Turkish Studies

Volume 14 Issue 4, 2019, p. 2333-2348

DOI: 10.29228/TurkishStudies.23020

ISSN: 1308-2140

Skopje/MACEDONIA-Ankara/TURKEY

INTERNATIONAL
BALKAN
UNIVERSITY

EXCELLENCE FOR THE FUTURE
IBU.EDU.MK

Research Article / Araştırma Makalesi

Article Info/Makale Bilgisi

✍ Received/Geliş: 02.05.2019

✓ Accepted/Kabul: 10.08.2019

✍ Report Dates/Rapor Tarihleri: Referee 1 (23.06.2019)-Referee 2 (25.06.2019)- Referee 3 (21.05.2019)

This article was checked by iThenticate.

TÜRKİYE'DE RÜZGÂR ENERJİSİ YATIRIMLARININ GELİŞİMİ

Ufuk GÜLTEKİN*

ÖZ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye elektrik üretimindeki payı giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki payının 2023 yılına kadar %30'a ve rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2023 yılına kadar 20.000 MW'a çıkarılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'de son on yılda (2008-2018) rüzgar enerjisinden elektrik üretimi değerlendirilmiştir. Türkiye'nin hedefi 2020 yılında tüketilen elektrik enerjisinin %10'unu rüzgardan karşılamaktır. Ayrıca, 2027 yılına kadar 16000 MW'lık rüzgar enerjisi kapasitesinin devreye alınması hedeflenmektedir. Türkiye'nin karadaki rüzgar potansiyelinin 37000 MW, deniz üstü (offshore) rüzgar potansiyelinin ise 11000 MW olduğu öngörülmektedir. Türkiye toplam olarak 48000 MW'lık rüzgar enerjisi potansiyeliyle, elektrik ihtiyacının yarısını bu kaynaktan karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

Türkiye'de toplam rüzgar elektrik santrali (RES) kurulu kapasitesi 2008 yılında 363.7 W seviyelerinde iken, 2018 yılında 7369.35 MW seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'de RES'lerinde 2018 yılında toplam 19752.159 MWh elektrik üretilmiştir. RES'lerinde 2018 yılında aylık ortalama elektrik üretimi 1646.013 MWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de toplam 180 adet RES işletmede bulunmaktadır. İşletmedeki RES'lerinin kurulu güçleri toplamı 7369.35 MW'tır. Türkiye'de işletmedeki RES'lerin % 38.43'ü Ege Bölgesinde bulunmaktadır. Ocak 2019 tarihi itibarıyla yapım aşamasındaki toplam 18 adet RES'in kurulu güçleri toplamı 606.20 MW düzeyindedir. Türkiye'de toplam 38 farklı yatırımcı tarafından yapılmış olan toplam 2239.96 MW kurulu kapasiteye sahip 54 adet lisanslı RES bulunmaktadır. Türkiye'de toplam 18 farklı yatırımcı tarafından tasarlanmış olan toplam 4483.61 MW kurulu kapasiteye sahip 100 adet ön lisanslı RES bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Elektrik üretimi, Rüzgar enerjisi

* Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi, E-posta: ugultekin@gmail.com

DEVELOPMENT OF WIND ENERGY INVESTMENTS IN TURKEY

ABSTRACT

The share of renewable energy sources in electricity production in Turkey is increasing. It is aimed to increase the share of renewable energy sources in electricity generation to 30% by 2023 and to increase the installed capacity of wind energy to 20,000 MW by 2023. In this study, over the last decade in Turkey (2008–2018) electricity generation from wind energy has been evaluated. Turkey's goal is to meet the electrical energy consumed in 2020, 10% of the wind. Furthermore, it is aimed to commission 16000 MW wind power capacity by 2027. Turkey's potential of 37000 MW of onshore wind, offshore (offshore) of the wind energy potential is estimated to be 11000 MW. Turkey, with a total of 48,000 MW of wind energy potential, half of its electricity needs from this source has the potential to meet.

