

ENERJİ SORUNUNUN ÇÖZÜMÜNDE YENİLENEMEZ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ YERİ VE ÖNEMİ

Öğr. Gör. İlker İNAN* - Dr. Öğr. Üyesi İlhan AKBULUT**
Dr. Öğr. Üyesi Erman ASLAN***

Öz

Günümüz dünyasında ülkelerin toplumsal refahı ve sürdürülebilir kalkınmalarının en önemli yapı taşı enerjidir. Enerjinin bu konumu gereği, ülkeler arasında kıyasıya bir rekabet vardır. Dolayısıyla ülkelerin birbirleriyle her boyuttaki ilişkilerinin en önemli belirleyicisi enerji kaynakları ve enerji ihtiyacıdır. Enerji üretimi ve tüketiminde petrol ve türevi enerji kaynakları dünyada birinci sıradadır. 20. yüzyılın ikinci yarısındaki teknolojik gelişmeler, nükleer enerjinin kullanımına da olanak sağlamıştır; ancak petrol ve türevleri, günümüzde birincil enerji kaynağı olarak konumunu korumaktadır. Diğer taraftan yapılan araştırmalar ve analizlere göre petrol rezervleri, doğal gaz rezervleri, kömür rezervleri gibi fosil yakıt rezervlerinin gün geçtikçe kısmen azaldığı ve sürekli artan enerji talebini çok uzun süre için karşılamayabileceği ileri sürülmektedir. Öngörülere göre, 2040 yılına kadar fosil yakıt rezervleri azalsa da fosil yakıtlar hala dominant rolünü sürdürecektir; fakat yenilenebilir kaynakların yüzdesi ise hızla yükselmeye devam edecektir.

Enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilmesi, geleneksel enerji kaynaklarının zararlı ve zehirli gaz salınımı nedeniyle ozon tabakasına zarar vermesi gibi küresel sorunların çözümünü de kolaylaştıracaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı dünyada gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu kaynaklarının kullanım alanlarının artması, dışa bağımlılığın azaltılmasına, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesine, iklim değişikliği ile mücadeleye, dünya barışına ve güvenliğine önemli katkılarda bulunacaktır. Diğer taraftan insanlığın fosil yakıtlara olan ihtiyacının kısmen azalacak olması, günümüz dünyasındaki neredeyse tüm savaşların nedeni olan petrol ve petrol kaynaklı anlaşmazlıkların azalmasında önemli bir etken olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Sorunu, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Enerji Üretim Yöntemleri, Mühendislik Uygulamaları.

* İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu Öğretim Görevlisi.

** İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu Öğretim Üyesi.

*** İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi.

The Role And Importance Of Nonrenewable And Renewable Energy Resources In The Solution Of The Energy Problem

Abstract

In today's world energy is the most important element of social welfare and sustainable development for countries. Because of its importance there is a harsh competition for energy resources among countries. Accordingly, energy resources and the need for energy are the most significant determinants of relationships in every dimensions among countries. In energy production and consumption petroleum and petroleum-derived energy sources rank first around the globe. In the second half of the 20th century further technological developments paved the way for the use of nuclear energy however petroleum currently maintains its place as the primary energy source. On the other hand, researches and analyses indicate that fossil fuel reserves such as petroleum, natural gas and coal reserves are partially decreasing day by day and might not satisfy increasing energy demand in the future. According to predictions, however fossil fuel reserves are reduced by 2040, fossil fuels will still be dominant but the percentage of renewable resources will continue to rise rapidly.

Satisfying energy needs by renewable energy sources will help solving global problems arising from damaging the ozone layer by harmful and poisonous gas emissions caused by the use of traditional energy sources. The use of renewable energy sources is becoming increasingly widespread around the world. Increasing the fields of the use of these sources will make significant contribution to decrease in dependency on foreign sources, relieving the burden of the energy costs on the economy, fighting climate change and the world peace and security. On the other hand, the fact that humanity's need for fossil fuels is to be reduced will be an important factor in the reduction of petroleum-based disputes, which is almost the cause of all wars in today's world.

Keywords: Energy Problem, Renewable Energy Sources, Energy Production Methods, Engineering Practices.

Giriş

Evrenin var oluş başlangıcı enerjidir. Işık, kütle, hareket, ısı, ses, kimyasal, nükleer vb. enerjinin değişik formlarıdır. İnsanoğlu da yaşadığımız gezegende var olduğu günden bu yana yaşamını sürdürebilmesi için vitamin ve protein dışında enerji veren yiyeceklerin tüketimine mutlak olarak gereksinim duymuştur. İlk enerji gereksinimini sahip olduğu metabolizma sayesinde karşılayan insan, bir süre sonra sosyal ve teknolojik gelişme sonucu gereken enerjiyi kendi gücü dışında aramaya başlamış ve çevresindeki güçleri bulup ateş, rüzgâr, su ve evcilleştirilmiş hayvan gücünden yararlanmıştır. O günün insanı, hayvan gücüyle yük taşımak, araba çektirmek, rüzgâr ve su gücüyle yelkenini şişirmek, tahılını öğütmek gibi yaşamda kalabilmek için birincil ihtiyaçlarını karşılamaya çalışmıştır.¹

İlerleyen yıllarda nüfusun artmasıyla düşüncenin fen ve teknoloji alanında uygulanması, beklenti, istek ve ihtiyaçların sonsuz oluşu, insanı daha faydalı, daha farklı ve daha güçlü enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Ülkeler

¹ Talat Yalazan, *Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Sorunu*, T.C. Genelkurmay Askeri Tarih ve Stratejik Etüt Başkanlığı Yayınları Güncel Konular Serisi, No: 4, Ankara 1983, s. 161.

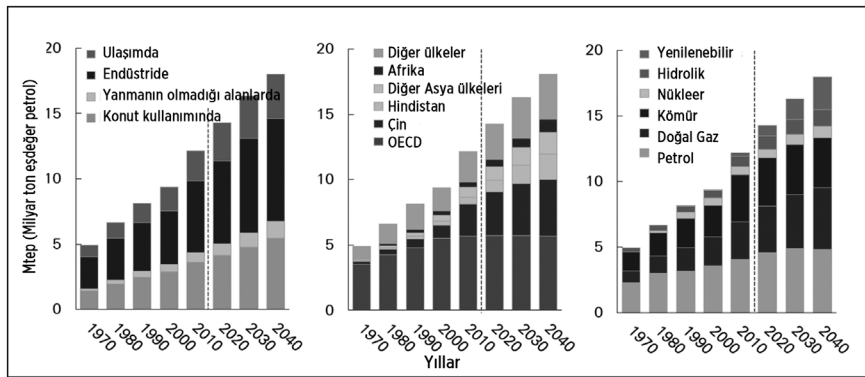
arasında olagelen savaşlar da savaş gücünün ileri seviyelerde olabilmesi için farklı enerji kaynaklarının aranıp bulunma zorunluluğunu ortaya koymuştur.²

Enerji ihtiyacının farklılaşması, 18. yüzyılda Avrupa'da Sanayi Devrimi'yle birlikte kendini göstermiştir. 17. yüzyılda buhar, 18. yüzyılda kömür, 19. yüzyılda petrol ve elektrik gücünden yararlanılmıştır. 20. yüzyılın ilk yarısında bu enerji kaynakları, yaşamın her alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bu kaynaklara nükleer enerjinin de eklenmesiyle gelişen enerji kaynakları, teknolojinin ilerlemesini sağlamıştır; ancak 20. yüzyılın ikinci yarısında enerji kaynaklarının başında gelen petrol, ülkeler arasında anlaşmazlığın, çıkar çatışmalarının, savaşların en önemli nedeni ve tehdit edici unsuru hâline gelmiştir. Dolayısıyla insanın geleceği, yaşamının sürdürülebilirliği ve ekonomik büyüme için enerji sorununa çözüm yolları aranmaya başlanmıştır. İnsanlığın gelecekteki bu sorunu giderme çareleri ve içinde bulunulan enerji sorunuyla, üretimin artırılması yönünden her geçen yıl nüfusun artmasıyla birlikte artacak olan enerji gereksiniminin ileride nasıl karşılanacağı çalışma kapsamında incelenmiştir.

1. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, kullanışlarına göre yenilenebilir (tükenemez) ve yenilenebilir (tükenebilir) enerji kaynakları olarak sınıflandırılırken, dönüştürülebilirliklerine göre, birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Tükenebilir enerji kaynakları, gelecekte tüketilebileceği öngörülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise, oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, doğada kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir.³

British Petroleum (BP) Enerji Görünümü 2018 Yılı Raporu'na göre dünya birincil enerji tüketiminin sırasıyla kullanım alanındaki, ülke bazındaki ve kaynak bazındaki dağılımı, Şekil-1'de histogram grafikler ile gösterilmiştir.⁴



Şekil-1: Dünya Birincil Enerji Tüketiminin Kullanım Alanına, Ülkelere ve Kaynaklara Göre Dağılımı

² Yalazan, a.g.e., s. 161.

³ Yalazan, a.g.e., s. 161.

⁴ British Petroleum (BP) Enerji Görünümü 2018 Yılı Temmuz Ayı Raporu.

1.1. Yenilenemez (Tükenebilir) Enerji Kaynakları

Petrol, doğal gaz, kömür, uranyum ve toryum gibi enerji kaynakları sayısal verilerle ifade edilen kaynaklar olduğundan bu kaynaklar gelecekte tükenebilecektir. Yaşamı sona eren canlılar, birtakım fiziksel hava koşullarına maruz kalarak zaman içinde toprak, çamur veya kum gibi çeşitli etkenlerle kapanır. Böylece hava ile teması kesilir ve uzun yıllar ölü haldeki kalıntı bozulmadan kalabilir. Daha sonra toprak altına ilerleyen canlı kalıntısı katılarak fosil haline gelir. Canlıların fosilleşme halleri fiziksel hava koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bazı canlılar, petrol haline gelirken bazı canlılar da kömür veya mermer haline dönüşebilmektedir ve bu dönüşüm ile fosil yakıtlar oluşur. Bu yakıtların oluşumu milyonlarca sene içinde gerçekleşir. Dolayısıyla bu enerji kaynaklarının kullanım alanı genişledikçe tükenebilecekleri öngörülmektedir; ancak çok uzun bir zaman çizelgesi göz önüne alındığında teorik olarak yenilenebilmesi durumu söz konusudur.⁵

1.1.1. Petrol

Latince *petra* (taş) ve *oleum* (yağ) sözcüklerinin birleşimi olan *petro oleum* (yağ taşı), dilimize Fransızca'dan *pétrole* olarak geçmiştir. Dünya enerji darboğazının oluşmasının birincil ve temel unsuru olan petrolün nasıl oluştuğu bu bağlamda oldukça önemlidir. Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan ve içinde az miktarda nitrojen (N), oksijen (O) ve kükürt (S) bulunan çok karmaşık bir bileşiktir.

Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri Hidrojen (H) ve Karbon (C) olduğundan bu bileşikler, "*Hidrokarbon*" olarak da adlandırılır. Bunlar, toprağın veya suyun tazyiki altında daha derinlere çökerek basınç, sıcaklık, bakteri etkileri, radyoaktif bombardıman ve katalitik tepkimelerle petrol (hidrokarbon) hâline dönüşür. Oluşan ham petrol, gözenekli kum taşları veya kireçtaşları tarafından emilir veya yeraltı sularının akıntısına kapılarak kum ve kireçtaşlarına sürüklenir. Böylece depo kayalar denilen petrol yataklarını oluşturur.

Birinci zaman (Kambriyen) başından üçüncü zamanın (Miyosen) ortalarına kadar oluşan bütün arazide petrol veya doğal gaz bulunmuştur.⁶

Bir petrol yatağı daima bir noktada veya tabii bir engebede toplanmış halde bulunur. Petrol yatağı genellikle bir tuzlu su üzerinde yüzer. Yatağın üzerinde de yine çoğu zaman gaz halinde hidrokarbonlar bulunur. Petrol yataklarının yeraltı gölleri halinde bulunması çok ender görülen bir durumdur; ancak kamuoyunda petrol yataklarının yeraltı gölleri halinde bulunduğu bilinir. Petrol bazen arazi göçükleri nedeniyle yeryüzüne de çıkabilir. Trinidad Adası'ndaki Asfalt Gölü'nde Ortadoğu'da ve Sahra'da olduğu gibi eni 20-30 km'ye varan petrol arazileri mevcuttur.⁷

⁵ Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/fosil-nedir-fosil-yakitlar-nedir/>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).

⁶ Yalazan, *a.g.e.*, s. 162.

⁷ Çevrimiçi, <http://www.hurriyet.com.tr/galeri-dunyanin-en-buyuk-petrol-rezervlerine-sahip-ulke-ler-listesi-yenilendi-bakin-turkiye-kacinci-sirada-40698642?p=8>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

Petrol yatakları hacmine göre metreküp olarak ölçülür. Bu yataklara hesaplanmış rezerv denir. 2017 yılı sonu itibariyle Venezuela'daki en büyük petrol yatağı, 700 milyon ton petrol içermektedir. 2016 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1707 milyar varil olarak belirlenmiştir. Petrol rezervinin 814 milyar varili (yüzde 47,7'si) Orta Doğu ülkelerinde, 328 milyar varili (yüzde 8,7'si) Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, 228 milyar varili (yüzde 13,3'ü) Kuzey Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. 2016 yılında dünya petrol üretimi 96,9 milyon varil/gün'e ulaşmıştır. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol, 2016 yılı itibariyle dünya enerji talebinin yüzde 33,3'ünü karşılamıştır. Global Firepower firmasının 03.01.2018 tarihinde yayınladığı araştırma sonuçlarına göre, ülke bazlı dünya petrol rezervleri sıralaması Tablo-1'de gösterilmiştir.⁸

Tablo-1. Dünya Petrol Rezervleri Ülke Bazlı Sıralaması

Sıra No	Ülke	Petrol Rezervi Miktarı (Milyar Varil)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
1.	Venezuela	300	18,12
2.	Suudi Arabistan	269	16,25
3.	Kanada	171	10,33
4.	İran	157,8	9,53
5.	Irak	143	8,64
6.	Kuveyt	104	6,28
7.	Birleşik Arap Emirlikleri	98	5,92
8.	Rusya	80	4,83
9.	Libya	48,3	2,92
10.	Nijerya	37	2,24
11.	Amerika	36,5	2,20
12.	Kazakistan	30	1,81
13.	Çin	25	1,51
14.	Katar	25	1,51
15.	Brezilya	16	0,97
16.	Cezayir	12	0,72
17.	Meksika	9,7	0,59
18.	Ekvador	8,8	0,53
19.	Angora	8,4	0,51
20.	Azerbaycan	7	0,42
21.	Hindistan	5,6	0,34
22.	Umman	5,3	0,32
23.	Norveç	5,1	0,31
24.	Sudan	5	0,30
25.	Vietnam	4,4	0,27
26.	Mısır	4,4	0,27
27.	Güney Sudan	3,7	0,22
28.	Endonezya	3,6	0,22
29.	Malezya	3,6	0,22

⁸ Çevrimiçi, <http://www.hurriyet.com.tr/galeri-dunyanin-en-buyuk-petrol-rezervlerine-sahip-ulke-ler-listesi-yenilendi-bakin-turkiye-kacinci-sirada-40698642?p=8>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

30.	Yemen	3	0,18
31.	İngiltere	2,8	0,17
32.	Uganda	2,5	0,15
33.	Suriye	2,5	0,15
34.	Arjantin	2,4	0,14
35.	Kolombiya	2,3	0,14
36.	Gabon	2	0,12
37.	Kongo Cumhuriyeti	1,6	0,10
38.	Çad	1,5	0,09
39.	Avustralya	1,2	0,07
40.	Peru	0,7	0,04
41.	Gana	0,66	0,04
42.	Danimarka	0,611	0,04
43.	Romanya	0,6	0,04
44.	Türkmenistan	0,6	0,04
45.	Özbekistan	0,6	0,04
46.	İtalya	0,5445	0,03
47.	Japonya	0,5416	0,03
48.	Ukrayna	0,4	0,02
49.	Pakistan	0,4	0,02
50.	Tayland	0,4	0,02
51.	Türkiye	0,3	0,02
Dünya Toplamı		1655,3571	100,00

Son 50 yıldır, mevcut rezervlere göre petrolün ömrü 30-40 yıl diye hesaplanmıştır; ama yeni rezerve keşifleri ile ömür değişmiştir. Ayrıca Suudi Arabistan daima bir numaralı rezerve sahip ülke konumunu son zamanlara kadar korumuştur; ancak Tablo-1'den de görüleceği üzere Venezuela'nın önüne geçememiştir.

Petrol enerjisinin maliyeti yüksek olduğundan bazı ülkeler petrolün yerini tutabilecek enerji kaynakları arayışına yönelmiştir. Örneğin; ABD'de "şist gazı" (shale gas) veya "kaya gazı" üretim tekniklerinde önemli gelişmeler şist gazı üretimi artarak üretim maliyeti açısından petrole kıyasla avantajlı bir durum oluşmuştur.⁹

Dünya üretilebilir petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık yüzde 72'lik bölümü, ülkemizin yakın coğrafyasında bulunmaktadır. Türkiye, jeopolitik konumu itibarıyla dünya ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin 3/4'üne sahip bölge ülkeleriyle komşu olup Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir "Enerji Merkezi" olmak üzere pek çok önemli projede yer almakta ve söz konusu projelere destek vermektedir. İstatistiki tahminler çerçevesinde dünya birincil enerji talebinin 2030 yılına kadar yüzde 40 oranında artması beklenirken bu talebin içinde bulunduğumuz bölgenin kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir. Ülkemizde 2017 yılında 28,2 milyon ton olarak gerçekleşen ham petrol tüketiminin

⁹ Kamil Uslu, "Petrol Fiyatlarının Düşüşünde Shale (Şeyl) Gazının Etkisi, Geleceği ve Türkiye'nin Shale Gaz Potansiyeli", *International Conference On Eurasian Economies 2017*, 5-7 Ekim 2017, Bişkek-Kırgızistan, s. 122.

yanı sıra 26,5 milyon ton petrol ürünü tüketilmiştir. Ülkemiz nüfusunun günbegün artmasıyla petrol ve doğal gaz gereksiniminin mümkün mertebe yerli kaynaklardan karşılanması yönündeki faaliyetler kapsamında, ülkemizin yeterince aranmamış basenlerinde ve özellikle Karadeniz ve Akdeniz'deki deniz alanlarında yapılan petrol arama çalışmaları son yıllarda yüksek bir ivme kazanmıştır. Denizlerimizde petrol (hidrokarbon) arama ve üretim imkânları, deniz teknolojisindeki gelişmelerin ilerlemesiyle su derinliklerinin 1000-2000 m olduğu alanlarda bile mümkün olabilmektedir. Denizlerimizde petrol arama çalışmaları iki adet sismik arama gemisi ve bir adet sondaj gemisi ile yürütülmektedir. Ülkemizde petrol arama çalışmalarında 7000 m civarında derinliğe kadar inilmiştir; ancak dünya genelinde petrol arama çalışmalarında derinlik değeri çıkarılan petrolün kalitesine ve dünya ülkelerindeki petrol rezervlerinin fiziksel özelliklerine göre değişmektedir.¹⁰

1.1.2. Doğal Gaz

Petrol ile birlikte birincil enerji kaynaklarından olan doğal gaz, yaklaşık yüzde 90-99 oranında metan (C₄H₁₀), yüzde 1-3 oranında azot (N₂) ve bazen etan (C₂H₆), karbondioksit (CO₂), kükürt (S₂), hidrojen (H₂) ve helyum gazından (He) oluşur. Bir petrol türevi olan doğal gaz, yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Doğal gaz üretiminde kükürt miktarının fazla olması üretim ekonomisi açısından avantajlıdır; ancak doğal gaz ve türevleri tesisat hattında kullanılan boruların çabuk yıpranmasına neden olur. Dolayısıyla doğal gaz tesisatında kullanılan boruların kullanım ömrünü uzatmak amacıyla bu borular özel bir cins çelikten üretilir ve piyasada çeşitli çaplarda doğal gaz boruları olarak satılır. Ayrıca ham petrolün işlenmesinden de önemli miktarda gaz elde edilir.¹¹

Doğal gaz, petrol türevi olan bir gaz olduğundan tükenebilir enerji kaynağı olarak mevcut petrol rezervlerinin de işletilmesiyle petrolle hemen hemen aynı zamanda veya petrolden bir süre sonra tükenebileceği öngörülmektedir. Doğal gazların büyük bir oranı, petrolün oluşumu prensibine bağlı olmakla beraber bir kısım doğal gazlar da dünyanın magma tabakası ile ilgili olarak oluşmaktadır ki bu gazlar, dünya durdukça sürekli olarak yeni rezervler oluşturacaktır. Kaynağından çıkarıldığı haliyle herhangi bir işlemde geçirilmeksizin kullanılabilen doğal gaz, boru hatları ile veya sıkıştırılıp sıvılaştırılarak kullanılmak üzere tankerlerle tüketim alanlarına taşınır.¹²

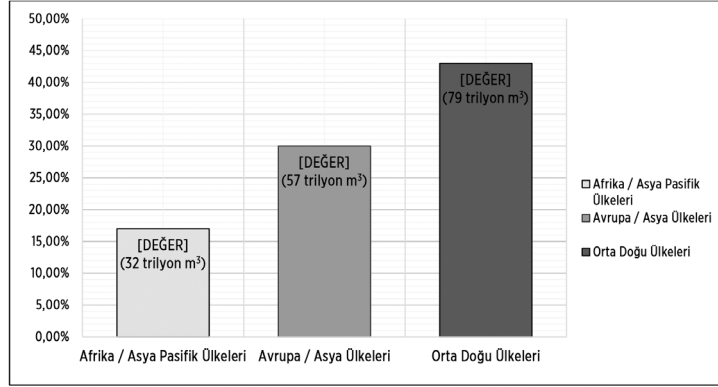
Orta Doğu ülkelerinde 79 trilyon metreküp (yüzde 43 oranında), Avrupa ve Asya ülkelerinde 57 trilyon metreküp (yüzde 30 oranında), Afrika ve Asya Pasifik ülkelerinde 32 trilyon metreküp (yüzde 17 oranında) doğal gaz rezervi bulunmaktadır. Bu değerler, Şekil-2'de histogram grafik ile gösterilmiştir.¹³

¹⁰ Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

¹¹ Yalazan, a.g.e., s. 163.

