu verilerine göre 14.9 GWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üreten ilk beş ülkeye ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklinde sıralanmaktadır.

Grafik 25: Kümülatif Kurulu Jeotermal Güç Kapasitesi 2007-2018 (Megawatts)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Özellikle 2000’li yıllardan sonra jeotermal enerji arama çalışmalarına hız verilmiştir, jeotermal enerji aramaları için sağlanan ödenek yaklaşık 10 katına çıkarılmıştır. Bunun sonucunda jeotermal enerji kurulu güç kapasitesi hızlı bir artış göstermiştir (Grafik 25).

2.2.2.2.4. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi yeryüzünde en yaygın bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Güneş panelleri, güneş ışığını N tipi ve P tipi yarı iletken malzemeler kullanarak kullanılabilir güneş enerjisine dönüştürür. Güneş ışığı bu malzemeler tarafından absorbe edildiğinde, güneş enerjisi elektronları atomlarından serbest bırakan elektronları vurur ve elektronların elektriğin elektrik üretmesi için malzemedan akmasına izin verir. Işığı (fotonları) elektriğe (voltaaj) dönüştürme işlemine fotovoltajik (PV) etkisi denir. Günümüzde güneş panelleri, görünür ışık spektrumunun çoğunu ve ultraviyole ve kızılötesi ışık spektrumunun yaklaşık yarısını kullanılabilir güneş enerjisine dönüştürmektedir. Güneş enerjisi teknolojileri, ev, işyerleri ve endüstri için ısı, ışık, sıcak su, elektrik ve hatta soğutma sağlamak

için güneş enerjisini ve ışığını kullanır (RENEWABLE ENERGY WORLD, 2019). Yani, her ne kadar çoğu enerji formunun nihai kaynağı güneş olsa da, güneş enerjisi terimi genellikle ışığı toplama ve doğrudan yararlı bir enerji biçimine dönüştürme yöntemlerini ifade etmek için kullanılır (Viridan Solar, 2017).

Güneş enerjisine ve türüne bakmanın en yaygın iki yolu, güneş enerjisinin faydalı enerjiye nasıl dönüştürüldüğü ve dönüştürüldüğü enerji türüdür. Güneş enerjisinin faydalı enerjiye nasıl dönüştürüldüğünü iki başlık altında incelenir (ETHRAA, 2019):

- Pasif Güneş Enerjisi
- Aktif Güneş Enerjisi

Pasif güneş enerjisi, mekanik cihazlar kullanılmadan güneşi kullanmanın bir türüdür. Doğal aydınlatmayı elde etmek ve evleri ısıtmak için güneşe bakan pencereleri kullanmak, pasif güneş enerjisi kullanmaya bir örnektir. Bu arada, güneş enerjisini mekanik cihazlar kullanarak faydalı enerjiye dönüştürmek, gelecekte kullanılacak enerjinin toplanması, depolanması ve dağıtılması da aktif güneş enerjisi olarak adlandırılır. Aktif güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen teknolojiler şu şekilde sıralanabilir:

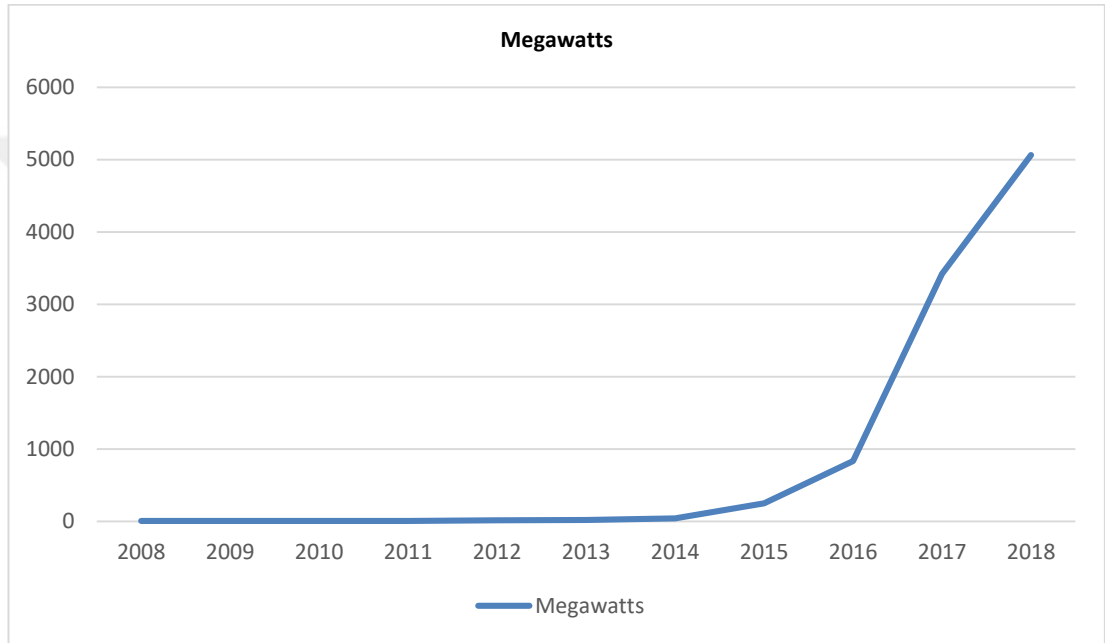
- Termal güneş enerjisi
- Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi
- Fotovoltaik Güneş Enerjisi

şeklinde sıralanabilir.

Güneş enerjisi, kurulumunun ve kullanımının kolay olmasının yanında çevreyi kirletmemesi ve zararlı atık oluşturmaması açısından da önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ülkemiz, sahip olduğu coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ülkemizde yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisinin 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu

tespit edilmiştir. Güneş enerjisinden çok farklı biçimlerde ve alanlarda yararlanılabilir ancak elektrik enerjisi üretiminde genellikle iki farklı teknolojinin kullanıldığı görülmektedir. Bunlar; Güneş Hücreleri ve Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP)dir. Türkiye’de Konya-Karapınar’da kurulacak olan 1.000 MWe kapasiteli güneş enerjisi santrali dünyanın en büyük güneş santrallerinden birisidir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Grafik 26: Kümülatif Kurulu Güneş Enerjisi Kapasitesi 2008-2018 (Megawatts)



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 68th Edition, 2019, <https://www.bp.com>

Türkiye’de güneş enerjisi ilk defa 1960’ların başlarında alternatif bir enerji kaynağı olarak anlaşılmış ve bu konuda bazı çalışmalar başlamıştır. Türkiye Avrupa’da en fazla güneş alan ülke konumundadır ve birkaç senedir de güneş enerjisi sektörünün odağında bulunmaktadır. Ancak maalesef Almanya’dan %60 daha fazla güneş ışığı alan Türkiye’nin bugüne kadar elektrik sektöründe güneş enerjisi potansiyelinin verimli biçimde kullanılması gerçekleşmemiştir. Dünyada güneş enerjisi teknolojilerinde yaşanan gelişmelere paralel olarak Türkiye’de de bu alanda yapılan çalışmaların hızlandırıldığı görülmektedir. Türkiye’deki toplam kurulu güneş enerjisi kapasitesinin 2030 yılına kadar 17 GW’yi, 2040 yılına kadar ise 40 GW’yi aşması ve toplam kurulu kapasitenin neredeyse %30’unu oluşturması beklenmektedir (Kurtsal,

2016: 12-37) . Türkiye'nin güneş enerjisi alınındaki gelişim seyrine bakıldığında özellikle 2015 yılından sonra hızlı bir artış olduğu da görülmektedir (Grafik 26).

