

# Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi

Ali Koç<sup>1</sup>  
Hüseyin Yağlı<sup>\*2</sup>  
Yıldız Koç<sup>3</sup>  
İrem Uğurlu<sup>4</sup>

## ÖZ

Bu çalışmada, enerji kaynaklarının Dünya ve Türkiye için değerlendirilmesi incelenmiştir. Bu enerji kaynaklarının küresel rezerv miktarları ve buna bağlı olarak kalan ömürleri, üretim ve tüketim değerleri belirtilmiş olup, bu kaynaklardan elde edilen enerjinin üretim oranları ile tüketim oranları hakkında karşılaştırmalar yapılarak, kurulu güç miktarları hakkında bilgi verilmiştir. Küresel olarak nüfus miktarları belirtilmiş olup, belirli dünya ülkeleri arasında elektrik tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu, kişi başına enerji tüketimi ve kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi hakkında sayısal verilerle desteklenerek analiz edilmiştir. Buna ek olarak Dünya geneli ve ülkeler arasında, yenilenemez (kömür, doğalgaz, uranyum toryum, petrol) yenilenebilir enerji kaynakları (biyokütle enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, güneş enerjisi, jeotermal enerji) bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji kaynakları, yenilenebilir enerji, yenilenemez enerji, enerji değerlendirilmesi

## General Evaluation of Energy Outlook in Turkey and the World

### ABSTRACT

In this study, the assessment of energy resources to the world and Turkey were examined. The global reserve amounts of these energy sources and remaining lifetimes, production and consumption values are specified, and the energy production rates and consumption ratios obtained from these sources are compared, and the amounts of installed power capacity are emphasized. Globally, population quantities have been identified and analyzed by supporting numerical data on electricity consumption, CO<sub>2</sub> emissions, per capita energy consumption and per capita electricity consumption among certain countries of the world. In addition, the world has made comparisons between the generic and the country in terms of non-renewable (coal, natural gas, uranium thorium, oil), renewable energy sources (biomass energy, wind energy, hydrolic energy, solar energy, geothermal energy).

**Keywords:** Energy sources, renewable energy, non-renewable energy, assessment of energy

---

\* İletişim Yazarı  
Geliş/Received : 25.07.2018  
Kabul/Accepted : 18.09.2018

<sup>1</sup> Prof. Dr., İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, ali.koc@iste.edu.tr

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üy., İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, huseyin.yagli@iste.edu.tr

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üy., İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, yildiz.koc@iste.edu.tr

<sup>4</sup> Makine Mühendisi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay, iremugurlu@gmail.com



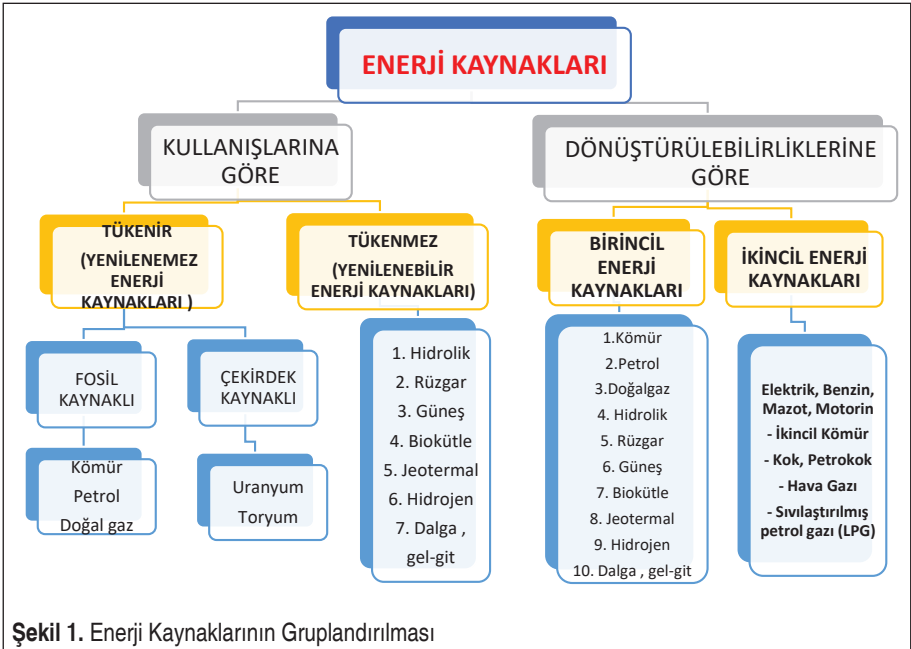
## 1. GİRİŞ

Uçaklarda Elektrik Kablo Bağlantı Sistemi (Electrical Wire Interconnection Systems -EWIS) nedeniyle, daha eski uçaklarla uçuşa devam etmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu da, uçuş filolarının yaş ortalamasının, üreticilerin beklemedikleri servis ömründen daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Bu sorun, çok fazla uçak komponentinin değiştirilmesini gerektirmektedir. Kablo sisteminde ise Kapton (yaş ve nem ile bozunduğu) ile izole edilmiş kabloları kaldırarak ömrü daha uzun olan kablolama üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Enerji ekonomik ve sosyal açıdan bakıldığında dünya yaşam standartlarında ve ülke gelişiminde ilerlemeyi sağlayan en önemli faktördür. Sanayi alanındaki büyük gelişmeler ve değişimler ile birlikte aynı zamanda dünya nüfusunun artması enerji ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır [1, 2].

Yaşam standartlarında her alanda yer alan enerji, geçmiş dönemlerde fosil kaynaklar (kömür, petrol vb.) kullanılırken günümüzde daha çok yenilenebilir ve dönüştürülebilir (rüzgar, güneş, hidrolik vb.) enerji kaynakları üretilmekte ve tüketilmektedir [2].

Şekil 1'de verilen bilgilere göre Enerji kaynaklarını; kullanımına göre ve dönüştürülebilirliğine göre olmak üzere iki ayrı özellik adı altında toplanabilir. Kullanımına göre kendi içinde tükenir (yenilenemez) enerji kaynakları ve tükenmez (yenilenebi-

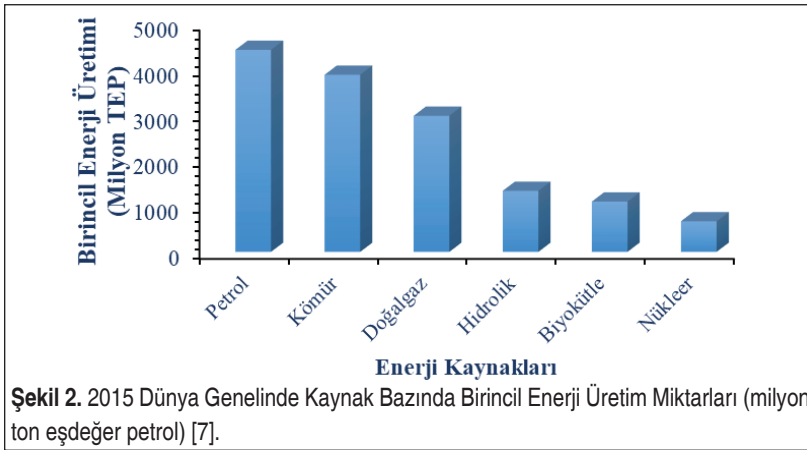




lir) enerji kaynakları olarak parametrelere ayrılırken, dönüştürülebilir özelliğine göre de birincil ve ikincil enerji kaynakları parametrelerine ayrılmaktadır [1-3]. Dışarıdan müdahale edilmemiş, böylece hiçbir değişime uğramamış enerji türü birincil enerji olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak kaynakları başlıca; kömür, petrol, doğalgaz, güneş, rüzgar, hidrolik, nükleer, biyokütle ve dalgadır. Birincil enerji kaynağına dışarıdan bir müdahale ile değişime uğratılması, böylece farklı enerji çeşitine dönüşmesiyle oluşan enerji türüne ikincil enerji denilmektedir. Tükenir enerji kaynakları belli bir rezerv düzeyi olan ve gelecek süreçte tükeneceği öngörülen enerji kaynaklarını ifade etmektedir. Bunlar başlıca fosil kaynaklı başlık adı altında kömür, doğalgaz, petrol olarak parametrelere ayrılmaktadır. Tükenmez enerji kaynağı ise uzun gelecek vaad eden, daimi kullanıma açık olan doğal yollar ile elde edilen yenilenebilir enerji anlamına gelmektedir. Başlıca çeşitleri rüzgar, hidrolik, güneş, hidrojen, biyokütle, jeotermal, dalga olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Ayrıca tükenmez enerji kaynakları, doğal yollar ile elde edilebildiği için özel üretime veya dış ülkelere alımına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir enerji, doğaya zarar vermemek adına karbon salınımının azaltılması konusunda potansiyeli bulunduğu için dünya genelinde bu enerji kaynaklarına gün geçtikçe yatırımlar artmaktadır [4, 5].

## 2. BİRİNCİL ENERJİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Dünya birincil enerji üretimi 2015 yılında toplam 13.790 milyon TEP (milyon ton eşdeğer petrol) olarak hesaplanmıştır. 2014 yılına kıyasla %0,6 oranında bir artış göstermiştir [6]. 2015 yılı dünya geneli kaynak bazında birincil enerji üretim miktarları Şekil 2'de belirtilmiştir. Bu birincil enerji üretiminin büyük payı fosil kaynaklı yakıtlardan petrol (4416,26 milyon TEP), kömür (3871,53 milyon TEP), doğalgaz (2975,71 milyon TEP) oluşturmaktadır [7].



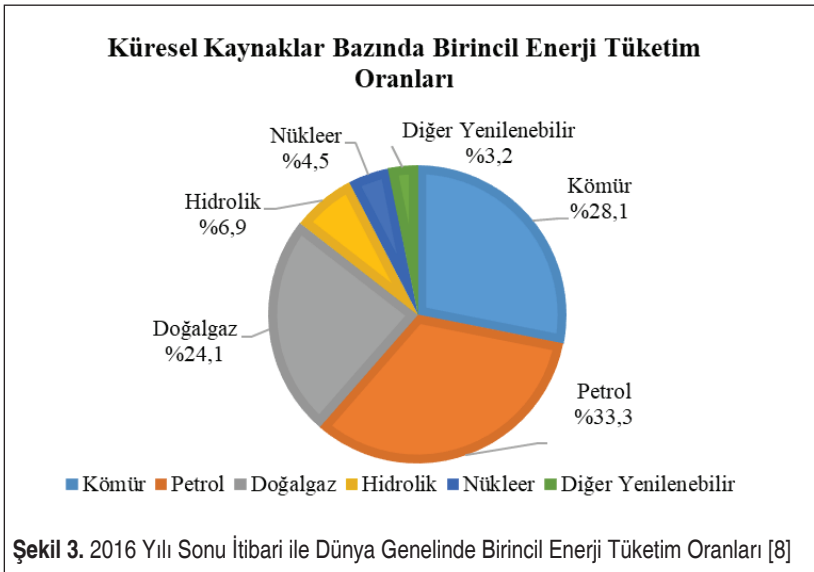


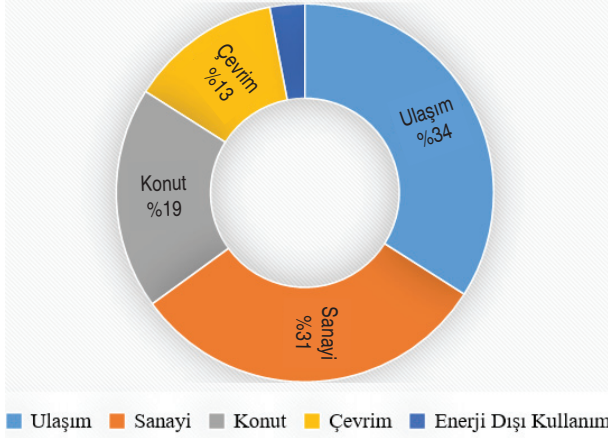
Fosil kaynaklı yakıtlardan nükleer ise %1,4 oranla payını arttırarak 670 milyon ton eşdeğer petrol miktarına ulaşmıştır. Rüzgar, güneş ısı, hidrolik, jeotermal gibi diğer yenilenebilir kaynaklar da önceki yıllara oranla ivmelenen bir artış göstermiştir [6].