¹² Yalazan, a.g.e., s. 163.

¹³ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).



Şekil-2: Bölgelere Göre Doğal Gaz Rezervi Bulunma Yüzdeleri

Ülkemizde doğal gaz arz-talep dengesine ilişkin sayısal veriler incelendiğinde, yıllık gaz talebinin karşılanmasında herhangi bir sorun bulunmamaktadır; ancak doğal gaz tüketiminin yoğun olduğu kış aylarında geçici süreler ile birtakım sorunlar oluşmaktadır. Gerek mevsim normallerinin altında seyreden hava sıcaklığına bağlı olarak günlük tüketimin maksimum seviyeye ulaşması gerekse aynı dönemde kaynak ülkelerdeki veya güzergâh ülkelerindeki aksamalar dolayısıyla dönemsel arz-talep dengesizliklerini ortadan kaldırmak için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmalar kapsamında, toplam kapasitesi 2,84 milyar cm^3 olan Silivri, Kuzey Marmara ve Değirmenköy Doğal Gaz Depolama Tesisi'nin geri üretim kapasitesinin 75 milyon $\text{cm}^3/\text{gün'e}$, toplam depolama kapasitesinin ise 4,6 milyar cm^3 'e yükseltilmesi hedeflenmektedir. Diğer taraftan yapım çalışmaları devam etmekte olan Tuz Gölü Doğal Gaz Yer Altı Depolama Projesi'nde ilk faz tamamlanmış ve doğal gaz depolanmaya başlanmıştır. 2023 yılı itibarıyla bu yer altı deposunun geri üretim kapasitesinin 80 milyon $\text{cm}^3/\text{gün'e}$ ve toplam çalışma gazı kapasitesinin 5,4 milyar cm^3 'e yükseltilmesi hedeflenmektedir.¹⁴

Bir ilk olarak arz kaynakları ve güzergâhlarının çeşitlendirilmesi amacıyla, Yüzer LNG Depolama ve Yeniden Gazlaştırma Tesisi (FSRU)'ları İzmir/Aliağa ve Hatay/Dörtyol'da işletmeye alınmıştır. Saros Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Ünitesi (FSRU)'nin İletim Şebekesine Bağlantı Sistemine yönelik çalışmalar ise devam etmektedir. Ayrıca, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yurt içinde petrol ve doğal gaz arama ve üretim çalışmalarımıza önem ve öncelik verilmeye devam edilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın ülkemizin orta ve uzun vadede bir doğal gaz ticaret merkezi konumuna gelmesine yönelik politikasının uzun vadede sürdürülmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda, petrol arama çalışmaları için ülkemizde alınan iki adet sismik arama ile bir adet sondaj gemisi doğal gazın elde edilmesi çalışmalarında da kullanılmaktadır.¹⁵

¹⁴ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

¹⁵ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

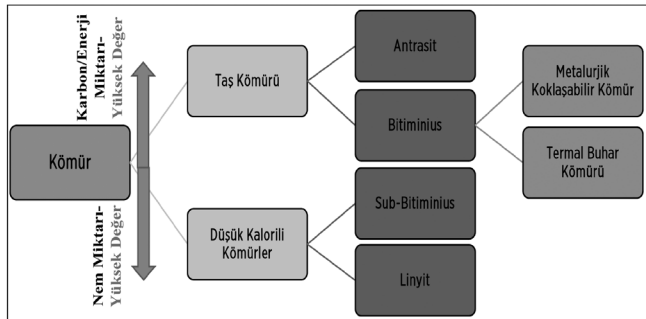
Ülkemizde Boru Hatları ile Ham Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAS) tarafından doğal gaz arzı sağlanan iller, Şekil-3'te gösterilmiştir. Ülke genelinde 78 ilde doğal gaz arzı sağlanmıştır. Diğer 3 ilde de doğal gaz boru hattı yapım çalışmaları devam etmektedir. Doğal gaz arzı sağlanan illerde hem endüstride hem de konutlarda doğal gaz kullanımı mümkün olmaktadır. Bu sayede endüstrinin tüm illerde ilerlemesi ve üretimin artmasıyla birlikte doğanın zehirli atıklardan dolayı kirlenmesi de önlenmektedir.¹⁶



Şekil-3: Doğal Gaz Arzı Sağlanan İller

1.1.3. Kömür

Kömür, yanabilen sedimanter organik bir kayadır. Kömür başlıca karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup diğer kaya tabakalarının arasında damar halinde milyonlarca yıl ısı, basınç ve mikrobiyolojik etiklerin sonucunda oluşur. Kömür yakıtı, organik olgunluğuna göre Şekil-4'te sınıflandırılmıştır.¹⁷



Şekil-4: Kömürün Organik Olgunluğuna Göre Sınıflandırılması

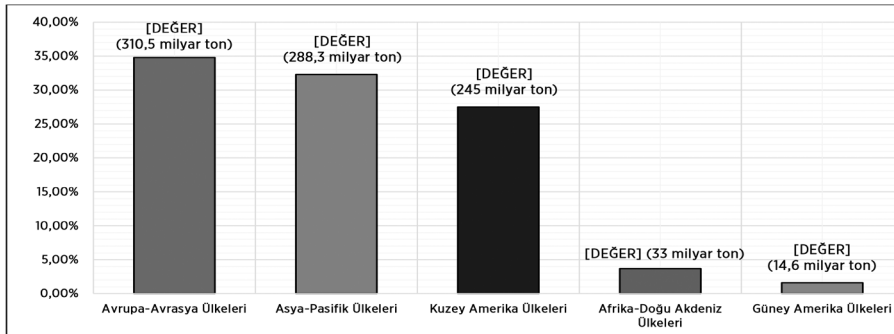
¹⁶ Çevrimiçi, <https://www.botas.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

¹⁷ Selami Toprak, *Kömür Nedir?*, MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, (Ty), Ankara.

Kömür rezervleri, çoğunlukla sıcak, nemli bir iklim ve yoğun bir bitki örtüsü olan bölgelerde bulunmaktadır. Kömür rezervleri, çok çeşitli olduğu gibi türleri de sertliğine, kalorisine, yağlı veya yağsız oluşlarına göre değişir. Bir kömür yatağında birkaç tür kömüre de rastlanabilir. Örneğin; linyit, ısıl değeri düşük olmasına rağmen barındırdığı kül ve nem miktarı fazla olduğundan genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılan bir kömür çeşididir. Taşkömürü ise yüksek kalorili kömürler sınıfındadır. Kömür yatakları toprak düzeyinde olduğu gibi (sıfır üstü yataklar olarak da adlandırılır), yüzlerce metre derinliklerde de bulunurlar (sıfır altı yataklar olarak da adlandırılır). Sıfır altı yatakların işletilmesi, havalandırma, aspirasyon ve asansör maliyetleri bakımından daha maliyetlidir. Kömür damarları birkaç metre kalınlıkta olduğu gibi toprak üstünde 30-40 cm kalınlığa kadar da düşerler. Kalori ve sertlik durumlarına göre en kuvvetlisi antrasittir.¹⁸

Dünya’da mevcut kömür yatakları yüksek oranda Avrupa, Amerika ve Asya’da bulunmaktadır. Dünya genelinde kömür rezervlerinin 310,5 milyar tonu (yüzde 34,8) Avrupa-Avrasya ülkelerinde, 288,3 milyar tonu (yüzde 32,3) Asya-Pasifik ülkelerinde, 245 milyar tonu (yüzde 27,5) Kuzey Amerika ülkelerinde, 33 milyar tonu (yüzde 3,7) Afrika-Doğu Akdeniz ülkelerinde ve 14,6 milyar tonu (yüzde 1,6) Güney Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. Bu değerler, Şekil-5’te histogram grafik ile gösterilmiştir.

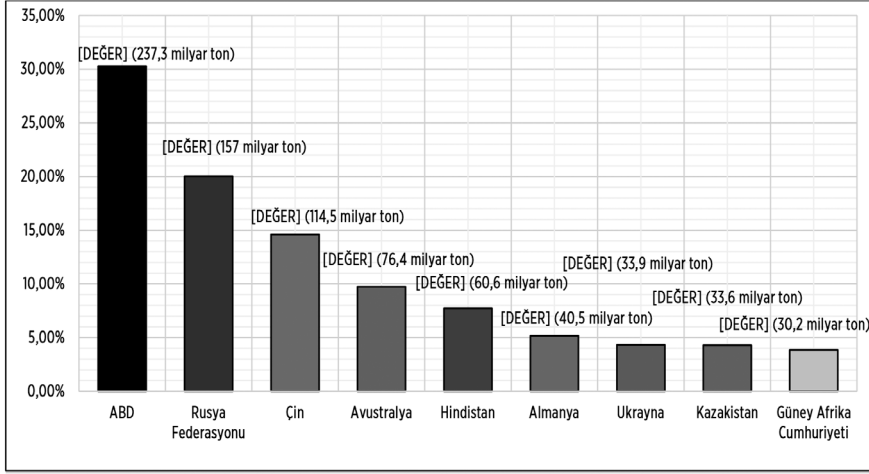
Diğer taraftan 2017 yılı Dünya Enerji Konseyi Raporu’na göre, 80 civarında ülkede bulunduğu raporlanan dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı (237,3 milyar ton) ABD’de bulunmaktadır. ABD’nin arkasından 157 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 114,5 milyar ton ile Çin gelmektedir. Diğer kömür zengini ülkeler arasında Avustralya (76,4 milyar ton), Hindistan (60,6 milyar ton), Almanya (40,5 milyar ton), Ukrayna (33,9 milyar ton), Kazakistan (33,6 milyar ton) ve Güney Afrika Cumhuriyeti (30,2 milyar ton) bulunmaktadır. Dolayısıyla, dünya kömür rezervlerinin yüzde 90’dan fazlası bu dokuz ülkenin sınırları içinde yer almaktadır. Bu değerler, Şekil-6.’da histogram grafik ile gösterilmiştir.¹⁹



Şekil-5: Kıta Bazlı Kömür Rezervi Bulunma Yüzdeleri

¹⁸ Yalazan, a.g.e., s. 164.