2.2.2.2. 5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, herhangi bir türe ya da farklı türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak tanımlanabilir. Bu kütle zamanla işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlarına dönüştürülebilir (biyodizel, biyoetanol vb. gibi). Bunu yaparken gübre ya da hidrojen gibi yan ürünlerde oluştururlar. Biyokütle aynı zamanda bir organik karbon olarak da kabul edilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Ana bileşenleri, karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağını oluşturmaktadır. Yani, biyokütle, canlı organizmalar tarafından doğrudan veya dolaylı olarak üretilen organik bir maddedir (Ness and Moghtaderi, 2007:5). Bu kaynaklardan elde edilen enerji ise, biyokütle enerjisi olarak tanımlanır. Biyokütlenin kimyasal içeriğinde karbonun yanı sıra hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve daha küçük oranlarda alkali, alkali toprak ve ağır metaller içeren atomlar vardır. Biyokütle enerjisi üç temel alanda kullanılmaktadır bunlar; elektrik, ısı ve ağırlıklı olarak ulaşım amaçlı kullanılan biyoyakıt üretimidir. Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. (Küçükkaya, 2017).

Biyokütle enerjisi alternatif enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahiptir ve depolanabilir. Biyokütle, atmosferde CO₂ artısına yol açmaz yani yanması halinde atmosferden aldığı kadar karbonu karbondioksit halinde saldığı için orman ve bitki varlığının yenilenmesi durumunda kuramsal olarak sera etkisine katkısı olmayan bir yakıttır. Ayrıca fosil yakıtlar, biyokütle yakıtlarla karışık yakıldıklarında hava kirliliği üzerindeki baskıyı da azaltırlar. Bunun yanı sıra modern biyokütle enerjisi, yenilenebilir olması ve doğada bol miktarda bulunarak her yerde üretilmesi nedeniyle petrol bağımlılığını azaltmak için bir alternatiftir, sürdürülebilir enerjiye destek olur, enerji tarımının gelişmesini sağlar ve kırsal

kesimin sosyo-ekonomik yapısının iyileşmesini sağlar (Kaya, 2017; Bildirici, 2014:718).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİ EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

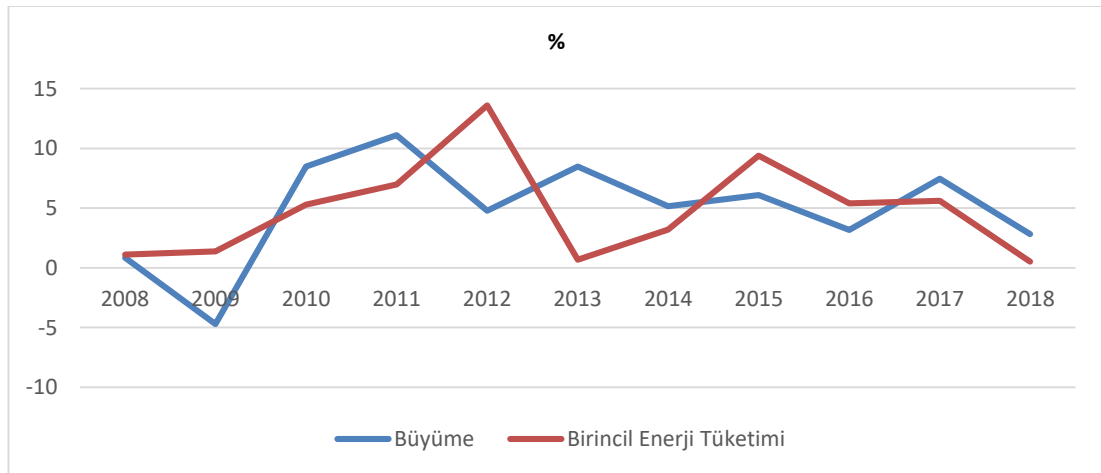
3.1. Türkiye’de Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Enerji, tüm bilimlere kapsayan birleştirici bir kavramdır. Enerji, fizikte korunan biyolojide ise tüketilen miktar olarak tanımlanmaktadır (Martinas, 2005: 45). Ekonomik büyüme, yoksulluğu azaltmada ve gelişmekte olan ülkelerde yaşam kalitesini arttırmada en güçlü araçtır (OECD, 2019). Dünyada 1973-1974 ve 1978-1979 yıllarında yaşanan iki büyük petrol krizi enerjinin üretimin dolayısıyla büyümenin temel girdilerinden birisi olarak ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Enerji, ekonomik büyümeye neden olan tek faktör olmasa da oldukça önemli bir girdidir (Stern, 2004; Saatçi & Dumrul, 2013: 2). Enerji, günümüzde tüm ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminin en temel unsurlarından birisidir. Bu bakımdan, “Enerji Güvenliği”, ekonomik güvenliğin ve ulusal güvenliğin hayati unsurlarındandır. Enerji, toplumsal yaşamımızı devam ettirebilmemiz için gerekli olan hemen hemen tüm süreçler için vazgeçilmez bir girdi olup; sanayi, ulaştırma, konut ve ticarethane alt sektörlerinde kullanılmaktadır (Türkiye Petrolleri, 2019).

Enerji talebinin en temel üç itici gücü ekonomik aktivite, nüfus ve teknolojidir. Belirli bir ekonomi için ekonomik büyümedeki uzun vadeli eğilimler, nüfus artışı, işgücüne katılım oranını, verimlilik artışı, ulusal tasarruf oranını ve sermaye birikimini yansıtan temel demografik ve verimlilik trendlerine bağlıdır. Birkaç tarihi değişimin, önümüzdeki yıllarda küresel demografik bilgileri temelden değiştirmesi muhtemel görünmektedir. Birincisi, gelişmekte olan ülkeler yoksulluktan göreceli olarak daha yüksek refah düzeyine doğru ilerledikçe, tarımdan daha enerji yoğun ama daha verimli ticari işletmelere doğru köklü bir değişim olacaktır. İkincisi, gelişmiş ülkelerdeki işgücü önemli ölçüde yaşlanıyor ve bununda enerji kullanımı ve istihdam yapıları dâhil olmak üzere birçok cephede etkileri olacaktır. Üçüncüsü, enerji erişiminde ciddi kısıtlamaların olduğu gelişmekte olan bölgelerde ortaya çıkan büyük kent merkezleri ile ilk kez dünya nüfusunun çoğunluğu kentleşmiş hale

gelmiştir. Bunların hepsi, enerji talebinin seviyesi, kalitesi ve enerji güvenliği ile ilgili endişeler üzerinde büyük etkiler yaratacaktır. Yirmi birinci yüzyılda küresel enerji güvenliği ve sürdürülebilirlik, toplam küresel nüfusa gelirlere daha az bağlı olacaktır. Ayrıca enerji güvenliği, ülkelerin ihtiyaçlarını karşılamak için güvenilir enerji kaynakları sağlama yeteneklerine de bağlı olacaktır. Ekonomiler geliştikçe, ülkelerin enerji ihtiyaçları ve öncelikleri değişmektedir. Sanayileşmiş ülkelerdeki gibi, eğilim enerji hizmetlerinin sağlanması için daha verimli teknolojilerin benimsenmesidir ve ekonomik faaliyetlerin bileşimi zamanla gerileme eğiliminde olan enerji yoğunluğu ile değişmektedir. Ekonomik büyüme ve enerji talebi birbirine bağlıdır, ancak bu bağlantının gücü bölgeler ve ekonomik gelişme aşamaları arasında farklılık göstermektedir. Ekonomik gelişme durumu ve belirli bir bölgedeki bireylerin yaşam standardı, ekonomik büyüme ile enerji talebi arasındaki bağı kuvvetle etkilemektedir. Yüksek yaşam standartlarına sahip gelişmiş ekonomiler, kişi başına nispeten yüksek bir enerji kullanım seviyesine sahiptir, ancak bunların kişi başına enerji kullanımının sabit olduğu veya çok yavaş değiştiği ekonomiler olma eğiliminde olduğu söylenebilir (Yeager, 2012: 388-389).

