



Türkiye, Avrupa ve dünyada rüzgâr enerjisi kullanımı, potansiyeli ve 2013 sonrası hedefler

Hacı SOĞUKPINAR¹ * ve İsmail BOZKURT²

¹ Adıyaman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Adıyaman /Türkiye

² Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman /Türkiye

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye rüzgâr potansiyeli ve 2013 yılına kadar kurulan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç miktarının yıllara göre analizi ve Avrupa ve Dünya geneli rüzgâr enerjisi kurulu güç potansiyelinin veri analizinden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde Türkiye’deki rüzgâr potansiyeli, kurulu olan rüzgâr enerji santrallerinin bölgelere ve illere göre dağılımı ve toplamda kurulu gücün yıllara göre değişimi incelenmiştir. İkinci bölümde Avrupa ülkelerindeki kurulu güç potansiyelinin ülkelere göre dağılımı Türkiye ile kıyaslanarak verilmiştir. Son bölümde küresel rüzgâr enerjisi kullanım potansiyeli kıtalar ve belli başlı ülkelere göre analiz edilerek Türkiye ile karşılaştırma yapılmıştır. En son olarak dünya genelindeki toplam enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı, rüzgâr enerjisi kullanımı ile kıyaslanarak incelenmiştir. 2013 verilerine göre dünya geneli toplam enerji tüketiminin % 1’lik kısmı rüzgârdan karşılanmakta olup birinci sırada % 87’lik dilimle fosil yakıtlar bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan veriler referanslarda belirtilen kaynaklardan alınarak istatistiksel analiz yapıp yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar enerjisi; RES; rüzgar türbini; yenilenebilir enerji kaynakları

Wind energy utilization, potential and targets after 2013 in Turkey, Europe and the world

ABSTRACT

In this study, wind potential, current wind power plants capacity of Turkey, and amount of wind power capacity in Europe and also the worldwide were analyzed with respect to years until 2013. In the first part of the study, wind potential in Turkey, installation of wind power plants with distribution by regions and provinces and total installed capacity were analyzed according to the years. In the second part, installed wind energy capacity distribution in Europe with respect to countries was given and results are compared with Turkey. In the last part, the global wind potential usage was analyzed by country, continent and with major countries and comparison was made with Turkey. Finally, overall worldwide energy consumption distribution was examined by comparison with the use of wind energy. The total global energy consumption was met 1% by wind, and 87% fossil fuels in 2013. The data used in this study were taken from cited sources and according to this data statistical analysis were performed and interpreted.

Keywords: Wind energy; wind power plant; wind turbines; renewable energy sources

1. Giriş

Rüzgâr enerjisi binlerce yıldır insanoğlu tarafından insanlığın hayatını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. İnsanlık rüzgârı ilk defa gemilerin yelkenler yardımı ile denizlerde ve nehirlerde

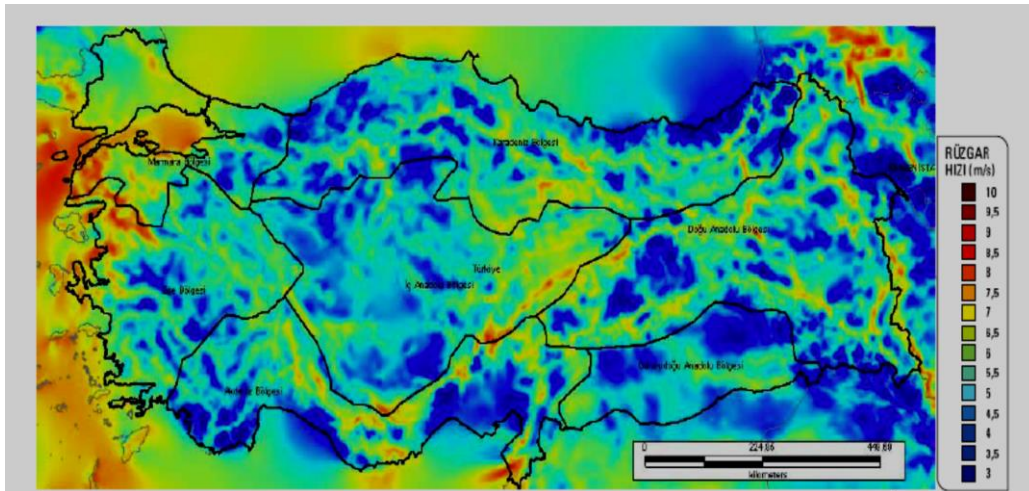
* Sorumlu yazar : hsogukpinar@adiyaman.edu.tr (H Soğukpınar)
e-posta : ibozkurt@adiyaman.edu.tr (İ Bozkurt)

taşınmasında, tahılların öğütülmesinde ve suyun yükseklerle çıkarılmasında kullanmıştır. Amerika ve Avustralya kıtaları rüzgâr enerjisi ile çalışan gemilerle keşfedilmiş, rüzgâr insanlığın dünyayı keşfetmesine vesile olmuştur. Dönemin deniz savaşları yelkenli gemilerle yapılmış ve yelkenli gemiler tarihte pek çok kanlı deniz savaşlarına tanıklık etmiştir.