¹⁹ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “a.g.m.”, s. 11-12.



Şekil-6: 2017 Yılı Sonu İtibariyle Ülke Bazlı Kömür Rezervi Bulunma Yüzdeleri

Günümüzde enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtlardan olan kömür, temiz enerji teknolojileri ile tüm dünyada doğayı kirletmeden kullanılmaktadır. Aynı zamanda elektrik enerjisi üretiminde ucuz ve rekabetçi bir yakıt olması dolayısıyla Dünya elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 40'ı kömürden sağlanmaktadır. Ülkemizde ise, 2017 yılında kömüre dayalı santrallerden toplam 97,5 TWh elektrik üretilmiş olup toplam elektrik üretimi içerisindeki payı yüzde 33 düzeyindedir.²⁰

Ülkemiz rezerv ve üretim miktarları açısından linyit türü kömürde dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeydedir. Toplam dünya linyit/alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık yüzde 3,2'si ülkemizde bulunmaktadır. Bununla birlikte linyitlerimizin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan termik santrallerde kullanımı ön plana çıkmıştır. Ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık yüzde 46'sı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Ülkemizin en önemli taşkömürü rezervleri ise Zonguldak ve civarındadır. Zonguldak Havzası'ndaki toplam taşkömürü rezervi 1,30 milyar ton, buna karşılık görünür rezerv ise 506 milyon ton düzeyinde bulunmaktadır.

2016 yılı sonu itibariyle 136,2 Milyon Ton Eşdeğer Petrol (MTEP) olan ülkemizin toplam birincil enerji tüketiminde kömürün payı yüzde 28'dir. Ülkemizin 2018 yılı ilk yarısı itibariyle kömüre dayalı santral kurulu gücü 18666 MW olup toplam kurulu gücün yüzde 21,4'üne karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 9873 MW (yüzde 11,3) ve ithal kömüre dayalı kurulu güç ise, 8794 MW (yüzde 10,1)'dir.²¹

1.2. Yenilenebilir (Tükenemez) Enerji Kaynakları

Yenilenebilir Enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki enerji akışından elde edilen enerjidir. Bir başka deyişle; enerji kaynağından alınan enerji-

²⁰ Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

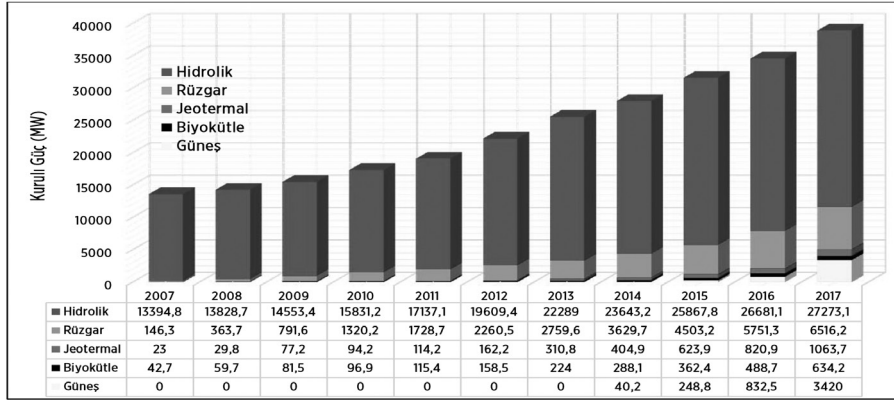
²¹ Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

ye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha hızlı bir şekilde kendini yenileyebilmesi olarak da tanımlanabilir. Bu kaynaklar güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi ve dalga, gel-git enerjisi olarak sıralanabilir.

Yenilenebilir enerjinin; tesisler, hayvanlar ve insanlar tarafından kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir. Fosil yakıtlar, çok uzun bir zaman çizelgesi göz önüne alındığında teorik olarak yenilenebilirken, istismar edilerek kullanılması sonucu yakın gelecekte tamamen tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır.²²

Ülkemizde son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi oldukça yaygınlaşmıştır.

2017 yılı sonu itibariyle güneş enerjisinden 3420 MW, rüzgâr enerjisinden 6516,2 MW, hidrolik enerjiden 27273,1 MW, jeotermal enerjiden 1063,7 MW ve biyokütle enerjisinden 634,2 MW elektrik üretilmiştir. Bu değerler, Şekil 7.'de histogram grafik ile gösterilmiştir.²³



Şekil-7: Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üreten Tesislerin Kurulu Güç Gelişimi

Şekil-7’de de görüldüğü gibi yıllar arttıkça yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi miktarının yükseldiği anlaşılmaktadır.

2018 yılı Temmuz ayı sonu itibariyle elektrik üretiminde kurulu güç değerlerinin kaynaklara göre dağılımı ve santral sayısı ise, Tablo-2’de gösterilmiştir.²⁴

²² Çevrimiçi, http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Yenilenebilir_Enerji_Nedir.aspx, (Erişim tarihi: 10.09.2018).

²³ Çevrimiçi, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).

²⁴ Çevrimiçi, https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-09/kurulu_guc_agustos_2018.pdf, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

Tablo-2: Ülkemizde kurulu güç değerlerinin birincil enerji kaynaklarına göre yüzde dağılımı ve santral sayıları

Yakıt Cinsleri	2017 Yıl Sonu İtibariyle			31 Ağustos 2018 Sonu İtibariyle		
	Kurulu Güç (MW)	Katkı (%)	Santral Sayısı (Adet)	Kurulu Güç (MW)	Katkı (%)	Santral Sayısı (Adet)
Fuel-Öil + Nafta + Motorin	303,6	0,4	12	294	0,33	11
Yerli Kömür (Taş Kömürü + Linyit + Asfaltit)	9872,6	11,6	30	10203,5	11,63	31
İthal Kömür	8793,9	10,6	11	8793,9	10,02	11
Doğal Gaz + LNG	23063,7	27,1	243	22688,3	25,86	253
Yenilenebilir + Atık + Atık Isı + Piroolitik Yağ	575,1	0,7	98	622,5	0,71	99
Çok Yakıtlılar Katı + Sıvı	682,9	0,8	22	697,1	0,79	22
Çok Yakıtlılar Sıvı + Doğal Gaz	3433,6	4,0	47	3361,2	3,83	47
Jeotermal	1063,7	1,2	40	1163,6	1,33	41
Hidrolik (Barajlı)	19776,0	23,2	117	20503,5	23,37	117
Hidrolik (Akarsu)	7489,7	8,8	501	7602,7	8,67	510
Rüzgâr	6482,2	7,6	161	6685,1	7,62	167
Güneş	17,9	0,0	3	31,9	0,04	4
Termik (Lisanssız)	201,1	0,2	67	263,8	0,30	90
Rüzgâr (Lisanssız)	34,0	0,0	46	57,3	0,07	68
Hidrolik (Lisanssız)	7,0	0,0	10	7,4	0,008	10
Güneş (Lisanssız)	3402,8	4,0	3613	4761	5,43	5503
Toplam	85200,0	100	5021	87293,7	100	6984

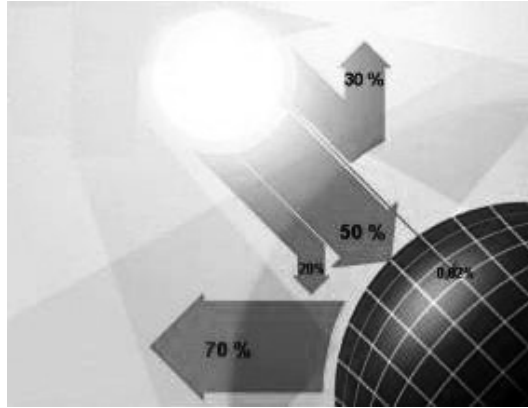
1.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş, sıcaklığını ve ışığını yeryüzüne gönderen, hidrojeni helyuma dönüştüren ve bu sayede termonükleer enerji oluşturan kızıl derecede bir gök cisimidir. Güneş enerjisi de güneşin çekirdeğinde oluşan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi reaksiyonu yani füzyon süreci sonucu açığa çıkan ısıma enerjisidir. Güneşin yüzey sıcaklığının 5750 °C olduğu öngörülmektedir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık 1370 W/m² değerindedir; ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı 0-1100 W/m² aralığında değişir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden oldukça fazladır. Güneş enerjisinden yararlanarak enerji üretimi konusundaki çalışmalar dünya genelinde özellikle 1970'li yıllardan sonra ivme kazanmıştır. Geliştirilen güneş enerjisi sistemleri, teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş ve çevresel açıdan ise güneş enerjisi de rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji gibi temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.²⁵

Güneş ile Dünya arasındaki mesafe yaklaşık 150 milyon km'dir. Güneş'ten Dünya'ya gelen enerji kaynağının büyüklüğü, Dünya'da bir yıl içinde kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Şekil-8'de görüldüğü gibi güneşten gelen ışınımın

²⁵ Yalazan, a.g.e., s. 165-166.

tamamı Dünya'ya ulaşmaz. Yüzde 30 kadarı atmosfer tarafından geri yansıtılır. Yüzde 20 kadarı ise, atmosfer ve bulutlarda soğutulur; ancak güneşten gelen ışınımın yüzde 50'si atmosferi geçerek Dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı artar ve yeryüzünde yaşanabilir bir doğal ortam oluşur. Dünya'daki rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına, metcezlere de güneş kaynaklı bu ısınma neden olur. Dünya yüzeyine gelen güneş ışınımının yüzde 1'den azı ise, bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Güneş, nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya doğrudan kaynağıdır.²⁶



Şekil-8: Güneş Işınımının Dünya'ya Ulaşma Yüzdeleri

Büyük bir enerji kaynağı ve deposu olan güneşin ısıl gücünden teknik ve teknolojik alanlardaki gelişmeler sonucunda elektrik üretimi amacıyla ancak 20. yüzyılda yararlanmaya başlanmıştır. Güneş ışınımı sonucunda Dünya yüzeyine bir yılda yaklaşık 530 trilyon eşdeğerinde kalorilik bir enerji düşmektedir. Bu enerji büyüklüğü, Dünya üzerinde yaklaşık 1000 MW ile 24 saat çalışan 70 milyon santral gücündedir; ancak Güneş, dünyanın her yerine aynı oranda ısı ve ışın göndermez. Bilim insanları, özellikle fazla miktarda güneş enerjisi alan Büyük Sahra Çölü, Afrika Kıtası, Güney Amerika ve Ekvator'da yapılacak Güneş Santralleri ile güneş enerjisini depo edip gerektiği zaman ve durunda elektrik enerjisi veya ısı enerjisi olarak kullanmayı planlamışlardır.²⁷

Günümüzde dünyanın farklı ülkelerinde çok büyük ölçekli Güneş Enerjisi Santralleri (GES'ler) kurulmuş ve işletmeye alınmıştır. Bu santrallerin güçlü gücü en yüksek olanları başta Hindistan olmak üzere, Çin, ABD, İspanya ve Almanya'da bulunmaktadır. Kurulu gücü en yüksek olan Güneş Enerjisi Santrali (GES), Hindistan'ın Gujarat eyaletinde bulunmakta olup 856,81 MWe gücündedir. Bu santralde toplam 3427240 adet güneş paneli bulunmaktadır ve enerji üretim teknolojisi Fotovoltaik Güneş Teknolojisi üzerine kuruludur.