Grafik 27: Türkiye’de 2008-2018 Yılları Arasında Ekonomik Büyüme ile Birincil Enerji Tüketimi



Kaynak: BP Statistic ve IMF Data Mapper verileri kullanılarak hazırlanmıştır

Özellikle 2008 yılındaki küresel krizden kaynaklı saptamalardan dolayı belli dönemler haricinde büyüme ve birincil enerji tüketiminin aynı yönlü bir hareket eğiliminde

olduğunu söylemek mümkündür. Bu tabii ki tek başına bir gösterge olamaz. Ekonometrik analizin yanında farklı bir gösterge olarak alınmıştır.

Uygulanacak enerji politikalarının etkin olabilmesi için enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi anlamak oldukça önemlidir. Her ne kadar ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki güçlü karşılıklı bağımlılık ve nedensellik stilize bir ekonomik gerçeklik olsa da, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik yönü açıkça tanımlanamamıştır (Dizdarević & Žiković, 2010: 35-36). Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi literatürde oldukça kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bunun önemi, enerji tüketimi-büyüme ilişkisi ile ilgili olarak ortaya konan nedensel çıkarımlara dayalı politika sonuçlarıdır. Tek yönlü nedenselliğin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye (büyüme hipotezi) geçmesi, ekonominin enerjiye bağlı olduğunu gösterir; bu durumda enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir. Öte yandan, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik (koruma hipotezi), enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde çok az veya hiç etkisinin olamayacağına işaret etmektedir. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı bağımlılığı ve olası tamamlayıcılıkları yansıtan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme (geri bildirim hipotezi) arasında iki yönlü nedensellik olması da mümkündür. Son olarak, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik eksikliği (tarafsızlık hipotezi), enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde önemsiz bir etkisi olacağı anlamına gelir (Apergis & Payne, 2012).

3.2. Literatür Taraması

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme konusu çok önceki zamanlardan beri dünya genelinde önemli yer tutmuş ve günümüzde de katlanarak önemini korumaya devam etmektedir. Dolayısıyla Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile ilgili birçok çalışma söz konusu olmuştur. Bu konuda öncü kabul edilen çalışma Kraft ve Kraft (1978), Tek yönlü nedensellik için Sims metodolojisi yöntemini kullanarak GSMH'dan Enerji tüketimine doğru tek yönlü ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Diğer çalışmalardan bazıları ise, Alege, P. vd. (2015), Çalışmasını 1970-2013 yıllarındaki verileri kullanarak Nijerya'da emisyonlar, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkilerin yönünü tespit etmek için zaman serisi verileri kullanarak analiz yapmıştır. Bulgulara göre Elektriğin kişi başına GSYH'de değişime neden olduğu tespit edilmiştir.

Cui, H. (2016) 1990-1914 yılları arası veri setini kullanarak Çin'de makale ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik testi ile göstermektedir. Çalışma ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Bayat, T., vd. (2017), 1990'dan 2013'e kadar olan süreçte BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ülkelerinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile analiz ederek, Rusya'da koruma hipotezinin ve Brezilya'da geri bildirim hipotezinin ve diğer ülkelerde tarafsızlık hipotezi geçerli olduğu sonucuna varmıştır.

Zheng, W., vd. (2018) yaptığı çalışmasında Veri kümesi, 2001-2012 dönemini kapsayan 29 ilde yapılan gözlemlerden oluşan Panel eş-bütünleşme testi uygulamıştır. Bulgulara göre, enerji tüketiminin ekonomik büyümeye neden olduğunu göstermektedir.

Afia (2019), 2001-2014 dönemlerinin kapsayan enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve mutluluk üzerine, 47 farklı ülkenin panel veri analizini kullanarak yapmış olduğu ampirik çalışmada enerji tüketiminin kişi başına gelir üzerinde etkisi olduğunun sonucuna ulaşmıştır.

Tuna vd. (2019) Bu çalışma, ASEAN-5 ülkeleri için enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedenselliği 1980-2015 yıllarını kapsamaktadır. Araştırma modeli olarak Hacker ve Hatemi-J (2006) ve Hatemi-J (2012) nedensellik testleri kullanılmıştır. Çalışmada simetrik olmayan nedensellik analizlerinin ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analiz sonuçlarına göre,

Endonezya, Malezya, Singapur ve Tayland için yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Huang, Z. Vd. (2019) 2004-2017 yıllarındaki veri setini kullanarak ARDL modeli ile Çin'deki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki tek yönlü ilişkiyi belgelemektedirler. Nedensellik testinin sonuçlarına göre bireysel yeni enerji tüketiminden ekonomik büyümeye tek yönlü bir ilişki ortaya koymaktadırlar.

Murad, M. W., vd. (2019) 1970 ile 2012 arasındaki dönemlerde Danimarka'da teknolojik yenilik, enerji tüketimi, enerji fiyatı ve ekonomik büyüme arasındaki hem kısa hem de uzun dönem dinamik ilişkileri incelemek için ARDL ve değişkenler arasındaki nedensellik olup olmadığına bakmak için de VAR çerçevesinde Granger prosedürünü kullanmıştır. Bulgulara göre, enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin birbirinden bağımsız olduğunu ve dolayısıyla Danimarka için tarafsız bir hipotezi desteklediğini ortaya koymaktadır.

Koengkan, M., vd. (2019) yapılan çalışmada Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi, 43 yıllık süre boyunca (1971'den 2014'e kadar) dört And Milletler topluluğu ülkesi panelinde incelenmiştir. Ampirik bulgular için Panel Vector Autoregression yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü bir ilişkinin varlığını göstermiştir.

Bekun, F. V., vd. (2019) Güney Afrika'da enerji tüketimi, karbondioksit emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye bir başka bakış açısı getirerek 1960- 2016 yılları için Granger nedensellik testi yapmıştır. Test sonuçlarına göre, enerji kaynaklı büyüme hipotezini doğrulayan, enerji kullanımından ekonomik büyümeye tek yönlü bir nedensellik olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmada uzun vadede enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir model bulmuşlar. Bu bulgu, Bu bulgu, daha yüksek bir ekonomik gelişme düzeyinde, enerji tüketiminde daha az yoğunlaşma olduğunu, dolayısıyla Güney Afrika'da enerji verimliliğini doğrularken enerji yoğunluğunda bir düşüş olduğunu göstermektedir.

Sultan, Z. A., vd. (2019) çalışmalarında Hindistan'da Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme arasındaki ilişkiye bakmak için 1971-2014 dönemlerindeki verileri kullanarak Granger nedensellik analizi yapmışlar. Bulgular uzun vadede enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında istikrarlı bir ilişki olduğu yönünde çift yönlü ilişki bulunmuştur. Kısa vadede ise tek yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür.