Enerji kaynaklarına bakıldığında, 2016 yılı sonu itibari ile küresel enerji kullanım miktarı 13,147 Milyar TEP olarak hesaplanmıştır. Türkiye 126,9 milyon TEP miktarı ile dünya enerji tüketiminin %1'lik dilimini kapsamaktadır [4]. 2016 yılı itibariyle dünyada çeşitli enerji kaynakları kullanılırken, bu kaynakları %85,5 oranı ile doğal-gaz, petrol ve kömür vb. fosil kaynaklar kapsamaktadır. (Şekil 3). 2016 yılında elde edilen bilgilere göre; petrol, dünya çapında enerji tüketiminde %33,3'ü ile en yüksek miktarda olmaktadır. Petrolü takip ederek, dünya genelinde enerji tüketiminde ikinci sırada kömür %28,1'ini, doğalgaz ise %24,1'ini hidrolik enerji %6,9'unu, nükleer enerji %4,5'ini ve son olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından %3,2'sini tüketilmektedir [8].

Dünya 2016 birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Aynı yıl içerisinde ulaşım sektörü nihai enerji tüketiminin kabaca üçte birini oluşturarak en büyük enerji tüketen sektör konumundadır. Bu payı takiben %31'lik oran ile sanayi sektörü ikinci sıradadır [6].

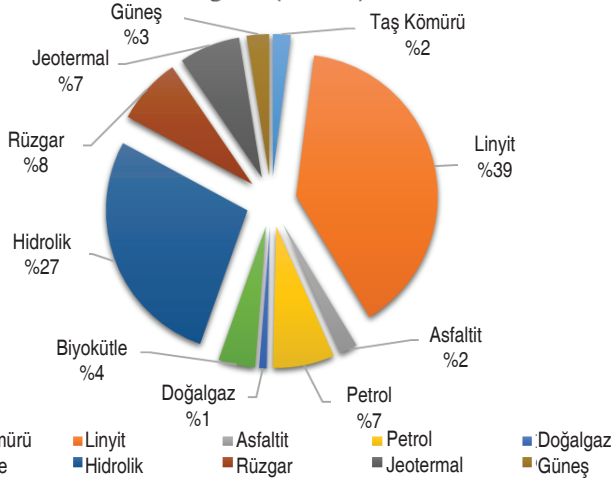
Türkiye birincil enerji üretiminin yerli kaynaklar bazındaki dağılımında en yüksek payı Şekil 5'te görüldüğü üzere linyit %39 oranla ardından hidrolik %27, rüzgar %8 ile takip etmektedir [9]. 2011 yılı birincil enerji üretim bakımından hidrolik %14,





Şekil 4. 2016 Dünya Geneline Birincil Enerji Tüketiminin Sektörel Olarak Dağılımı [6].

#### Türkiye'nin Birincil Enerji Üretiminin Yerli Kaynaklar Bazında Dağılımı (binTEP)



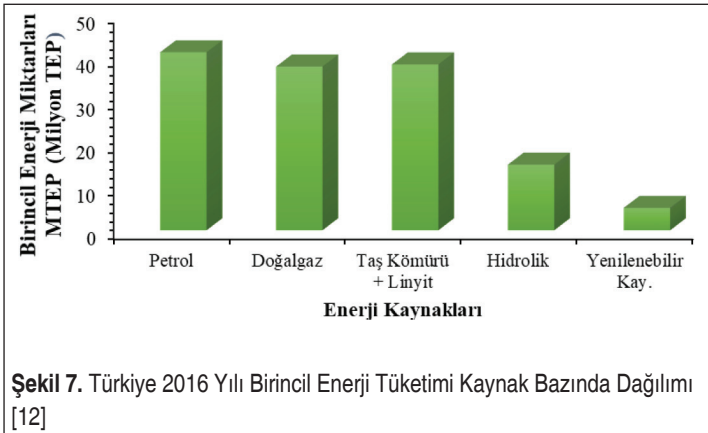
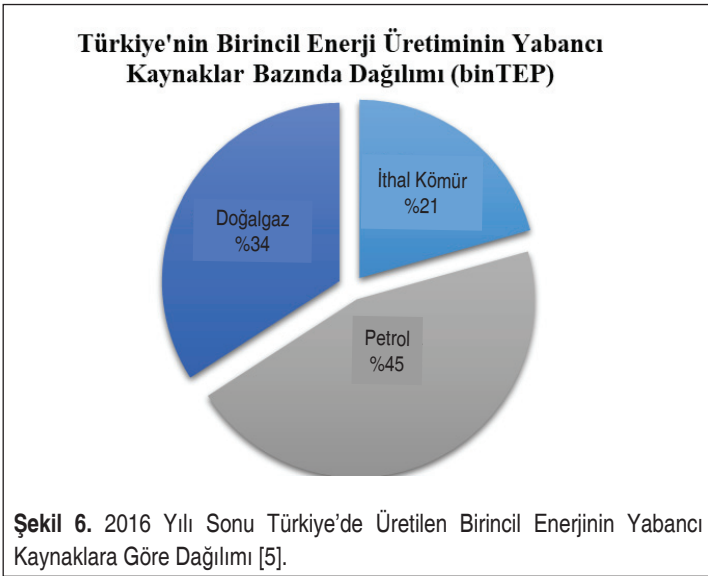
Şekil 5. 2016 Yılı Sonu Türkiye'de Üretilen Birincil Enerjinin Yerli Kaynaklara Göre Dağılımı [9]

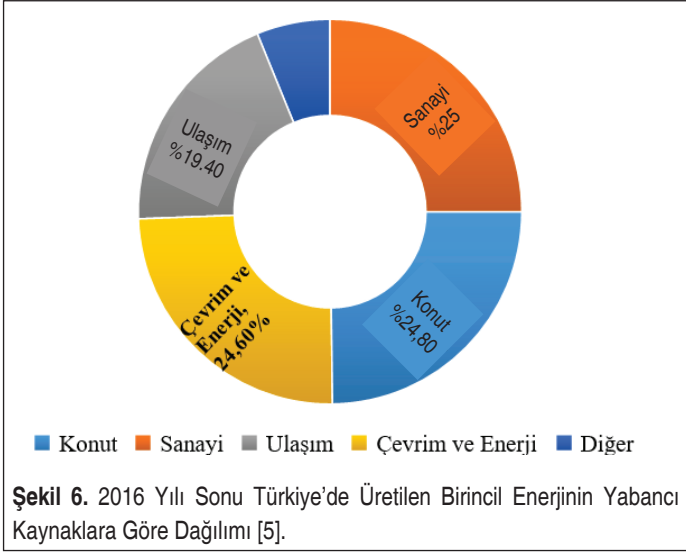
rüzgar %1, linyit %50, taş kömürü %4 oranı bulunmakta iken [1], 2016 yılı hidrolik %27 ve rüzgar %8 ile büyük artış payı göstermiş olup linyit %39 ve taş kömürü %2 oranı ile kayda değer düşüş gerçekleşmiştir [9]. 2016 yılı itibarı Türkiye'de yerli birincil enerji üretimi 35.374 bin ton eşdeğer petrol olarak hesaplanırken, ithal edilen birincil enerji 113.117 bin ton eşdeğer petroldür. Bu ithal edilen enerji kaynaklarına bakıldığında Şekil 6'da görüldüğü üzere özellikle fosil kaynaklı yakıtlarda dışa ba-



ğımlı olduğumuzu açıkça göstermektedir. Yerli ve yabancı kaynaklara bağlı olmak üzere toplam birincil enerji 148.491 bin ton eşdeğer petrol olarak hesaplanmıştır [9].

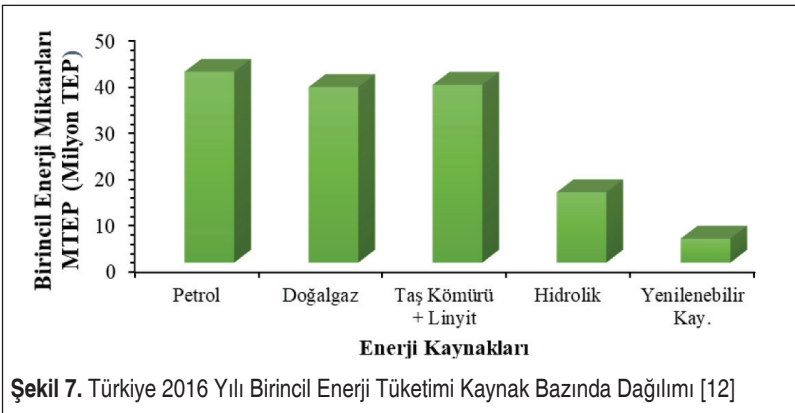
Ülkemiz Türkiye geneli birincil enerji tüketiminin kaynaklar bakımından dağılımı ise Şekil 7'de özetlenmiştir. 2015 yılında birincil enerji kaynakları bakımından enerji tüketim miktarı 131,9 milyon TEP iken, 2016 yılında toplamda 137,9 milyon TEP olarak hesaplanmıştır. Bu birincil enerji kaynakları bakımında enerji tüketiminin 2023 yılında 218 milyon TEP'e ulaşacağı öngörülmektedir [10, 11]. Şekil 7'de görüldüğü üzere Türkiye geneli birincil enerji tüketiminin kaynaklar bakımından bakıldığında petrol ilk sırada 41,2 milyon TEP miktarı ile bulunmaktadır [12]. Ardından bu tüketim





doğal gaz ve taş kömürü ile devam etmekte olup, dünya genelinde birincil enerji tüketimi sıralamasında başta 3,014 milyon TEP ile Çin (%22,9) ardından 2,280 milyon TEP miktarı ile ABD (%17,3) gelmektedir. Türkiye ise bu yüzdelik dilimde 19. sırada yer almaktadır [12].

Türkiye genelinde birincil enerji tüketiminin sektörler bakımından dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. En geniş pay %25'lik oranla sanayi tüketiminde kullanılmaktadır. Bu oran 33.264 BTEP'e (bin ton eşdeğer petrol) tekabül etmektedir. Bu birincil enerji tüketimine takiben konut alanında ise %24,80 oranı ile ikinci sırada, neredeyse eşdeğer oran ile çevrim ve enerji sektörü %24,60 ile üçüncü sırada yer almaktadır [9, 10].