²⁶ Çevrimiçi, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, (Erişim tarihi: 17.09. 2018).

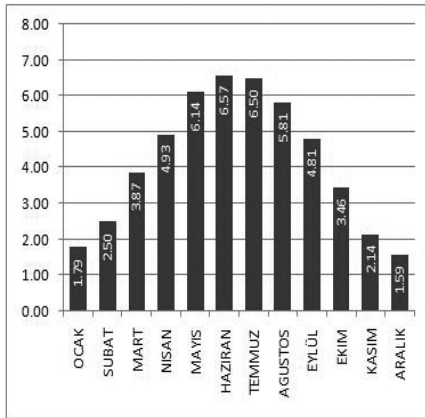
²⁷ Yalazan, a.g.e., s. 166.

Ayrıca Hindistan'ın Gujarat Eyaleti'ndeki GES'in ardından ABD'nin California ve Arizona eyaletlerinde en büyüğü 579 MWe gücünde olmak üzere çok sayıda GES kuruludur. Bu santraller, bahsi geçen eyaletlerdeki yüzölçümü çok geniş ve gün içerisinde oldukça fazla güneş ışını alan sahalarda yer almaktadır. Dünyanın en büyük GES'i, Şekil-9'da gösterilmiştir.²⁸

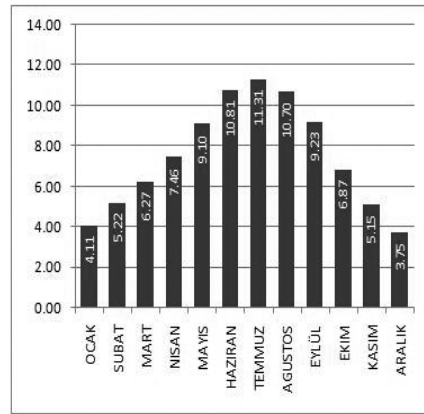


Şekil-9: Hindistan'ın Gujarat Eyaleti'ndeki Dünya'nın En Büyük Güneş Enerjisi Santrali

Ülkemiz ise, coğrafi konumu itibarıyla yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Şekil-10'da gösterilen küresel radyasyon değerleri ve Şekil-11'de gösterilen ay bazlı güneşlenme süreleri histogram grafiklerine bakıldığında ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu somut olarak görülmektedir.²⁹



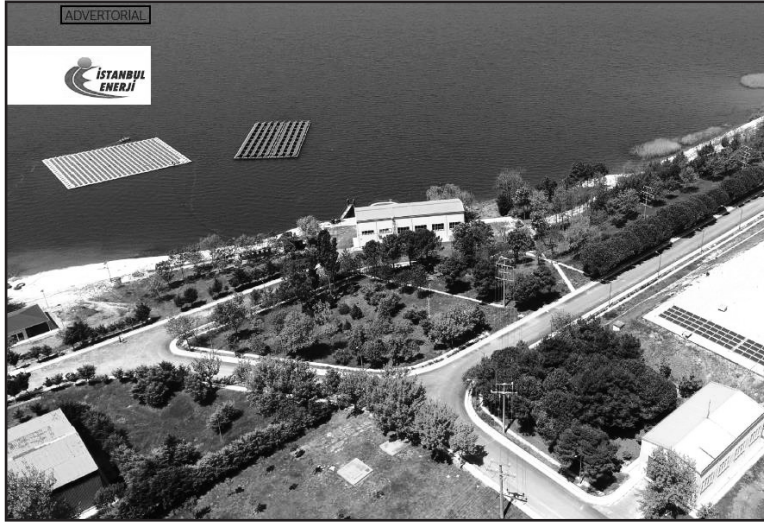
Şekil-10: Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün)



Şekil-11: Türkiye Ay Bazlı Güneşlenme Süreleri (Saat)

²⁸ Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/dunyanin-en-buyuk-20-gunes-santrali/>, (Erişim tarihi: 17.09.2018).

²⁹ Çevrimiçi, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).



Şekil-13: İstanbul Büyükçekmece Gölü Üzerine Kurulu Türkiye'nin İlk Yüzer Güneş Enerjisi Santrali (YGES)

Güneş enerjisi ile enerji üretiminde uygulanan yöntem, kullanılan malzeme ve teknolojik seviye bakımından farklı teknik özelliklerde teknolojiler bulunmaktadır. Güneş enerjisi ile enerji üretiminde yani Güneş Enerjisi Santralleri'nde yaygın bir şekilde kullanılan temelde iki farklı teknoloji mevcuttur. Bu teknolojiler, Fotovoltaik Güneş Teknolojisi ve Isıl Güneş Teknolojisi'dir.³²

Düzlemsel Güneş Kolektörler, Vakumlu Güneş Kolektörlerinin yanı sıra uygulama alanı daha dar olan Güneş Havuzları, Güneş Bacaları, Su Arıtma Sistemleri, Güneş Mimarisi, Ürün Kurutma ve Seralar, Güneş Ocakları gibi farklı türlerde Isıl Güneş Teknolojisi Sistemleri de bulunmaktadır. Ancak bu sistemlerden bazıları uygulamada kullanılmadığından veya uygulama alanı dar olduğundan bu sistemlerin detaylarına çalışma kapsamında yer verilmiştir.

Dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler doğrultusunda, güneş enerjisi sistemlerinin farklı yerlerde kullanım alanları da ortaya çıkmıştır. Örneğin; Çin'in Jinan kentinde gerçekleştirilen güneş enerji panelleriyle kaplı yollara yerleştirilen lastik kaplı güneş panelleri sayesinde hem tarım arazilerinin amacı doğrultusunda kullanılması sağlanacak hem de karayolu üzerine yerleştirilen güneş panelleri için ayrıca bir toprak tahsis edilmesi gerekmeyeceğinden anlamsız yer kaplaması önlenmiş olacaktır. Dolayısıyla teknolojinin ilerlemesiyle birlikte güneş enerjisi sistemlerinin farklı kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Örneğin; seralarda, farklı türdeki yapıların çatılarında ve dış cephe kaplamalarında, şehir aydınlatması gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır.³³

³² Çevrimiçi, https://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, (Erişim tarihi: 17.09.2018).

³³ Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Dergisi, Yay. Haz.: Oya Bakır, Ed.: Didem Taşbaşı, Yıl: 11, Sayı: 65, s. 3.

1.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneş kaynaklı radyasyonun yeryüzünü farklı ısıtmasından kaynaklanır. Güneşin yeryüzünü homojen ısıtmamasından kaynaklı ortaya çıkan nem, sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur ve bu hava akımına rüzgâr denir. Dünya'ya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık yüzde 2'si rüzgâr enerjisine dönüştürülür. Rüzgâr hızı, yükseklikle artar ve elde edilen teorik güç ise, rüzgâr hızının küpü ile orantılı olarak değişir.³⁴

Rüzgâr enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları yanında üstünlükleri genel olarak şöyle sıralanabilir:³⁵

- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır yani çevre dostudur.
- Kaynağı güvenilirdir, tükenme ve zamanla fiyatının artma riski yoktur.
- İşletme ve yatırım maliyeti, günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
- Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- İstihdam oluşturur.
- Kullanılan malzemelerin hammaddesi tamamıyla yerlidir.
- Enerji arzında dışa bağımlılığı önler.
- Teknolojisinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
- İşletmeye alınması kısa bir sürede gerçekleşebilir.

Rüzgâr enerjisinden enerji üretiminde rüzgâr türbinleri kullanılır. Rüzgâr türbinleri, Rüzgâr Enerjisi Santralleri'nin (RES'lerin) ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye ve ardından elektrik enerjisine dönüştürürler. Bir rüzgâr türbininin enerji üretebilmesi için, rüzgâr hızının o rüzgâr türbinine ait minimum ve maksimum çalışma hızı aralığında olmalıdır. Enerji üretimi sırasında gürültü kirliliğini önleyebilmek için türbin gövde malzemesi, ses izolasyonlu olmalıdır. Yanı sıra enerji üretimi sürecinde türbin kanatlarının hareketi sırasında doğada yaşayan canlıların zarar görmemesi için sistemin otomatik kapanmasını sağlayan bir güvenlik mekanizması kurulmalıdır. Böylece ekosistemin bozulması önlenmiş olur. Rüzgâr türbinlerinden oluşan RES'lerin yerleşim merkezlerinden uzak, ulaşım hatlarından uzak, uçan canlıların göç mevsiminde izledikleri rotadan uzak, ekosistemin bozulmasını önleyecek ve hava akımının yoğun olduğu bölgelerde kurulması, bu sistemlerden daha verimli enerji üretilmesini sağlar.³⁶

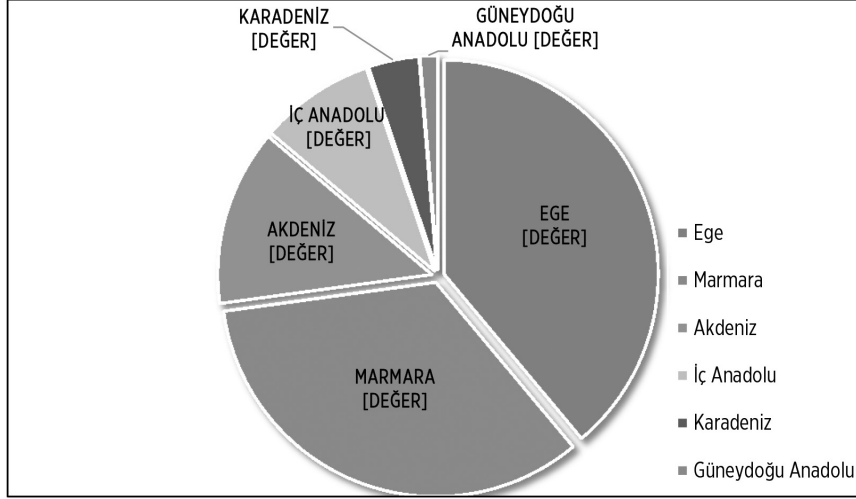
Türkiye'de son yıllarda RES sayısı artmış ve dolayısıyla rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisi üretimindeki payı da artmıştır. Ülkemizde işletmedeki RES'lerin coğrafi bölgelere göre dağılım grafiği verilen Şekil-14 incelendiğinde son yıllarda daha çok Ege Bölgesi'nde kurulu RES olduğu ve bu bölgedeki kurulu santrallerden daha fazla elektrik enerjisi elde edildiği gözlemlenmektedir. İl-