İlk defa rüzgâr değirmenlerinin hangi tarihte kullanılmaya başlandığı tam olarak bilinmese de rüzgâr değirmenlerinin tarihinin 3000 yıl öncelerine kadar dayandığı düşünülmekte ve ilk defa Mısır'da kullanıldığı sanılmaktadır. Daha sonra rüzgâr değirmenleri Avrupa'da kullanılmaya başlanmış ve yakın tarihe kadar binlercesi Avrupa ve Amerika'da tahılları öğütmede kullanılmıştır. İnsanoğlu sanayi devrimine kadar rüzgâr değirmenleri ile tahılları öğütmüş, o günün rüzgâr türbinlerini tasarlamıştır. Sanayi devriminden önce insanların geçimi tarıma dayandığı için suyun yükseklerle pompalanmasında rüzgâr gücünden binlerce yıl faydalanılmıştır. 19. Yüzyılda insanlık bir adım daha ileri giderek rüzgârdan ilk defa elektrik üretmeyi başarmıştır. 20. yüzyılda dönemin gelişmiş ülkeleri şehirlerde kurmuş oldukları ağlarla elektriği insanların evlerine taşımış ancak kırsalda yaşayan insanlar için rüzgâr enerjisi bir çözüm olagelmştir. O dönemde Avrupa ve Amerika'da kırsal bölgeler için rüzgâr enerjisi ile elektrik sağlanmaya çalışılmıştır. Rüzgârdan sistematik olarak elektrik üretmeyi başaran ilk ülke Danimarka olmuştur. 1973 enerji krizine kadar rüzgâr türbini üzerine deneysel çalışmalar olmuş ancak kapsamlı güç üretimine geçiş olmamıştır. Enerji krizinin patlak vermesi ile petrol normal fiyatının kat kat üzerine çıkınca rüzgâr enerjisine devlet politikaları olarak yönelim başlamıştır. 1990 yılına kadar küresel kurulu güç 1000 MW civarında gerçekleşmiş ancak bu alandaki teknolojinin gelişmesi ile 1990'dan sonra her üç yılda kurulu güç iki katına çıkarak 2006 yılında 60.000 MW'a yükselmiştir. Türkiye'de rüzgâr enerjisine yönelim 2006'dan sonra başlamış ve 2013 yılına kadar hızlı bir yükseliş göstermiş ve ülkedeki rüzgâr potansiyeli düşünüldüğünde bundan sonra da hızlı artışını devam ettirme eğilimindedir. Türkiye'de kurulu rüzgâr güç santrali 2013'te 3000 MW'a yaklaşırken küresel kurulu güç 320 GW'a dayanmıştır. Küresel enerji ihtiyacı ve maliyetler düşünüldüğünde bu artışın kat kat artarak devam etmesi beklenmektedir

2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kullanımı ve Rüzgâr Haritası

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağlık yapısı, farklı iklimleri bir arada barındırması ülkeyi rüzgâr bakımından zengin kılmaktadır. Şekil 1'de Türkiye rüzgâr atlası verilmiştir. Türkiye rüzgâr atlası hazırlanırken homojen dağılım gösteren 45 adet meteoroloji istasyonundan alınan yaklaşık on yıllık saatlik ölçülmüş rüzgâr verileri kullanılmıştır. Rüzgâr ölçümleri, istasyonların birçoğunda yer düzeyinden 10 m yükseklikte yapılmıştır. Farklı yükseklikte ölçüm yapan meteoroloji istasyonları için gözlenen değerler 10 m yüksekliğe uyarlanmıştır. Ham rüzgâr verilerinin istatistiksel analizleri yapılarak Türkiye için rüzgâr atlası çıkarılmıştır [1].



