

Türkiye'nin Enerji İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgar Türbin Sistemlerinin Yeri ve Rüzgar Potansiyelinin İncelenmesi

Taner Çarkıt¹ and Mustafa Alçı²

¹ASPİLSAN, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Kayseri

ÖZET

Enerjinin üretim ve tüketimi, ülkelerin gelişmişlik düzeyini ölçmede kullanılan uluslararası en geçerli göstergelerden biri olarak görülmektedir. Sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamada, mevcut kaynakların rezervi ne kadar çok olsa da, bu kaynakların Dünya'da mevcut bulunan miktarı ile sınırlı olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Günümüzde, bu kaynaklardan üretilen enerji miktarının, yaşadığımız bilgi ve uzay çağının ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalması sonucunda alternatif enerji kaynaklarını bulma ve geliştirme çalışmaları hız kazanmaktadır. Bu çalışmada, alternatif enerji kaynağı arayışı sonucunda önemi gün geçtikçe artan rüzgar enerjisi ve elektrik enerjisi üretmede kullanılan türbin sistemleri incelenirken, ülkemizin mevcut rüzgar enerjisi potansiyeli verilerle desteklenerek analiz edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar enerjisi, rüzgar türbini, yenilenebilir enerji

ABSTRACT

The production and consumption of energy is seen as one of the most international indicators used to measure the level of development of countries. In meeting the ever-increasing need for energy, the reserves of available resources are inevitable, though these resources are limited to what is available on Earth. Today, as the amount of energy generated from these sources is inadequate to meet the needs of information and space age we live, efforts to find and develop alternative energy sources are accelerating. In this study, in a result of the search for alternative energy sources, day by day importance of things that wind power is increasing and the turbine systems used to generate electric energy is investigated.

Keywords: Wind energy, wind turbine, renewable energy

I. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Klasik/geleneksel yöntemlerle yapılan fosil yakıt kaynaklı enerji üretimi ve tüketimi, bazen doğada onarılması imkansız ve geniş ölçekli zararlara yol açmaktadır [1]. Endüstriyel faaliyetler sonucunda her yıl atmosfere yaklaşık 20 milyar ton karbondioksit, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal bileşikler salınmaktadır. Türkiye'de elektrik enerjisinin %70'i çevre kirliliği yaratan ve küresel ısınmaya yol açan fosil yakıtlardan (%31-doğal gaz; %29-linyit, %10 petrol türevleri, taş kömürü, vb.) elde edilmektedir [2]. Dünyadaki habitatın korunması, iklim değişikliğinin sebep olduğu zararlı etkilerin giderilmesi, enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan çevre tahribatının azaltılması gibi konular tüm insanlığı ilgilendirmekte ve bütün bireylere sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelerin yapılması, enerji üretim teknolojilerinde ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin öncelikle dikkate alınması, enerji kullanımında verimliliğe azami özenin gösterilmesi gibi hususlar giderek öncelik ve ağırlık kazanmaktadır. Bundan dolayı, büyük ölçekte çevre kirliliğine ve iklim değişikliğine sebep olan klasik fosil yakıt kaynaklı enerji üretim sistemleri ve alışlagelmiş üretim

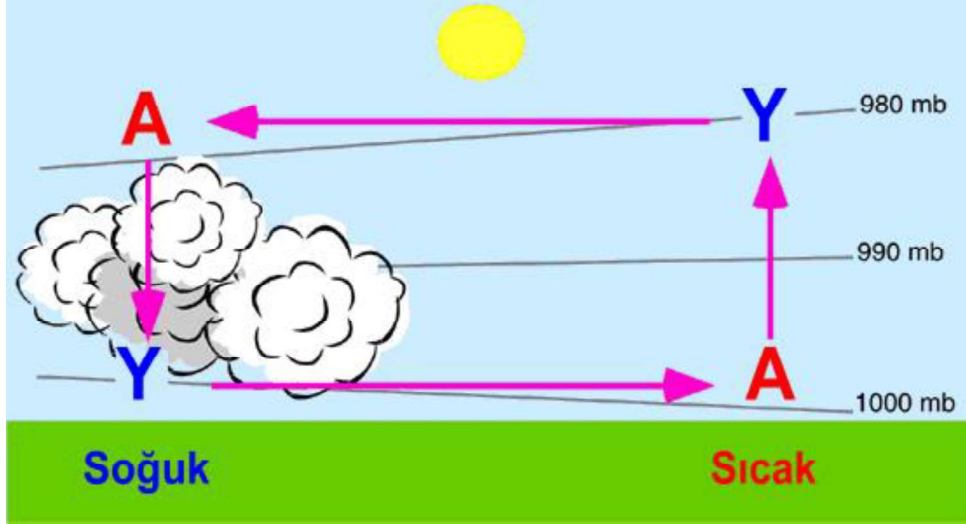
teknolojileri yerine, çevreye olumsuz etkileri daha az olan, sürdürülebilirlik ve yenilenebilir özelliklere sahip enerji kaynaklarını bulmak, yeni teknolojiler geliştirmek zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etmek ve bu enerjiyi depolamak enerji açığını kapatabilmek için en etkin çözüm olarak görülmektedir. 20'inci yüzyılın ekonomik ve endüstriyel gelişimi, elektrik enerjisinin büyük güçlerde üretilmesini, uzak mesafelere iletilmesini ve dağıtılmasını yeni teknolojik gelişmelerle mümkün kılmıştır [3]. Ancak, fosil kaynakların sınırlı olması, yerine yenisi konulamayacak bir enerji kaynağı olması, bu kaynakların üretim ve tüketim yöntemlerinden kaynaklanan çevre kirliliğine sahip olması gibi negatif etkileri, yenilenebilir, sınırsız, çevreye uyumlu kaynak ve teknolojilerin araştırılmasını, geliştirilmesini gerekli ve zorunlu hale getirmiştir. Rüzgar enerjisi ve güneş enerjisinin de dahil olduğu yenilenebilir enerji kaynakları bu nedenle önem kazanmaktadır [4]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim merkezlerine uzak olması, üretimin kararlı olmaması, iklim şartlarından etkilenmesi, bununla birlikte hava tahminlerinin yeteri kadar doğru yapılamaması gibi nedenler, enerji depolama sistemlerinin önemini giderek artırmaktadır [5]. Yenilenebilir enerji depolama sistemleri, üretimin fazla olduğu durumlarda depolama yaparken, üretimin yeterli olmadığı durumlarda ise sistemi desteklemektedir [6].

II. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup, yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğunda olduğu gibi kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin %1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Güneş, yer yüzeyini ve atmosferi homojen olarak ısıtmadığı için sıcaklık ve basınç farkları meydana gelmektedir ve bu farklar sonucunda hava akımı oluşmaktadır. Şekil-1'de görüldüğü üzere, birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımı sonucunda rüzgar oluşmaktadır. Rüzgarlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken; dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgar önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenmektedir. Rüzgar hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilmektedir. Rüzgar hızı yükseklikle artarken, teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişmektedir. Rüzgar enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajlarının yanında üstünlükleri genel olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir.

- Atmosferde bol ve ücretsiz olması,
- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olması,
- Çevre dostu olması,
- Asit yağmurlarına sebebiyet veren atmosferik emisyonlar üretmemesi,
- Rüzgar türbinlerinin ömürlerini tamamlamasından sonra türbinlerin kullanıldığı alanların eski haline kolayca getirilebilmesi,
- Kaynağının güvenilir olması,

- Tükenme ve zamanla fiyatının artma riskinin olmaması,
- İstihdam yaratması,
- Hammaddesinin tamamen yerli olması, dışa bağımlılık yaratmaması,
- Teknolojisinin tesis edilmesi ve işletilmesinin göreceli olarak basit olması,
- İşletmeye alınmasının kısa bir süre içerisinde gerçekleştirilebilmesi.



Şekil 1. Rüzgar oluşumu

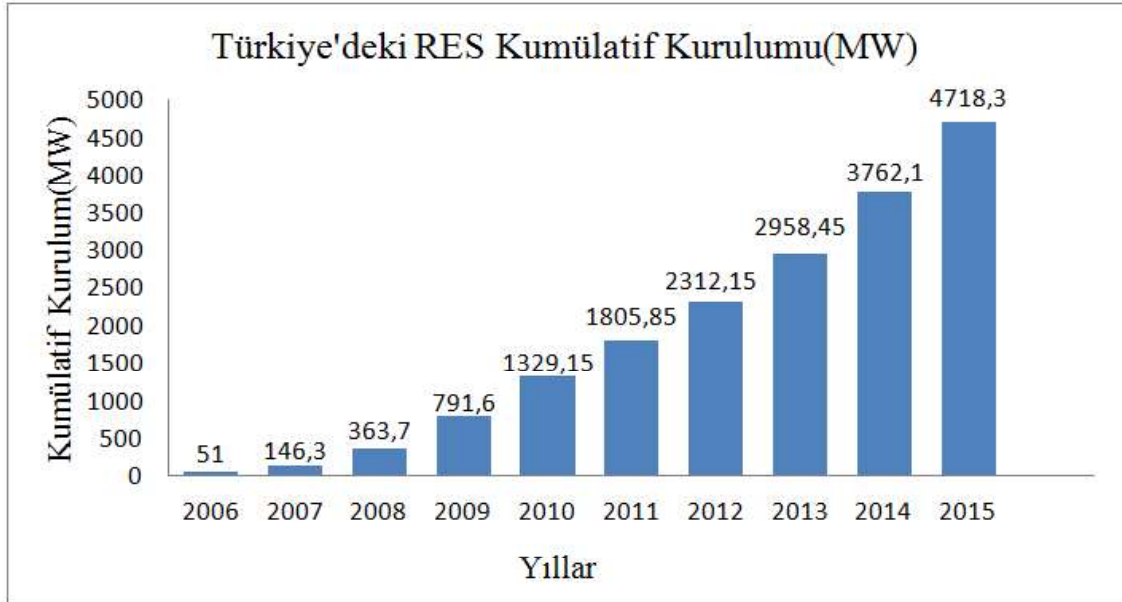
III. RÜZGAR ENERJİSİNİN DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE TARİHSEL GELİŞİMİ