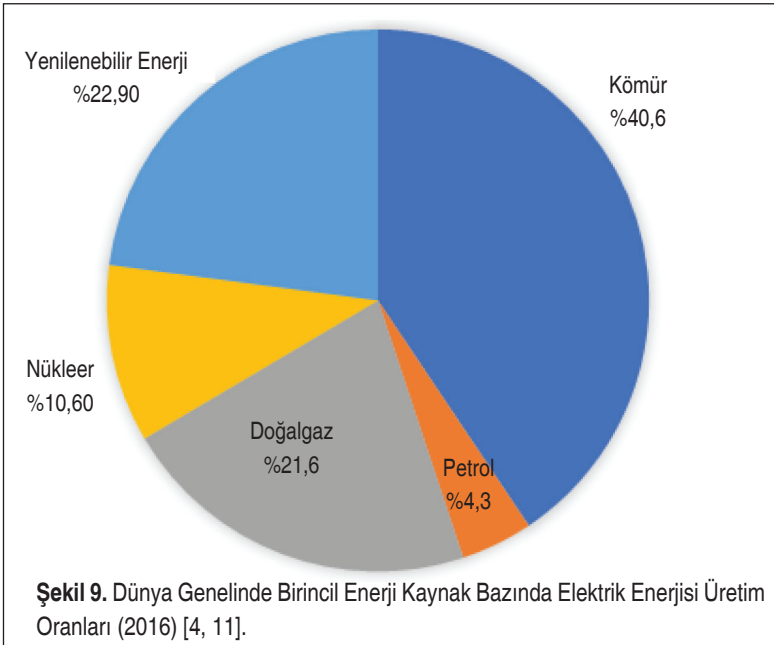




### 3. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU

Dünya 1 Ocak 2017 tarihli güncel veriye dayalı olarak enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim miktarı 24.097,7 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı sonu itibari ile dünya genelinde birincil enerji kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları Şekil 9’da belirtilmiştir. Dünya elektrik üretimi için en yaygın olarak kullanılan kaynaklar sırasıyla kömür, yenilenebilir enerji, doğalgaz kaynaklarının geldiği görülmektedir (Şekil 9). Elektrik enerjisi üretiminde en yüksek oranlara sahip ülkeler ve kaynakları 2016 yılı sonu itibariyle Tablo 1’de verilmiştir. Bu verilere göre kömür kaynağında ilk sırada gelen ülkeler ABD, Çin, Hindistan olmaktadır. Bu bilgiye ek olarak doğalgaz kaynağında Rusya, nükleer enerjide Fransa ve yenilenebilir enerjide Kanada ilk sıralarda gelmektedir. Dünya toplam elektrik enerjisi üretiminde en büyük payı bulunduran kömür (%40,6) ardından takip eden doğalgaz (%21,6) ve yenilenebilir enerji (%22,9) olarak gerçekleşmiştir [4, 11].

2018 yılı Haziran ve öncesindeki son 365 gün içerisinde Türkiye genelinde birincil kaynaklardan elektrik enerjisi üretimimiz toplam 292.702,9 GWh olarak hesaplanmıştır. Ülkemiz aynı yıl içerisinde elektrik üretim kaynaklar bazında dağılımı Şekil 10’da belirtilmiştir. Bu üretimin en büyük payı %71,2’i termik santrallerden elde edilmekte olup en fazla elektrik üretimi 104.665 GWh ile doğal gazdan sağlanmıştır. Bu elektrik





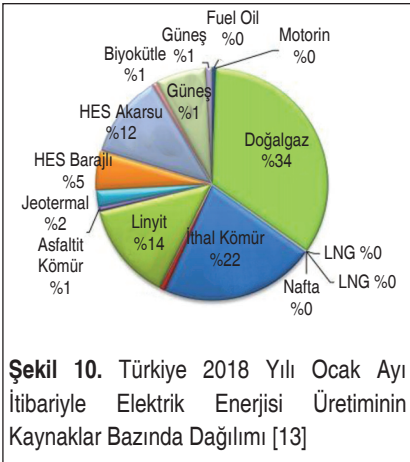


**Tablo 1.** Bazı Ülkelerin Kaynak Bazında Elektrik Üretim Oranı (2016) [4].

Ülke	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Nükleer	Yenilenebilir Enerji	Diğer
Fransa	%2,1	%0,3	%2,3	%77,6	%17,5	%0,2
Almanya	%45,4	%0,9	%9,9	%15,5	%28,0	%0,3
ABD	%39,5	%0,9	%26,8	%19,1	%13,6	%0,1
Kanada	%9,9	%1,2	%9,3	%16,4	%62,8	%0,3
Çin	%72,5	%0,2	%2,0	%2,3	%23,0	%0,0
Hindistan	%75,1	%1,8	%4,9	%2,8	%15,5	%0,0
Rusya	%14,9	%1,0	%50,1	%17,0	%17,0	%0,0
<b>Dünya</b>	<b>%40,6</b>	<b>%4,3</b>	<b>%21,6</b>	<b>%10,6</b>	<b>%22,9</b>	<b>%0,1</b>

üretimine takiben hidroelektrik santrallerden %17’i üretilmiş olup, diğer yenilenebilir enerji kaynakları tarafından %11’i üretilmiştir [13]. Son on beş yıl içerisinde termik ve hidrolik kaynaklı elektrik üretim dağılımı 2016 yılı dağılım oranı ile kıyaslandığında çok farklılık bulunmamakla birlikte rüzgâr ve jeotermal kaynağından elde edilen elektrik üretim payları 2002 yılındaki %0,1 civarından 2016 sonu ile yaklaşık %8 civarı artmıştır. 2014 yılı ile 2018 yıl ortası rüzgâr santrallerinde üretilen elektriğin karşılaştırmasında ise 2014 yılında toplam üretimdeki pay %3,4 iken 2018 yıl ortasında bu payın %7’ye yükselmiş olması kayda değer önem belirtmektedir [4, 11].

#### 4. YENİLENEMEZ ENERJİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE’DEKİ DURUMU



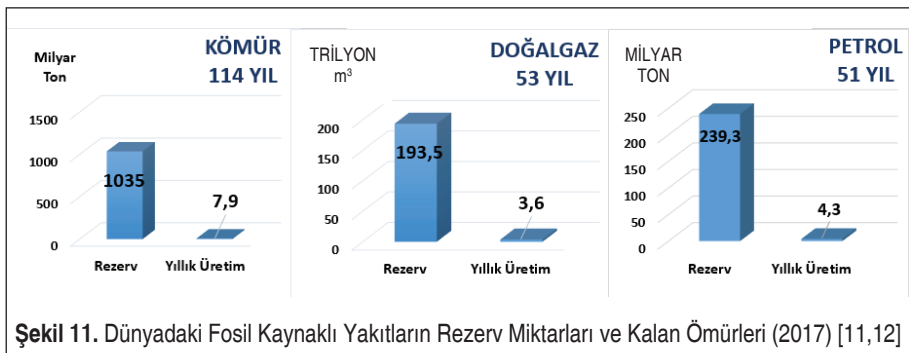
	Ocak 2017	Ocak 2018	Aralık 2017
Doğalgaz	%32	%34	%34
HES (Barajlı)	%19	%5	%15
HES (Akarsu)	%4	%12	%4
İthal Kömür	%19	%22	%18
Linyit	%14	%14	%14
Taş Kömürü	%1	%1	%1
Fuel Oil	%1	%0	%0
Rüzgar	%6	%7	%9
Jeotermal	%2	%2	%2
Güneş		%1	%1



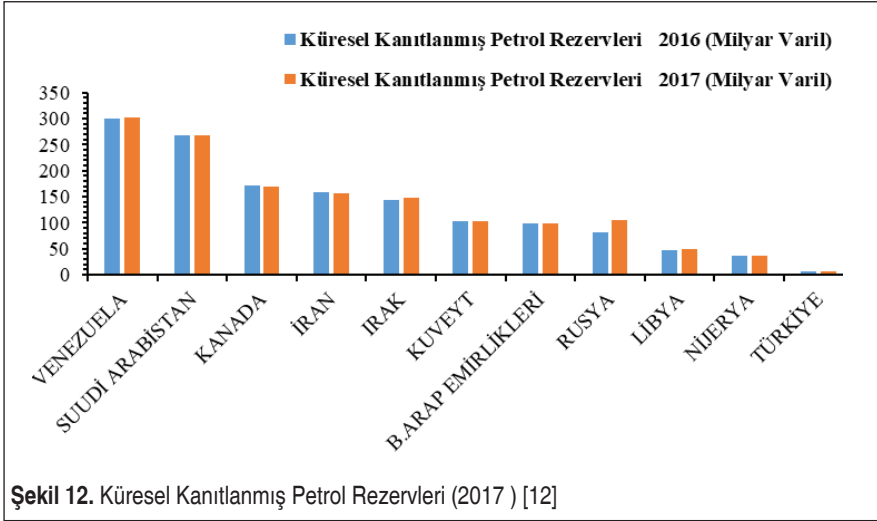
Yenilenemez enerji kaynakları başlıca; fosil kaynaklı olarak petrol, kömür ve doğal gaz, çekirdek kaynaklı olarak nükleerdir [2]. Fosil kaynaklı yakıt rezervleri giderek azalmaktadır. Bununla birlikte özellikle de petrol ve doğal gaz rezervleri kritik seviyelere ulaşmaktadır. 2017 yılı itibariyle dünya genelinde yenilenemeyen enerji kaynaklarının rezerv durumları ve kalan yıllık ömürleri hakkında Şekil 11’de bilgi verilmiştir. Kömür ve petrol milyar ton biriminden olup, doğalgaz ise trilyon metre küp biriminde belirtilmektedir. Dünya kömür rezervleri yıllık üretimi bakımından 114 yıl boyunca tüketimi karşılayacak şekilde olup diğer fosil kaynaklı yakıtlar arasında en çok rezerv üretim miktarına sahip olmaktadır [11].

2017 yılı dünyadaki fosil kaynaklı yakıtlardan kömür rezervlerine bakıldığında, en fazla kömür rezervine sahip Avrupa ve Avrasya ülkelerinde 310,5 milyar ton kömür bulunmaktadır. 288,3 milyar tonu Asya-Pasifik ülkelerinde, 245 milyar tonu Kuzey Amerika ülkelerinde, 33 milyar Afrika ve Doğu Akdeniz ülkelerinde ve 14,6 milyar tonu da (%1,6) Orta ve Güney Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. Ülkemizde MTA tarafından 2005’te kömür arama çalışmaları başlaması ardından, 2015 yılı sonu 3 adedi miktarca fazla rezervli (Karapınar-Ayrancı, Eskişehir-Alpu, Afyon-Dinar) birçok yeni kömür sahaları bulunması ile rezerv artışı sağlanmıştır [11]. Türkiye taş kömür rezerv miktarı 1.308,5 milyon ton, linyit rezervleri toplam 14.764,9 milyon tondur. Bu miktar ile ülkemizde 20.000 MW gücündeki bir termik santrali besleyecek potansiyelde linyit rezervi bulunmaktadır [11, 14].