Şekil 1. Türkiye Rüzgâr Haritası [1]

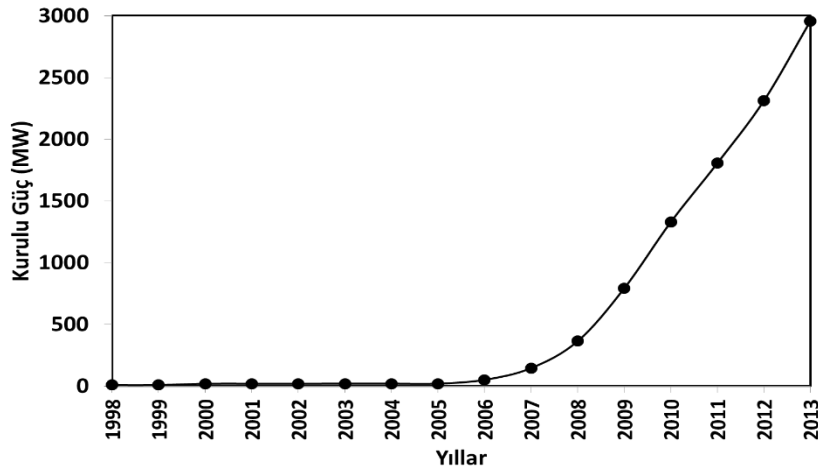
Şekil 1 incelendiğinde Marmara, Ege, Karadeniz ve Akdeniz kıyılarında enerji elde edilebilir rüzgâr akımları olduğu görülmektedir. İç bölgelerde ise dağlık yapılardan kaynaklanan rüzgâr akımları oluşmakta olup kullanılabilir enerjiye dönüşme potansiyeli mevcuttur. Meteorolojik veriler ayrıntılı olarak ele alındığında elektrik üretiminde kullanılabilir özellikteki rüzgâr potansiyeli sayısal verileri elde edilebilmektedir. Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’e göre Türkiye geneli rüzgâr enerjisi potansiyeli 47.849 MW olarak hesaplanmış olup bunun 10.013 MW’lık bölümü sığ deniz üstü alanlarda, kalan 37.836 MW’lık bölüm ise karasal alanlarda bulunmaktadır [1].

Türkiye’de rüzgâr enerjisi alanında ciddi yatırımlar 2006 yılından itibaren yapılmaya başlanmış olup 2013 yılı itibari ile üretim kapasitesi 3000 MW’a yaklaşmıştır ve yatırımlar hızla devam etmektedir. İşletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından 2013 yılına kadar olan değişimi Şekil 2’de verilmiştir [2].

Çizelge 1. Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli

Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunluğu W/m ²	Toplam Kurulabilecek Güç Miktarı (MW)
7.0-7.5	400-500	29.259,36
7.5-8.0	500-600	12.994,32
8.0-9.0	600-800	5.399,92
>9.0	>800	195,84
Toplam		47.849,00
	Karasal Alanlar (MW)	37.836
	Deniz Üstü Alanlar (MW)	10.013

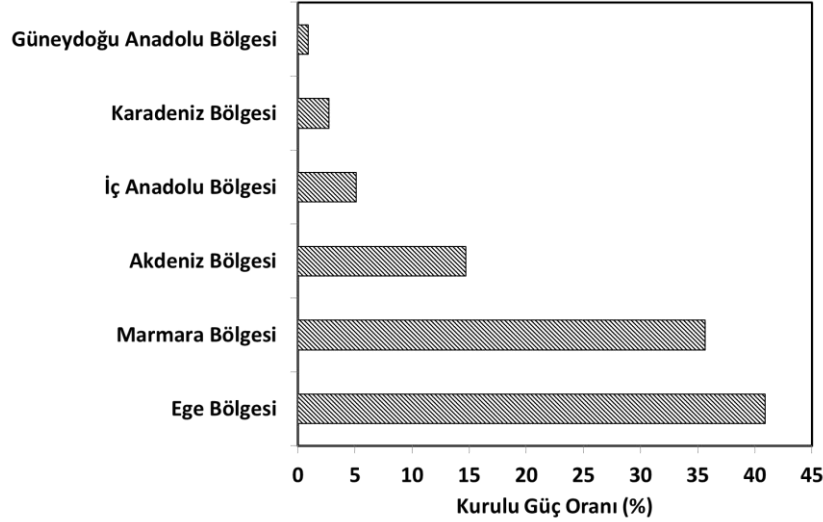
Şekil 2’de görüldüğü gibi 2005 yılına kadar bu alanda fazla bir değişimin olmadığı ancak 2006 yılından itibaren hızlı bir artış olduğu gözlenmektedir. 2006 yılı sonrası rüzgâr enerji santralleri kurulu gücündeki hızlı artış verilen devlet desteğinin olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. 2006 yılı sonrası 2009 yılına kadar kurulu güçteki artışlar her yıl bir önceki yıla göre % 100’ün üzerinde gerçekleşmiştir. Bununla birlikte bu hızlı artış giderek azalarak 2013 yılında bir önceki yıla göre % 27.94 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Türkiye rüzgâr enerji santralleri kümülatif kurulu güç dağılımı