Rüzgar enerjisi ilk olarak yelkenli gemilerin güç kaynağı ve hız kaynağı olarak kendini göstermiştir. Rüzgar enerjisinin ilk uygulamaları M.Ö. 2800'lü yıllara kadar dayanmaktadır. Rüzgar enerjisi ilk olarak, M.Ö. 17.yy da Babil Kralı Hamburabi döneminde Ortadoğu'da (Mezopotamya'da) sulama alanında kullanılmıştır. M.S.7. yüzyıl (601-700) ortalarına doğru Persler, dikey eksenli rüzgar/yel değirmenlerini sıkça kullanmışlardır. Türkler ve İranlılar ilk rüzgar değirmenlerini M.S.7. yüzyılda (601-700) kullanmalarına karşın, Avrupalılar yel/rüzgar değirmenleriyle ilk olarak Haçlı Seferleri esnasında tanışmışlardır. Avrupa'da yel değirmenlerinin kullanımı 12.yüzyılda İngiltere ve Fransa'da başlamıştır. Bedava güç ve enerji kaynağını (Rüzgar enerjisini) kullanan Avrupalılar, bu sistemi gittikçe geliştirmiş ve yaygınlaştırmıştır. Sonuçta, 18.yüzyılın sonuna gelindiğinde sadece Hollanda'da bile 10000 adet yel/rüzgar değirmeni yer almıştır. 19'uncu yüzyıla doğru yaklaşıldığında rüzgar enerjisinin kullanım alanı genişleyerek, su pompalarında kullanımı yaygınlaşmıştır. 19.yüzyılda Sanayi Devrimi'nde buhar makinesinin icadı ile odun ve kömür gibi fosil kaynaklı yakıtlardan kesintisiz enerji üretimine geçilmesi sonucunda rüzgar enerjisi önem kaybetmeye başlamıştır. Rüzgar enerjisi 19. yüzyılda önem kaybetmesine rağmen bu alan üzerine yapılan çalışmalar devamlılığını korumuştur. Bu gelişmeler doğrultusunda ilk olarak 1890'ların başlarında Danimarka'da elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbini icat edilmiştir. Çapı yaklaşık olarak 23 metre olan bu ilk rüzgar türbini ile elektrik üretilmiştir. 1980'li yıllarda Uluslararası Enerji Ajansı desteğinde yürütülen araştırma ve geliştirme çalışmalarının, rüzgar enerjisinin gündemdeki yerini korumasına ve gelişimine büyük katkısı olmuştur. Bu gelişmelerden beslenen rüzgar türbini, dizel motor ve fotovoltaik üzerine yapılan çalışmalar hızla yol almış

ve tam hibrid (Rüzgar+Dizel+FV) sistemlerin geliştirilme çalışmaları başlamıştır. 1991 yılı ortalarında 5 MW güç kapasitesine sahip ilk deniz üstü rüzgar çiftliği Danimarka’da işletmeye açılmıştır. Avrupa’da 1995-1997 arasında kapasitesi 12 MW olan rüzgar santralleri devreye alınmıştır. Avrupa’daki gelişmeleri takiben, Türkiye’de “Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği” 1992 yılında kurulmuş ve Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliğine bağlanmıştır. Türkiye’de ilk rüzgar türbinleri İzmir-Çeşme-Alaçatı mevkiinde 1998 yılında kurulmuştur ve bu türbinler toplam 7.2 MW gücündedir. 2005 yılına geldiğinde yenilenebilir enerji santralleri, 5246 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile önem kazanmıştır.