Akadiri, S. S., vd. (2019) Bu çalışmanın ana odağı, Irak'taki 1972'den 2013'e kadar olan yıllık verileri kullanarak karbon emisyonları, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ve uzun vadeli ilişkiyi incelemektir. Granger nedensellik testi için eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto sınır testlerini uygulamışlar. Ampirik sonuçlar, uzun vadede ekonomik büyümeden enerji tüketimine ve karbon emisyonlarından enerji tüketimine kadar uzanan tek yönlü nedensellik önermektedir.

Literatür taramasında Pakistan için de bir çok çalışma yapıldığı dikkat çekmektedir. Pakistan için yapılan çalışmalardan bazılarına baktığımızda, Kakar, Z. K. vd. (2011) çalışmalarında, Pakistan'da 1980-2009 döneminde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi Johansen Koordinasyon ve Vektör Hata Düzeltme modelini kullanarak incelemektedir. Sonuçlar, enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin birbirleriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Granger nedensellik testinin sonucu, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki tek yönlü nedensellik olduğunu gösterir ve enerji tüketiminin ekonomik büyüme için gerekli olduğunu ve herhangi bir enerji şokunun Pakistan'ın ekonomik gelişimini etkileyebileceğini doğrular.

Siddique, H. M. A., vd.(2018) Pakistan'da finansal kalkınma ve ekonomik büyümede enerji tüketiminin rolü üzerine 1980-2016 yılları için Eş-bütünleşme ve Granger nedensellik testinin uygulamışlardır. Testlerin bulguları enerji tüketimi ve finansal kalkınma ekonomik büyümeden kaynaklandığı yönünde tek yönlü ilişkiyi göstermektedir. Ali, S., vd. (2019) Bu makalede, Pakistan ekonomisinin büyümesinin belirlenmesinde enerjinin önemini vurgulamaktadır. Çalışmada 1972-2015 dönemi ele alınmıştır. İstenilen etkiyi tahmin etmek için Johansson eş-

bütünleşme kestirimi tekniği kullanılmıştır. Sonuçlar, enerji tüketiminin uzun vadeli ekonomik büyümeye olumlu ve önemli bir katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Baz, K., vd. (2019) 1971-2014 arasındaki zaman serisi verilerini, Doğrusal Olmayan Otoregresif Dağıtılmış Lag (NARDL) modelini ve Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Bu çalışma, Pakistan'da enerji tüketimi, tarım, sermaye ve ekonomik büyüme arasındaki bağ hakkındaki mevcut literatüre katkıda bulunmaktadır. Asimetrik nedensellik, enerji tüketimindeki olumlu şoklar ile enerji tüketiminden ekonomik büyümeye kadar olan ekonomik büyüme arasında görülmektedir. Benzer şekilde, bir Granger nedensellik testinin sonuçları, enerji tüketimi, tarım, sermaye ve ekonomik büyüme arasındaki simetrik nedensellik olduğunu göstermektedir.

3.3. Model ve Veri Seti

Bu çalışmada emek ve sermayenin bağımsız değişken olarak kabul edildiği basit çok değişkenli büyüme modeline enerji tüketiminin dâhil edilmesi ile 1988-2017 dönemi Türkiye'deki enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi araştırılmıştır. Söz konusu araştırmada esas alınan temel bir zaman serisi modeli şu şekilde gösterilebilir:

$$lgsyh_t = \beta_0 + \beta_1 len_t + \beta_2 lemek_t + \beta_3 lserm_t + \epsilon_t$$

Yukarıda eşitlik gayrisafi yurtiçi hâsıladaki değişmelerin başta enerji tüketimi olmak üzere emek ve sermayeye bağlı olduğunu yansıtmaktadır. Modelde yer alan tüm değişkenler Dünya Bankası veri bankasından temin edilmiş ve logaritmik olarak modele dâhil edilmiştir.

Bağımlı değişken olan *lgsyh* dolar cinsinden gayrisafi yurtiçi hâsılayı, *len* kişi başına toplam enerji kullanım miktarını, *lemek* toplam işgücünün yüzde cinsinden işsizlik oranını ve son olarak *lserm* dolar cinsinden gayrisafi sabit sermaye oluşumunu göstermektedir.

3.3.1. Metodoloji

Çalışmanın analiz kısmında öncelikle serilerin durağan olup olmadığı Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi ile araştırılmıştır. Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen ADF testine ilişkin temel denklem şu şekildedir:

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^z \theta_i \Delta Y_{t-i} + \mu_t \quad t=1, \dots, T$$

burada Δ birinci farkı, Y_t kullanılan serileri, t zaman periyodunu, μ_t hata terimini ve z bağımlı değişkenin gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Gecikme uzunluğu esas olarak Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmektedir. ADF birim kök testinde boş hipotez serilerin durağan olmadığını, alternatif hipotez ise serilerin durağan olduğunu ifade etmektedir. Hipotez testleri δ parametresine ait katsayı ve t istatistik değeri ile yapılır ve temel hipotezler şu şekilde gösterilir:

$$H_0 = \delta = 0 \text{ (serilerin durağan olması için farklılaştırılması gerekir)}$$

$H_0 = \delta < 0$ (seriler durağan olup, serileri farklılaştırmak yerine bir zaman trendi kullanılarak analiz edilmesi gerekir.)

Serilerin durağanlık testi yapıldıktan sonra, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı tespit edilir ve uzun dönem katsayı tahmini yapılır.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığını tespit etmede kullanılan yaygın yöntemlerden biri Johansen eşbütünleşme analizidir. Johansen (1988) tarafından önerilen yaklaşımın kullanılmasında, ilgilenilen değişkenler için eşbütünleşme vektörlerinin maksimum sayısını belirlemek ve eşbütünleşme vektörünün ve ilgili parametrelerin en çok olabilirlik tahminlerini elde etmek şeklinde iki temel neden söz konusudur.

3.3.2. Bulgular

Çalışmada ilk olarak serilerin durağanlığı sınanmış ve bunun için ADF birim kök testi kullanılmıştır. Yapılan test sonucunda elde edilen bulgular aşağıda Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	T istatistiği	Olasılık
lemek	-1.839	0.354
len	-1.833	0.357
lgsyh	-1.240	0.642
lserm	-0.887	0.777
dlemek	-4.398	0.001
dlen	-0.804	0.801
dlgsyh	-5.701	0.000
dlserm	-5.912	0.000

Tablo 3 incelendiğinde tüm değişkenlerin düzeyde birim kök içerdiği görülmüştür. Bu durumda değişkenlerin I(1) veya I(2) olup olmaması önem kazanmaktadır. Bunun için birinci fark serilerinin birim kök içerip içermediğine bakılmış ve tüm değişkenlerin birinci farkta durağan hale geldiği görülmüştür. Bir sonraki aşama ise değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığının tespit edilmesidir. Bunun için tüm değişkenlerin aynı derecede durağan olması halinde uygulanması mümkün olan Johansen eşbütünleşme testi kullanılmıştır. İlgili test sonuçları Tablo 4’de yer almaktadır.