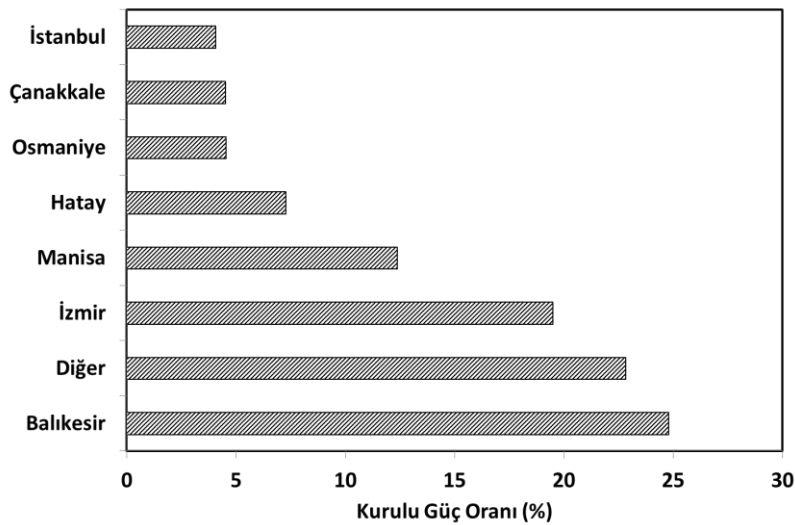
Şekil 3’de rüzgâr enerji santrallerinin bölgelere göre kurulu güç oranı görülmektedir. Şekil 3’de görüldüğü gibi işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından dağılımı en fazla % 40.90 ile Ege Bölgesindedir. Diğer bölgelerin kurulu güç oranları ise sırasıyla % 35.66 Marmara

Bölgesi, % 14.70 Akdeniz Bölgesi, % 5.10 İç Anadolu Bölgesi, % 2.70 Karadeniz Bölgesi ve son olarak % 0.93 Güney Doğu Anadolu Bölgesidir. Buradan Doğu Anadolu Bölgesinde kurulu güç bulunmadığı anlaşılmaktadır. Türkiye'nin rüzgâr haritası incelendiğinde en çok rüzgârlı alanların Ege ve Marmara Bölgesinde olduğu daha sonra ise Akdeniz ve Karadeniz kıyı şeridinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle öncelikle bu bölgelere yatırım yapılmıştır. İleriki yıllarda rüzgâr güç santrallerine olan yatırımların hız kazanacağı düşünülmektedir.



Şekil 3. Rüzgâr enerji santrallerinin bölgelere göre kurulu güç oranı

Şekil 4'de rüzgâr enerji santrallerinin illere göre kurulu güç oranı görülmektedir. Şekil 4'de görüldüğü gibi en yüksek kurulu güç potansiyeline sahip ilimiz % 24.80 ile Balıkesir'dir. Bununla birlikte diğer illerimiz sırasıyla % 19.50 İzmir, % 12.38 Manisa, % 7.30 Hatay, % 4.56 Osmaniye, % 4.52 Çanakkale, % 4.09 İstanbul ve % 22.85 diğer illerdir. Buradan ülkemizde bulunan rüzgâr enerjisi kurulu gücünün neredeyse % 77'lik kısmının 7 ilimizde olduğu anlaşılmaktadır. Devlet desteğinin bölgelere ve illere göre farklılık göstermemesine rağmen rüzgâr enerjisi güç santrallerinin bazı illerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun sebebi rüzgâr hızının bu illerimizde fazla olması ve buna bağlı olarak yatırımın geri kazanım süresinin daha kısa sürede gerçekleşebilmesidir.