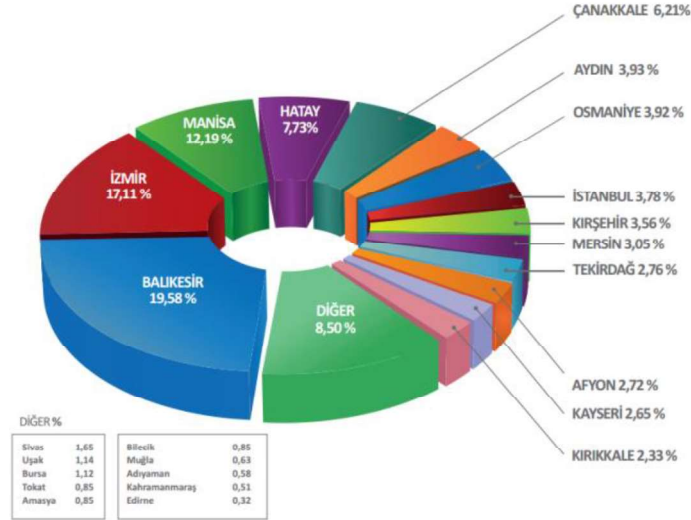
IV. TÜRKİYE’NİN RÜZGAR ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB)’nden alınan verilere göre, Türkiye’nin 2006-2015 yıllarına ait rüzgar enerji santrali kümülatif kurulu güç değişimi Şekil-2’deki grafikte görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere kurulu güç toplamı her geçen yıl artmaktadır. Türkiye jeopolitik konumu gereği rüzgar enerjisine ve rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)’nden alınan verilere göre Türkiye’nin 2023 yılı hedefleri arasında RES kurulu gücünün 20.000 MW’a çıkartılması planlanmakta ve bu yönde çalışmalar devam etmektedir [7]. TÜREB ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM)’nden alınan verilere göre Marmara bölgesi ve Ege bölgesi yüksek rüzgar potansiyeline sahiptir. Sahip olunan bu potansiyelden dolayı RES kurulumu bu bölgelerde yoğunlaşmaktadır.

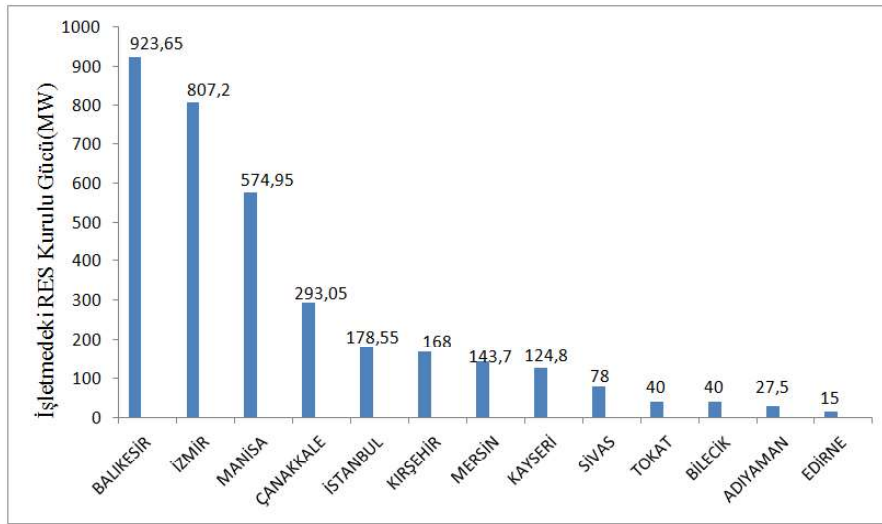


Şekil 2. Türkiye’nin yıllara göre RES kümülatif kurulu güç değişim grafiği

Şekil-3’te verilen işletmede olan RES’lerin dağılım oranlarından ve Şekil-4’teki işletmedeki RES’lerin kurulu gücünün illere göre dağılımı grafiklerinden de anlaşılacağı üzere, RES kurulum yoğunluğu Ege ve Marmara bölgelerinde yoğunluk göstermektedir.