Tablo 4. Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Boş Hipotez	Eigen Değeri	Trace istatistiği	Kritik değer	Olasılık
$r=0$	0.686	62.664	40.174	0.000
$r\leq 1$	0.501	32.497	24.275	0.003
$r\leq 2$	0.422	14.392	12.320	0.022
$r\leq 3$	0.003	0.095	4.129	0.799

Tablo 4 incelendiğinde olasılık değerlerinin 0.05’ten küçük olması ilk üç boş hipotezin reddedildiğini göstermektedir. Bu sonuç değişkenler arasında uzun dönemde güçlü ilişkilerin varlığını yansıtmaktadır. Bu aşamadan sonra söz konusu ilişkilerin yönü ve boyutu yine serilerin aynı derecede durağan olması halinde

uygulanabilen FMOLS ve DOLS yöntemleri ile test edilmiştir. Tablo 3 söz konusu katsayı tahmin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 5. FMOLS ve DOLS Sonuçları (Bağımlı Değişken: dlgsyh)

Değişken	FMOLS		DOLS	
	Katsayı	T istatistiği(olasılık)	Katsayı	T istatistiği(olasılık)
dlen	0.014	0.916(0.368)	1.711	2.815(0.014)
dlemek	0.143	0.956(0.348)	0.431	1.680(0.116)
dlserm	0.895	5.238(0.000)	0.477	3.200(0.007)

Tablo 5 incelendiğinde ilk olarak FMOLS sonuçları sadece sermaye değişkeninin gayrisafi yurtiçi hasılayı pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Buna göre uzun dönemde gayrisafi sabit sermaye oluşumunda ortaya çıkan bir birimlik artış, gayrisafi yurtiçi hâsılayı yüzde 0.895 artırmaktadır. Öte yandan DOLS sonuçları sermaye değişkeninin yanı sıra enerji tüketiminin de gayrisafi yurtiçi hâsılayı artırdığını ifade eder. Sonuçta Türkiye’de ele alınan dönemde uzun dönemde enerji tüketimi ve sermaye artışının gayrisafi yurtiçi hâsıla üzerinde olumlu etkiler olduğu söylenebilir. Yani, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye (büyüme hipotezi) doğru tek yönlü bir ilişki söz konusudur. Bu da ekonominin enerjiye bağlı olduğunu gösterir; bu durumda enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir.

SONUÇ

Enerji, rasyonel kullanılması gereken k t bir kaynaktır ve tüm yaşam döngülerinde yer alır. Toplumsal ve ekonomik yapıdaki gelişmişliğin temel bir göstergelerinden birisidir. Nüfus artışı, teknolojik gelişim ve sanayileşme ile birlikte dünyada enerji tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla enerji, son dönemde uluslararası sistemde en stratejik araçlardan biri haline gelmiştir.

Enerji yaklaşık 13 milyar yıl önce büyük patlama ile başlamıştır. Temel enerji kaynağı olan güneş ise 5.5 milyar yıl önce oluşmuş daha sonra ise çekirdeği demir olan yerküre meydana gelmiştir. Enerji kaynakları “Yenilenebilir Enerji ve Yenilenemez Enerji” olarak sınıflandırılabilir. Bu ikisi arasındaki ayırım doğada bulunan mevcut rezervlerin yapısıyla ilgilidir. Yenilenemeyen enerji kaynakları genellikle petrol, kömür ve doğalgaz gibi doğada sınırlı miktarda bulunan birincil enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji ise doğada sınırsız miktarda bulunan enerji kaynaklarıdır.

Petrol ve kömür egemenliğine dayanan enerji ağı, dünyada 1973-1974 ve 1978-1979 yıllarında yaşanan iki büyük petrol krizi sonrasında enerjinin büyümenin temel girdilerinden birisi olarak ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Enerji, ekonomik büyümeye neden olan tek faktör olmasa da oldukça önemli bir girdidir. Dolayısıyla 70’li yıllardan sonra ‘enerji güvenliği’ ve ‘enerji çeşitlendirilmesi’ kavramlarının enerji politikalarının üzerinde durulması gereken temel konular haline geldiği görülmektedir

Ekonomik büyüme, yoksulluğu azaltmada, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaşam kalitesini arttırmada en güçlü araçtır. Literatürde farklı ekonomik büyüme kavramları ve bunları ölçmenin de farklı yolları vardır. Ancak kabul gören temel anlayış ekonominin uzun vadeli kapasitesindeki artıştır ve bu da bir ülkede reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla’daki (GSYH) değişmeler ile  ll r. Ancak gelişmiş ülkeler büyüme kavramına önem verirken, gelişmekte olan ülkeler daha çok ekonomik kalkınma kavramına odaklanmaktadırlar. Ekonomik kalkınma kavramı ekonomik büyümeyi de kapsayan daha geniş bir kavramdır. Toplumdaki iktisadi yapının

dönüşümünün sağlanması yanında sosyal, kültürel ve siyasal yapılarının da değiştirilmesini ve geliştirilmesini ifade etmektedir.

Dünya nüfusunun her geçen gün artması ve buna yönelik olarak artan üretim ihtiyacı ve teknolojik gelişmeler enerjiye olan talebi de gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu bağlamda, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantının teknolojik gelişmeler ve kaynaklar arasındaki karşılıklı ilişkilerden önemli ölçüde etkilendiği söylenebilir.

Uygulanacak enerji politikalarının etkin olabilmesi için enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi anlamak oldukça önemlidir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin ilişkili olduğu kabul edilmektedir, ancak bu ilişkinin yönü her zaman açık değildir. Ekonomik büyüme ve enerji talebi birbirine bağlıdır, ancak bu bağlantının gücü bölgeler ve ekonomik gelişme aşamaları arasında farklılık göstermektedir. Ekonomik gelişme durumu ve belirli bir bölgedeki bireylerin yaşam standardı, ekonomik büyüme ile enerji talebi arasındaki bağı kuvvetle etkilemektedir. Yüksek yaşam standartlarına sahip gelişmiş ekonomiler, kişi başına nispeten yüksek bir enerji kullanım seviyesine sahiptir

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi literatürde oldukça kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bunun önemi, enerji tüketimi-büyüme ilişkisi ile ilgili olarak ortaya konan nedensel çıkarımlara dayalı politika sonuçlarıdır. Tek yönlü nedenselliğin enerji tüketiminden ekonomik büyümeye (büyüme hipotezi) geçmesi, ekonominin enerjiye bağlı olduğunu gösterir; bu durumda enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir.

Türkiye'nin, özellikle son dönemlerde, enerji ihtiyacının karşılanmasında plansız, kontrolsüz özel sermaye çıkarlarını gözetken bir politika izlediği söylenebilir. Türkiye, linyit hariç fosil yakıtlar açısından zengin rezervlere sahip olmayan bir ülkedir. Dolayısıyla birincil enerji kaynaklarında tüketiminin dörtte üçünü ithal etmektedir.

Bu çalışmada emek ve sermayenin bağımsız değişken olarak kabul edildiği basit çok değişkenli büyüme modeline enerji tüketiminin dâhil edilmesi ile 1988-2017 dönemi

Türkiye’deki enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi araştırılmıştır. Çalışmanın analiz kısmında öncelikle serilerin durağan olup olmadığına Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi ile bakılmıştır. Çalışmada ilk olarak serilerin durağanlığı sınanmış ve bunun için ADF birim kök testi kullanılmıştır.