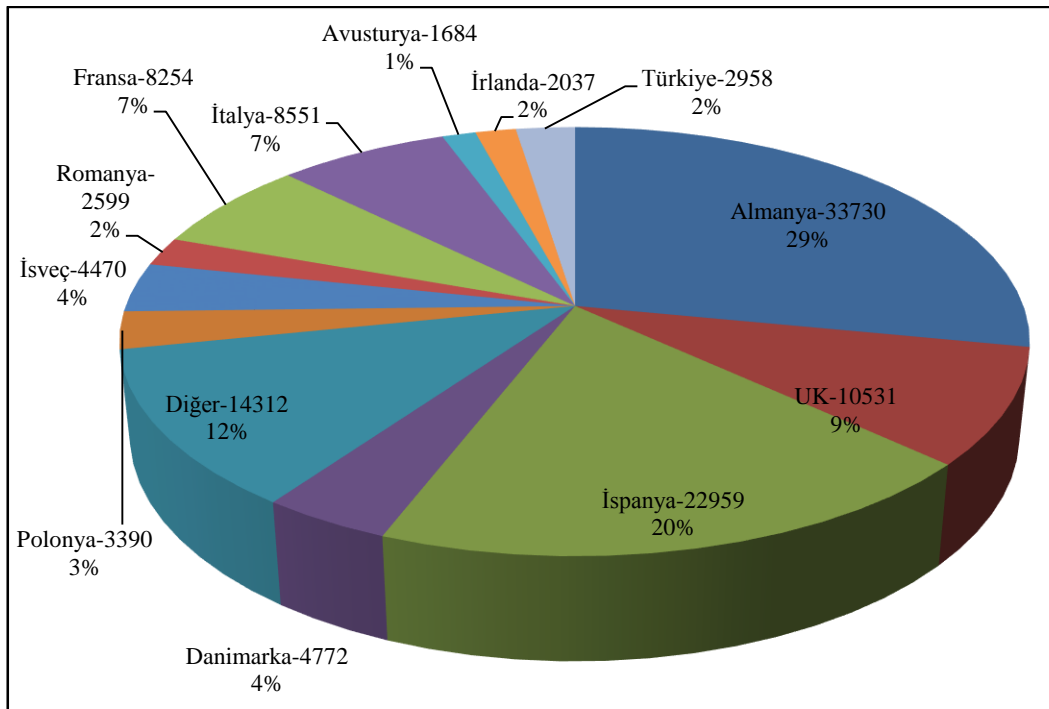


Şekil 4. Rüzgâr enerji santrallerinin illere göre kurulu güç oranı

2013 yılı itibari ile kurulumu devam eden rüzgâr santrali güç kapasitesi 980 MW olup kurulum tamamlandığında toplam üretim kapasitesi 3638 MW olacaktır. 2013 sonu itibari ile bu alanda alınan toplam üretim lisansı 5775 MW'tır. 21 Mayıs 2009 tarihli Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesinde, rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2023 yılına kadar 20.000 MW'a çıkarılmasının hedeflendiği belirtilmektedir [2]. Ancak ülkenin toplam potansiyelinin 48.000 MW olduğunu düşünürsek bu alanda daha işin başında olduğumuzu görebiliriz.

3. Avrupa'da Rüzgâr Enerjisi Kullanımı ve Hedefler

1973 küresel enerji krizinin patlak vermesi ile Avrupa ülkelerinden Danimarka, Almanya ve İsveç öncülüğünde rüzgâr enerjisi alanında çalışmalar tekrar başlamıştır. 1974'te Danimarka ihtiyaç duyduğu elektriğin % 10'luk dilimini rüzgârdan üretebileceğini öngörerek ilk planda 1954'te inşa edilen 1967'de faaliyeti durdurulan 200 kW'lık rüzgâr türbinini tekrar faaliyete geçirmeye karar vermiştir. Bu süreçte Danimarka iki adet deneysel amaçlı rüzgâr türbinini faaliyete geçirmiştir. 1990 yılı itibari ile Danimarka genelinde 55-200 kW aralığında 2500 adet rüzgâr türbini faaliyete geçmiş olup toplam kurulu güç kapasitesi 200 MW'tır. 1990 yılı itibari ile Danimarka'nın sahip olduğu 200 MW'lık kurulu güç kapasitesi rüzgâr türbini endüstrisinin temel taşlarını oluşturmuştur. 1975 sonrası İsveç hükümeti iki adet 2 ve 3 MW güçte deneysel amaçlı türbin inşa etmiş ve bu alandaki çalışmalarını hızlandırmıştır [3]. 1990 yılına kadar Avrupa genelinde kümülâtif kurulu rüzgâr güç kapasitesi 439 MW olarak gerçekleşmiştir. 1997 yılından sonra Avrupa geneli kurulu güç kapasitesi hızlı bir artış göstermiştir. 2007 yılı sonu itibari ile kurulu güç kapasitesi yaklaşık 5700 MW'a ulaşmış ve 2013 yılı itibari ile 28 Avrupa ülkesindeki toplam kurulu güç kapasitesi 117.300 MW seviyesine çıkmıştır. Toplam kurulu gücün 6600 MW'ı denizler üzerine kurulan türbinlere aittir. Toplam kurulu güç kapasitesi bakımından Almanya birinci sırada yer alırken bu ülkeyi sırası ile İspanya, Birleşik Krallık ve İtalya takip etmektedir. Kurulu güç bakımından % 38'lik dilim Almanya ve Birleşik Krallıkta bulunmaktadır [4]. Şekil 5'de 28 Avrupa ülkesi için kurulu güç bakımından rüzgâr enerjisinin dağılımı verilmiştir.