Dünyadaki 2017 yılı petrol rezervleri toplamda 1,7 trilyon varil civarında olduğu açıklanmıştır. Bu miktar, Şekil 11’de belirtildiği gibi yaklaşık 51 yıllık tüketim için yeterli gelmektedir. Dünya petrol rezervi 2016 yılına göre 1,655 trilyon varilden 2017 yılında 1,696 trilyon varil miktarına yükselmiştir [8]. Şekil 12’de belirtildiği üzere 2017 yılında petrol rezervinde en büyük pay 302,81 milyar varil ile Venezuela ilk sırada yer alırken, Suudi Arabistan 267,2 milyar varil ile ikinci sırada yer almaktadır [11, 14].



Şekil 11. Dünyadaki Fosil Kaynaklı Yakıtların Rezerv Miktarları ve Kalan Ömürleri (2017) [11, 12]



Türkiye’de petrol durumuna bakıldığında; ham petrol üretimi 2016 yılı 2,5 milyon ton gerçekleşmekte olup ham petrol rezerv miktarımız 7.167 milyar varil olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık aynı dönem içerisinde ülkemize ithal olarak alınan ham petrolün 25,1 milyon ton ve ithal olarak alınan petrole ödenen miktarın 9 milyar \$’dan fazla olduğu belirtilmektedir [8]. Türkiye Petrol kuyuları sırasıyla; Barbeş Bedinan-2, Çakılı-1, Yemişlik-10, K.Arıkaya-4, Bostanpınar-2, G.Kırtepe-15 (Petrol Perenco ile ortak), Hançerli-4 (Petrol Perenco ile ortak), Bozhüyük-9 (Petrol TPIC ile ortak), Bahçecik-1 (Petrol TPIC ile ortak)’dır [4, 8].

Dünya doğalgaz rezervi kıyaslama yapıldığında, 2016 yılı sonunda 186,9 trilyon m<sup>3</sup> olarak hesaplanırken 2017 yılında ise bu üretim miktarı 193,5 trilyon m<sup>3</sup> olarak büyük bir artış göstermektedir [12]. Bu miktar Şekil 11’de belirtildiği üzere dünya bakımından 53 yıla yakın bir süreçte tüketime denk gelmektedir. 2017 yılı verilerine göre Dünya doğalgaz rezerv miktarları Şekil 13’te verilmiştir. Bu doğalgaz rezervlerini bölgesel olarak incelediğimizde en fazla rezerv %42,5’i Orta Doğu’da bulunmakta olup Rusya, İran ve Katar bu rezerv miktarlarının %54 oranında bünyesinde bulundurmaktadır [14].

Türkiye doğalgaz istatistikleri kıyaslandığında, 2014 yılı doğalgaz verilerine göre doğalgaz üretimi 502 milyon m<sup>3</sup> iken 2015’te 399 milyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Doğalgaz üretimi 2014 yılına göre %20,5 azalmıştır. İthal edilen doğalgaz miktarı ise aynı yıl içerisinde 48.400 milyon m<sup>3</sup> olarak belirtilmiştir. Yüksek paylarda ithal edilen bu miktarın %57,9’u Rusya’dan, %18,7’si İran’dan temin edilmekte olup dışa bağımlılığımız oldukça fazladır. İthal edilen doğalgaz miktarı ve ülke üretimimiz



toplamında 48.800 milyon m<sup>3</sup> miktarı olmakla birlikte tüketime bakıldığında 47.549 milyon m<sup>3</sup> ile karşılmaktadır [11].

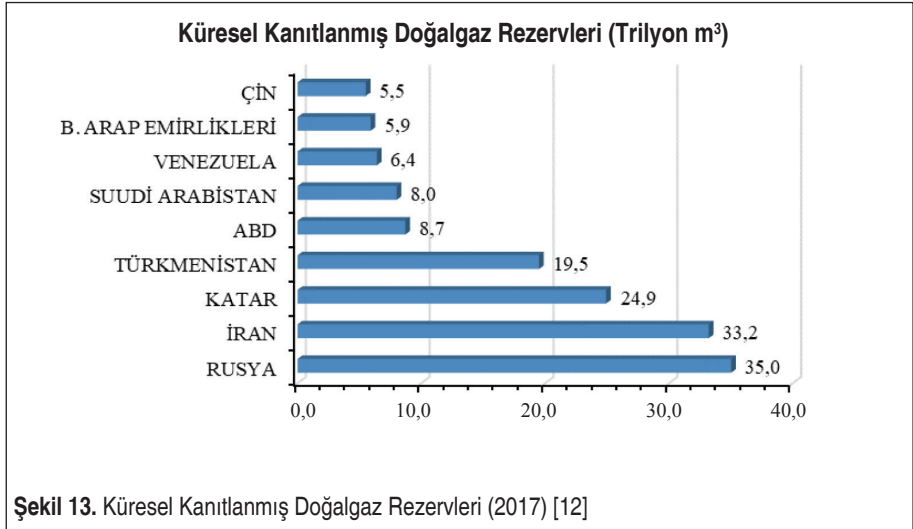
Yenilenemez enerji kaynaklarından çekirdek kaynaklı parametreyi incelediğimizde; Nükleer enerji üretiminde uranyum ve toryum olmak üzere iki adet çekirdek kaynağı bulunmaktadır. Mayıs 2017 tarihli Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’nın (IAEA) istatistiklerine göre toplamda 449 nükleer santral işletmesi dünya genelinde 31 ülkede 392.116 MW kurulu gücünde faaliyet yürütmektedir. Önceki yıllarda işletmesi bulunmayan Birleşik Arap Emirlikleri’nin nükleer santral faaliyeti başlamıştır [11].

2016 yılı içerisinde Dünya uranyum rezervinde Avustralya birincidir. Bu toplam uranyum rezervinin 1 milyon 664 bin tonu Avustralya’da bulunmaktadır. Bu veriye takiben 745 bin tonu Kazakistan’da bulunmakta olup, 509 bin tonu Kanada’da ve 507 bin tonu Rusya’da yer almaktadır. Türkiye’nin uranyum rezervine bakıldığında ilk sıralardaki ülkelere göre 9.129 ton miktarı ile çok daha geride kalmaktadır [15].

2016 yılı dünyada bilinen toplam toryum rezervi yaklaşık 6,35 milyon tondur. Rezervler ağırlıklı olarak Hindistan 846 bin ton ile başta bulunmaktadır. Ardından Brezilya 632 bin ton ile ikinci sırada olup, devamında Avustralya 595 bin ton ile ABD 590 bin ton ile ve Türkiye 374 bin ton miktarlarında sırasıyla gelmektedir [11, 15].

Nükleer enerji elektrik üretimi, dünyadaki işletmedeki faaliyetler, inşa edilen ve planlanan santraller ile ilgili veriler Tablo 2’de görülmektedir [16].

Nükleer enerjiden 2016 yılında en fazla elektrik üretimi gerçekleştiren ülke Tablo





2’de görüldüğü üzere ABD (805,3 TWh) dir. Fakat elektrik enerjisi arzını karşılama yüzdesine bakıldığında %72,30 payı ile Fransa başta gelmektedir. 2018 yılında en

**Tablo 2.** Nükleer Enerjinin Dünyadaki Genel Durumu [16]

Ülke	Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi (2016)		İşletmede Bulunan Nükleer Enerji Santralleri (2018)		İnşa Halindeki Nükleer Santraller (2018)		Planlanan Nükleer Santraller (2018)	
	TWh	Elektrik Enerjisi İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)	Adet	Güç Kapasitesi (Mwe)	Adet	Güç Kapasitesi (Mwe)	Adet	Güç Kapasitesi (Mwe)
ABD	805,3	%20,40	99	99.647	2	2.500	14	3.100
Rusya	179,7	%17,10	36	27.876	6	4.804	26	28.390
Fransa	384,0	%72,30	58	63.13	1	1.750	0	0
Japonya	17,5	%20,40	42	39.952	2	2.756	9	12.947
Kore	154,2	%30,30	24	22.505	4	5.600	1	1.400
Almanya	80,1	%13,10	7	9.444	0	0	0	0
Çin	210,5	%3,60	38	34.647	20	21.546	39	46.100
Hindistan	35,0	%3,50	22	6.219	6	4.350	19	17.250
Türkiye	0	%0,00	0	0	0	0	4	4.800
Diğer Ülkeler	623,7	%19,30	122	152.762	16	18	46	49.30
Dünya Toplam	2.490	10,6	448	393.052	57	61.61	158	163.287

fazla işletmede bulunan nükleer enerji santralleri 99 adet ile ABD de olmak üzere, en fazla inşa halindeki santraller 20 adet ile Çin ilk sıradadır. Türkiye 2018 yılı itibari ile işletmede nükleer enerji santrali yoktur fakat 4 adet planlanan santralleri bulunmaktadır [16].

Bu 4 adet santral Akkuyu NGS projesi olarak adlandırılmaktadır. Planlanan nükleer santrallerden ilk ünitesinin 2021 yılı sonuna kadar, geriye kalan ünitelerinin ise sırasıyla 2024 yılı sonuna kadar faaliyete geçirilmesi planlanmaktadır [11].

## 5. YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE’DEKİ DURUMU

Dünyada başlıca yenilenebilir enerji çeşitleri rüzgar, hidrolik, güneş, hidrojen, biyo-kütle, jeotermal, dalga olmak üzere sınıflandırılmaktadır [2, 3]. Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kullanımı doğaya zarar vermemesi ve kendi doğal yöntemleriyle tükenmeyen enerji üretilmesi bakımından önemli bir konuma sahiptir. 2017



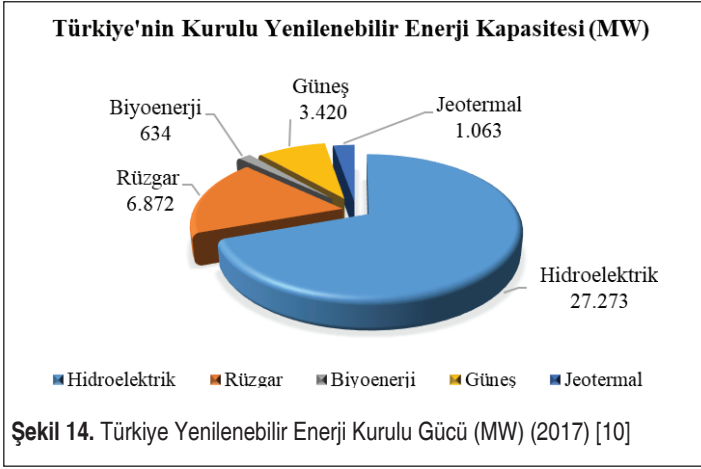
yılı sonu yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik kurulu güç kapasiteleri ülkelere göre dağılım oranları Tablo 3’te verilmiştir. Bu hesaplanmış yenilenebilir kaynaklı elektrik güç kapasitesi verilere göre yenilenebilir enerjiden Çin 647 GW miktarı ile en çok fayda sağlayan ülkelerin başında geldiği açıkça belirtilmiştir. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında en fazla faydalanan ülkeler ve kaynakları sırasıyla; 313 GW’lık hidrolik enerji gücü miktarı, 188 GW’lık rüzgar enerji gücü miktarı ve 131 GW’lık fotovoltaik (PV) panellerden güneş enerjisi gücü miktarı ile Çin ilk sırada gelmektedir, 16,7 GW miktarı ile biyoyakıtlarda ABD ilk sırada olmaktadır [17]. 2011-2017 yılları yenilenebilir elektrik güç kapasitelerini karşılaştırıldığında; 2011 yılı verilerine göre Dünya 1360 GW, Avrupa Birliği 294 GW ve Türkiye 19 GW yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri bulunmakta iken [1] bu güç kapasiteleri 2017 yılında sırasıyla 2235 GW, 447,2 GW ve 39,11 GW olarak hesaplanmıştır [17]. Son altı yıl içerisinde yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri bakımından büyük artış görülmektedir.