The total installed capacity of wind power plants (WPP) in Turkey, while the level of 363.7 W in 2008, has reached the level of 7369.35 MW in 2018. 19752.159 MWh of electricity generated in 2018 total is the picture in Turkey. In 2018, monthly average electricity production in WPPs was 1646.013 MWh. Turkey has a total of 180 units in WPP company. The total installed capacity of the WPPs in the enterprise is 7369.35 MW. 38.43% of WPP companies is located in the Aegean region in Turkey. As of January 2019, the total installed capacity of 18 WPPs under construction is 606.20 MW. There are 54 licensed WPPs with a total capacity of 2239.96 MW designed by a total of 38 different investors in Turkey. There are 100 pre-licensed WPPs with a total of 4483.61 MW of installed capacity designed by a total of 18 different investors in Turkey.

STRUCTURED ABSTRACT

Population increase, urbanization and industrialization phenomena in the world, increasing trade opportunities as a result of globalization, increase the demand for natural resources and energy. Electricity consumption in Turkey increased by 2.2% compared to the previous year, in 2018, 303.3 billion kWh, while electricity generation increased by 2.2% compared to the previous year and amounted to 303.9 billion kWh of electricity consumption in Turkey is estimated to be around 450 billion kWh in 2023.

As throughout the world, electricity generation based on fossil fuels is produced in Turkey. Turkey's electricity generation capacity in 2018, showing a net increase of 3350.80 MW as of year-end reached a level of 88550.80 MW. In 2018 Turkey has been a total of 4,025 MW of installed power circuit consisting of 93% of local and renewable resources. 40.8% of the installed capacity is based on solar, 22.1% hydroelectricity, 12.7% wind and 8.2% lignite. Thus, 93% of the total installed capacity in the previous year has generated domestic and renewable energy sources.

Turkey share in electricity production from renewable energy sources is increasing. In Turkey as of the end of December 2017, a total of 84,525,578.23 MWh of electricity was produced depends on renewable energy sources. In late 2017, renewable energy generated approximately 30% of the total electricity generation. This ratio is 20% hydroelectric, 6% wind, 2% geothermal, 1% solar and 1% bioenergy. Wind and solar, corresponded to only 7% of Turkey's total electricity needs in the same year. The cheapest source of electricity generation in Turkey in 2023 will be wind and solar. The half of the electricity generated in Turkey could be provided from wind, solar and other renewable energy resources.

Turkey's goal is to meet the electrical energy consumed in 2020, 10% of the wind. Furthermore, it is aimed to commission 16000 MW wind power capacity by 2027. Turkey's potential of 37000 MW of onshore wind, offshore (offshore) of the wind energy potential is estimated to be 11000 MW. Turkey, with a total of 48,000 MW of wind energy potential, half of its electricity needs from this source has the potential to meet. In this study, over the last decade in Turkey (2008–2018) electricity generation from wind energy has been evaluated. It is aimed to increase the share of renewable energy sources in electricity generation to 30% by 2023 and to increase the installed capacity of wind energy to 20,000 MW by 2023.

Within the scope of Renewable Energy Resources Support Mechanism (RERSM), the electricity generated from RESs is guaranteed to be 7.3 USD-cents/kWh. The amount of support to be provided in the case of domestic production of equipment such as wing, generator and power electronics in turbine tower, rotor and nase groups used in WPPs increases by 3.7 USD-cents/kWh. 160 WPPs with a total installed power of 6.481 MW benefited from RERSM in 2019.

Turkey's goal is to meet the electrical energy consumed in 2020, 10% of the wind. Furthermore, it is aimed to commission 16000 MW wind power capacity by 2027. Turkey's potential of 37000 MW of onshore wind, offshore (offshore) of the wind energy potential is estimated to be 11000 MW. Turkey, with 48,000 MW of wind energy potential in total, half of its electricity needs from this source has the potential to meet.