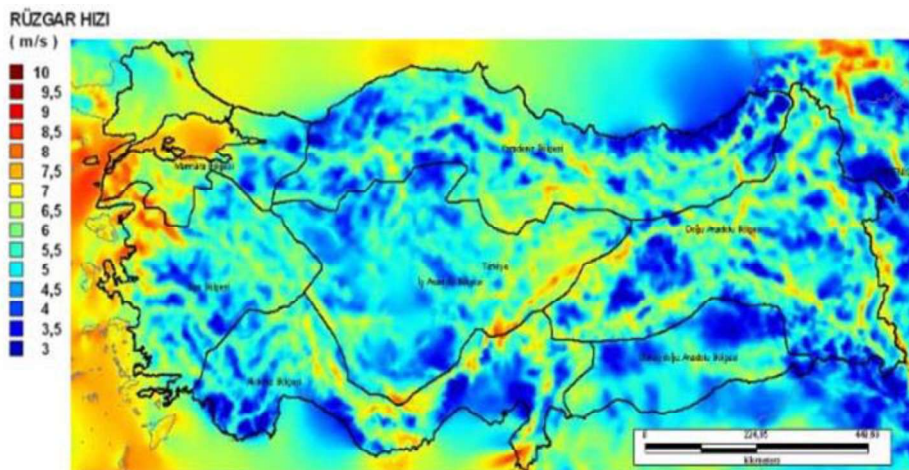


Şekil 3. İşletmedeki RES'lerin illere göre dağılım oranları



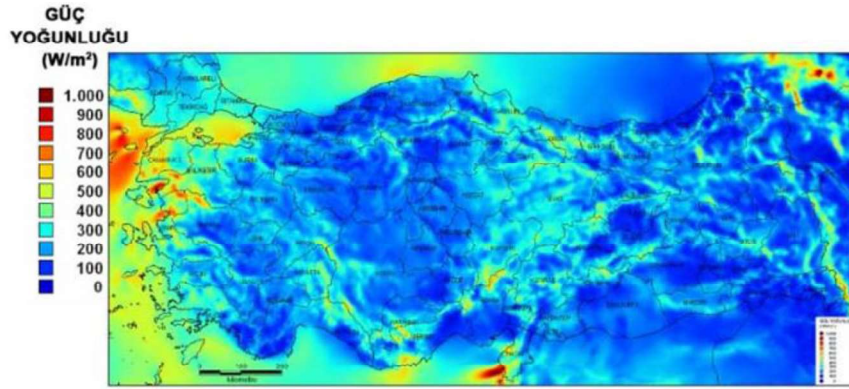
Şekil 4. İşletmedeki RES'lerin kurulu gücünün illere göre dağılımı

REPA (Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası)'dan alınan verilere göre Türkiye'de 50 metre yükseklikte oluşan rüzgar hızı dağılımı Şekil-5'de verilmektedir [8]. Bu dağılımdan anlaşıldığı üzere Marmara ve Ege bölgesinin kıyı kesimleri, rüzgar türbinleri için gerekli olan 7m/s rüzgar esme hızına sahiptir.



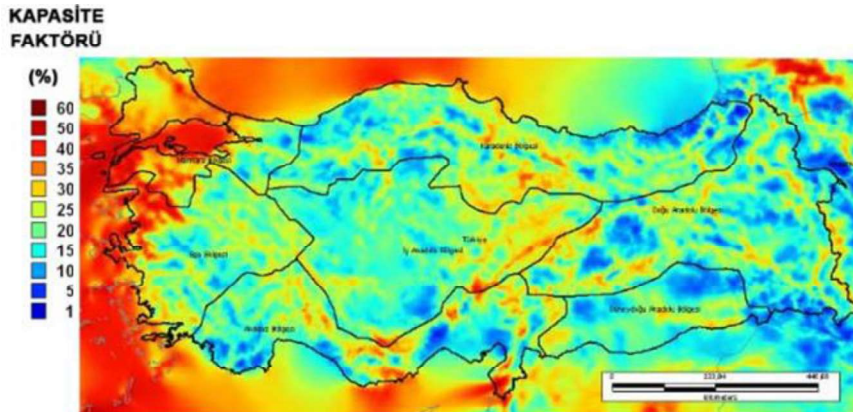
Şekil 5. Türkiye'de 50 metre yükseklikte oluşan rüzgar hızı dağılımı

RES'ler için yapılan çalışmalarda sadece rüzgar hızını göz önüne almak yeterli olmadığından, rüzgar hızı ile birlikte göz önüne alınması gereken rüzgar yoğunluğu ve kapasite faktörü de bulunmaktadır. Bu faktörlerden belirli bir yerdeki rüzgarın etkin gücünün W/m^2 ile ifadesi olan rüzgar güç yoğunluğu (RGY) haritası Şekil-6'da, elektrik santralının belli bir periyotta ürettiği toplam enerjinin tam kapasitede üretebileceği enerjiye bölümü olan kapasite faktörü (KF) haritası ise Şekil-7'de verilmektedir [9]. Rüzgar güç yoğunluğu haritasından da görüldüğü üzere Marmara ve Ege bölgelerinde rüzgar yoğunluğu fazladır. Bu yoğunluktan çıkarılacak sonuç şu şekilde olmaktadır: Herhangi iki farklı yerde rüzgar hızı eşit olsa dahi, rüzgar santralinden elde edilecek olan enerjiyi güç yoğunluğu belirlemektedir. Yoğunluğun fazla olduğu bölgelerde RES kanatları daha fazla itme gücüyle dönmektedir, böylece dönüş hızı ve tur sayısı değişmektedir.



Şekil 6. Türkiye'de 50 metre yükseklikte oluşan rüzgar güç yoğunluğu haritası

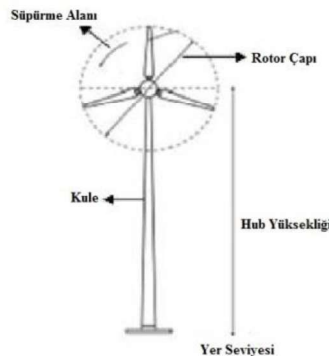
Kapasite faktörü, RES fizibilite raporları hazırlanırken hesaplamalar sonucunda ilk değerlendirilen çıktıdır [10]. YEGM verilerine göre, RES kurulumu yapılacak yerin kapasite faktörü ekonomiklik açısından %35'ler düzeyinde olması beklenmektedir. Kapasite faktörünün, diğer iki faktör (Rüzgar hızı ve rüzgar güç yoğunluğu) gibi Marmara ve Ege bölgelerinde yüksek değerlerde olduğu Şekil-7'deki verilmekte olan Türkiye'de 50 metre yükseklikte oluşan kapasite faktörü haritasından görülmektedir. Rüzgar enerjisi kurulum istatistiklerine bakıldığında Türkiye yedi bölge üzerinden değerlendirilmiş ve buradan elde edilen bilgiye göre, rüzgar enerjisi santrallerinin %61.4'ü Marmara ve Ege bölgelerindeki sahil şeritlerinde bulunduğu belirlenmiştir. Bunların %23.5'lik oranını sadece Çanakkale ve Balıkesir illeri oluşturmaktadır [11].