FMOLS sonuçları sadece sermaye değişkeninin gayrisafi yurtiçi hasılayı pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Buna göre uzun dönemde gayrisafi sabit sermaye oluşumunda ortaya çıkan bir birimlik artış, gayrisafi yurtiçi hâsılayı yüzde 0.895 artırmaktadır. Öte yandan DOLS sonuçları sermaye değişkeninin yanı sıra enerji tüketiminin de gayrisafi yurtiçi hâsılayı artırdığını ifade eder. Sonuçta Türkiye’de ele alınan dönemde uzun dönemde enerji tüketimi ve sermaye artışının gayrisafi yurtiçi hâsıla üzerinde olumlu etkiler olduğu söylenebilir. Yani, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye (büyüme hipotezi) doğru tek yönlü bir ilişki söz konusudur. Bu da ekonominin enerjiye bağlı olduğunu gösterir; bu durumda enerji koruma politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir.

KAYNAKÇA

About Wind Energy, <http://www.canren.gc.ca>.

Ackermann, T. & Soder L. (2000). “Wind Energy Technology and Current Status: a Review”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 4.

Ackerman, T. (2005). Wind Power in Power system, 2005, John Wiley and Sons Ltd, England.

Adaçay, F. R. (2014). Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler. Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 6(2). 87-103.

Afia, N. B. (2019). The Relationship Between Energy Consumption, Economic Growth And Happiness. *Journal of Economic Development*, 44(3).

Akadiri, S. S., Bekun, F. V., Taheri, E., & Akadiri, A. C. (2019). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: a causality evidence. *International Journal of Energy Technology and Policy*, 15(2-3), 320-336.

Alege, P. O., Adediran, O., & Ogundipe, A. (2015, May). Pollutant Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Nigeria: A Multivariate Granger Causality Framework. In *A Paper to be presented at the 2nd International Conference on Africa Development Issues, Covenant University*.

Ali, S., Wahid, F., & Ali, A. (2019). Role of Energy in Economic Growth of Pakistan (1972-2015). *Global Social Sciences Review*, 4(2), 221-230.

Alternative Energy Secret (2019). Who Invented Nuclear Energy, <https://www.alternativeenergysecret.com>

American Oil & Gas Historical Society (2019). First Oil Discoveries, November 6, <https://aoghs.org>

Apergis, N. & Payne, J. E. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model, **Energy Economics**, 34, pp. 733-738.

APGA (2019). A Brief History of Natural Gas, <https://www.apga.org>

APPEA (2019). What is Oil?, <https://www.appea.com.au>

Aslan, Z., Topçu S., Barla C & Özdemir G. (2004). Atmosfer Fiziği: Enerji, Optik ve Akustik, Papatya Bilim, ISBN: 975-6797-56-8, <https://www.papatya.gen.tr>

Bayat, T., Tas, S., & Tasar, I. (2017). Energy consumption is a determinant of economic growth in BRICS countries or not. *Asian Economic and Financial Review*, 7(8), 823-835.

Baz, K., Xu, D., Ampofo, G. M. K., Ali, I., Khan, I., Cheng, J., & Ali, H. (2019). Energy consumption and economic growth nexus: New evidence from Pakistan using asymmetric analysis. *Energy*, 116254.

Bekun, F. V., Emir, F., & Sarkodie, S. A. (2019). Another look at the relationship between energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth in South Africa. *Science of the Total Environment*, 655, 759-765.

Bildirici, M. (2014). Relationship between Biomass Energy and Economic Growth in Transition Countries: Panel ARDL Approach. *GCB Bioenergy*, 6, 717-726.

Binbaşaran Tüysüzoğlu, B. & Gülsaçan, M. (2004). Türkiye’de GDO, Bilim ve Teknik, 36-43.

Bowen, B. H. & Irwin M. W (2008). Coal Characteristics, Indiana Center for Coal Technology Research (CCTR), October, <https://www.purdue.edu>

BP (2019). Statistical Review of World Energy, 68th Edition, <https://www.bp.com>

BP (2018). Statistical Review of World Energy, 67th Edition, <https://www.bp.com>

Chem Pages, Thermodynamics: Kinetic and Potential Energy, <https://www.chem.wisc.edu>

Caudle B. H. & McLeroy P. G. (2019). Petroleum production Encyclopedia Britannica, May 6, <https://www.britannica.com>

Cook, J. & Beyea J. (2000). “Bioenergy in the United States: Progress and Possibilities”, **Biomass and Bioenergy**, 18.

Cömert, N. (2008). Türkiye'nin Petrol Potansiyeli ve Yeni Petrol Kanunu, Petform, <http://docs.petform.org.tr>

Cui, H. (2016). China's economic growth and energy consumption. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(2).

Çanka Kılıç, F. (2011). Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri, Mühendis ve Makine, 52(617).

Çukurçayır, M. A. & Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 20.

Department of Environmental Protection (2019). What is Hydropower?, <https://www.dep.pa.gov>

Dickey, D. A. & W. A Fuller (1979). “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root”. JSTOR, Cilt 74, Sayı 366.

Dinger, B. S. & Gregg Marland G. (1996). “The Role of Forest and Bioenergy Strategies in the Global Carbon Cycle”, **Biomass and Bioenergy**, 10 (5/6).

Dizdarević, N. V. & Žiković S. (2010). The role of energy in economic growth... Zb. rad. Ekon. Fak. Rij., vol., <https://core.ac.uk>

DSİ (2019). DSİ 2018 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, <https://www.dsi.gov.tr>

Economics Online (2018). The Oil Market, <https://economicsonline.co.uk>

EIA (2018). Natural Gas Explained, U.S. Energy Information Administration, 11 December, <https://www.eia.gov>

EIA (2018). Forms of Energy, U.S. Energy Information Administration, December 11, <https://www.eia.gov>

EIA (2018). Coal Explained, U.S. Energy Information Administration, November 26, <https://www.eia.gov>

EIA (2019). What is Renewable Energy?, Renewable Energy Explained, U.S. Energy Information, <https://www.eia.gov>

EIA (2019). Oil: Crude and Petroleum Products Explained, Energy Explained, April 24, U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov>

EIA (2019). History of Gasoline, U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov>

EIA (2019). Hydropower explained, U.S. Energy Information Administration, <https://www.eia.gov>

EKOLOJIST (2017). Türkiye’de Rüzgar Enerjisi 12 Haziran, <https://ekolojist.net>

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (2008). Rüzgâr Enerjisi, <http://www.eie.gov.tr>.

Eltamaly, A. M. (2013). Introduction to Wind Energy Systems, <https://set.ksu.edu.sa>

Encyclopaedia Britannica (2018). Nuclear Reaction, 16 January, <https://www.britannica.com/science/nuclear-reaction>

EPDK (2019). Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu, Aralık, Ankara, <https://www.epdk.org.tr>

Erkan, A. Ç. (2014). Küresel Doğal Gaz Krizlerine Karşı Enerji Arz Güvenliğinin Sağlanması ve Enerji Arz Güvenliği için Kriz Yönetimi, KTÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 7, 87-110.

Eroğlu, E., Şengül, E., Erdener, H., Gür, N., Baç, N., & Erkan, S. (2007). Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen. 1. Baskı, *ODTU Yayıncılık*.

ESA21 (2007). Renewable Energy:Hydropower, <http://esa21.kennesaw.edu>

ETHRAA (2019). Types of Solar Energy and Solar Power, <https://www.ethraa-a.com>

European Commission (2013). Science for Enviroment Policy, Issue 312, 10 January, <https://ec.europa.eu/>

Fischer G. & Schrattenholzer, L. (2001). “Global Bioenergy Potentials Through 2050, **Biomass and Bioenergy**, 20.

Güvenek vd. (2017). Relationship Between Natural Gas Consumption and Economic Growth in Turkey. Econworld 2017, Paris/France.