WPPs total installed capacity in Turkey was 363.7 W levels in 2008, it has reached the level of 7369.35 MW in 2018. The highest capacity increase was experienced in 2008-2009. The total WPP capacity, which was 363.7 MW in 2008, increased by 117.65% and reached 791.6 MW in 2009. The second highest capacity increase was recorded in the period of 2009-2010 and the rate of increase (791.611329.15 MW) was realized as 67.91%. The average rate of increase in total capacity from WPPs 2010–2016 year in Turkey was realized as 28.98%. The increase rate of total WPP capacity started to decrease after 2016. In 2016, the total WPP capacity was 61006.5 MW, increasing by 12.55% and reaching 6877.10 MW in 2017. The highest rate of increase in total WPP capacity was experienced in 2017–2018 and capacity increase was 7.26. Total WPP capacity increased as maximum value in 2015–2016. In 2015, the total WPP capacity was 4718.30 MW and increased by 1387.75 MW and reached to 6106.05 MW in 2016.

In Turkey, total 19752.159 MWh of electricity was generated in WPPs in 2018. In 2018, monthly average electricity production in WPPs was 1646.013 MWh. The amount of electricity produced in WPPs was

recorded as March (2035.273 MWh), in August (2332.268 MWh) and in November (2035.213 MWh) in 2000 MWh. The share of electricity production in Turkey in 2018 the annual average figure of 6.78% was realized on it. In 2018, the share of WPPs in electricity production was the lowest in July (5.04%) and the highest in August (8.78%).

Turkey has a total of 180 WPPs. The total installed capacity of the WPPs in the enterprise is 7369.35 MW. The share of the first five companies with the highest WPP installed capacity in the total WPP installed capacity is 32.07%. WPP board has a total of 49 units in the first five companies to have the power, 27.22's% of this amount corresponds to the WPP in business in Turkey. Polat energy company, to a maximum of WPP installed capacity in Turkey (566.68 MW), respectively, the WPP share in total installed capacity stood at 7.79%.

The 38.43% of the WPPs is located in the Aegean region in Turkey. As of January 2019, the total installed capacity of 18 WPPs under construction is 606.20 MW. There are 54 licensed WPPs with a total capacity of 2239.96 MW designed by a total of 38 different investors in Turkey. There are 100 pre-licensed WPPs with a total of 4483.61 MW of installed capacity designed by a total of 18 different investors in Turkey.

Keywords: Turkey, Electricity generation, Wind energy.

1. Giriş

Hızla artan enerji talebi başta petrol ve doğalgaz olmak üzere, enerji ithalatına bağımlılığı artırmakta, böylece milyarlarca dolar dış ülkelere ödenmektedir. Buna rağmen, bazı dönemlerde politik sorunlarla karşı karşıya kalılabilmektedir. Toplam enerji talebimizin %26'sı yerli kaynaklardan sağlanmaktadır. Bununla beraber *Kyoto Protokolüne* imza atan ülkemiz, fosil kaynaklı enerji tüketiminin bir sonucu olarak çevresel birçok problemle karşılaşılacağından, ithalat bağımlılığının azaltılmasındaki en rasyonel yol öncelikli olarak yerli yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Son yıllarda Türkiye'de elektrik talebi, arzdan daha hızlı büyüdüğü için, Türkiye elektrik ithal etmeye başlamıştır. Elektrik yetersizliğinin temel nedenleri; özel sektör yatırımlarının eksikliği, elektrik santralleri kurmak için uzun yatırım dönemlerine gerek olması, elektrik üretim kapasitesinde rehabilitasyon ve genişleme için devlet bütçesinin yetersizliği ve doğal gaz santralleri için doğal gaz temininde karşılaşılan güçlüklerdir.

Son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle güneş fotovoltaik (PV) ve rüzgâr türbin teknolojileriyle elektrik üretim maliyetlerinde önemli azalmalar gerçekleşmiştir. Yıllar süren istikrarlı maliyet azalmalarının ardından, güneş ve rüzgar enerjisi, yeni kuşak ihtiyaçların karşılanması için giderek daha rekabetçi teknolojiler haline gelmektedir. Düzenleyici ve kurumsal çerçeveler, yenilenebilir enerji üretiminin rekabetçi bir şekilde tedarik edilmesine zemin hazırlamaya başlamaktadır. Bu duruma tepki olarak, proje geliştiricileri uluslararası piyasalara önemli deneyimlerini aktarmakta ve uluslararası sermaye piyasalarına erişimlerini artırmaktadırlar. Rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik üretim teknolojilerindeki yenilikler arasında, aynı kaynaktan daha fazla enerji üretilmesini sağlayan daha fazla rüzgar alanından yararlanabilen daha büyük rüzgar türbinleri ve daha fazla verim sağlayan yeni solar PV hücre tasarımları bulunmaktadır (Dikmen, 2019).