Türkiye’nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü 2017 yıl sonu itibariyle 39,11 GW miktarında belirtilmiş olup, elektrik üretiminin toplamına bakıldığında yaklaşık olarak %32’si yenilenebilir kaynaklar ile sağlanmaktadır [5]. Şekil 14’te görüldüğü üzere hidrolik enerji belirtilen kurulu gücün büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Ülkemizde de hidrolik enerji kurulu kapasitesi diğer kaynaklara göre oldukça fazla olmak ile birlikte, elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynakları kullanımı bakımından 10. sırada yer almaktadır [4, 5].

Ülkemizde geçmiş 15 yıl içerisinde bakıldığında yenilenebilir enerji sektöründe önemli gelişmeler kaydedilmiştir. 2017 yılı dönemi içerisinde güneş, rüzgâr, hidrolik ve geri kalan yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşan işletmedeki santrallerin kurulu gücünde yaşanan artış 2.128 MW olarak hesaplanmış olup, yenilenebilir kaynaklar

**Tablo 3.** Ülkelerin 2017 Yılı sonu Yenilenebilir Elektrik Kurulu Güç Kapasitesi (GW) [17]

Enerji Kaynakları	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	Avrupa	Dünya
Hidrolik	313	80	47	5,6	27,2	127	1114
Rüzgar	188	89	33	56	6,8	169	539
Biyoenjerji	15	16,7	9,5	8	0,63	40	122
Güneş PV	131	51	18,3	42	3,42	108	442
Güneş Termal	0	1,7	0,2	0	0	2,3	4,9
Jeotermal	0	3,6	0	0	1,06	0,9	13,5
<b>Toplam</b>	<b>647</b>	<b>242</b>	<b>108</b>	<b>111,6</b>	<b>39,11</b>	<b>447,2</b>	<b>2235,4</b>

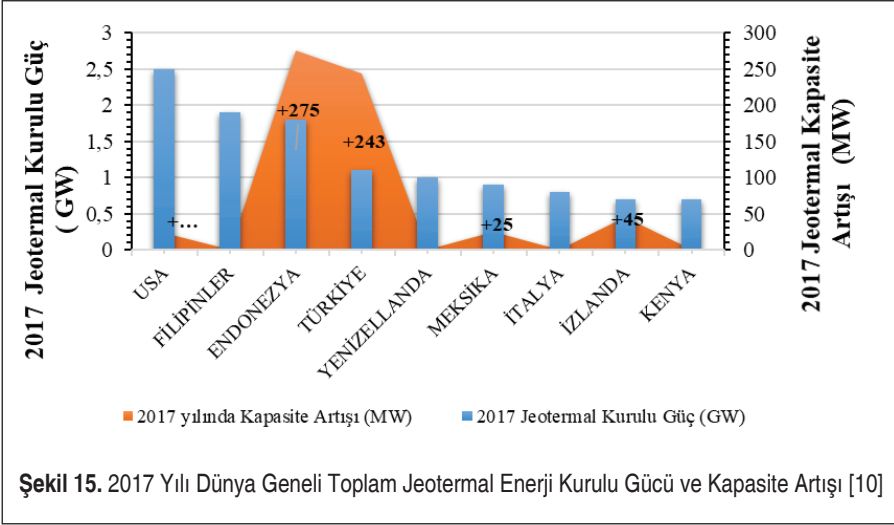


kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi 2002 yılında 34 milyar kWh iken, 2017 yılı sonu döneminde 69,4 milyar kWh olmuştur [8, 18]. Türkiye'nin 2017 yılı yenilenebilir enerji kurulu gücü Şekil 14'te görülmektedir.

Hidrolik enerji engebeli araziler ve sulak bölgeler üzerine baraj kurulumu sayesinde suyu biriktirmek ve biriken suyun akış hızı ile oluşan enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile elde edilmektedir. Bu amaç ile dünyada ve Türkiye'de yaygın olarak çeşitli bölgelerde hidroelektrik santraller kurulmaktadır. Dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji çeşididir. Bunun sebebi kurulum maliyeti diğer

**Tablo 4.** 2017 Yılı Hidrolik Enerjinin Dünyadaki Durumu [19]

Ülke	Toplam Kapasite (2016) (MW)	Toplam Kapasite (2017) (MW)	2016-2017 Kapasite Artışı (MW)	Elektrik Enerji Üretimi (2016) (TWh)	Elektrik Enerji Üretimi (2017) (TWh)
Çin	331.110	341.190	9.120	1.180,70	1.1974,50
ABD	102.485	102.867	283	266,3	322,39
Brezilya	98.015	100.273	3.376	410,24	430,4
Kanada	79.323	80.985	139	379,63	403,35
Hindistan	51.975	51.975	1.908	120,51	135,54
Rusya	48.086	48.450	364	178,1	178,95
Türkiye	26.249	27.273	592	67,03	17,03
<b>Dünya Toplam</b>	<b>1.096.500</b>	<b>1.266,96</b>	<b>15.782</b>	<b>4.102,05</b>	<b>4.185,00</b>



kaynaklara göre daha uygundur [19]. 2017 yılı içerisinde hidrolik kurulu güç kapasite artışı miktarı, Toplam kurulu güç miktarı ve Elektrik enerjisi üretim miktarı Tablo 4’te verilmiştir.

2017 yılı sonu itibariyle dünya genelindeki bazı ülkelere bakıldığında Tablo 4’te verilenlere göre hidrolik enerji toplam kapasitesi en yüksek olan Çin’dir. Ardından ABD ve Brezilya gelmekte olup, 2017 yılı içerisinde Türkiye 592 MW lık kapasite artışı gerçekleştirmiştir. Dünya geneli toplam hidrolik kurulu güç ve kurulu depo potansiyeli 1.266,960 MW’dır. 4.185,00 TWh net hidrolik enerji üretimi tahmin edilmekte olup, 3.962,35 TWh hidrolik santrallerde üretilen elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmiştir [17, 19, 20].

Hidrolik enerji bakımından Türkiye’nin potansiyeli 160 TWh/yıl civarında tahmin edilmekle birlikte 2017 yılı ülkemizin hidrolik kurulu gücü 27.273,0 MW olarak hesaplanmıştır. Aynı dönem içerisinde 628 adet lisanslı hidrolik enerji santrali faaliyet göstermektedir. Türkiye’nin hidrolik enerji kurulu gücünü yıllara göre kıyaslama yaptığımızda; 2011 yılı 17.529,3 MW kurulu gücü var iken 2015 yılı 25.867,8 MW kurulu gücü, 2017 yılında 27.273,0 MW bulunmaktadır. Ülkemiz altı yıl içerisinde %55,5 oranında kurulu hidrolik enerji gücü gelişimi göstermiştir [8, 19, 20].

Jeotermal enerji; kökenine bakıldığında dünya ve termal ısı bir arada bulunmak üzere yeraltı ortamında depolanan ve sürdürülebilir bir şekilde kaynağı bulunan yenilenebilir bir ısıdır. Bu enerji formu olan ısı, sıcak bölgelerden yeryüzüne doğru aktarımı ve dağılımıyla elektrik enerjisi üretimi, konutların ısıtılması, zemin ısıtma ile kaldırımlarda toplanan karların eritilmesi, ziraat, termal turizm, seracılık, gibi endüstriyel





ve günlük yaşam alanlarında birçok uygulama çeşiti bulunmaktadır. Dünya geneli toplam jeotermal enerji üretimi 13.536,1 MWe'dir [17, 21]. Ülkeler jeotermal enerji kurulu gücü karşılaştırılması Şekil 15'te ifade edilmiştir. Jeotermal enerji kurulu gücü yüksek olan ülkelerde ilk üç sıralamasında ABD, Filipinler, Endonezya sırasıyla gelmektedir. Bu sıralamaya takiben Türkiye, Yeni Zelanda, Meksika, İtalya ve İzlanda olarak devam etmektedir [20].

Son on yıl içerisinde, dünya jeotermal üretim kapasitesine bakıldığında ekonomik büyüme oranı ile eşdeğer araştırma yapıldığında yaklaşık olarak yılda %3 ile %4 oranında artış göstermektedir. Son bir yıl içerisinde kapasite artışı sağlayan ülkeler ise sırasıyla; Endonezya (+275 MW), Türkiye (+243 MW), İzlanda (+45 MW), Meksika (+25 MW) ve ABD (+24 MW) civarında gerçekleşmiştir [20].

2017 yılı sonu itibariyle, Türkiye'de faaliyet göstermekte olan 40 adet jeotermal enerji santralleri bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 1,1 GW olmaktadır. 2017 yılında elektrik üretimi bakımından jeotermal enerji kaynaklarına bakıldığında elde edilen elektrik 5.970 GWh'dir. Türkiye 2023 jeotermal kurulu güç ve üretimi hedefi 1 GW olarak belirtilmiştir [10, 11].

Başlıca ana kökenleri bünyesinde karbonhidrat bileşikleri bulunan bitkisel ve hayvansal esaslı maddeler biyokütle enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynakları tarafından, biyokütle enerjisi yakıt çeşitleri biyoetanol, biyodizel ve biyogazdır. Gelişmiş ve gelişen ülkelerde biyoenerji, özellikle biyoetanol ve biyodizel gibi ulaşım yakıtlarında alternatif kaynak, ısı ve elektrik üretimi ile birlikte ve konut, daire ısıtmasında kullanılmakta olup ekonomik büyümeye ve ülke gelişimine katkı sağlamaktadır. En az gelişmiş ülkeler biyokütle enerjisini, çoğunlukla mevcut olan yerli yakıt olarak kullanmaktadır çünkü elektrik veya diğer enerji kaynaklarına ulaşımı bulunmamaktadır. Isınma, sanayi, ulaşım ve ensüstri gibi birçok sektörde fayda sağlayan biyokütle enerjisi, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %14'tür. Aynı zamanda biyoenerji, dünya enerji arzının %10'unu sağlamaktadır [17]. 2015 yılı içerisinde dünya geneli ülkeler arasında biyokütle enerjisinden elektrik üretim miktarları Tablo 5'te bilgi verilmiştir.

Küresel olarak biyokütle enerjisi üretimi sıralamasında 2015 yılında ABD %17 payı ile birinci sırada yer alırken ardından bu sıralamada Çin ve Brezilya gelmektedir.