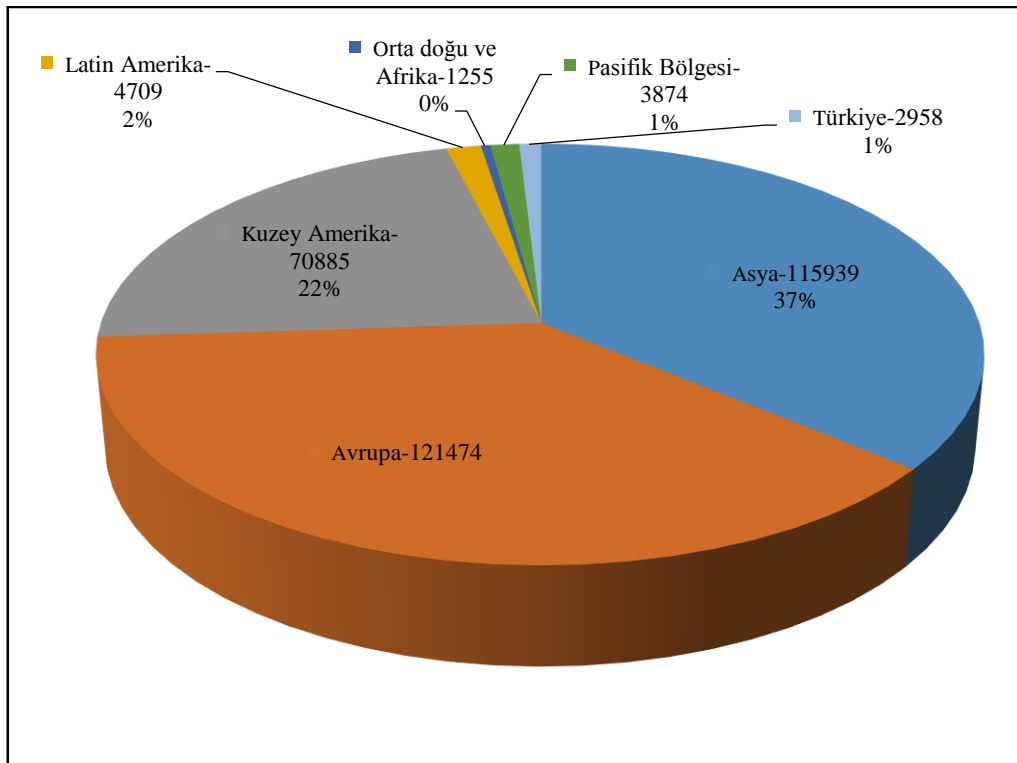
Şekil 5. Avrupa ülkeleri için kurulu güç bakımından rüzgâr enerjisinin dağılımı

Şekil 5’de görüldüğü gibi Türkiye, kurulu güç bakımından 14 Avrupa ülkesini geride bırakarak ilk 10 ülke arasında yer almaktadır. Avrupa Birliğine üye ülkelerin toplam elektrik tüketimi 2013 yılı itibari ile 3280 TWh iken bunun rüzgârdan karşılanma oranı 258 TWh (% 7.8) olarak gerçekleşmiştir. Avrupa birliği ülkeleri 2020 hedeflerinde rüzgâr gücü santrali kurulu güç miktarını 180 GW’a çıkarmayı hedeflemektedir. Bu hedefler gerçekleştiğinde Avrupa elektriğinin % 12.1’i rüzgârdan karşılanacaktır. Eğer hedefler gerçekleşirse 85 milyon konut ve 195 milyon nüfusun elektriği rüzgâr enerjisinden karşılanmış olacaktır.