Şekil 7. Türkiye'de 50 metre yükseklikte oluşan kapasite faktörü haritası

V. RÜZGAR TÜRBİN TEKNOLOJİSİ

Rüzgar türbinleri, rüzgar enerji santrallerinin ana yapı elemanlarını oluşturmaktadır. Bu türbinler hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikli olarak mekanik enerjiye, daha sonra bu mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren makinelerdir. Rüzgar türbinleri eksenlerinin dönüş doğrultusuna göre yatay eksenli veya dikey eksenli olarak üretilmektedir. Bu iki tip arasında sıklıkla kullanılan yatay eksenli rüzgar türbinleridir. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin dönme eksenleri rüzgar yönüne paralel, kanatları ise rüzgar yönüne dik olarak çalışmaktadır. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinde kanat sayısı değişiklik göstermekle beraber sıklıkla 3 kanatlı türbinler kullanılmaktadır. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, rüzgarın kuleyi yalamadan rotora çarpması prensibine göre çalıştığında ileri/önden rüzgarlı (up-wind), önce kuleye dokunup sonra rotora gelmesi prensibine göre çalıştığında geriden/arkadan rüzgarlı (down-wind) türbin adını almaktadırlar. Dikey eksenli rüzgar türbinlerinin eksenleri rüzgar yönüne dik ve dikey olup, kanatları da dik konumdadır. Dikey eksenli rüzgar türbinlerinde rüzgarın esme yönü değiştiği zaman yatay eksenli rüzgar türbinlerinde olduğu gibi herhangi bir pozisyon değiştirmesi söz konusu değildir. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinde rüzgarın esme yönüne göre üretimi artıracak şekilde yön değiştirme olanağı bulunmaktadır ve bu özellik dikey eksenli türbinlere göre yatay eksenli türbinlerin avantajları arasında yer almaktadır. Elektrik üretim amaçlı şebeke bağlantılı (on-grid) modern rüzgar türbinleri genellikle 3 kanatlı, yatay eksenli ve up-wind türü rüzgar türbinleridir. Günümüzde, teknolojik gelişmelere paralel olarak türbin altyapısı gelişmekte ve türbin kapasiteleri 1,0-6,0 MW gücünde yatay eksenli rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Bir rüzgar türbini, çevredeki engellerin rüzgar hız profilini değiştirmeyeceği yükseklikteki bir kule üzerine yerleştirilmiş olan gövde ve rotordan oluşmaktadır. Türbinlerdeki kanatlar ve göbek kısmı rotor olarak adlandırılmaktadır. Türbin kanatları polyster ile kuvvetlendirilmiş çok ince cam telciklerinden üretilen bir madde olan cam elyafı (fiberglas) veya kimyasal bir reçine olan epoxy ile güçlendirilmiş fiber karbondan yapılmaktadır ve çelik iskelet (omurga) ile desteklenmektedir. Üç kanatlı yeni nesil rüzgar türbinlerinin kanat çapları 100 m değerine ulaşmaktadır. Şekil-9'da görüldüğü gibi modern rüzgar türbinlerinin rotor göbekleri (hub) genellikle yer seviyesinden 60-100 m yükseklikte bir kule üzerinde bulunmaktadır. Pazarda kullanılan türbinlerin çoğu 50 metre kanat uzunluğuna ve 80 metre kule yüksekliğine sahip sistemlerdir. Bir rüzgar türbininden elde edilecek enerji miktarını etkileyen etmenlerin başında türbin hub yüksekliğindeki rüzgar hızı gelmektedir. Türbin hub yüksekliğinin artırılması ile orantılı olarak rüzgar hızının artacağı dikkate alındığında, hub yüksekliğinin artırılması, mevcut rüzgar gücünün maximum seviyeye ulaşmasını sağlayacaktır.

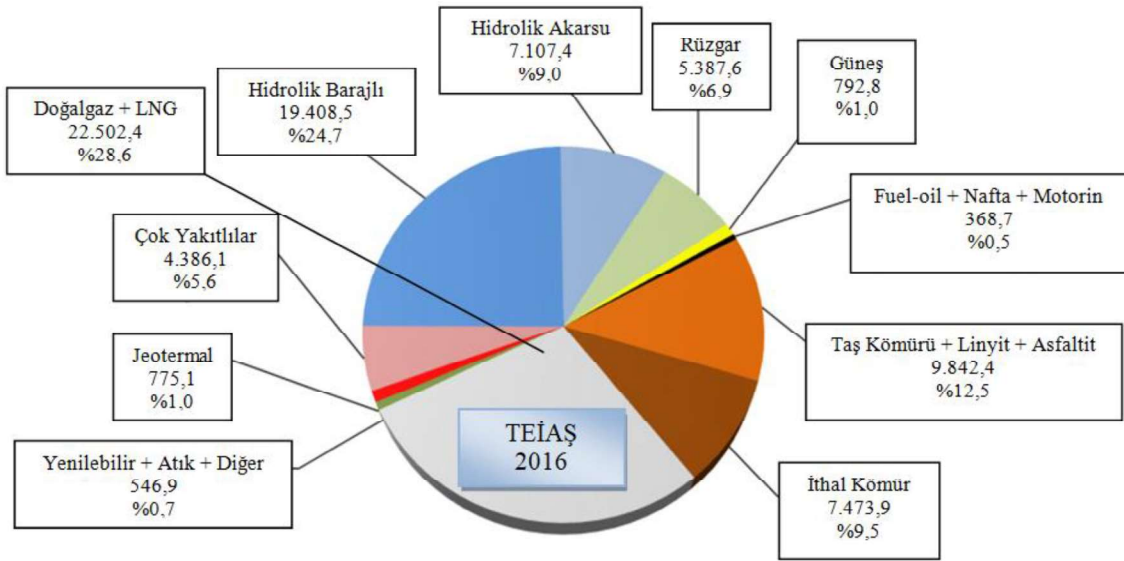


Şekil 8. Rüzgar türbin bileşenleri

Gürültü kirliliğini önlemek için türbin gövdesine ses izolasyonu yapılmaktadır. Türbinde rotor düşük devirli bir ana mile bağlıdır. Türbinlerin ana mantığı büyük mil ve çarkın küçük mil ve çarkı çevirmesidir. En son çevrilen küçük çarkın çıkışı iletim sistemine oradan da jeneratöre aktarılmaktadır. Türbin gövdesi içerisinde iletim sistemi, jeneratör ve yardımcı üniteler yer alırken, bu ana bileşenler dışında yönlendirme motoru ve mekanizması, kontrol-kumanda sistemleri, frenleme düzenleri, rüzgar gülü ve rüzgar/hava hızını ölçen yelölçer (anemometre) gibi ölçüm cihazları bulunmaktadır [12].

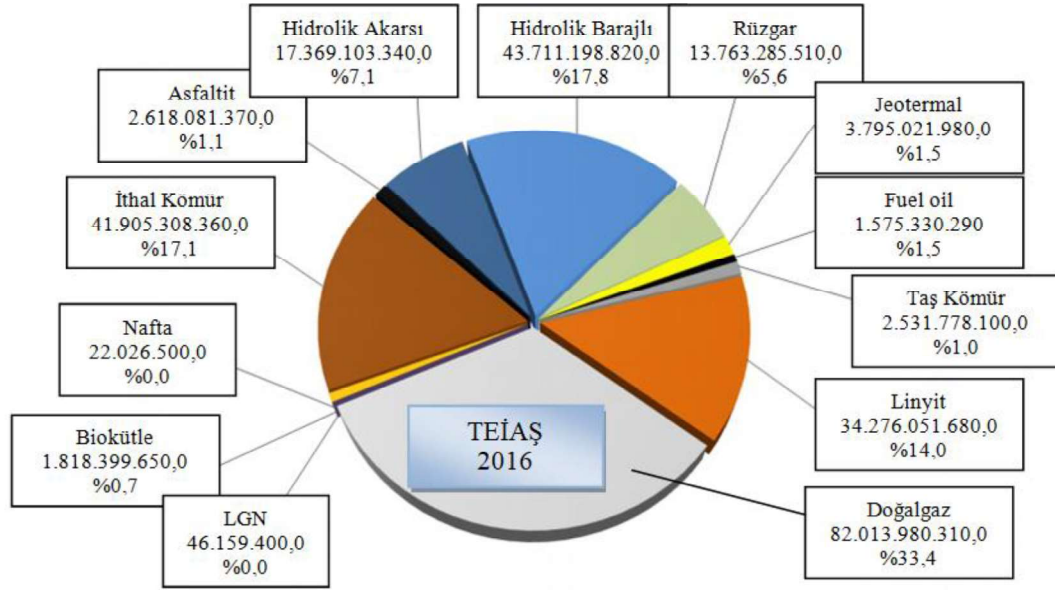
VI. 2016'YILI TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM VE TÜKETİMİ

Şekil-10'da verilen 2016 yılı Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücünü ifade eden grafikte, klasik kaynaklı enerji üretim tesislerinin üretim oranının her geçen yıl azalarak devam ettiği, buna karşılık yenilenebilir enerji santrallerinden elde edilen üretim miktarının artış oranının hızlı bir şekilde gerçekleştiği görülebilmektedir. Yenilenebilir enerjiye yönelimin sebebi ücretsiz, temiz, kaliteli ve devamlı olmasıdır. Enerji üretim tesislerinin çeşitlenerek gelişmesinin en temel nedeni, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki farkın kapatılmaya çalışılmasıdır.