Bu gelişmelere ek olarak, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanım süresi ve kanıtlanmış başarıları, algılanan proje riskini azaltmakta ve bu durum da sermaye maliyetini büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu teknoloji gruplarındaki yenilikler devam etmesine rağmen, biyoenerji, hidroelektrik ve jeotermal enerji, oldukça istikrarlı maliyet profilleri sergileyen ileri teknolojilerdir. Enerji üretimi ve

tüketimi konusunda yapılmış olan bir çok çalışmada, sürdürülebilir enerji kullanımı, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) temel tartışma konuları olmuştur (Akdağ ve İskenderoğlu, 2018; Akpınar ve Başbüyük, 2011; Akzeybek, 2016; Altun, 2018; Çoban ve Ölmez, 2016; Dikmen, 2019; Doğanay, 2015; Elmacı, 2018; Elmastaş, 2015; Erdoğan ve Ganiev, 2016; Koca ve Bulut, 2015; Kurt, 2019; İslamova, 2015; Özalp, 2019; Ulusoy ve Atay, 2018). 2017 yılında devreye alınan karasal rüzgar enerjisi projelerinin yanı sıra, bu teknolojilerin tahmini maliyetleri, büyük ölçüde fosil yakıtlı çalışan elektrik üretimi maliyetleri arasında yer almıştır. Karasal rüzgar enerjisi, yeni kuşak yenilenebilir enerji kaynaklarının en rekabetçi kaynaklarından biri haline gelmiştir. Rüzgâr türbini fiyatları, pazara bağlı olarak, 2007–2010 yılları arasındaki zirvelerinden bu yana % 37–56 oranlarında azalmıştır. Proje maliyetlerinde daha mütevazı azalmalarla birlikte, karasal rüzgâr enerjisi için toplam kurulu maliyetler 2010 ve 2017 yılları arasında beşte bir oranında azalmıştır. Aynı zamanda, yeni projeler için küresel ağırlıklı ortalama kapasite faktörü % 27’den % 30’a yükselmiştir. Karasal rüzgar enerjisi projeleri için, 2017 yılında MWh başına 30 ABD dolarına kadar düşmüş ve MWh başına 60 ABD Doları olmuştur (REN21, 2018).

Dünyada nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme olguları, küreselleşme sonucu artan ticaret olanakları, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Türkiye’de elektrik tüketimi 2018 yılında bir önceki yıla göre % 2.2 artarak, 303.3 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre %2.2 oranında artarak 303.9 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir Türkiye’de elektrik tüketiminin 2023 yılında 450 milyar kWh civarında olacağı öngörülmektedir. (ETKB, 2019). Bu çalışmada, Türkiye’de son on yılda (2008–2018) rüzgar enerjisinden elektrik üretimi değerlendirilmiştir.

2. Türkiye’de Elektrik Tüketimi

Türkiye’de giderek artan nüfus, sanayileşme ve gelişen hizmet sektörü ile birlikte elektrik tüketimi artmıştır. 2003 yılında 141.2 milyar kWh olan toplam elektrik tüketimi, 2013 yılında 1.74 kat artarak 245.5 milyar kWh’e ulaşmıştır. 2013 yılı sonu itibarıyla kişi başı elektrik tüketimi 3210 kWh iken, bu değer Norveç için 27451 kWh, ABD için 12364 kWh, OECD ülkeleri için 8100 kWh ve AB ülkeleri için 6750 kWh’tir. Bu değer 2023 yılında 5500-6000 kWh’e 2030 ve 2040 yıllarında ise sırasıyla 7000 kWh ve 8000 kWh’in üzerinde olması hedeflenmiştir. Türkiye’de, yüksek büyüme oranlarının sonucu olarak, yıllık elektrik tüketim artışı uzun yıllardan beri ortalama % 7 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Elektrik talebinde 2011 yılında %9.4, 2012 yılında ise %5.1 artış olmuştur. 2002 yılında 132.6 kWh olan elektrik tüketimi yaklaşık iki kat artarak 2012 yılında 242 milyar kWh’e ulaşmıştır.

Türkiye’de kişi başına elektrik tüketimi 2015 yılında önceki yıla göre 63 kWh artmıştır. 2015 yılında nüfus binde 13.4 artarken kişi başı elektrik tüketimi ise binde 18.9 artış göstermiştir. 263.8 milyar kWh elektrik tüketilen ve yıl ortasında 78 milyon 218 bin nüfusa sahip olan ülkemizde kişi başına elektrik tüketimi önceki yıla göre 63 kWh artarak 3373 kWh’e ulaşmıştır. 1971 yılından günümüze elektrik tüketimi, sadece 2001 ve 2009 yıllarında önceki yıla göre düşmüştür. 1971 yılından 2015 yılına kadar ortalama alındığında, tüketim her yıl %8 oranında artmıştır. 2006–2015 yıllarını kapsayan son 10 yıl dikkate alındığında ise tüketim her yıl %5.1 oranında artmıştır. Son 10 yıl, her yıl için önceki 5 yılın ortalama elektrik tüketimi hesaplandığında da tüketim her yıl ortalama % 5.78 oranında artmıştır.

Kişi başına elektrik tüketimi genel olarak ülkelerin ekonomik gelişmişliği arttıkça artış göstermektedir. Dünya da kişi başına ortalama 3060 kWh elektrik tüketilirken, bu oran Avrupa ve Orta Asya ülkelerinde 5500 kWh seviyesine çıkmaktadır. Ülke bazlı bakıldığında ABD’de kişi başına elektrik tüketimi 13000kWh, Japonya’da 7750 kWh, Almanya’da 7270 kWh, Çin’de ise 3500 kWh seviyesindedir.

3. Türkiye’de Elektrik Üretimi

Türkiye’nin elektrik üretim kapasitesi 2018 yılında 3350.80 MW net artış göstererek, yılsonu itibarı ile 88550.80 MW düzeyine ulaşmıştır. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ, 2019) tarafından

açıklanan verilere göre artışta en büyük pay 1642.2 MW ile güneş enerjisi yatırımlarının olmuştur. İkinci sırada 760.10 MW'lık kurulu güç artışı ile barajlı hidroelektrik santral yatırımları, üçüncü sırada ise 460,10 MW ile rüzgar enerjisi yatırımları gelmiştir. Geçtiğimiz yıl (2018) jeotermal enerji santrallerinin kurulu gücü 218.80 MW, akarsu tipi hidroelektrik santrallerinin kurulu gücü ise 258.20 MW artış göstermiştir. 2018 yılında rüzgar enerjisi kurulu gücü 7 GW'ı, güneş enerjisi 5 GW'ı aşarken, fosil yakıtlara dayalı kurulu güç ise devreden çıkan 625.90 MW gücündeki doğal gaz santralinin etkisi ile 17.7 MW azalmıştır (Dikmen, 2019).

Türkiye'de 2018 yılında % 93'ünü yerli ve yenilenebilir kaynakların oluşturduğu toplam 4025 MW kurulu güç devreye alınmıştır. Kurulu gücün % 40.8'i güneş, % 22.1'i hidroelektrik, % 12.7'si rüzgar ve % 8.2'si linyite dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu kaynakları % 6.7 ile doğal gaz, % 5.4 ile jeotermal, % 3.5 ile biyokütle ve % 0.6 ile ithal kömür izlemiştir. Böylece, geçen yıl devreye giren diğer kalemlerle birlikte, toplam kurulu gücün % 93'ünü yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmuştur. Güneş enerjisinde kapasiteye 1642.1 MW'lık kurulu güç eklenirken, bunu 889.9 MW ile hidroelektrik izlemiştir. Rüzgarda geçen yıl devreye giren kurulu güç 509.4 MW olurken, linyitte 331 MW ve doğal gazda ise 271.3 MW kurulu güç devreye alınmıştır. Geçen yıl ayrıca, jeotermal enerjide 218.8 MW kurulu güç devreye girmiştir. Bunu 139 MW ile biyokütle ve 24 MW ile ithal kömür izlemiştir (Dikmen, 2019).