4. Küresel Rüzgâr Enerjisi Kullanımı

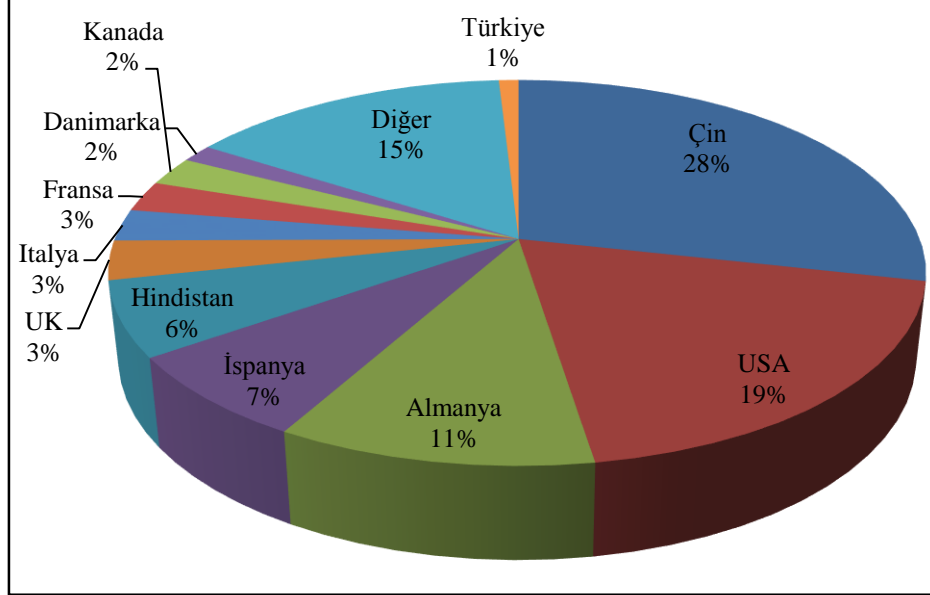
Dünya genelinde rüzgâr enerjisinden en çok faydalanan ülke Çin olup Asya’da Çin’i Hindistan ve az da olsa Japonya takip etmektedir, diğer ülkelerde bu alanda fazla kurulu güç bulunmamaktadır. Avrupa hem teknoloji hem de kurulu güç bakımından dünyada başı çekmektedir. Rüzgâr türbini üretiminde dünyada en önde bulunan ülkeler Avrupa ülkeleridir ve hemen hemen hepsi rüzgâr enerjisinden faydalanmaktadır. Amerika kıtasında rüzgâr enerjisinden faydalanan ülkeler Amerika Birleşik Devletlerinin dışında Kanada ve Brezilya sayılabilir. Bu üç ülkenin dışında kurulu güç kapasitesi oldukça düşüktür. Afrika’da rüzgâr kapasitesinin düşük olmasından dolayı bu alanda kurulu güç fazla bulunmamaktadır. Avustralya kıtasında ise toplam kurulu güç miktarı Türkiye’dekinden biraz fazladır.

Küresel, rüzgâr enerjisi kurulu güç potansiyeli Şekil 6’da verilmiştir ve şekil incelendiğinde Avrupa Kıtasının 2013 itibari ile 121 GW’la birinci sırada olduğu görülmektedir. İkinci sırayı 115 GW’la Çin ve Hindistan’ın başı çektiği Asya Kıtası yer almaktadır. Daha sonra Amerika’nın öncülüğünde 71 GW ile Kuzey Amerika Kıtası yer alır [5]. Türkiye 2013 itibari ile dünya genelindeki bütün rüzgâr enerjisinin % 1’ni üretebilir duruma gelmiştir. Ülkenin toplam kapasitesini hesaba katarsak Türkiye gelecekte daha büyük paylara sahip olabilir.



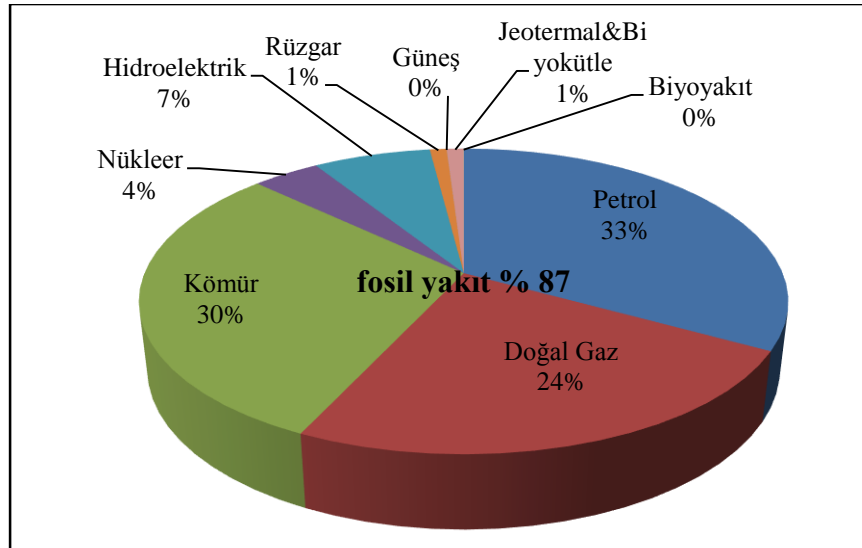
Şekil 6. Küresel rüzgâr enerjisi kurulu güç potansiyeli