Şekil 9. 2016 yılı Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücü 78.581,9 MW

Şekil-11'da 2016 yılı Türkiye'deki elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi arasındaki fark verilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle bu fark her geçen gün artmakta ve enerji üretim açığı büyümektedir. Türkiye'nin yıllık büyüme hızı dikkate alınarak yapılan enerji talebi hakkındaki öngörüler, 2020 yılına kadar 435 milyon kWh'e ulaşması beklenmektedir [13]. Bu düşünce doğrultusunda arz ve talep arasındaki farkın artması öngörülmektedir. Bu enerji talebinin karşılanabilmesi için alternatif yöntemler üzerinde yapılan çalışmalar devam etmektedir. En önemli alternatif yöntemlerden bir tanesi de rüzgar enerjisinin kullanılarak enerji elde edilmesidir.



Üretim (11/2016): 245.445.725.310 kWh

Tüketim (11/2016): 249.697.671.350 kWh

Şekil 10. 2016 yılı Türkiye'deki elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi [14]

VII. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (CONCLUSIONS AND DISCUSSION)

Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücünün oluşumunda, klasik kaynaklı enerji üretim tesislerinden elde edilen enerji üretim oranının her geçen yıl azalarak devam ettiği, buna karşılık yenilenebilir enerji santrallerinden elde edilen enerji üretim miktarı artış oranının hızlı bir şekilde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri içerisinde, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretiminin, toplam üretim içerisindeki payının en az %30-35'ler mertebesine yükseleceği öngörülmektedir. RES'lerden elde edilen gücün hesaplanmasında, sadece rüzgar hızını göz önüne almanın eksik olduğu, rüzgar hızı ile birlikte göz önüne alınması gereken diğer etkenlerin, rüzgar yoğunluğu ve kapasite faktörü olduğu açık bir şekilde görülmektedir. İki farklı yerde rüzgar hızı eşit olsa dahi, rüzgar santralinden elde edilecek olan enerjiyi, güç yoğunluğunun belirlediği açık bir şekilde ifade edilmektedir. Ülkemizde rüzgar enerji potansiyelinin Ege Bölgesi'nin batısı ve Marmara Bölgesi'nin güney-batı bölümünde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kararlı ve sürdürülebilir enerji üretmedikleri dikkate alındığında, enerji üretim santralleri ile koordineli olarak, enerji depolama sistemleri (EDS)'nin de geliştirilmesinin gerekli olduğu açık bir şekilde anlaşılmaktadır.

Kaynakça (References)

- [1] Alçı, M., Çarkıt, T., 2017, "Fotovoltaik(PV) Panellerde Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi", 8.Enerji Verimliliği Formu Bildiriler Kitabı
- [2] Froggatt, A., 2000, "The liberalisation of Europe's electricity markets – Is the Environment Paying the Price for Cheap Power", Greenpeace, pp: 13
- [3] Farret, F.A., Simoes, M.G., 2006, " Integration of Alternative Sources of Energy", John Miley and Sons. Inc.

- [4] World Energy Council Turkish National Committee, 2009, "Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi", pp:1-212
- [5] Çetinkaya, H.B., 2012, "Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği Açısından Akıllı Şebekeler ve SCADA uygulamaları", 3' üncü Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı
- [6] World Energy Statistics, 2011, International Energy Agency
- [7] UNDP(United Nations Development Program), 2014, " Renewable Energy Snapshot, Turkey"
- [8] http://www.enerjibroker.com/?title=rüzgar_haritalari_%28repa%29&m=Urunler&id=330&ek=5&ust=70
- [9] Çalışkan, M., 2010, "Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli", pp:12
- [10] Solmaz, S.,Turan, R.A., 2015, " Ortalama Geçmiş Rüzgar Verileri Üzerinden Rüzgar Enerjisi Santralleri İçin Ön Fizibilite Yapılması: Gediz Üniversitesi 100 kW Rüzgar Enerjisi Uygulaması", pp:74, İzmir Rüzgar Sempozyumu
- [11] Baris, K., Kucukkali, S., 2011, "Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective Energy Policy" , Proc. of ELSEVIER, pp: 377-391
- [12] YEGM, http://www.eic.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx
- [13] M.Bilgili, 2010, " Present Status and Future Projections of Electrical Energy in Turkey", GUJS, pp:237-248
- [14] TEİAŞ, 2016