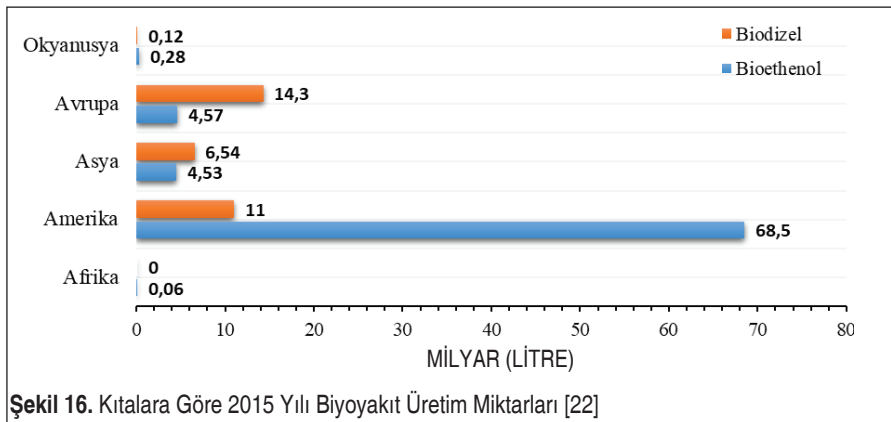
Dünyada kıtalar arası 2015 yılında biyoyakıt üretim miktarları milyar litre cinsinden Şekil 16'da detaylı bilgi verilmiştir. Toplam biyodizel üretimi 32 milyar litre olmasına karşın biyoetanol üretimi 78 milyar litre olarak hesaplanmıştır. Ülkeler arası karşılaştırmada en çok biyoetanol üretimi gerçekleştiren ülkelerin başında ABD gelmektedir. Ardından Brezilya, Çin, Kanada takip etmektedir. Biyodizel üretiminin-

**Tablo 5.** 2015 Yılı Dünya Geneli Ülkelerin Biyokütle Enerjisinden Elektrik Üretimi (TWh) [22]

Ülke	Biyokütle Enerji Kaynak Çeşitleri					Biyokütle Enerjisinden Toplam Elektrik Üretimi (TWh)
	Kentsel Atık (TWh)	Endüstriyel Atık (TWh)	Katı Biyoyakıt (TWh)	Biyogaz (TWh)	Sıvı Biyoyakıt (TWh)	
ABD	16,6	2,82	48,6	13,6	0,21	81,8
Çin	0	13	44,4	0	0	57,4
Brezilya	0	0	45,4	0,56	0	46
Japonya	4,83	1,77	28,9	0	0	35,5
Hindistan	1,54	0	22,9	0,97	0	25,4
Tayland	0,32	0	7,67	0,55	0	8,54
Kanada	0,27	0	4,12	0,97	0	5,36
Avustralya	0	0	1,88	1,64	0	3,51
Diğer Ülkeler	45,14	7,21	109,13	61,81	6,1	229,49
<b>Dünya Toplam</b>	<b>68,7</b>	<b>24,8</b>	<b>313</b>	<b>80,1</b>	<b>6,31</b>	<b>493</b>

de ise yine ABD ilk sırada bulunmakta olup Arjantin, Brezilya, Fransa devamında geldiği belirtilmiştir [22].

Biyogaz, Türkiye’de sağlanan metan gazı ile 40 işletmede 256 MW, hayvansal, bitkisel ve tarımsal yağ atıkları tarafından direk yanma ve metan gazı ile 82 biyogaz işletmesinde 378 MW kurulu gücü bulunmakta ve ülkemizin 2017 yılı toplam biyokütle kurulu gücü 634 MW olarak hesaplanmıştır [8, 10]. Türkiye genelinde 2017 yılı

**Şekil 16.** Kıtalarla Göre 2015 Yılı Biyoyakıt Üretim Miktarları [22]



içerisinde biyokütle enerjisinden toplam elektrik üretimi 2.796,6 GWh olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin 2023 yılı biyokütle kurulu güç hedefi 1000 MW olarak planlanmıştır [8]. Kentsel atıkların toplanması ve enerjiye dönüştürülmesi amaçlanarak atık barajları kurulması için çalışmalar başlatılmıştır. Ülkemiz Tarımsal atıklar toplamı 15.336,035 ton ile 303,2 PJ (PetaJoule) ısıl değere sahip olmakla birlikte, kaynağı orman olan toplam atık 4.800,000 ton (1,5 Mtep) miktarı olup kurulabilecek gazlaştırma kapasitesi 600 MW olarak hesaplanmıştır [23]. Kentsel atıklardan üretilen biyogaz, fosil yakıtların yerini alması ve şehirlerdeki atık sorunların giderilmesi için uygulanabilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Yeryüzünden kilometrelerce uzakta olan güneş, genel anlamda tüm enerji kaynaklarının kökenidir. İçinde daimi şekilde hidrojenin dönüştürülmesiyle helyuma geçerek füzyon reaksiyonları gerçekleşmekte ve gerçekleşen kütle farkından dolayı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Fakat bu enerjinin az bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Güneş enerjisi kaynaklı teknolojiler çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki başlık altında Fotovoltaik güneş teknolojisi ve ısıl güneş teknolojileri olarak toplanabilmektedir. Fotovoltaik hücreler adı altında bilinen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını direk elektriğe çevirmektedirler. Isıl güneş sisteminde ise güneş enerjisi tarafından sağlanan ısı elde edilmektedir. Bu ısı elektrik üretiminde veya aynı zamanda doğrudan da kullanılabilir [25]. Fotovoltaik ve güneş enerjisi uygulamalarının ülkelere ait kurulu güç kapasiteleri ve toplam elektrik enerjisi üretimi miktarları 2015 ve 2017 yılları arasındaki karşılaştırması Tablo 6'da verilmiştir.

Güneş enerjisi uygulamalarından fotovoltaik güneş teknolojisi son yıllarda kayda

**Tablo 6.** 2015 - 2017 Yılı Dünya Geneli Güneş Eneji Sistemleri Üretim Kapasiteleri Karşılaştırması [12, 20]

Ülke	Güneş Fotovoltaik Sis. Kurulu Güç (2015) (MW)	Güneş Fotovoltaik Sis. Kurulu Güç (2017) (MW)	Toplam Elektrik Üretimi (2015) (GWh)	Toplam Elektrik Üretimi (2017) (GWh)
Çin	43.050	131.000	25.007	108.200
ABD	25.540	51.000	24.603	77.965
Almanya	39.634	42.394	36.056	39.996
Japonya	33.300	49.000	26.534	62.343
İtalya	18.910	18.910	22.319	25.215
Fransa	6.549	6.549	5.909	9.245
Türkiye	249	3.400	17	2.720
<b>Dünya</b>	<b>222.360</b>	<b>399.613</b>	<b>223.948</b>	<b>442.600</b>

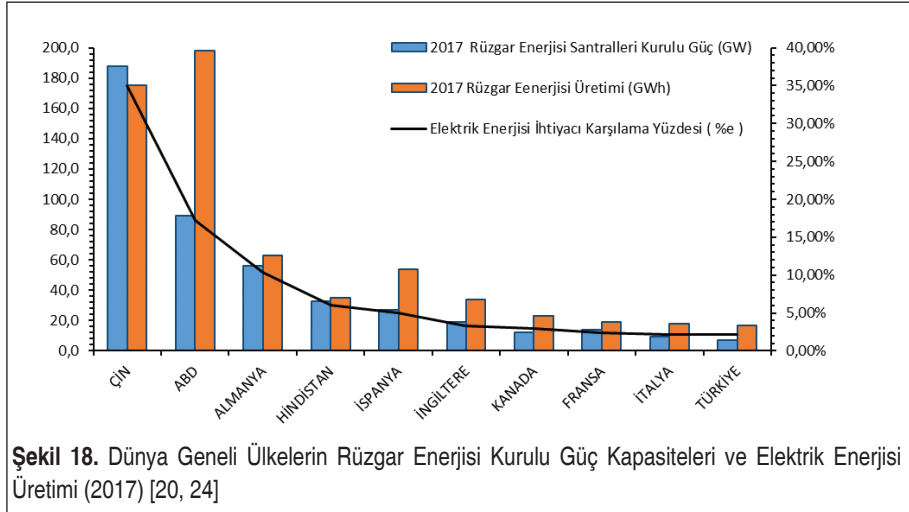


Türkiye 2023 yılı hedefleri arasında, brüt elektrik arzının 500 bin MW civarında varsayılarak, elektrik ihtiyacının çoğunu, yalnızca güneş enerjisi sistemlerinin tüm potansiyelini kullanarak karşılayabilmektedir. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli bakımından Şekil 17’de görüldüğü gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi başta bulunmaktadır. Diğer taraftan ülkenin en az güneş alan mavi ile belirtmiş olan hem enlem değeri büyük hem de rutubetli olması bakımından Marmara, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesidir [11, 23].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri ise rüzgâr enerjisidir. Rüzgarın oluşumunun başlıca kaynağı güneş ışınımının yer yüzeylerini farklı ısıtmasıdır. Bununla birlikte, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının birbirleri arasında çeşitli olmasıyla, havanın hareketlenmesini meydana getirmektedir. hava hareketinin Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olması ile rüzgârın oluşmasını sağlamaktadır [1].

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi gerçekleştiren ana aracı rüzgâr türbinleridir. Rüzgar türbininin kanatlarının havanın hareketi ile dönmesiyle kinetik enerjiyi oluşturur; bir jeneratör daha sonra bu dönme enerjisini elektriğe çevirmektedir [23]. Rüzgar türbin üreticilerine bakıldığında, 2017 yılında küresel rüzgar pazarının yeni kapasite eklenmeleriyle birlikte rüzgar türbini üreticileri sırasıyla; Vestas (Almanya, %9,9), GE (Amerika Birleşik Devletleri, %9,1) ve Goldwind (Çin, %9,0) dir. Vestas, küresel olarak dünyanın 2015 yılındaki en büyük rüzgar türbini tedarikçisi olmaktadır [20].

Dünyadaki toplam rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç miktarı 539 GW’dir [20]. Belirli ülkelerin 2017 yılına ait rüzgar enerjisi santralleri kurulu güç ve elektrik enerjisi üretim miktarları Şekil 18’de belirtilmiştir.



Şekil 18. Dünya Geneli Ülkelerin Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasiteleri ve Elektrik Enerjisi Üretimi (2017) [20, 24]

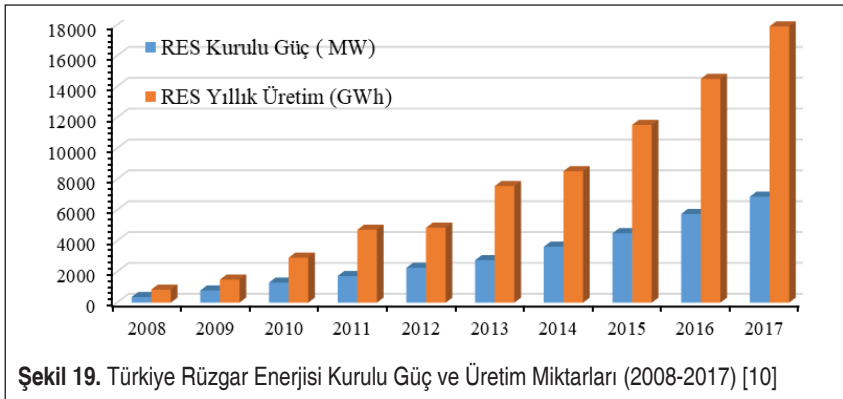


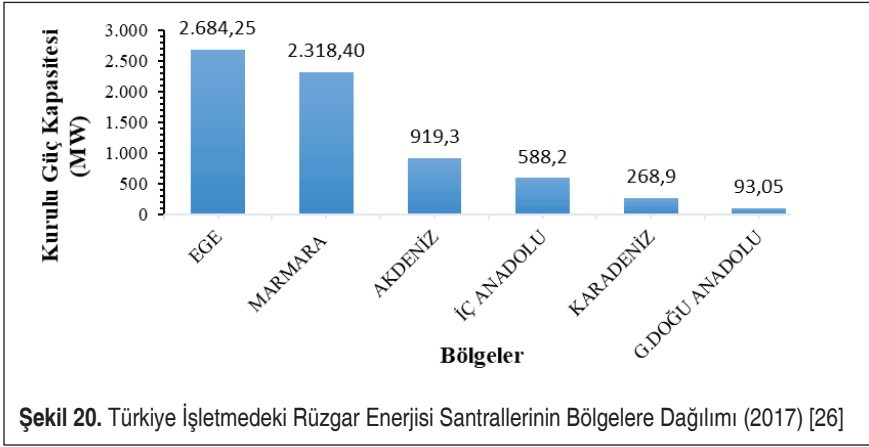
Çin, 2017 yılı içerisinde küresel rüzgar enerjisi kapasitesi bakımından liderliği üstlenmiş olup 188 GW kurulu gücü bulunmaktadır. Buna ek olarak Çin 175 GWh rüzgar enerjisi elektrik üretimi hesaplanmış olup bu üretim miktarının %35 oranı ile elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamaktadır. İkinciliği üstlenen ülke 89 GW rüzgâr enerjisi kurulu gücü ile ABD olmaktadır. Ayrıca rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde en fazla potansiyeli bulunan Avrupa ülkeleri başlıca Şekil 18’de görüldüğü üzere sırasıyla; Almanya, İspanya, İtalya’dır [17, 20,24].

Türkiye 2017 yılı sonu itibariyle kurulu güç 6.872,10 MW’tir. Bu rüzgar enerjisi santrallerinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı 17.909,3 GWh’dır [26]. Aynı yıl içerisinde inşa aşamasında olan yatırım sürecindeki projelerin toplamı 26 adet rüzgar enerji santrali olup, 552 MW kurulu gücü bulunmaktadır. Türkiye Stratejik Planın’da 2023 yılı hedefi rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW’tir [11]. Türkiye 2008 ile 2017 yılları arası rüzgar enerji santralleri kurulu güç ve yıllık elektrik üretimi oranları karşılaştırılması Şekil 19’da verilmiştir.

Ülkemizde rüzgâr enerji santrallerinin (RES) kurulu gücü giderek çoğalmakta olup, 2011 yılında kurulu güç miktarı 1.805 MW, 2014 yılı 3.762 MW hesaplanmış olup, 2017 yılı 6.872,10 MW’tır ve altı yıl içerisinde rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücündeki büyüme miktarı 5.067 MW civarındadır. Bu durum, ülkemizde RES’lere dair yürütülen yatırımların giderek arttığını gösteren bir gerçektir [26]. İşletmede bulunan Rüzgar enerjisinin bölgelere göre dağılımı Şekil 20’de görülmektedir.

Türkiye’de rüzgar enerji bakımından potansiyeline bakıldığında 2.684 MW kurulu güç kapasite miktarı ile Ege bölgesi en yüksek rüzgar potansiyeli bulunan bölgemizdir. İzmir, Balıkesir ardından Manisa Ege bölgesinde ilk üç sıralamanın içerisinde yer almaktadır. Kurulu güç bakımından Ege bölgesi ilk sırada bulunmakta olup, ardından sırasıyla 2.318 MW miktarı ile Marmara, 919,7 MW miktarı ile Akdeniz, 588,2 MW miktarı ile





İç Anadolu bölgesi gelmektedir. Faaliyet halinde olan 164 RES işletmesi bulunmaktadır. En fazla kurulu güç kapasitesi bulunan rüzgar enerji santralleri; Geycek RES (Kırşehir-168 MW), Balıkesir RES (Balıkesir-143 MW), Soma RES (Manisa-143 MW), Gökçedağ RES (Osmaniye-135 MW)'dir [11, 26].

## 6. KİŞİ BAŞINA ENERJİ TÜKETİMİNİN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Dünya ülkelerin nüfus artışı, sanayileşme ve ekonomik büyümeyeden dolayı elektrik enerji üretimi ve tüketimi günden güne artmaktadır. 2015 yılı itibariyle dünya ve ülkelerinde belirli enerji göstergeleri Tablo 7'de verilmiştir. Bu verilere göre; Dünyada en fazla enerji tüketimi gerçekleştiren ülkeler başta Çin olmak üzere, ABD, Hindistan devamında gelmektedir. Bununla birlikte bu ülkelerin doğaya zarar veren CO<sub>2</sub> emisyonu yayılımında en büyük paylara sahiptirler. Dünyada 2015 yılı toplam nüfus 7334 milyonu aşmakta iken kişi başına düşen enerji tüketimi 1,9 TEP, elektrik enerjisi tüketimi ise 3052 kwh olarak hesaplanmıştır [6]. En fazla elektrik enerjisi tüketimi gerçekleştiren ülkelerde ise Çin birinci gelmektedir. Bu sıralamayı ABD, Japonya, Rusya takip etmektedir [6, 27].

Türkiye yüzölçümü ve nüfusu ile dünya ülkelerine kıyasla önemli bir konumda bulunmaktadır. Nüfusumuz yaklaşık 79,51 milyonu aşmaktadır. 2016 yılı verilerine göre Türkiye'nin gayri safi yurt içi hasıla miktarı 857,7 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte kişi başına düşen milli gelir tutarı 10787 \$ civarındadır. 2016 yılında Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketimi 209,22 TWh miktarında gerçekleştirilmiş olup kişi başına gerçekleşen net elektrik tüketimi ise 2761 kWh'dir [6, 27, 28].

**Tablo 7.** Dünya ve Ülkelerinde Enerji Göstergeleri (2016) [6, 27]

Ülke	Nüfus (milyon)	Elektrik Tüketimi (Twh)	CO <sub>2</sub> Emisyonu (milyon ton)	Kişi Başına Enerji Tüketimi (TEP)	Kişi Başına Elektrik Kütemi (kwh)
Çin	1379,2	5593	908,1	2,21	4057
Hindistan	1311,1	1126,5	2066	0,62	859
ABD	321,7	4128,5	4997,5	6,92	12833,25
Rusya	144,096	983,42	1543,12	5,11	6562
Japonya	127,141	998,7	1141,6	3,57	7865
Kanada	35,9	544,5	549,2	7,2	15188
Türkiye	79,51	209,22	317,2	1,54	2761
<b>Dünya</b>	<b>7334,00</b>	<b>22386</b>	<b>32294</b>	<b>1,9</b>	<b>3052</b>

## 7. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

1. Dünya birincil enerji üretimi 2015 yılında toplam 13.790 milyon TEP olarak hesaplanmıştır. Bu birincil enerji üretiminin büyük payı fosil kaynaklı yakıtlardan petrol (4416,26 milyon TEP), kömür (3871,53 milyon TEP), doğalgaz (2975,71 milyon TEP) oluşturmaktadır. 2016 yılı sonu itibari ile küresel enerji kullanım miktarı 13.147,3 Milyon TEP olarak hesaplanmıştır. Bu tüketilen birincil enerji kullanım miktarları payları sırasıyla petrol %33,3, kömür %28,1, doğalgaz %24,1, hidrolik enerji %6,9, nükleer enerji %4,5 ve yenilenebilir enerji kaynakları %3,2 olarak hesaplanmıştır [6, 7].
2. 2016 yılı itibari ile Türkiye'de yerli birincil enerji üretimi 35.374 bin TEP olarak hesaplanmıştır. Bu kaynakların büyük çoğunluğu sırasıyla linyit (%39), hidrolik (%27), rüzgar (%8), jeotermal (%7) oluşturmaktadır. İthal edilen birincil enerji 113.117 bin TEP olarak hesaplanırken bu ithal enerji kaynaklarının %45'i petrol, %34'ü doğalgaz, %21'i ithal kömürdür. Yerli ve yabancı kaynaklara bağlı olmak üzere toplam birincil enerji 148.491 bin TEP olarak hesaplanmıştır. 2016 yılında birincil enerji kaynakları bakımından enerji tüketim miktarı toplamda 137.9 TEP olarak hesaplanmıştır [9, 11].
3. Dünya 2017 yılı yenilenemez enerji kaynakları rezerv miktarlarına bakıldığında kömür 1035 milyar ton, doğalgaz 193,5 trilyon m<sup>3</sup>, petrol 239 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Türkiye 2016 yılı ham petrol üretimi 2.6 milyon ton gerçekleşmekte ve bu miktara karşılık aynı dönem içerisinde ülkemize ithal olarak alınan ham petrolün 24.957 milyon ton olarak tespit edilmiştir. Bu miktarın oldukça





yüksek olduğu görülerek, ithal olarak alınan petrol miktarının azaltılması için yerli kaynaklar ile biyodizel ve biyoetanol üretiminin artırılması ve bunun için yatırımları yapılması ve kullanımının sağlanması gerekmektedir [11, 14].

4. Türkiye'nin fosil yakıtlı enerji kaynaklarının rezerv miktarlarına bakıldığında, 1.308,5 milyon ton taş kömür rezerv miktarı, 14.764,9 milyon ton linyit rezervleri bulunmaktadır. Türkiye, linyit açısından daha zengin fakat taşkömürü açısından yeterli kaynakları bulunmadığından dolayı kömürü ithal olarak alıp dış ülkelere bağımlı olmaktadır. Ülkemiz yerli linyitler kül ve nem oranı yüksek, düşük kalorili linyitlerdir fakat elektrik üretiminde kullanıma uygundur. Dış ülkelere alınan ithal kömürün azaltılması için; ısınmada ve termik santrallerde yerli linyitlerin ve taş kömürün kullanımına öncelik verilmelidir [4, 11].
5. Türkiye doğalgaz üretimimize bakıldığında 2015'te 399 milyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Fakat buna karşılık ithal olarak aldığımız doğal gaz miktarı 48,4 milyar m<sup>3</sup> olup, endüstriyel alanda ve konut ısınmasında yakıt olarak kullanılan doğal gazda dış ülkelere bağımlılığımızı açıkça göstermektedir. Aynı yıl içerisinde tüketim miktarına bakıldığında 47,549 milyar m<sup>3</sup> olup, yerli üretimin tüketimi karşılama oranı ise yalnızca %1,1'dir [11, 12].
6. Dünya uranyum rezerv miktarı 5.718,400 ton olmakla birlikte sırasıyla Avustralya, Kazakistan ve Kanada en yüksek rezerv miktarlarına sahip ülkelerde ilk üçte bulunmaktadır. Türkiye'nin uranyum rezervi 9.129 ton ile diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında çok daha düşük miktarda bulunmaktadır. 2015 yılı dünyada nükleer santrallerden elde edilen bilgilere göre; elektrik enerjisi üretimi 2.490 TWh'dir. Türkiye'de 2021-2024 yılları arasında inşası tamamlanarak faaliyete geçmesi beklenen Mersin Akkuyu'da dört reaktörden oluşan toplamda 4.800 MW kapasiteli nükleer santral projesi bulunmaktadır [15, 16]
7. Yenilenebilir kaynaklı elektrik güç kapasitesi verilere göre yenilenebilir enerjiden Çin 647 GW miktarı ile en çok fayda sağlayan ülkelerin başında geldiği açıkça belirtilmiştir. Yenilenebilir elektrik güç kapasitesi bakımından dünya 2195 GW olarak hesaplanmış olup, aynı yıl Türkiye'nin yenilenebilir elektrik güç kapasitesi yaklaşık 39 GW olarak belirlenmiştir [17]. 2017 yılı itibarıyla dünyanın toplam hidrolik kurulu gücü 1114 GW olup kurulu gücü en yüksek olan ülkeler sırasıyla Çin, ABD, Brezilya ve Kanada'dır [19]. 2017 yılı sonu itibarı ile Türkiye'nin hidrolik kurulu güç potansiyeli 27.273 MW olarak belirlenmiştir ve hidrolik enerjiden elektrik üretimi 71,03 TWh olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarlar daha önceki yıllara göre ilerleme kaydettiğini göstermiştir [17].
8. Dünya geneli toplam jeotermal enerji üretimi 12,8 GW'dir [17, 21]. Jeotermal



enerji kurulu gücü yüksek olan ülkelerde ilk üç sıralamasında ABD, Filipinler, Endonezya sırasıyla gelmektedir. Bu sıralamaya takiben Meksika, Yeni Zelanda, Türkiye, İtalya ve İzlanda olarak devam etmektedir [20]. Türkiye’nin 2017 yılı ülkemiz jeotermal işletmeleri üretim kapasitesi 1,1 GW’dır. Kanıtları sunulmuş jeotermal kapasite 4.078 MWt (megawatt ısı) olarak hesaplanmış olup, bu kapasitenin yaklaşık %34 civarı 1.306 MWt tüketilmektedir.

9. Dünya toplam biyodizel üretimi 32 milyar litre olmasına karşın biyoetanol üretimi 78 milyar litre olarak hesaplanmıştır. Ülkeler arası karşılaştırmada en çok biyoetanol üretimi gerçekleştiren ülkelerin başında ABD gelmektedir [22]. Biyogaz, Türkiye’de sağlanan hayvansal, bitkisel ve tarımsal yağ atıkları ile (direk yakma ve metan gazı olarak) 2017 yılı toplam biyokütle kurulu gücü 634 MW olarak hesaplanmıştır [10]. Türkiye genelinde 2017 yılı içerisinde biyokütle enerjisinden toplam elektrik üretimi 2.796,6 GWh olarak hesaplanmıştır. Türkiye’nin 2023 yılı biyokütle kurulu güç hedefi 1000 MW olarak planlanmıştır [11]. Bu hedef için kentsel atıkların toplanması ve enerjiye dönüştürülmesi amacı ile atık barajları kurulması için çalışmalar başlatılmıştır. Ülkemiz Tarımsal atıklar toplamı 15.336,035 ton ile 303,2 PJ (Petajoule) ısıl değere sahip olmakla birlikte, kaynağı orman olan toplam atık 4.800,000 ton (1,5 milyon TEP) miktarı olup kurulabilecek gazlaştırma kapasitesi 600 MW olarak hesaplanmıştır [23].
10. Dünya geneline bakıldığında, 2017 yılı güneş enerjisi üretimi 399.613 MW olup, toplam elektrik üretimi 442.600 GWh’dır [20]. Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre avantaj sahibidir. Çünkü coğrafi konumu sayesinde yüksek güneş enerjisi potansiyeli elde edebilmektedir. Türkiye’nin güneşlenme süreleri yıl boyunca yaklaşık 2 bin 738 saat olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı sonunda lisanslı ve lisansı bulunmayan elektrik üretim santrallerinin toplam santral sayısı 3016 sayısında hesaplanırken, işletmedeki bu santrallerin toplam kurulu güç miktarı 3421 MW’ye ulaşmıştır [11]
11. Dünya rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi toplam 539 GW’ye ulaşmıştır [20]. Türkiye 2017 yılı itibariyle kurulu güç 6.872 MW’dır. Bu rüzgar enerjisi santrallerinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı 17.909 GWh’dır [25]. Rüzgar enerjisinden faydalanma noktasında rüzgarın hızının fazla olması önem taşımaktadır. Türkiye’de rüzgar hızı ortalama 7,5 m/s olarak hesaplanmakta olup birçok ülkeye göre rüzgar enerjisi üretiminde daha iyi konuma sahiptir. Türkiye Stratejik Planı’nda 2023 yılı hedefi rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW’dır [11].
12. Genel olarak ülkemiz yenilenebilir enerji açısından yüksek kaynak potansiyeline sahip olmaktadır. Bununla birlikte Türkiye yenilenebilir enerji sistem kurulum



ve yatırımlarında daha çok yabancı teknoloji ve kaynaklarına ihtiyaç duymakta olup kurulum süreci maliyet bakımından oldukça fazladır. Bu yenilenebilir enerji potansiyeli değerlendirmek için devlet desteği ile yatırım yapılması sağlanarak altyapı çalışmalarının ve bu kaynakların kullanımının artırılması gerekmektedir.

13. Dünya genelinde 2015 yılı toplam nüfus 7334 milyonu aşmaktadır. Bununla birlikte dünyada enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim miktarı 24.097,7 TWh olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıl içerisinde kişi başına düşen enerji tüketimi 1,9 TEP, elektrik enerjisi tüketimi ise 3026 kwh olarak hesaplanmıştır. En fazla elektrik enerjisi tüketimi gerçekleştiren ülkelerde ise Çin birinci gelmektedir. Bu sıralamayı ABD, Japonya, Rusya takip etmektedir. Türkiye yüzölçümü ve nüfusu ile dünya ülkelerine kıyasla önemli bir konumda bulunmaktadır. 2016 yılı itibarıyla Türkiye genelinde birincil kaynaklardan elektrik enerjisi üretimimiz toplam 273.387,3 GWh olarak hesaplanmıştır. 2016 yılında Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketimi 209,22 TWh miktarında gerçekleştirilmiş olup kişi başına gerçekleşen net elektrik tüketimi ise 2761 kWh'dir [7, 27].

## KAYNAKÇA

1. Koç, E., ve Şenel, M. C. 2013. "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 532-44.
2. Yağlı, H., Koç, Y., Koç, A., Görgülü, A., ve Tandiroğlu, A. 2016. "Parametric Optimization and Exergetic Analysis Comparison of Subcritical and Supercritical Organic Rankine Cycle (ORC) for Biogas Fuelled Combined Heat and Power (CHP) Engine Exhaust Gas Waste Heat. Energy," vol. 111, p. 923-932.
3. Yağlı, H., Koç, A., Karakus, C., ve Koç, Y. 2016. "Comparison of Toluene and Cyclohexane as a Working Fluid of an Organic Rankine Cycle Used for Reheat Furnace Waste Heat Recovery," International Journal of Exergy, vol. 19, no. 3, p. 420-438.
4. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2017 Strateji Geliştirme Başkanlığı ile Bağlı, "Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü," [www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi\\_15/mobile/index.html](http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_15/mobile/index.html), son erişim tarihi 19.03.2018.
5. Karagöl, T., E., Kavaz, İ. 2017. "Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji," SETA, Analiz Dergisi, cilt 4, sayı 197, s. 5-32.
6. International Energy Agency (2017), IEA statistics: World energy balances overview 2017. <http://www.iea.org/statistics>, son erişim tarihi: 19.03.2018.
7. International Energy Agency (2017), IEA statistics: Key World Energy Statistics 2017. [www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf), son erişim tarihi 19.03.2018.
8. Türkiye Petrolleri Mayıs 2017, "2016 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu," [www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sectorrapor3105.pdf](http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sectorrapor3105.pdf), son erişim tarihi 19.03.2018.



9. Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı, 2016. “2016 Yılı Enerji Dengesi,” [www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları](http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları), son erişim tarihi: 19.03.2018.
10. MMO, 2018. Türkiye’nin Enerji Görünümü, Yayın No:MMO/691, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, [www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018\\_1.pdf](http://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_1.pdf)
11. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, ilgili ve ilişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, [www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FMavi%20Kitap%2FMavi\\_kitap\\_2016.pd](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FMavi%20Kitap%2FMavi_kitap_2016.pd), son erişim tarihi 19.03.2018.
12. BP, Statistical Review of World Energy, June 2018. [www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf), son erişim tarihi: 06.07.2018.
13. Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Elektrik İstatistikleri, “Türkiye Aylık Elektrik Enerjisi İstatistik Raporu 1,” [www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari](http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari), son erişim tarihi: 04.07.2018.
14. EÜAŞ, Elektrik Üretim Anonim Şirketi. “Elektrik Üretim Sektör Raporu,” (2017), [www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FEUAS-Sektor\\_Raporu2016.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FEUAS-Sektor_Raporu2016.pdf), son erişim tarihi: 19.03.2018.
15. Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (Eylül 2017), “Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum,” <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf>, son erişim tarihi 19.03.2018.
16. World Nuclear Association, 2018. “World Nuclear Power Reactors&Uranium Requirements,” [www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx), son erişim Tarihi: 19.03.2018.
17. REN21, 2018. Renewables 2018 Global Status Report, Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris: REN21 Secretariat, [www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf), son erişim tarihi: 04.07.2017.
18. “2018 Yılı Bütçe Sunumu,” 2017. “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı,” [http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FB%C3%BCt%C3%A7e%20Konu%20C5%9Fmas%C4%B1%2F2018\\_Butce\\_Sunus\\_Kitabi.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FB%C3%BCt%C3%A7e%20Konu%20C5%9Fmas%C4%B1%2F2018_Butce_Sunus_Kitabi.pdf), son erişim tarihi:20.03.2018.
19. IHA, International Hydropower Association (2018), “Hydropower Status Report,” [https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/iha\\_2018\\_hydropower\\_status\\_report.pdf](https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/iha_2018_hydropower_status_report.pdf), son erişim tarihi: 05.07.2018.
20. World Energy Council (2016), “Word Energy Resources,” <https://www.worldenergy.org/>



wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf, son erişim tarihi: 19.03.2018.

21. The International Geothermal Association(IGA), 2016. “Geothermal in the World,” [www.geothermalenergy.org/226,installed\\_generating\\_capacity.html](http://www.geothermalenergy.org/226,installed_generating_capacity.html), son erişim tarihi: 20.03.2018.
22. World Bioenergy Association, 2017. “World Global Bioenergy Statistics 2017,” [worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017\\_hq.pdf](http://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf), son erişim tarihi: 19.03.2018.
23. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016) Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, “Yenilenebilir Enerji,” [www.eie.gov.tr/yenilenebilir.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir.aspx), son erişim tarihi 19.03.2018.
24. Global Wind Energy Council, 2017. “Global Wind Statistics 2017,” [gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC\\_PRstats2017\\_EN-003\\_FINAL.pdf](http://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf), son erişim tarihi: 06.07.2018
25. **Alcan, Y., Demir, M. ve Duman, S.** 2018. “Sinop İlinin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Ülkemiz ve Almanya ile Karşılaştırarak İncelenmesi,” *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, cilt 5, sayı 1, s. 35-44.
26. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB), Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, Ocak, 2018
27. World Bank, 2016. “Gross Domestic Product per Capita by Country in Current US\$,” <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD>, son erişim tarihi: 20.03.2018.
29. **Bilgiç, H.H., Yağlı, H., Koç, A., ve Yapıcı, A.** 2016. “Deneysel bir organik Rankine Çevriminde Yapay Sinir Ağları (YSA) Yardımıyla Güç Tahmini,” *Selçuk University Journal of Engineering, Science & Technology*, vol. 4, no. 1, p. 7-17.