Türkiye'nin elektrik üretim kapasitesi 2019'un ilk ayında 343.2 MW değerinde net artış göstermiştir. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ, 2019) tarafından açıklanan verilere göre, toplam kapasite 88 894 MW düzeyine yükselmiştir. 2019-Ocak ayındaki artışta en büyük pay, 200 MW'lık artış ile yerli kömüre dayalı yatırımlarda olmuştur. İkinci sırada 117.3 MW'lık artış ile lisanssız güneş enerjisi yatırımları gelmektedir. Güneş enerjisinde toplam kurulu güç ise 5180.2 MW düzeyine ulaşmıştır. Rüzgar enerjisinde Ocak ayında sadece 4.5 MW'lık artış gerçekleşmiştir ve toplam kurulu güç 7009.9 MW olmuştur. Türkiye'nin doğal gaza dayalı elektrik üretim kapasitesinin gerilemeye Ocak ayında da devam etmiş ve 84.9 MW kapasite daha devreden çıkmıştır (Dikmen, 2019). 2023 yılında elektrik enerjisi kurulu güç kapasitemizin 110 bin MW'ın üzerine, toplam elektrik enerjisi üretimimizin ise 440 milyar kWh seviyelerine yükseltilmesi hedeflenmektedir.

4. Türkiye'de Yenilenebilir Elektrik Üretiminin Gelişimi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye elektrik üretimindeki payı artmaktadır. 2017 sonlarında, yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi, toplam elektrik üretiminin yaklaşık % 30'unu oluşturmuştur. Bu oran % 20 hidroelektrik, % 6 rüzgâr, % 2 jeotermal, % 1 güneş ve % 1 biyoenerji şeklinde dağılım göstermiştir. Rüzgâr ve güneş, aynı yıl içerisinde Türkiye'nin toplam elektrik ihtiyacının sadece % 7'sine karşılık gelmiştir. Bu pay, ülkenin önemli kaynak potansiyeline kıyasla, hala çok düşük bir seviyededir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerjide (ve özellikle rüzgâr ve güneşte) son dönemde görülen büyüme, Türkiye'nin enerji sektörünün uzun vadeli dönüşüm yolunda olduğunu açıkça göstermektedir (SHURA, 2019).

Türkiye tam anlamıyla kullanmadığı önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. İletim ve dağıtım şebekelerinde, rüzgâr ve güneş kaynaklı elektrik üretim oranlarında, çift haneli dağılım rakamlarına sistemde kesinti olmaksızın ulaşılabilir. Türkiye'nin büyük bir işletim sorunu yaşamaksızın, 2026 yılına kadar toplam elektrik tüketiminde en az % 20'lik bir rüzgâr ve güneş enerjisi payına ve şebeke altyapısına TEİAŞ'nin daha önceden planladığının da ötesinde ilave yatırımlar yapma potansiyeline sahiptir (SHURA, 2019).

Yenilenebilir enerji alanında küresel ölçekteki gelişime paralel olarak, Türkiye'de de benzer bir gelişim yaşandığı ve hala dönüşüm sürecinde olduğumuz söylenebilir. Yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının 2000–2017 yılları arasında gelişimi incelendiğinde, ülkemizin kurulu gücünün 2000 yılında 27 000 MW civarında olduğu ve yenilenebilir enerjinin toplam

kurulu gücünün Türkiye’nin toplam kurulu gücü içerisindeki payının yaklaşık % 41 olduğu görülmektedir. Ayrıca, 2000 yılında toplam yenilenebilir kaynaklı kurulu gücün ise tamamına yakını hidroelektrik enerji kaynaklarından oluşmuştur (Dikmen, 2019).