³⁴ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

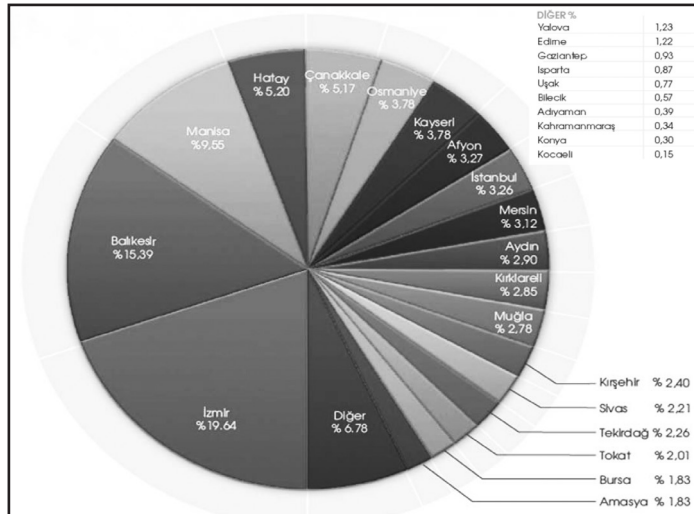
³⁵ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

³⁶ Çevrimiçi, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

lere göre rüzgâr enerjisi ile enerji üretimi verilen Şekil-15 incelendiğinde ise, İzmir İli'nde en fazla enerji üretimi olduğu gözlemlenmektedir.³⁷



Şekil-14: Elektrik Enerjisi Üretiminde İşletmedeki RES'lerin Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı

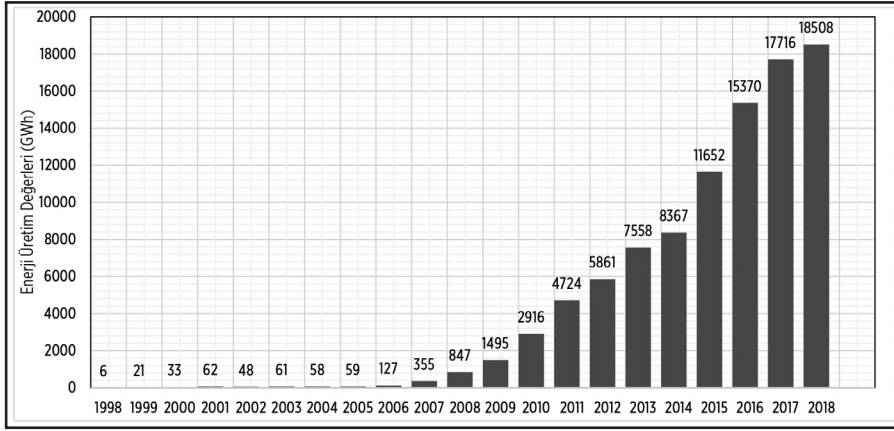


Şekil-15: Elektrik Enerjisi Üretiminde İşletmedeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı

1998-2018 yılları arasında verilen Şekil-16.'daki rüzgâr enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi değerleri incelendiğinde, enerji üretiminin yıllara göre artış gösterdiği ve 18508 GWh üretim gücü ile en çok 2018 yılında enerji üretildiği gözlemlenmektedir.³⁸

³⁷ Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, *Temmuz 2018 İstatistik Raporu*, s. 17-19.

³⁸ Çevrimiçi, <https://www.sabah.com.tr/galeri/turkiye/iste-dunyadaki-ruzgar-enerjisi-uretimi-turkiye-devleri-solladi-1525786525/4>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).



Şekil-16: Türkiye’de RES’lerden Üretilen Yıllık Elektrik Enerjisi Üretim Değerleri

Dünya genelinde rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi incelendiğinde, Windeurope, Windpower ve Küresel Rüzgâr Enerji Konseyi’nin (GWEC) Mayıs 2018 verilerine göre, 168732 MW kurulu gücü, 104934 türbin sayısı ve yüzde 4’lük elektrik ihtiyacındaki payı ile Çin en fazla elektrik enerjisi üreten ülke konumundadır. Çin’in hemen ardından 82184 MW kurulu gücü, 52343 türbin sayısı ve yüzde 5.4’lük elektrik ihtiyacındaki payı ile ABD gelmektedir. 2018 yılı Mayıs ayı sonu itibariyle rüzgâr enerjisinden ülke bazlı elektrik enerjisi üretimi sıralaması Tablo-3’te gösterilmiştir.³⁹

Dünya, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelirken ülkemizde de bu kaynaklara yönelik yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır. Tablo-3’e bakıldığında ülkemiz, toplam enerji üretimiyle pek çok gelişmiş ülkeyi geride bırakmış durumdadır. Aynı zamanda Türkiye’de ilk, Dünya’nın da en büyük deniz üstü (offshore) RES’i kurulması planlanmaktadır.



Şekil-17: Ülkemizde Kurulması Planlanan Deniz Üstü (Offshore) RES’ler (Temsili olarak gösterilmiştir.)

³⁹ Çevrimiçi, <https://www.sabah.com.tr/galeri/turkiye/iste-dunyadaki-ruzgar-enerjisi-uretimi-turkiye-devleri-solladi-1525786525/4>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

Dünyanın en büyüğü olması planlanan ülkemizde kurulacak olan deniz üstü RES, aynı zamanda Akdeniz Bölgesi ülkelerinin de bu teknolojiye ilk santrali ilk santrali olacağı tahmin edilmektedir. Bu santrallerin en fazla 1200 MW kapasitede olacağı ve rüzgâr türbinlerinin her birinin 8000 parçadan oluşması planlanmaktadır. Bu santrallerin Saros, Gelibolu, Şarköy ve Kıyıköy'ün Türk suları içinde kalan alanlarının aday bölgeler olduğu belirtilmektedir. Şekil-17'de kurulması planlanan deniz üstü RES, temsilen gösterilmiştir.⁴⁰

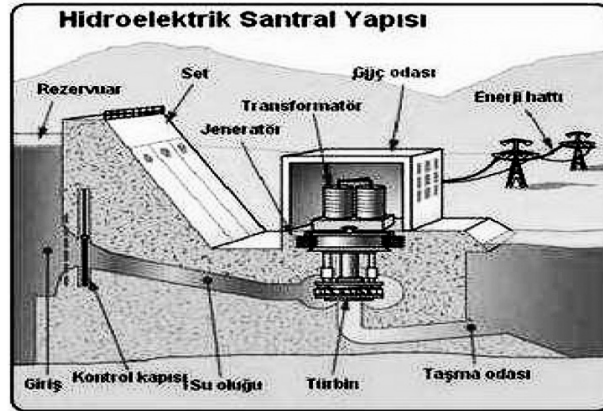
Tablo-3: Rüzgâr Enerjisi'nden Ülke Bazlı Elektrik Enerjisi Üretimi Sıralaması

Sıra No	Ülkeler	Toplam Kurulu Güç (MW)	Kullanılan Türbin Sayısı	Elektrik İhtiyacındaki Payı (%)
1.	Çin	168732	104934	4
2.	ABD	82184	52343	5,5
3.	Almanya	50018	28217	16
4.	Hindistan	28700	29273	9,1
5.	İspanya	23074	-	19
6.	Birleşik Krallık	14543	-	12,4
7.	Fransa	12065	-	4
8.	Kanada	11900	6288	6
9.	Brezilya	10740	6000	7
10.	İtalya	9257	-	5,5
11.	Türkiye	7081	2658	7,3
12.	İsveç	6250	-	11,4
13.	Polonya	5782	-	7,1
14.	Portekiz	5316	-	24,7
15.	Danimarka	5228	6131	36,8
16.	Hollanda	4328	2403	8,4
17.	Avustralya	4327	2016	5,3
18.	Meksika	3527	2000	3,5
19.	Japonya	3234	2175	0,5
20.	Romanya	3028	-	12,5
21.	İrlanda	2830	-	27
22.	Avusturya	2632	1305	10,4
23.	Belçika	2386	1123	5,8
24.	Yunanistan	2374	2148	7,4
25.	Finlandiya	1538	552	3,8
26.	Şili	1474	642	3,1
27.	Güney Afrika	1471	600	-
28.	Uruguay	1210	521	-
29.	Güney Kore	1031	671	-
30.	Norveç	838	374	1,9
31.	Mısır	810	798	-
32.	Fas	787	669	-
33.	Bulgaristan	691	312	4
34.	Tayvan	682	523	-
35.	Yeni Zelanda	623	384	-
36.	Pakistan	591	258	-
37.	Hırvatistan	422	226	-
38.	Macaristan	329	245	1,6
39.	Etiyopya	324	220	-
40.	Estonya	310	-	7,3

⁴⁰ Çevrimiçi, <https://paratic.com/dunyanin-en-buyuk-deniz-ustu-res-turkiye-kuruluyor/>, (Erişim tarihi: 03.10.2018).