Gould, D. M. & Ruffin R. J. (1993). What Determines Economic Growth?, Economic Review, Second Quarter, <https://www.dallasfed.org>

Gökdemir, M., Kömürcü M. İ. & Evcimen T. U. (2012). Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, TMH - 471 - 2012/1, <http://www.imo.org.tr>

Gönülalan, A. U. (2009). Petrol Sektöründeki Yatırımların (Yerli-Yabancı) Petrol Kanunlarının Tarihsel Süreci İçinde Değerlendirilmesi ve Yatırımların Ülke Ekonomisine Katkısı, <https://www.emo.org.tr>

Haller, A. P. (2012). Concept of Economic Growth and Development: Challenges of Crisis and of Knowledge, Economy Transdisciplinarity Cognition, March, Vol. 15, Issue 1, <https://www.ugb.ro>

History (2018). Oil Industry, August 21, <https://www.history.com>

Hitchin, R., Thomsen, K. E., & Wittchen, K. B. (2010). Primary Energy Factors and Members States Energy Regulations, Concerted Action Energy Performance of Buildings.

Huang, Z., & Huang, L. (2019). Individual New Energy Consumption and Economic Growth in China. *The North American Journal of Economics and Finance*, 101010.

Hulscher, W.S., 1991. Basic energy concepts. In: Energy for Sustainable Rural Development Projects, Vol. 1. The United Nations Food and Agriculture Organisation (FAO), Rome, pp. 5–26.

IAC (2010). Geleceğin Sürdürülebilir Enerjisine Doğru Yolu Aydınlatalım, IAC Raporu, TÜBA Bilim ve Düşün Dizisi 17, Türkiye Bilimler Akademisi, Nisan, Ankara

IEA (2018). Bioenergy and Biofuels, <https://www.iea.org>

IGS (2019). A Brief Overview of History of the Petroleum Industry in Indiana Trenton Field, <https://igws.indiana.edu>

IMF (2019). IMF Data Mapper, IMF, <https://www.imf.org>

IRENA (2019). Hydropower, <https://www.irena.org>

IRENA (2019). Bioenergy, <https://www.irena.org>

Jacobsson, S., & Bergek, A. (2004). Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology. *Industrial and corporate change*, 13(5), 815-849.

Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.

Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 165-178.

Joseph P., Riva J. P., Atwater G. I. Solomon, L. H., Carruthers, J. E. & Waddams, A. L. (2019). Origin of Natural Gas, *Encyclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com>

Kakar, Z. K., & Khilji, B. A. (2011). Energy consumption and economic growth in Pakistan. *Journal of International Academic Research*, 11(1), 33-36.

Karagöl, E. T. & Kavaz, İ. (2017). “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”. *Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı*, Nisan 2017, Sayı. 197.

Kaya, A. (2017). Biyokütle Enerjisi Nedir? Avantaj ve Dezavantajları Nelerdir? *techWORM*, 12 Mart, <https://www.tech-worm.com>

Kjaer, C. (2007). Wind Power, European Union Issue 16, <http://www.ewea.org>.

Koç vd., (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi, Mühendis ve Makine, Cilt 59, Sayı 692, <https://www.mmo.org.tr>

Koengkan, M., Losekann, L. D., & Fuinhas, J. A. (2019). The relationship between economic growth, consumption of energy, and environmental degradation: renewed evidence from Andean community nations. *Environment Systems and Decisions*, 39(1), 95-107.

KPMG (2018). Enerji: Sektörel Bakış, <https://assets.kpmg>

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

Küçükkaya, E. (2017). Jeotermal Nedir? Jeotermal Enerji Nedir?, 26 Eylül, <https://www.enerjiportali.com>

Kurtsal, Yaprak (2016). Güneş Enerjisinin Bu Günü ve Yarını: Türkiye için Çıkarımlar, Zorlu Enerji, <https://www.zorluenerji.com.tr>

Latson, J. (2015). How the American Oil Industry Got Its Start, TIME, August 27, <https://time.com>

Malanima, P. (2014). Chapter 1: Energy in History. <https://www.researchgate.net>

Martinas, K. (2005). Energy in Physics and in Economy, Interdisciplinary Description of Complex Systems, 3(2), <https://pdfs.semanticscholar.org>

Mesa.az (2019). History of Natural Gas, <https://www.mesaaz.gov/residents/energy-resources/natural-gas/history-of-natural-gas>

Miser, T. (2015). A Short History of Evolving Uses of Natural Gas, **Power Engineering**, Issue 2, Volume 119, <https://www.power-eng.com>

Mladen M. I. (2015). Economic Growth and Development, Journal of Process Management (JPMNT), Vol. 3, No. 1, <https://scindeks-clanci.ceon.rs>

More on Energy, Forms of Energy: The Big 6, <https://www.theclaycenter.org>

Moroianu, N. & Moroianu N. (2012). Models of the Economic Growth and their Relevance, Theoretical and Applied Economics, Volume XIX, No 6 (571), <https://store.ectap.ro>

Murad, M. W., Alam, M. M., Noman, A. H. M., & Ozturk, I. (2019). Dynamics of technological innovation, energy consumption, energy price and economic growth in Denmark. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1), 22-29.

Mutluer, M. (1990). Gelişimi, Yapısı ve Sorunlarıyla Türkiye'de Enerji Sektörü. *Ege Coğrafya Dergisi*, 184-214.

NATIONAL COAL COUNCIL (2015). Coal: Past, Present and Future, <https://www.nationalcoalcoalouncil.org>

National Geographic (2018), Petroleum, October 5, <https://www.nationalgeographic.org>

National Geographic (2019), Nuclear Energy, <https://www.nationalgeographic.org>

National Renewable Energy Laboratory, <http://www.nrel.gov/biomass>.

NEI (2019). What is Nuclear Energy?, <https://www.nei.org>

Ness, J., & Moghtaderi, B. (2007). Chapter 1: Biomass and Bioenergy. <https://www.researchgate.net>

Neville, R. C. (1995). **Solar Energy Conversion**, Second Edition, Amsterdam, Elsevier Science B.V.

Nuclear Energy (2019). History of Nuclear Energy, <https://nuclear-energy.net/what-is-nuclear-energy/history>

OECD (2019). Growth Building Jobs and Prosper in Developing Countries, <https://www.oecd.org>

Óvergaard, S. (2008). Definition of Primary and Secondary Energy, Issue Paper, September, <https://unstats.un.org>

Parasız, İ. (2003). **Ekonomik Büyüme Teorileri**, İkinci Baskı, Ezgi Kitabevi, Bursa.

Patel, M. R. (1999). Wind and Solar Pover Systems, CRC Press LLC, USA.

Petrol-İş (2012). Türkiye’de Petrol Sektörü ve TPAO, Petrol-İş Araştırma, <https://petrol-is.org.tr>

Redlinger, R. Y., Andersen P. D. & Morthorst, P. E. (2002). **Wind Energy in the 21 Century**, Palgrave, Newyork.

RENEWABLE ENERGY WORLD (2019). What is Solar Energy?, <https://www.renewableenergyworld.com>

Resmi Gazete (2013). Türk Petrol Kanunu, Kanun No: 6491, Kabul Tarihi: 30.05.2013, 11 Haziran, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/2013>

RETSscreen (2001). Wind Energy Project Analysis, Chapter, Natural Resources Canada, Minister of Natural Resources Canada 2001-2004, <https://unfccc.int/resource>

Ruijiang, N. R. & Xu H. (2018). “The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth Based on Vector Error Correction Model”, Chemical Engineering Transactions, AICID, Vol. 67, <https://www.aicid.it/cet>

Rüzgâr Enerjisi Nedir? Rüzgâr Türbinleri Nasıl Çalışır?
<http://www.howstuffworks.com.>, 19.12.2008.