Kurulu güç bakımından önde gelen 10 ülke ve Türkiye'nin kurulu güç potansiyeli Şekil 7'de verilmiştir. Ülke bazında ayrıntılı inceleme yapılırsa Çin 91.424 MW kurulu güçle, Asya kıtasında % 78'lik dilimi, küresel olarak % 28'lik dilimi oluşturmaktadır. USA 61.091 MW kurulu güçle, Kuzey Amerika'da % 86'lık dilimi dünyada ise % 19'luk dilimi oluşturmaktadır. Türkiye bu alanda yapacağı atılımlarla kısa sürede ilk on ülke arasına girebilir.



Şekil 7. Kurulu Güç Bakımından Küresel Önde Gelen 10 Ülke ve Türkiye'nin Kurulu Güç Potansiyeli

Şekil 8'de 2013 yılı küresel enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı verilmiştir. Küresel ısınma tehditlerine rağmen hala tüketilen toplam enerjinin % 87'si fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. 2013 yılı itibari ile küresel kurulu rüzgâr gücü 318 GW seviyesine ulaşmıştır [6]. Küresel enerji tüketiminin 2013 yılında sadece % 1'lik kısmının rüzgârdan karşılandığını düşünürsek küresel bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam tüketimin çok az bir kısmını oluşturduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 8. 2013 Yılı Küresel Enerji Tüketiminin Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı

2013 yılında küresel enerji tüketiminin % 87'si fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Dünya petrol rezervlerinin 40 yıl, doğal gaz rezervinin 60 yıl, kömür rezervlerinin de yaklaşık 240 yıl sonra bitecek olması, fosil yakıtların küresel ısınmaya bağlı etkilerini artık günlük hayatta gösteriyor olması, küresel enerji fiyatlarının oldukça yüksek olması yenilenebilir enerji kaynaklarını alternatifsiz hale getirmiştir. Rüzgâr türbinleri sera gazı salınımı yapmaz, çevre dostudur. 1 kWh elektrik kömürden değil de rüzgârdan üretilirse yaklaşık 800 g CO₂ ve diğer zehirli gazlar atmosfere salınmamış olur. 2006 verilerine göre Türkiye'deki CO₂ salınımı 280 Mton olarak gerçekleşmiştir. Ülkenin enerji tüketiminin yaklaşık 1,5 katına çıktığını düşünürsek CO₂ salınımı da 300 Mtonu çoktan geçmiştir. 2006 verilerine göre küresel CO₂ salınımının 28 Gton olduğunu düşünürsek yenilenebilir enerjinin ne kadar önemli olduğunu anlayabiliriz [7].

5. Sonuçlar

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Teknolojik ilerlemeler sonucunda günümüzde rüzgâr türbinlerinin üretimi ve kurulumu hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Rüzgâr türbinleri kurulum yapıldıktan sonra hammadde gerektirmeyen ve artık üretmeyerek yaklaşık 20-30 yıl arasında elektrik üretebilme kapasitesine sahiptir. Ülkemizde rüzgâr enerjisi güç santrallerinin işletme sürecinde 10 yıl devlet alım garantisi bulunmaktadır. Devlet teşviği rüzgâr santrallerinin kurulumunda büyük ivme kazandırmıştır, ancak kurulan güç santrallerinde kullanılan bileşenlerin neredeyse tamamına yakını yabancı ülkelerden temin edilmektedir. Dışarıdan teknoloji transferi ile yapılan bu kurulumlar ülkenin dış ticaret açığını azaltma yönünde bir katkı sağlamamaktadır. Rüzgâr türbinlerinin üretimi ve güç santrallerinin kurulumunda yüzde yüz yerli üretime en kısa sürede geçilmesi için gereken adımların çok hızlı bir şekilde atılması büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- [1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 06.05.2014)
- [2] Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu. TUREB, 2014.
- [3] Hau E. Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics, ISBN 978-3-642-27150-2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2013.
- [4] EWEA. Wind In Power 2013 European statistics; February 2014.
- [5] GWEC. Global Wind Energy Council, Global Wind Statistics, 1040 Brussels, Belgium; 2013.
- [6] BP Statistical Review of World Energy; June 2014.
- [7] Kumbaroğlu G. ve Arıkan Y. Türkiye'nin CO₂ Salınımları, ISBN 978-605-5659-05-9; Ağustos 2009.