1.2.3. Hidrolik Enerji

Hareket halindeki akışkanın diğer bir ifadeyle; akan akışkanın kinetik enerjisinden faydalanarak elde edilen enerjiye “Hidrolik Enerji” denir. Hidrolik Enerji üretiminde Hidroelektrik Santraller (HES’ler) kullanılır. HES’ler, akan akışkanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye ve ardından elektrik enerjisine dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarı, akışkanın hacimsel ve / veya kütleli debisine bağlıdır. Yüze alanı ve derinliği fazla olan göl veya nehirlerdeki akışkanlar, yüksek miktarda kinetik enerjiye sahiptir veya yüksek rakımdan bırakılan akışkanın potansiyel enerjisi fazla olduğundan daha düşük bir rakıma ulaştığında yine yüksek miktarda kinetik enerji açığa çıkar. Her iki durumda da boru veya kanal sistemi içine alınan su, hidrolik türbinlere doğru akar ve elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Enerji üretiminin son aşamasında, türbinler, jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Şekil-18’de Hidrolik Enerji’den elektrik enerjisi üretimi akış şeması gösterilmektedir. Hidrolik Enerji, çeşitli enerji kaynakları içerisinde ekosistemin bozulmasını engelleyen, temiz, yenilenebilir, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, uzun ömürlü, işletme gideri çok düşük ve yerli bir enerji kaynağıdır.⁴¹



Şekil-18: Hidrolik Enerji Üretimi Akış Şeması

Hidrolik enerji üretiminde kullanılan Hidroelektrik Santraller, belirli coğrafi özelliklere sahip yüksek hacimsel debili göl veya nehirler üzerine kurularak daha fazla enerji üretimi elde edilmesi sağlanmaktadır. Genelde yoğun olarak suyun ve yükseklik farklarının fazla olduğu akarsu veya nehirlerin üzerinde kurulabilen bu santraller, suyun belirli kısımlarında yüksek betonarme yapılar yapılarak kurulurlar.⁴²

Ülkemiz teorik hidrolik potansiyeli, dünya teorik hidrolik potansiyelinin yüzde 1’i, ekonomik potansiyeli ise, Avrupa ekonomik potansiyelinin yüzde

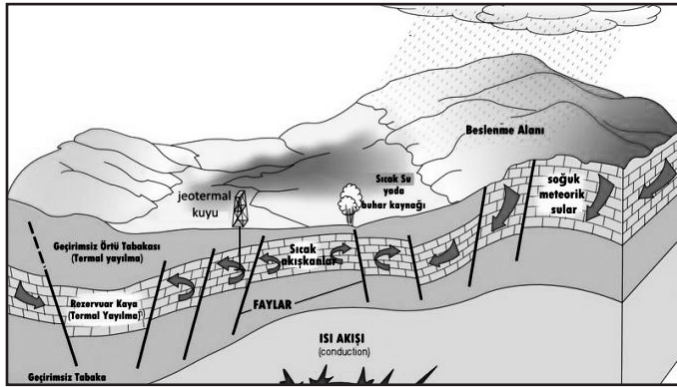
⁴¹ Çevrimiçi, <https://www.sabah.com.tr/egitim/2017/01/31/hidroelektrik-santrali-nedir>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁴² Çevrimiçi, <https://www.sabah.com.tr/egitim/2017/01/31/hidroelektrik-santrali-nedir>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

16'sı kadardır. Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynaklarımızın teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 140 milyar kWh/yıl'dır. Ülkemizde 2018 yılı Haziran ayı sonu itibariyle, işletmedeki 27912 MW'lık kurulu güce sahip 636 adet HES Türkiye toplam kurulu gücünün yüzde 32'sine karşılık gelmektedir. Hidroelektrik üretim, 2018 yılı Haziran ayı sonu itibariyle yaklaşık 33 milyar kWh olarak gerçekleşmiş olup toplam elektrik üretiminin yüzde 22,4'ü hidroelektrikten elde edilmiştir.⁴³

1.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal Enerji, yer kabuğunun çeşitli bölgelerinde ve derinliklerinde depolanmış yüksek sıcaklık ve basınca sahip ısı enerjisi (termal enerji) anlamına gelir. Jeotermal Enerji kavramının sözlük anlamı ise, yeryüzüne (dünyaya) ait ısı enerjisi demektir. Jeotermal enerjinin oluşum sürecine bakıldığında; kar ve yağmur şeklinde yeryüzüne ulaşan sular, yer kabuğundaki çatlaklardan sızarak magmanın ısıttığı kayalara ulaşır. Kızgın kayalara ulaşan su ısınır. Isınan su, dünyanın değişik bölgelerindeki volkanlar ve gayzerler biçiminde yeryüzünde ortaya çıkar. Yeryüzüne çıkan bu suyun sıcaklığı genellikle 150 °C civarındadır. Jeotermal Enerji'nin oluşum süreci şematik olarak Şekil-19'da gösterilmiştir.⁴⁴



Şekil-19: Jeotermal Enerji Oluşum Süreci

Jeotermal Enerji, yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu ve yerli bir enerji türüdür ve ülkemizde bu enerjiden yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır. Ülkemiz jeolojik ve coğrafik konumu itibarı ile aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal enerji açısından dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır ve bütün coğrafi bölgeler dikkate alındığında yaklaşık 1000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda birçok jeotermal kaynak mevcuttur. Ülkemiz jeotermal potan-

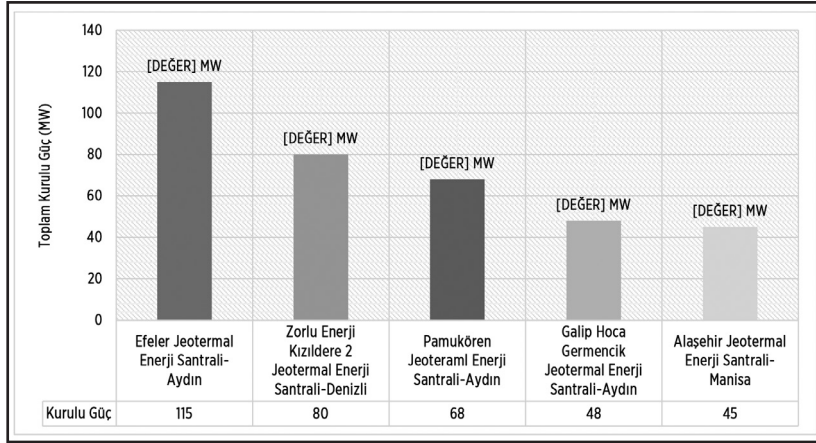
⁴³ Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁴⁴ Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/jeotermal-enerji-nedir-jeotermal-ne-demek/>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

siyeli oldukça yüksek olup, potansiyel oluşturan alanların yüzde 78'i Batı Anadolu'da, yüzde 9'u İç Anadolu'da, yüzde 7'si Marmara Bölgesi'nde, yüzde 5'i Doğu Anadolu'da ve yüzde 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın yüzde 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vb.) için uygun olup kalan yüzde 10'luk potansiyelimiz ise, dolaylı uygulamalar (örneğin; elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.⁴⁵

Jeotermal kaynaklar yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bugün için ülkemizde elde edilen jeotermal enerjiden elektrik üretimi, ısıtma (sera ve konut), termal ve sağlık turizmi, endüstriyel mineral eldesi ve kurutmacılık gibi alanlarda yararlanılmaktadır. Jeotermal Enerji uygulamalarında ilk elektrik üretimi 1975 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve 0,5 MWe güce sahip Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır. 2004 yılından itibaren jeotermal enerji arama çalışmalarına hız verilmiş ve sondajlı jeotermal enerji aramaları 2000 m seviyelerinden 28000 m seviyelerine çıkarılmış ve bu çalışmalar neticesinde 287,5 °C sıcaklığa kadar ulaşan yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar keşfedilmiştir.⁴⁶

2008 yılında, mevzuat alt yapısının geliştirilmesi ve özel sektöründe jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmalarında devreye girmesiyle, ülkemiz toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 35500 MWT'e ulaşmıştır. Güncel veriler dikkate alınarak ülkemizdeki en yüksek kapasiteli Jeotermal Enerji Santralleri sıralaması Şekil-20'de gösterilmiştir.



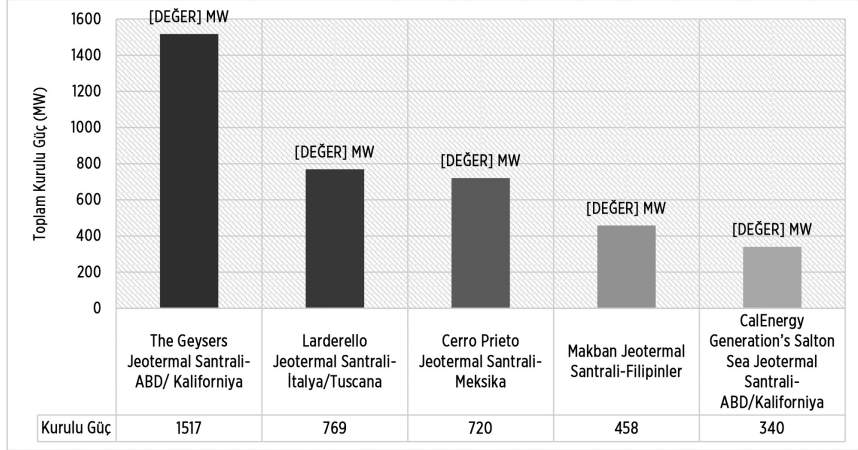
Şekil-20: Türkiye'deki En Yüksek Kapasiteli Jeotermal Enerji Santralleri

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2017 yılı sonu verilerine göre; 14,1 GWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 70329 MWt olup dünyada doğrudan kullanım uygulamalarındaki

⁴⁵ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁴⁶ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

ilk 5 ülke ise ABD, Çin, İsveç, Belarus ve Norveç'tir. Dünya'daki en yüksek kapasiteli Jeotermal Enerji santralleri sıralaması Şekil-21'de gösterilmiştir.⁴⁷



Şekil-21: Dünya'daki En Yüksek Kapasiteli Jeotermal Enerji Santralleri

1.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, yaşayan veya yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik atıkların genel adıdır. Bir başka ifadeyle; biyokütle, herhangi bir canlı türüne veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu kütleye denir. Biyokütle, bir enerji kaynağıdır ve endüstriyel anlamda biyokütle, bu biyolojik maddelerden yakıt elde edilmesi veya diğer endüstriyel amaçlarla kullanılması ile ilgilidir.⁴⁸

Biyokütle enerji kaynakları, dört ana başlık altında sınıflandırılabilir:⁴⁹

1. Bitkisel Biyokütle Enerji Kaynakları

- ◆ Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya vb.)
- ◆ Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı vb.)
- ◆ Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus vb.)
- ◆ Protein bitkileri (bezelye, fasulye vb.)
- ◆ Bitkisel ve tarımsal atıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.)
- ◆ Orman ve orman ürünlerinden elde edilen biyokütle enerji kaynakları
- ◆ Odun ve Orman Bitkileri (Enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar).

2. Hayvansal Biyokütle Enerji Kaynakları

◆ Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar.

⁴⁷ Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/jeotermal-enerji-nedir-jeotermal-ne-demek/>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁴⁸ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁴⁹ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

3. Organik Çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Enerji Kaynakları

♦ Kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları.

Şekil-22'de Biyokütle enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmiştir.⁵⁰



Şekil-22: Biyokütle Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Tablo-4'te biyokütle enerjisinin elde edildiği yerler, çevrim teknikleri, bu teknikler sonucu elde edilen yakıtlar ve bunların kullanım alanları verilmiştir.⁵¹

Tablo-4: Biyokütle Enerji Kaynaklarının Kullanıldığı Çevrim Teknikleri, Bu Teknikler Kullanılarak Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları

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

⁵⁰ Çevrimiçi, <http://turkoted.org/tr/biyokutle-nedir-8>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁵¹ Selman Karayılmazlar - Nedim Saraçoğlu - Yıldız Çabuk - Rıfat Kurt, "Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi", *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 19, 2011, s. 65.