Saatçi, M. & Dumrul Y. (2013). Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Dinamik Bir Analizi: Türkiye Örneği, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt XXXII, Sayı: 2, <https://acarindex.com>

Seyidoğlu, H. (2006), İktisat Biliminin Temelleri, İstanbul, Güzem Can Yayınları No:21.

Siddique, H. M. A., Usman, S., & Ishaq, J. (2018). Financial Development and Economic Growth: The Role of Energy Consumption. *Journal of Quantitative Methods*, 2(2), 43-55.

Simmons, J., Kinetic Energy and Potential Energy: Relationship in Different Energy Types, <https://www.study.com>

Solar Energy Basics, <http://www.nrel.gov.>, 17.12.2008.

Solar Energy Fact Sheets, What is Solar Energy, <http://www.solarenergy.com.>, 18.12.2008

Sönmez, M. (2018). “2018’e Girerken Türkiye’de Kırılgan Ekonomi ve Enerji”, Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018, Yayın No. MMO/691, Nisan, <https://www.mmo.org.tr>

Stiebler, M. (2008). **Wind Energy Systems for Electric Power Generation**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, p.1.

Stern, D. I. (2004). Economic Growth and Energy, Encyclopedia of Energy, Volume 2, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, Newyork, United States, <https://sterndavidi.com>

Sultan, Z. A., & Alkhateeb, T. T. Y. (2019). Energy Consumption and Economic Growth: The Evidence from India. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(5), 142.

Sutula, R. A. (2006). Solar Energy Technologies Program: Multi Year Program Plan 2007-2011. Energy Efficiency and Renewable Energy, US Department of Energy, Washington DC USA.

Sweeney, James L. (2000). "Economics of Energy", Stanford University, Article: 48, 4(9),

Taban, S. & Kar M. (2015). Kalkınma Ekonomisi, 2. Baskı, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2019). Petrol, <https://www.enerji.gov.tr>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2019). Rüzgar, <https://www.enerji.gov.tr>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2019). Güneş, <https://www.enerji.gov.tr>

The Environmental Literacy Council (2019). Petroleum History, <https://enviroliteracy.org>

Tmmob (2018). Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018, Yayın No. MMO/691, Nisan, <https://www.mmo.org.tr>

Tong, W. (2010). Fundamentals of wind energy, Chapter 1, WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, Vol 44, <https://www.witpress.com>

Topcu, C. & Yünsel D. T. (2012). Yenilenebilir Enerji Araştırma Raporu, 2012 / 03, Çukurova Kalkınma Ajansı, <http://www.cka.org.tr>

Tuna, G., & Tuna, V. E. (2019). The asymmetric causal relationship between renewable and NON-RENEWABLE energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Resources Policy*, 62, 114-124.

Turan, T. (2008), İktisadi Büyüme Teorisine Giriş, İstanbul, Yalın Yayıncılık.

TUREB (2019). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, Temmuz, <https://www.tureb.com.tr>

Tutar, F. & Eren M. V. (2011). Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 3(6), 1-26.

Türkiye Jeotermal Derneği (2019). Jeotermal Enerji Nedir?, <http://www.jeotermaldernegi.org.tr>

Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) (2018). Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2017, <http://www.tki.gov.tr>

Türkiye Petrolleri (2018). Petrol Üretimi, 2008-2017, <http://www.tpao.gov.tr>

Türkiye Petrolleri (2019). 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Mayıs, <http://www.tpao.gov.tr>

Türkiye Taşkömürü Kurumu (2019). 2018 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu, Mayıs, <https://www.taskomuru.gov.tr>

Ulusal, K. (2018). Enerjide Geçiş Sürecinin Öngörümü, Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018, Yayın No. MMO/691, Nisan, <https://www.mmo.org.tr>

Union of Concerned Scientists, fact sheet, How Biomass Energy Works,
<http://www.ucsusa.org>

Union of Concerned Scientists (2015). How Hydroelectric Energy Works,
<https://www.ucsusa.org>

U.S. Department of Interior (2005). Hydroelectric Power, Reclamation Managing
Water in the West, <https://www.usbr.gov/power/edu>

Ültanır M. Ö & Acaroğlu, M. Türkiye’de Biokütle (Biomass) Enerji Potansiyeli ve
Değerlendirilmesi İçin Öneriler, <http://www.biodieselturk.com>.

Viridian Solar (2017). Solar Technology, <http://www.viridiansolar.co.uk>

Yamamoto, H., Fujino J. & Yamaji, K. (2001). “Evaluation of Bioenergy Potential
With a Multi-Regional Global Land Use Energy Model”, **Biomass and
Bioenergy**, 21.

Yamamoto, H., Fujino J. & Yamaji, K. (1999). “Evaluation of Bioenergy Resources
With a Global Land Use and Energy Model Formulated With SD Technique”,
Applied Energy 63.

Yeager, K. (2012). Energy and Economy, Chapter 6, <https://www.iiasa.ac.at>

Yeldan, E. (2010). **İktisadi büyüme ve Bölüşüm Teorileri**, 1. Basım, Elif Yayınevi,
Ankara,

Yıldız, D., Yıldız D. & Özgüler H. (2019). HİDROENERJİ RAPORU-YEKDEM’e
Kayıtlı HES’lerin Üretim Verimliliği, Rapor No: 2019-2,
<https://www.enerjiportali.com>

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.

Yılmaz, Ş. (2018). Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu, Türkiye'nin Enerji Görünümü, <https://www.mmo.org.tr>

White, M. (2017). A Brief History of Coal, 14 07, <https://www.worldwide-rs.com>

Wikipedia, World Energy Resources and Consumption, <http://www.wikipedia.org>, (Erişim Tarihi: 18.12.2008)

World Bank, Electricity production from hydroelectric sources (% of total), <https://data.worldbank.org>, (Erişim Tarihi: 02.10.2019)

World Bioenergy Association (2019). WBA Global Bioenergy Statistics 2018, <https://worldbioenergy.org>

World Coal Association (2017). Basic Coal Facts, February 21, <https://www.worldcoal.org>

World Coal Institute (2009). The Coal Resource, A Comprehensive Overview of Coal, <https://www.worldcoal.org/>

World Energy Council (2016). World Energy Resources 2016, London, United Kingdom, ISBN: 978 0 946121 58 8, <https://www.worldenergy.org>

World Nuclear Association (2019). Outline History of Nuclear Energy, April, <https://world-nuclear.org>

Wylie, R. (2019). A Brief History of Natural Gas, Eniday, <https://www.eniday.com>

Zhao, P. (2006). Wind Power- The Future Energy Source Cosmos, UC Davis,
<http://www.cosmos.ucdavis.edu>.

Zheng, W., & Walsh, P. P. (2018). *Economic growth, urbanization and energy consumption* (No. 201817).

<https://NEED.org>

<https://www.toppr.com>

<https://www.bieap.gov.in>

<https://yer-su.com>

<http://jeotermaldernegi.org.tr>

<http://www.ei.lehigh.edu>

<https://personal.ems.psu.edu>

<https://www.nuclear-power.net>

<http://energy4me.org>

<http://www.idc-online.com>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Bilal KARAASLAN

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi:

Tel: +90

E-Posta:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi

İŞDENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev