

TÜRKİYE’NİN ENERJİ ÜRETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Emre ÜRÜN¹

Esra SOYU²

Öz

Küreselleşmeyle birlikte son zamanlarda sanayi alanında gelişmelerin yaşanması, teknolojinin ilerlemesi nüfusun artması gibi birçok sebep enerji kaynaklarının kullanımını hızla arttırmaktadır. Sınırlı olarak bulunan fosil yakıtlarının gelecek dönemlerde yetersiz olacağı bilinmektedir. Aynı zamanda dünya ülkelerinin bu yakıtları ele geçirme isteği gün geçtikçe artmaktadır. Bunun için Enerji geçmişten günümüze her toplumun önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır. Ayrıca enerji kaynaklarının bilinçsizce kullanılması ve mevcut kaynakların hızla tükenmesi sonucu insanlar farklı enerji kaynağı arayışına girmektedir. Hali hazırda kullanılan fosil yakıtların ömrünün azalması aynı zamanda çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkisi ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesine sebep olmaktadır. Güneş, jeotermal, rüzgar, biyokütle, dalga enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları son dönemlerde ülkeler tarafından tercih edilen alternatif enerji kaynaklarıdır. Bu çalışmada hem dünyanın hem de Türkiye’ nin enerji kaynaklarını tüketme payları incelenmekte ve buna bağlı olarak alternatif enerji kaynaklarının gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Aynı zamanda Türkiye’ de yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut kapasiteleri ve potansiyelleri üzerine bir değerlendirme yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji potansiyeli, yenilenebilir enerji, enerji kaynakları.

A REVIEW OF THE RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN THE ENERGY PRODUCTION OF TURKEY

Abstract

Due to numerous reasons such as the emergence of developments in the industrial fields seen recently along with globalization, the rapid improvement of technology and the increase in the population; the use of energy resources increases rapidly. It is known that the limited fossil fuels will become insufficient in the near future. At the same time, the desire of the countries in the world to capture those fuels is gradually increasing day by day.

For that reason, energy has been one of the important problems for all the societies. Moreover, human beings are in the search of different resources of energy due to insensibly consumption of the energy resources and gradual depletion of the current resources. The decrease in the economic life of the currently used fossil fuels and their negative effects on environment human health caused countries head for the renewable energy resources.

The renewable energy resources such as sun, geo-thermal, wind, bio-mass, and wave energy are the alternative energy resources preferred by the countries in recent years. In this study, the shares of both the world and Turkey for consuming the energy resources are analyzed and accordingly, the necessity of alternative energy resources is discussed. In the same time, the current capacity of renewable energy resources in Turkey and their potential are assessed.

Key Words: Energy potential, renewable energy, energy resources.

Jel Codes: Q42, Q2

¹ Öğr. Gör. Aksaray Üniversitesi, emreurun@aksaray.edu.tr

² Öğr. Gör. Aksaray Üniversitesi, esrasoyu@aksaray.edu.tr

Giriş

Günümüzde artan nüfus yoğunluğundan ve sanayileşmenin giderek hızlanmasından dolayı enerji ihtiyacı artmaktadır. Doğada kıt olarak bulunan kaynaklardan biri olan enerji, üretim ve tüketim açısından karşılaştırıldığında açık hızla büyümektedir. Dünyada ihtiyaç duyulan enerji kaynaklarının birçoğu genellikle fosil yakıtları olarak adlandırılan kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlardan oluşmaktadır. Son zamanlarda bu kaynakların hem ucuz olması hem de üretim teknolojisindeki gelişmeler nedeniyle kullanım sahası genişlemiştir.

Endüstri devrimini takiben kömür kullanımını yaygınlaştırmış daha sonraki dönemlerde ise bu yakıtta petrol ve doğal gaz eklenmiştir. Ancak, 1973 Petrol Krizi'nin yaşanmasıyla birlikte bu enerji kaynaklarına karşı bir güven sorunu ortaya çıkmıştır. Bu kriz sonrasında dünya ülkeleri yeni enerji kaynakları bulma arayışına girmişlerdir. Bunun yanı sıra kullanılan fosil yakıtların geriye dönüşü zor bir çevre kirliliğine neden olması bu arayışı biraz daha hızlandırmıştır (Yılmaz, 2012). Tüm dünya ülkelerinin odaklandığı ve önem verdiği enerji güvenliği, enerjinin verimli kullanımı, çevre kirliliğinin önlenmesi gibi konular sürekli olarak gündemde kalmakta ve konuya dair çözüm arayışları geliştirilmektedir. Bu eğilim ülkelerin fosil yakıtları kullanımını azaltma ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme hızını artırmaktadır. Aynı zamanda Türkiye de yenilenebilir enerji kullanımının artırılması hususunda enerji politikalarında bu konuya sıkça yer vermektedir. Sürekli artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının her alanda kullanımını artırabilmek için çalışmalar yapılmaktadır.

Rüzgar ve güneş enerjisi, su gücü, biyokütle enerjisi, deniz dalgalarının gücü ve jeotermal enerji gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynağı olarak adlandırılmaktadır. Bu kaynaklar tükenmesi zor kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Bahse konu bu kaynaklar üretiminin kolay olması, maliyetlerin az olması ve yatırım yapıldıktan sonra kısa bir süre içinde sonuç alınabilmesi açısından önemli kaynaklardır. Fosil yakıtlarının çevreye verdiği zararlar karşılaştırıldığında ise yenilenebilir enerji kaynaklarının olumsuz etkilerinin yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, ülkelerin ekonomileri üzerindeki yüklerin azaltılması adına da oldukça isabetli bir uygulama olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışma Türkiye'deki enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini ortaya koymak adına gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öncelikle dünya genelinde ve Türkiye'de mevcut enerji kaynaklarının durumu karşılaştırmalı bir analiz yapabilmek adına ortaya konulmuş, ardından Türkiye'deki yenilenebilir enerji potansiyeli tartışılarak konu hakkındaki öneriler sunulmuştur.

1. Dünya'daki ve Türkiye'deki Enerji Kaynaklarının Durumu

Günümüzde yenilenebilir enerji fikri tüm dünyada hızla yaygınlaşan bir akımdır. Yenilenebilir enerjinin pek çok ülkenin gündemine girmiş olması, hali hazırda kullanılan fosil yakıtların çoğunun yakın gelecekte rezerv problem yaşayacağı gerçeğidir. Bir başka ifadeyle dünyanın günümüzde kullandığı fosil yakıtların kaynaklarının tükenme riski dünya ülkelerini alternatif enerji arayışlarına yönlendirmektedir. Bu alternatif arayış da yenilenebilir enerjiye (renewable resource) ilgiyi artırmaktadır. Dünyada fosil yakıtlarına ait rezervlerin; petrolde 40 yıl, doğal gazda 62 yıl, kömürde ise 216 yıl yetecek düzeyde olduğu bilinmektedir. Bu rezervler kimi çevrelere göre alarm seviyesinde görünmemekle

birlikte, asıl sorunun bu kaynakların yetip yetmeyeceğinden ziyade yakıtların dünya yüzeyinde coğrafi anlamda eşit olmayan bir dağılım göstermesi olduğu ifade edilmektedir. Bahse konu dağılım eşitsizliği özellikle petrol ve doğal gaz açısından son derece bariz görünmektedir. Bu dağılımın kömürde diğer kaynaklara göre daha dengeli olduğu da bir gerçektir (Pamir, 2003).

Tablo 1: Bölgelere göre Görünür Petrol ve Doğalgaz Rezervleri

Bölge	Dünya Toplamındaki PETROL payı (%)	Dünya Toplamındaki DOĞALGAZ payı (%)
Ortadoğu	47,54	37,5
Güney ve Orta Amerika	19,05	3,7
Kuzey Amerika	13,66	6,0
Avrupa ve Avrasya	9,26	36,1
Afrika	7,62	7,9
Asya Pasifik	2,87	8,8
Dünya Toplamı	100,0	100,0

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Dağılım açısından değerlendirildiğinde Tablo 1'e göre hala dünyada üretilebilir petrol rezervlerinin % 47,5'inin, diğer bir deyişle yaklaşık yarısının, Ortadoğu'da yer aldığı görülmektedir. 1900'lü yılların başından bu yana, sıcak ve soğuk savaş ortamının Ortadoğu'da sürekli ortaya çıkmasının temel nedeninin petrol dağılımında bölgenin gelişmiş bir rezerve sahip olduğu da gösterilmektedir. Buna paralel olarak Ortadoğu'ya yönelik müdahaleler, bu ülkelerdeki zengin petrol ve gaz kaynaklarının paylaşımı, ticaret ve taşınma yollarının kontrolünü ele geçirme gibi isteklerden kaynaklanmaktadır. Dağılımdaki eşitsizlik tüketim miktarlarında da karşımıza çıkmaktadır (Pamir, 2003).

Tablo2: Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Milyon TEP)

Ülke	2013	2014	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
Çin	2.898,1	2.972,1	23,0	1
ABD	2.270,5	2.298,7	17,8	2
Rusya	689,9	681,9	5,3	3
Hindistan	595,7	637,8	4,9	4
Japonya	470,1	456,1	3,5	5
Kanada	334,3	332,7	2,6	6
Almanya	325,8	311,0	2,4	7
Brezilya	288,9	296,0	2,3	8

Güney Kore	270,8	273,2	2,1	9
İran	244,0	252,0	1,9	10
Suudi Arabistan	222,5	239,5	1,9	11
Fransa	247,2	237,5	1,8	12
Meksika	191,5	191,4	1,5	13
Büyük Britanya	200,6	187,9	1,5	14
Endonezya	169,6	174,8	1,4	15
İtalya	157,9	148,9	1,2	16
İspanya	133,9	133,0	1,0	17
Güney Afrika	123,6	126,7	1,0	18
Türkiye	120,3	123,9	1,0	19
Avustralya	126,2	122,9	1,0	20
Tayland	118,0	121,5	0,9	21
Tayvan	111,0	112,0	0,9	22
BAE	97,9	103,2	0,8	23
Ukrayna	116,6	100,1	0,8	24
Polonya	98,4	95,7	0,7	25
TOPLAM	12.807,1	12.928,4	100,0	

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Tablo 2’de yer alan verilere göre dünyada birincil enerji tüketiminde Çin ve Amerika ilk sıralarda yer almaktadır. Bu iki ülke yaklaşık % 41 oranında birincil enerji kaynağı tüketmektedir. Bu ülkeleri Rusya, Hindistan, Japonya gibi ülkeler takip ederken, birincil enerji tüketimi açısından Türkiye’nin 19. sırada yer aldığı görülmektedir.

Bu noktada Türkiye’ nin enerji tüketimini değerlendirmek yerinde olacaktır. Tablo 3’de Türkiye’de kullanılan yakıt türleri gösterilmektedir.

Tablo 3: Türkiye’ nin Kaynaklarına Göre Kurulu Enerji Kapasitesi

Yakıt Cinsleri	Kurulu Güç (MW)	Katkı (%)	Santral Sayısı (Adet)
Fuel-Oil + Asfaltit + Nafta + Motorin	866,2	1,2	14
Taş Kömürü + Linyit	9.023,4	12,3	26
İthal Kömür	6.064,2	8,3	8
Doğalgaz + LNG	21.222,1	29,0	232
Yenilenen + Atık + Atıkısı + Pirolitik Yağ	344,7	0,5	69
Çok Yakıtlılar Katı + Sıvı	653,0	0,9	7

Çok Yakıtlılar Sıvı + D.Gaz	3.673,9	5,0	36
Jeotermal	623,9	0,9	21
Hidrolik Barajlı	19.690,2	26,1	116
Hidrolik Akarsu	6.471,6	9,3	446
Rüzgar	4.498,4	6,1	113
Termik (Lisanssız)	56,5	0,1	24
Rüzgar (Lisanssız)	4,8	0,0	9
Güneş (Lisanssız)	248,8	0,3	362
Toplam	73.441,6	100	1.483

Kaynak: (DSİ, 2015)

Tablo 3 incelendiğinde en yoğun enerji kullanımının 21.222,1 MW ile Doğalgaz + LNG’de olduğu, bunu 19.690,2 ile Hidrolik Barajlı ve 9.023,4 MW ile Taş Kömürü + Linyit’in takip ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca Türkiye’de kişi başına yıllık elektrik tüketimi 3.300 kWh düzeylerinde olup, bu miktar kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkeler ortalamasının çok altındadır. Ülkelerin ekonomik ve sosyal bakımdan kalkınmasının sağlanması için sanayileşme önemli hedefler arasındadır. Bu bakımdan endüstrinin ve diğer kullanıcıların ihtiyacı olan enerjinin, yerinde, zamanında ve güvenilir bir şekilde karşılanması büyük önem arz etmektedir.

2. Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli

Dünyada kullanılan enerji kaynaklarının dengesiz bir şekilde dağılması sonucunda fosil yakıtların diğer ülkelerden temin edilmesi sebebiyle dışa olan bağımlılık artmaktadır. Bu fosil yakıt rezervlerinin belli bir zamandan sonra tükenecek olması ülkeleri yenilenebilir enerji kaynağı kullanımına itmiştir.

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, su gücü, biyokütle enerjisi, deniz dalgalarının gücü, jeotermal enerji ve benzeri gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’deki enerji profiline bakıldığı zaman yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri oldukça önemlidir. Özellikle güneş ve rüzgar enerjisinin kullanımının artırılması Türkiye’ nin enerji bütçesine önemli derecede katkı sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından doğru, tam ve etkin bir şekilde yararlanabilmek için gereken strateji, plan ve politikaların önemi giderek artmakta ve büyük boyutlara ulaşmaktadır (Çakır, 2010).

Tablo 4: Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

	Dışsal/ Yerel	Kalan Ömür (yıl)	İstihdam (kişi/yıl. TWh)	Yatırım Mali- yeti (\$/KW)	Üretim Maliyeti (cent/KWh)
Petrol	Dış	40-45	260	1500-2000	5.0 - 6.0
Kömür	Yerel/Dış	200-250	370	1400-1600	2.5 - 3.0
Doğalgaz	Dış	60-65	250	600-700	3.0 - 3.5
Nükleer	Dış	-	75	3000-4000	7.5 -12.0
Hidrolik	Yerel	-	250	750-1200	0.5 - 2.0
Rüzgar	Yerel	-	918	1000-1200	3.5 -4.5
Güneş	Yerel	-	7600	Yüksek	10.0 - 20.0
Jeotermal	Yerel	-	-	1500-2000	3.0 - 4.0

Kaynak: (Dündar, 2010)

Tablo 4 bu bağlamda değerlendirilmelidir. Buna göre enerji kaynakları birbiriyle karşılaştırıldığı zaman rüzgar enerjisi düşük yatırım maliyeti ve yüksek istihdam oranı ile ülke ekonomisine katkı sağlayacak yenilenebilir enerji kaynakları arasında ilk sırayı almaktadır. Üretim maliyetleri açısından bakıldığı zaman ise güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek maliyet oranına sahip iken, rüzgar enerjisinin 3.5-4.5 cent/kwh'lik düşük maliyet oranı ile ekonomik açıdan en avantajlı enerji kaynaklarından biri olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki tabloda yer alan enerji kaynakları yenilenebilir olmaları açısından oldukça önemli özelliklere sahiptir. Aşağıda bu enerji kaynaklarının özellikleri ve Türkiye açısından potansiyelleri değerlendirilmiştir.

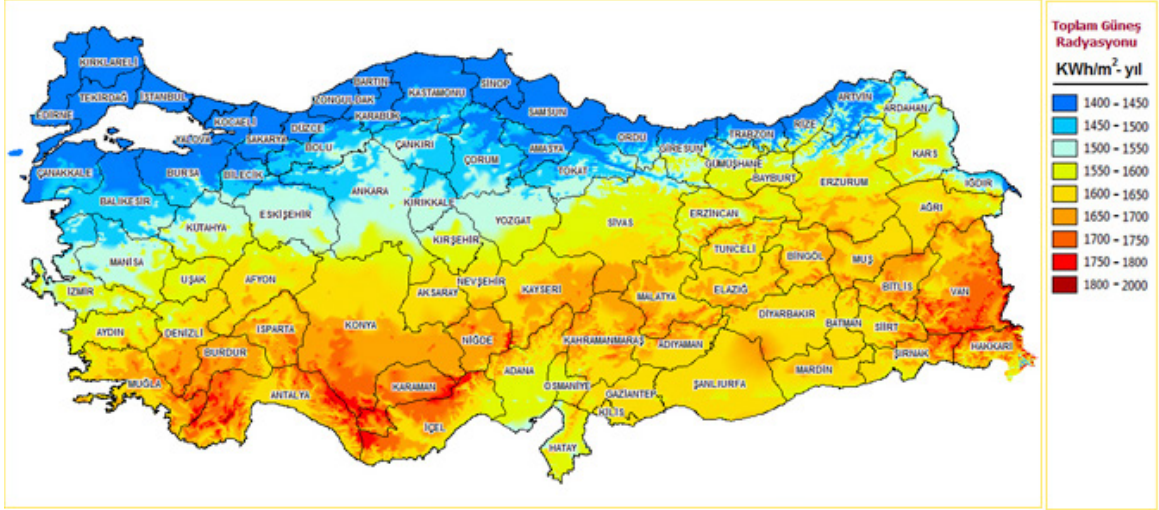
2.1. Güneş Enerjisi

Güneş, dünyanın en önemli enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Dünyadaki tüm enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olmaktadır. Bununla birlikte güneş enerjisi değişim geçirerek rüzgâr, deniz dalgası, okyanus sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri gibi çeşitli enerji türlerine dönüşebilir (Varınca ve Gönüllü, 2006). Aynı zamanda güneş enerjisi ısıtma ve elektrik ihtiyacını karşılamak için de kullanılmakta ve çevreci ve temiz bir enerji kaynağı olarak da değerlendirilmektedir (Yılmaz, 2012). Güneş enerjisinin, tükenmeyen bir enerji kaynağı olması, kolay işletilebilmesi, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, kısa sürede kurulabilmesi (maksimum bir yıl), uzun yıllar problemsiz çalışması, çevreci bir enerji kaynağı olması gibi nedenlerden dolayı dünya çapında kullanımı her geçen gün artmaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Türkiye sahip olduğu konum itibariyle güneş enerji potansiyeli bakımından oldukça iyi durumdadır. Ülkede yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saattir. Güneş enerjisi potansiyelinin çok yüksek olduğu bilinmesine rağmen kurulma maliyetinin yüksek olması

dolayısıyla enerji kaynağının ticari şekilde kullanılması kısıtlanmaktadır (Yılmaz 2012). Ancak her geçen gün uygulanan teşvik politikaları sayesinde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretme çalışmaları hız kazanmaktadır.

Şekil 1: Türkiye'nin Güneş Radyasyonu Haritası



Kaynak: EİE

2010 yılında EİE (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü <http://www.eie.gov.tr/>) tarafından hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)'na göre Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyelinin yaklaşık olarak 56.000 MW termik santral kapasitesine eşdeğer olduğu belirlenmiştir. 2015 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de toplam 362 güneş enerjisi santralının toplam kurulu gücü 248,8 MW'dir (EİE). Aynı zamanda Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyelinin işletmeye alınması durumunda yılda yaklaşık 380 milyar kWh elektrik enerjisi üretme imkanı elde edileceği hesaplanmıştır (Yılmaz, 2012).

2.2. Hidrolik Enerji

Hidroelektrik, dünyada en yaygın bulunan ve ekonomik olan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Önal ve Yarbay'a göre (2010) doğaya sera gazı emisyonu salmama gibi pozitif özellikleri olan hidroelektrik güç, buna rağmen biyolojik çeşitliliği azaltması, toprak erozyonuna sebep olması, akarsuların kesilmesi ve insanların yerleşim yerlerinin değişmesi gibi birçok dezavantajı da bünyesinde bulundurmaktadır. Hidrolik enerjinin günümüzde en yaygın kullanımı akarsular üzerinde barajlar inşa ederek suyun biriktirilmesi ve biriken suyun potansiyel enerjisinden yararlanmak suretiyle elektrik enerjisi üretmektir (Koç ve Şenel, 2013). Teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli açısından Türkiye dünya teorik potansiyelinin %1,5'ine, aynı zamanda Avrupa potansiyelinin % 17,6'sına sahiptir. Bu verilere bakıldığında Türkiye hidrolik enerji potansiyeli ile Avrupa ülkeleri arasında Rusya'dan sonra en büyük potansiyele sahip olan ikinci ülke durumundadır (DSİ, 2015).

Tablo 5: Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli

	HES Sayısı	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/Yıl)	Oran (%)
İşletmede	562	26.161	90.773	58
İnşaat Halinde	104	5.927	17.875	11
İnşasına Henüz Başlanmayan	717	13.984	48.911	31
TOPLAM	1.383	46.072	157.559	100

Kaynak: DSİ, 2015 Faaliyet Raporu

2015 yılında yayınlanan DSİ raporuna göre (Tablo 5) hidrolik enerji elde etme için toplam kurulu kapasite 46.072'dir. Türkiye'nin hidrolik enerji potansiyeli açısından dünya sıralamasında ilk sıralarda bulunması mevcut kaynakları tam ve etkin bir şekilde kullanmaya çalışıldığının bir göstergesidir. Tablo 5 incelendiğinde henüz inşaat halinde olan ve inşasına başlanmayan yaklaşık 820 hidro elektrik santrali (HES) olduğu görülmektedir. Bu rakamlar hidrolik enerji kullanarak elde edilen enerji miktarını arttırmanın mümkün olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

2.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, güneş ışınlarının dünya yüzeyini farklı ısıtması sonucu oluşan bir enerji türüdür. Yer yüzeylerinde meydana gelen farklı ısınmalar hava sıcaklığı, nem ve basınç faktörlerinin farklılaşmasına dolayısıyla havanın hareket etmesine neden olarak rüzgarı oluşturur (Önal ve Yarbay, 2010). Türkiye geniş yüzölçümü ve konumu itibarıyla sahip olduğu iklim özellikleri açısından önemli derecede rüzgar potansiyeline sahiptir (Erdoğan, 2009).

Tablo 6: Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç Potansiyeli (MW)
Orta	3	300-400	6,5 – 7,0	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400-500	7,0 – 7,5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500-600	7,5 – 8,0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600-700	8,0 – 9,0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıra Dışı	7	>800	> 9,0	39,17	0,01	195,84
TOPLAM						131.756,40

Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2010

Türkiye’de Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan hız ölçümlerine göre 50 metre yükseklikte 6,5m/sn üzerindeki rüzgar hızları değerlendirmeye alındığında Türkiye’nin karadaki rüzgar potansiyeli 131.756,40 MW olmakla birlikte yine aynı yükseklikte rüzgar hızının 7 m/sn nin üzerinde olduğu konumlar dikkate alındığında karadaki rüzgar potansiyelinin 48.000 MW’dir. Aynı zamanda rüzgar hızının 6,5 m/sn’nin üzerinde olduğu deniz alanlarında rüzgar potansiyeli 17.393,20 MW olarak belirlenmiştir (Koç ve Şenel, 2013). Bu rakamlar da yine Türkiye’ nin yüksek rüzgar enerji potansiyeline sahip olduğu anlamını taşımaktadır.

2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, dünyanın alt katmanlarında bulunmakta ve önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu enerji kaynağı su ve yer yüzü ısınmasında kullanılırken aynı zamanda tıbbi amaçlı tedavilerde de kullanılmaktadır. Bir başka deyişle jeotermal enerji: “Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde bulunan ve yeryüzündeki havzalardan beslenen sularla potansiyelini oluşturan birikmiş ısının meydana getirdiği sıcaklıkları bölgesel olarak değişen ve bünyesinde daha çok erimiş mineral tuzlar ve gazlar içeren su ve buhardan oluşan bir hidrotermal küttür”. Yeraltında bulunan granite benzer olan sert kayaların oluşturduğu sistemleri de içerisinde su olmamasına rağmen bir jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirmek mümkündür. Türkiye volkanik özelliklerinden dolayı dünya jeotermal kuşağı üzerinde bulunduğu için, jeotermal kaynaklar bakımından potansiyel alanları teşkil etmektedir.

Küleççi’ye göre (2009) Türkiye’de var olan jeotermal alanların % 95’i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygun iken geri kalan kısmı ise elektrik üretimine uygundur. Türkiye’de jeotermal enerjiden 19 yerleşim biriminde merkezi konut ısıtması (89.563 konut eşdeğeri, 806,07 MWt), 19 sahada seracılık (3.130.562 m², 543 MWt) ve 350 adet termal tesiste tedavi ve termal turizm amaçlı olarak yararlanılmaktadır (MTA 2015).

Bununla birlikte yaklaşık 1.000 adet yeryüzüne doğal olarak çıkan sıcak su kaynağı bulunmaktadır. Maden Tetkik Arama (MTA)’nın yapmış olduğu çalışmalarda 198 adet jeotermal alan tespit edilmiştir. Bu çalışmalara göre Türkiye’nin teorik olarak jeotermal ısı potansiyeli yaklaşık 31.500 MWt, teorik olarak jeotermal elektrik potansiyeli ise yaklaşık 2000 MWe olduğu tespit edilmiştir. Bu durum da Türkiye’nin yüksek jeotermal enerji potansiyeli ile dünyada 7., Avrupa’da ise 1. sırada yer almasını sağlamaktadır (MTA 2015).

2.5. Biyokütle Enerji

Biyokütle terimi genel anlamda değerlendirildiğinde yaşayan organizmalardan üretilen madde anlamına gelmektedir (Ucguç ve Akgül, 2010). Bitkisel ve hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağını oluşturmaktadır. Bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisidir (Yılmaz, 2012). Çoğunlukla biyokütle; odun ve odun atıklarından (% 64), kentsel katı atıklardan (% 24), tarımsal atıklardan (% 5) ve atık gazlardan (% 5) üretilir (Önal ve Yarbay 2010). Modern biyokütle enerjisi kullanılması

hem ülke ekonomisi hem de çevre kirliliği açısından önem teşkil etmektedir. Çoğu ülke kendi ekolojik koşullarına göre uygun ve alternatif enerji kaynağı sağlamak için birçok çalışma yapmaktadır. Türkiye ise biyokütle enerjisi bakımından ekolojik yapıya sahip ülkeler arasında yer almaktadır (Topal ve Arslan, 2008).

Tablo 7: *Türkiye’de Geçmişte, Günümüzdeki ve Gelecekte Planlanan Biyokütle Enerji Üretimi (tep)*

Yıllar	Klasik Biyokütle	Modern Biyokütle	Toplam
1999	7012	5	7017
2000	6965	17	6982
2005	6494	766	7260
2010	5754	1660	7414
2015	4790	2530	7320
2020	4000	3520	7520
2025	3345	4465	7810
2030	3310	4895	8205
Toplam	34658	17853	52511

Kaynak: (Onal ve Yarbay, 2010).

Biyoenerji potansiyeline sahip tarımsal atıklar, canlı hayvan atıkları, orman ve ağaç işleme atıklarından yeniden üretilebilir enerji elde edilmektedir. Bu üretimin 2020 yılında toplam 7520 tep olması beklenmektedir.

2.6. Hidrojen Enerjisi

Doğada bol miktarda bulunan hidrojen, bileşikler halinde bulunduğundan dolayı doğal bir enerji kaynağı değildir. Ancak hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmektedir. Bunun yanında geleceğin alternatif enerji kaynağı olarak görülmektedir. Herhangi bir fosil yakıt içermediğinden çevreye zararı bulunmamaktadır. Çeşitli insan ihtiyaçlarına cevap verebilen ve birçok farklı alanda kullanıma imkanı olan hidrojenin, ticari amaçla kullanılması için 2010 yılından itibaren gerekli çalışmalar başlatılmış (Kumbur vd., 2005) içinde bulunduğumuz yıllarda da bu planlamalar doğrultusunda uygulamalar gerçekleştirilmektedir.

2.7. Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler

Deniz kökenli olarak isimlendirilen yenilenebilir enerji kaynaklarını; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyan enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gel-git (med-cezir) enerjisi şeklinde dört kısma ayırmak mümkündür. Fakat Türkiye’de gel-git enerjisi olanağı bulunmadığı için söz konusu enerji grubu içerisinde yalnızca deniz dalga enerjisi ve boğazlardaki deniz akıntıları enerjisinden yararlanma imkanı bulunmaktadır.

Türkiye’de dalga enerjisi üretmek için en elverişli yerler; Karadeniz’in batısı, İstanbul Boğazı’nın kuzeyi ve Ege Denizi’nin güneybatı kıyıları açıklarıdır (Sağlam ve Uyar, 2005). Türkiye kıyılarının sadece beşte birinden yararlanılarak elde edilebilecek toplam dalga enerjisi teknik potansiyeli 9000 MW güç ve 18 TWh/yıl enerji düzeyindedir (Önal ve Yarbay, 2010)

Dalga enerjisi kullanarak denizlerden sınırsız enerji elde etmek mümkün olabilir. Toprak kaybı gibi olumsuz bir etkisi bulunmamakla birlikte ekolojik dengeye önemli katkı sağlamaktadır. Türkiye’de çok yüksek seviyedeki enerji ihtiyacı göz önünde bulundurulduğu zaman büyük santrallerin kurulması hem ekonomik hem de daha verimli olacaktır. Bu enerji sistemi yaygınlaştığında ısınma amaçlı kullanılma ihtimali de olacaktır. Bu türden doğal enerji kullanımı sonucunda havanın kalitesi artacak hem Türkiye’de hem de dünyada daha sağlıklı nesiller yetişecektir (Çokan, 2004).

Tablo 8: Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)

Yıllar	Termik	Hidrolik	Jeotermal+ Rüzgar+ Güneş	Toplam	Artış (%)
2002	95.563	33.684	153	129.400	5,4%
2003	105.101	35.330	150	140.581	8,6%
2004	104.464	46.084	151	150.698	7,2%
2005	122.242	39.561	153	161.956	7,5%
2006	131.835	44.244	221	176.300	8,9%
2007	155.196	35.851	511	191.558	8,7%
2008	164.139	33.270	1.009	198.418	3,6%
2009	156.923	35.958	1.931	194.813	-1,8%
2010	155.828	51.796	3.585	211.208	8,4%
2011	171.638	52.339	5.418	229.395	8,6%
2012	174.872	57.865	6.760	239.497	4,4%
2013	171.812	59.420	8.921	240.154	0,3%
2014	200.417	40.645	10.901	251.963	4,9%
2015	177.866	66.903	14.922	259.690	3,1%
Oran (2015)	68,5%	25,8%	5,7%	100%	-
2016 Mart Sonu	43.664	17.405	4.711	65.781	-

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre (Tablo 8) Türkiye'nin 2016 Yılı Mart Ayı sonu itibarıyla 65.781 GWh olan elektrik üretimi 43.664 GWh'i termik santrallerden, 17.405 GWh'i hidroelektrik santrallerden, 4.711 GWh'i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji kaynakları bakımından üretimde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal ve rüzgâr bazlı üretim 2002 yılından bu yana yaklaşık 97 kat artarak ve 2014 yıl sonu değerine göre rekor yenileyerek 2002 yılındaki 153 GWh seviyelerinden 2015 yılı sonu itibarıyla 14.922 GWh düzeyine ulaşmıştır. Son 14 yıllık süreç içerisinde, 2009 yılı hariç, tüm yıllarda elektrik üretim % 8,9'lara varan artışlar yaşanmıştır. 2002 yılında; termik santrallerden üretilen elektrik miktarı 95.563 GWh iken bu rakam 2015 yılı sonu itibarıyla 177.866 GWh'e yükselmiştir. Yine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verileri dikkate alındığında 2016 Yılı Mart Ayı sonu itibarıyla elektrik üretiminin % 66,4'ü termik santrallerden, % 26,5'i hidroelektrik santrallerden, % 7,1'i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2002-2016 dönemi içerisinde termik ve hidrolik kaynaklı elektrik üretim oranları mevcut oranlara kıyasla çok fazla değişkenlik göstermezken jeotermal ve rüzgâr kaynaklı elektrik üretim oranları 2002 yılındaki değeri olan % 0,1'lerden 2016 Yılı Mart Ayı sonu itibarıyla % 7,1'e kadar yükselmiştir.

Tablo 9: Elektrik üretimi ve kurulu güç kapasitesi: 2013 gerçekleştirmeleri, 2023 tahminleri ve artışlar

Yenilenebilir Enerji Teknolojisi	Kurulu güç Kapasitesi (MW)			Elektrik Üretimi (GWh)		
	2013	2023	%	2013	2023	%
Hidroelektrik	22.289	34.000	53	59.420	91.800	54
Rüzgar	2.759	20.000	625	7.558	50.000	562
Jeotermal	310	1.000	223	1.364	5.100	274
Güneş	0	5.000	-	0	8.000	-
Biyokütle	224	1.000	346	1.171	4.533	287

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014.

Türkiye enerji kaynakları açısından kötü bir durumda değildir. Tablo 9'a göre 2013 ve 2023 yıllarına ait veriler üzerinde bir karşılaştırma yapıldığında 2023 tahminlerine ulaşabilmenin mümkün olduğu görülmektedir. Ancak kaynakların yeterince araştırılmamış ve etkin bir şekilde kullanılmamış olması bu potansiyeli azaltıcı bir etkiye sahiptir denilebilir. Türkiye'nin kendisi için belirlemiş olduğu 2023 hedeflerine ulaşabilmek için gerekli çalışmalar başlatılmıştır. Bu noktada sonuca ulaşabilmek için uzun dönemli planlar yapılması, devlet tarafından gerekli teşviklerin uygulanması yerinde olacaktır.

3. Sonuç ve Öneriler

Ülkelerin sınırlı kaynaklarla yetinemeyişi ve hep daha fazlasını istemeleri sonucunda, ülkeler arası anlaşmazlıklar ve daha ileri boyutları olan enerji savaşları kaçınılmaz olmaktadır. Dünya üzerindeki tüm ülkeler açısından oldukça önemli olan enerji, ekonomik kalkınmanın da en önemli kaynaklarından biridir. Bu bakımdan dengeli ve ileri kalkınma sağlanabilmesi için enerji ve enerji faktörlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Aynı zamanda fosil yakıtlarda yaşanan rezerv sıkıntısı gibi durumlar sonucunda ülkeler artık yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekte ve fosil yakıtlarının yarattığı olumsuz faktörlerden kurtulma çabası içine girmektedir. İnsan sağlığına ve çevreye verdiği zararlı etkileri bakımından hem dünya da hem de Türkiye’de fosil yakıtlarının kullanımına ilişkin kısıtlamalar getirilmektedir.

Dünya üzerindeki tüm ülkelerin çeşitli enerji potansiyelleri mevcuttur. Türkiye de bu türden çeşitli enerji kaynaklarına sahiptir. Bu kaynakların değerlendirilmesi, enerji öz kaynaklarının aktif hale getirilmesi ve geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Ancak enerji potansiyeli gelişkin olmakla birlikte Türkiye, kendi ürettiği kaynaklar yetersiz olduğundan enerji ihtiyacını dış kaynaklardan karşılamaktadır. Diğer bir ifadeyle, enerji açısından dışa bağımlı bir ülke kategorisinde bulunmaktadır. Bu bağımlılık ekonomik performansta düşüş, dış ticaret açığı, cari açık, işsizlik gibi pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir.

Konuya enerji fiyatları açısından bakıldığında Türkiye, dünya sıralamasında Avrupa Birliği’nde (AB) ilk sıralarda yer alan ülkeler arasındadır. Sanayi alanında kullanılan enerji çok ciddi maliyetlere ulaşmakta ve ülkeler arasında rekabet etme fırsatı neredeyse yok olmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık azaldığı taktirde maliyetler azalacak ve milli gelir seviyesinde bir artış söz konusu olacaktır.

Gelişmekte olan bir ülke olarak değerlendirilen Türkiye, hem nüfus hem de ticari potansiyel açısından gün geçtikçe büyümektedir. Elde edilecek olan yeni ve temiz enerji kaynakları sayesinde sanayiye yönelik büyük bir artı değer oluşturulacak ve Türkiye’de sanayileşme ve büyüme süreci hızlanacaktır. Farklı bir açıdan değerlendirildiğinde gelecek nesillere sağlıklı bir dünya bırakmak için sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği de söylenmelidir.

Kaynakça

Bayrak, M., Esen, Ö., (2014). “Türkiye’nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar”, Atatürk Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(3), 139-158.

Çakır, M. T., (2010). “Türkiye’nin Rüzgar Enerji Potansiyeli ve AB Ülkeleri İçindeki Yeri”, *Politeknik Dergisi*, 3(4), 287-293.

Çokan, M. (2004). “(Dalga Enerjisi) Dalga Elektrik Santralleri”, *V.Ulusal Temiz Enerji Semp.*, 26-28.

Dündar, Cihan. (2010). Rüzgar Enerjisi, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü http://www.mgm.gov.tr/FILES/haberler/2010/rets-eminer/5_Cihan_DUNDAR_RETTS.pdf Erişim Tarihi: 09.07.2015.

DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü), “2015 Yılı Faaliyet Raporu” <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2015-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2> Erişim Tarihi: 28.05.2016

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, (2010). Rüzgar Enerjisi Tahmin Sistemi, <http://www.mgm.gov.tr/files/tahmin/rets-kitapcik.pdf> Erişim Tarihi: 20.05.2016.

Erdoğan, E., (2009). On The Wind Energy in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (13), 1361-1371

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/genel_istatistikler.aspx Erişim Tarihi: 28.05.2016.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “2015 Yılı Faaliyet Raporu”, Strateji Geliştirme Başkanlığı, <http://enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FFaaliyet+Raporu%2F2015+Y%C4%B1%2FC4%B1+Faaliyet+Raporu.pdf> Erişim Tarihi: 15.05.2016.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014. Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, http://www.eie.gov.tr/duyurular_haberler/document/Turkiye_Ulusal_Yenilenebilir_Enerji_Eylem_Planı.PDF Erişim Tarihi: 15.05.2016.

Gençoğlu, M. T., “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi”, Fırat Üniversitesi.

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

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D., Avcı, E.D., (2005). “Türkiye’nin Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması”, Mersin Üniversitesi.

Külekçi, Ö.C., (2009). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi, *Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2), 83-91.

MTA, (2015). Jeotermal Enerji Potansiyeli, http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/images/2015_ilk_yariyil_faaliyet_raporu.pdf Erişim Tarihi: 28.05.2016

MTA (Maden Teknik Arama) 2015 İlk yarıyılı faaliyet raporu http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/images/2015_ilk_yariyil_faaliyet_raporu.pdf Erişim Tarihi: 27.05.2016

Önal, E., Yarbay, R.Z., (2010). “Türkiye’ nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve

Geleceği”, İstanbul Ticaret Üniversitesi *Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (18), 77-96.

Pamir A., N., (2003). Dünya’da ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’ nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_73100.pdf Erişim Tarihi: 24.05.2016.

Sağlam, M., Uyar, T.S. (2005). “Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli”, *Yeksem, III.Yenilenebilir Enerji Kaynak-ları Semp.*, 275-279.

Topal, M., Arslan, E.I., (2008). “Biyokütle Enerjisi ve Türkiye”, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, UTES, 17-19 Aralık 2008, İstanbul.

Varınca, K.B., Gönüllü, M.T. (2006). “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”, *UGHEK, 1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerji Kongresi*, Eskişehir.

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