Biyokütle Enerjisi, alternatif enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahip olup rüzgâr ve güneş enerjisi gibi kesintili değil, sürekli enerji sağlayabilen bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerji kaynaklarının kolay depolanabilir olması, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantaj sağlar. Biyokütle, yerli bir kaynaktır ve dolayısıyla yerel üretimi ve istihdamı artırır. Dolayısıyla kırsal kesimde göçü önler ve atmosferde karbondioksit (CO²) artışına neden olmaz. Biyokütle, yanması halinde atmosferden aldığı kadar C'yi, CO² halinde saldığı için orman ve bitki varlığının yenilenmesi durumunda kuramsal olarak sera etkisine katkısı olmayan bir yakıttır.⁵²

Biyokütlenin enerji kaynağı olarak avantajlarını sıralayacak olursak;⁵³

- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi,
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi,
- Her ölçekte enerji verimi için uygun olması,
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması,
- Depolanabilir olması,
- 5-35 °C arasında sıcaklık gerektirmemesi,
- Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması,
- Çevre kirliliği oluşturmaması,
- Sera etkisi oluşturmaması,
- Asit yağmurlarına yol açmaması.

Biyokütle yakıtlarının güncel kullanma yerlerinden birisi de fosil yakıtlarla yüzde 2-25 gibi çeşitli oranlarda karıştırılarak yakılmalarıdır. Fosil yakıtlar, biyokütle yakıtlarla karışık yakıldıklarında hava kirliliği üzerindeki olumsuz etkileri daha az seviyeye iner. Örneğin; bir kömürlü termik santralde kömür, yüzde 33-37 oranında biyokütle ile yakıldığında kükürt dioksit (SO₂) ve azot oksit (NO) emisyonlarında yüzde 30 oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir.⁵⁴

Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton petrol (MTPE) ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. İşletmede bulunan 695 MW'lık toplam kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santrallerinden 2018 yılı Haziran ayı sonu itibarıyla 1610 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir.⁵⁵

Biyoenjerinin modern kullanımı, politika ilgisinden ve düşük fosil yakıt fiyatlarından dolayı her geçen gün artmaktadır. Biyoenjeri, küresel nihai enerji talebine en büyük yenilenebilir katkıdır ve toplamın yaklaşık yüzde 13'ünü sağlamaktadır. Biyoenjerinin ısınma amaçlı modern kullanımındaki büyüme, politika ilgisinin ve düşük fosil yakıt fiyatlarının olmaması nedenleriyle son yıllarda yılda yüzde 2'nin altında değişim ile nispeten yavaşlamıştır. Elektrik sektörü, 2017 yılında yüzde 11 artarak biyokütle üretimiyle daha hızlı bir

⁵² Çevrimiçi, <http://turkoted.org/tr/biyokutle-nedir-8>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁵³ Çevrimiçi, <http://www.yegem.com/bilgidetay/1290/biyokutle-enerjisinin-faydalari-nelerdir>, (Erişim tarihi: 02.10.2018).

⁵⁴ Çevrimiçi, <http://turkoted.org/tr/biyokutle-nedir-8>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

⁵⁵ Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).

büyüme göstermiştir. Yıl boyunca Çin, ABD'yi geçip en büyük biyoelektrik üreticisi olmuştur. Ulaştırma için biyoyakıt üretimi 2017 yılında yüzde 2,5 artmıştır. ABD ve Brezilya, dünyanın en büyük etanol ve biyodizel üreticileri olarak kalmıştır.⁵⁶

Sonuç

Dünya nüfusunun yüksek bir ivme ile artmasıyla birlikte artan enerji ihtiyacı, dünyanın en büyük sorunlarından biri olarak görülmektedir. Enerji ihtiyacına sürdürülebilir çözüm getirebilmek amacıyla hem ülkemizde hem de dünyada farklı enerji üretimi arayışlarına gidilmiştir. Uygulama ve kullanım alanı gün geçtikçe artan yenilenebilir enerji santralleri de artan enerji ihtiyacını karşılamada önemini korumaktadır.

Yenilenebilir enerji, ülkelerin enerji ihtiyaçlarını yerli kaynaklarla karşılayarak dışa bağımlılıklarının azaltılması, kaynakları çeşitlendirerek sürdürülebilir enerji kullanımının sağlanması ve enerji tüketimi sonucunda çevreye verilen zararların en aza indirgenmesi açısından son derece önemli bir yere sahiptir. Bugün dünya genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde 20'si yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Mevcut durumda fosil yakıtlara olan bağımlılık yüksek düzeyde olmasına rağmen yıllar itibarıyla yenilenebilir enerjinin kullanım oranları giderek artmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yapılan analiz ve araştırmalar, gelecek nesillerin enerji ihtiyacını karşılamak ve yaşadığımız gezegene verdiğimiz zararı en düşük düzeye indirgeyebilmek için sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjinin önemine dikkat çekmektedir. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam arz içindeki payı 2016 yılında 2005 yılına göre yüzde 12 artış göstermiştir. Ülkemizde ise, yenilenebilir enerji kullanım ve uygulama oranı Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Organizasyonu (OECD) verileri ortalamasının üzerinde görülmektedir. Ülkemizde 2013-2017 yıllarını kapsayan 5 yıllık dönemde enerji ithalatı için yaptığı harcama 213 milyar doları bulmuştur ve bu açıdan ülkemiz için enerji sorunu bir kat daha kritik bir sorun olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda başta rüzgâr ve güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji üretim santrallerine yatırım yapılması ile cari açığın önemli oranda kapanabileceği öngörülmektedir.

Son yıllarda yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumu ve işletilmesi ile ilgili teşviklerin artmasıyla birlikte alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi de artmıştır. Aynı zamanda Türkiye gibi enerji kaynaklarının yaklaşık yüzde 70'ini dışarıdan ithal eden bir ülkenin enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi oldukça önemlidir.

Ayrıca sürdürülebilir enerji kullanımı açısından hâlihazırdaki kaynakların verimli bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Bu noktada yerli ve temiz enerji üretimi açısından yenilenebilir enerji oldukça önemli bir rol üstlenmektedir. Bu konularda başta Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) olmak üzere

⁵⁶ *Yenilenebilir Enerjiler 2018 Küresel Durum Raporu*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Temmuz 2018.

re çeşitli kurum ve kuruluşlar gerek kanuni gerekse teşvik mekanizmaları açılardan yoğun çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda uzun vadede Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı ve enerji faturasını önemli ölçüde azaltacak olan yenilenebilir enerji, milli gelirden istihdama, yatırım alanlarından çevresel faktörlere, enerji arz güvenliğinden kaynak çeşitlendirmesine kadar birçok alanda da son derece önemli faydalar sağlayacaktır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının 2017 yılı sonu itibariyle toplam enerji kapasitesi ve enerji üretimi değerleri incelendiğinde dünya ülkeleri arasında başta Çin olmak üzere, ABD, Brezilya, Almanya ve Hindistan öne çıkmaktadır.

Dünya ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma hamlelerini gerçekleştirebilmesi, toplumsal refahlarını yükseltmesi ve küresel ölçekte rekabet gücünü artırması enerji üretimine bağlıdır. Enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilmesi, geleneksel enerji kaynaklarının zararlı ve zehirli gaz salınımı nedeniyle ozon tabakasına zarar vermesi gibi küresel sorunların çözümünü de kolaylaştıracaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı küresel ölçekte her geçen gün yaygınlaşmaktadır.

Bu kaynaklarının kullanım alanlarının artması, dışa bağımlılığın azaltılmasına, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesine, iklim değişikliği ile mücadeleye, dünya barışına ve güvenliğine önemli katkılarda bulunacaktır.

Diğer taraftan insanlığın fosil yakıtlara olan ihtiyacının kısmen azalacak olması, günümüz dünyasındaki neredeyse tüm savaşların nedeni olan petrol ve petrol kaynaklı anlaşmazlıkların azalmasında önemli bir etken olacaktır.

Kaynaklar

- British Petroleum (BP): *Enerji Görünümü 2018 Yılı Temmuz Ayı Raporu*.
Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/fosil-nedir-fosil-yakitlar-nedir/>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.hurriyet.com.tr/galeri-dunyanin-en-buyuk-petrol-rezervlerine-sahip-ulkeler-listesi-yenilendi-bakin-turkiye-kacinci-sirada-40698642?p=8>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.botas.gov.tr>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (Erişim tarihi: 10.09.2018).
- Çevrimiçi, http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Yenilenebilir_Enerji_Nedir.aspx, (Erişim tarihi: 10.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).
- Çevrimiçi, https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-09/kurulu_guc_agustos_2018.pdf, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, https://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, (Erişim tarihi: 17.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/dunyanin-en-buyuk-20-gunes-santrali/>, (Erişim tarihi: 17.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>, (Erişim tarihi: 14.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerji.istanbul/advertorial-dergisinin-eylul-sayisi/>, (Erişim tarihi: 17.09.2018).

- Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/ruzgar>, (Erişim tarihi: 03.10.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.sabah.com.tr/galeri/turkiye/iste-dunyadaki-ruzgar-enerjisi-uretimi-turkiye-devleri-solladi-1525786525/4>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.sabah.com.tr/egitim/2017/01/31/hidroelektrik-santrali-nedir>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <https://www.enerjibes.com/jeotermal-enerji-nedir-jeotermal-ne-demek/>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://turkoted.org/tr/biyokutle-nedir-8>, (Erişim tarihi: 30.09.2018).
- Çevrimiçi, <http://www.yegem.com/bilgidetay/1290/biyokutle-enerjisinin-faydalari-nelerdir>, (Erişim tarihi: 02.10.2018).
- KARAGÖL, Erdal Tanas - KAVAZ, İsmail: *Dünya’da ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji*, Sayı: 197, 2017.
- KARAYILMAZLAR, Selman - SARAÇOĞLU, Nedim - ÇABUK, Yıldız - KURT, Rifat: “Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 19, 2011.
- KOÇ, Erdem - ŞENEL, Mahmut Can: “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme”, *Mühendis ve Makina Dergisi*, Cilt: 54, Sayı: 639, İstanbul 2013.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Strateji Geliştirme Başkanlığı, İstanbul 2017.
- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, *Temmuz 2018 İstatistik Raporu*, s. 17-19.
- TOPRAK, Selami: *Kömür Nedir?*, MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, (Ty), Ankara.
- USLU, Kamil: “Petrol Fiyatlarının Düşüşünde Shale (Şeyl) Gazının Etkisi, Geleceği ve Türkiye’nin Shale Gaz Potansiyeli”, *International Conference On Eurasian Economies*, 5-7 Ekim 2017, Bişkek-Kırgızistan.
- YALAZAN, Talat: *Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Sorunu*, T.C. Genelkurmay Askeri Tarih ve Stratejik Etüt Başkanlığı Yayınları Güncel Konular Serisi, No: 4, Ankara 1983.
- Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Dergisi*, Yay. Haz. Oya Bakır, Ed.: Didem Taşbaşı, Yıl: 11, Sayı: 65, s. 3.
- Yenilenebilir Enerjiler 2018 Küresel Durum Raporu*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Temmuz 2018.