Türkiye’de 2023 yılında en ucuz elektrik üretim kaynağı rüzgar ve güneş olacaktır. Türkiye’de üretilen elektriğinin yarısı rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanabilir. Türkiye elektrik piyasasında 2018–2050 arası döneme ilişkin aşağıdaki öngörülerde bulunulmuştur (BNEF, 2018):

- Türkiye’nin elektrik talebi ekonomik büyüme ve artan nüfusa bağlı olarak, 2017–2050 yılları arasında % 126 oranında artarak, 2050 yılında yıllık 653 TWh seviyesine ulaşacaktır.
- Rüzgar ve büyük ölçekli güneş enerjisi santrallerinin seviyelendirilmiş elektrik üretim maliyetleri, 2023 yılında kömürden elektrik üretimiyle aynı seviyeye geleceklerdir. Bu kaynaklar günümüz koşullarında doğal gaz santrallerinin gerisindedir.
- Rüzgar enerjisinde 2018 yılında 67 \$_{US}/MWh seviyesinde olan maliyetler, 2050 yılında 29 \$_{US}/MWh seviyesine gerileyecektir.
- 2018 sonu itibarı ile 88.5 GW olan Türkiye’nin elektrik üretim kapasitesi 2050 yılında 261 GW olacaktır. Bu kapasitede kömürün payı % 5’e inecek, PV sistemler % 26 ile kapasite içinde en büyük paya sahip olacaktır. Rüzgar santrallerinin payı % 24’e ulaşacaktır.
- Türkiye’nin 2050 yılı elektrik üretim kapasitesinin % 88’i karbon emisyonuna neden olmayan elektrik üretim santrallerinden karşılanacaktır.

4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) 8 Ocak 2011 tarihli ve 27809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 6094 sayılı “*Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun*” ile yenilenebilir enerji kaynaklarına kaynak türüne ve yerlilik oranına göre teşvik verilmesi düzenlenmiştir. Bu çerçevede Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından hazırlanan yönetmelik ile YEKDEM’nin ayrıntıları belirlenmiştir. “*Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik*” 01/10/2013 tarihli ve 28782 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretiminin teşvik edilmesine yönelik olarak üretim lisansı sahiplerine Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ve YEKDEM kurulmasına ve işletilmesine ilişkin esaslar düzenlenmiştir. YEKDEM katılımcı sayısı ve kurulu gücünde önceki seneye göre ciddi oranda artış gerçekleştiği görülmektedir. Katılımcı sayısı ve kapasitesi yaklaşık üç katına çıkmıştır. Ayrıca, 12 Mayıs 2019 tarihli 30772 sayılı “*Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği*” çıkmıştır.

YEKDEM, elektrik üretim faaliyetinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklı santrallere dolar bazlı sabit fiyat garantisi sunmaktadır. YEKDEM mekanizmasından yararlanan tesis sayısı ve kapasite ülke geneline göre çok düşük kalmaktadır. Hidrolik ve rüzgar santralleri için uygulanan teşvik fiyatı, ortalama Gün Öncesi Piyasası (GÖP) fiyatının altında kalmıştır. Bu nedenle, daha yüksek teşvik alınan jeotermal kaynaklara göre rüzgar ve hidrolik kaynaklardan üretim yapan santrallerin YEKDEM’e katılımı kısmen sınırlı kalmıştır. YEKDEM’de uygulanmakta olan teşvik fiyatları aylık GÖP fiyatları ile karşılaştırıldığında, en düşük teşvik miktarının GÖP fiyatına yakın gerçekleştiği görülmektedir. Bahar aylarında YEKDEM fiyatı GÖP fiyatının üzerinde seyrederken, talebin yükseldiği kış ve yaz aylarında GÖP fiyatı YEKDEM fiyatının üzerinde seyretmektedir.

Türkiye’de devletin yenilenebilir enerji kaynaklarına verdiği desteğin de etkisiyle, yenilenebilir enerji kaynağı kurulu gücü 2015 yılında % 13 artmıştır. 2015 yılında yaşanan bu gelişme ile 2014 yılı sonunda % 40 olan yenilenebilir enerji santrali payı 2015 yılı sonunda % 45.87 düzeyine yükselmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki payının 2023 yılına kadar %30'a ve rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2023 yılına kadar 20.000 MW'a çıkarılması hedeflenmektedir.

YEKDEM kapsamında RES'lerinden üretilen elektriğe 7.3 Dolar-sent/kWh alım garantisi sağlanmaktadır. RES'lerde kullanılan kanat, jeneratör ve güç elektroniği türbin kulesi, rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamalar gibi ekipmanların yerli üretim olması halinde sağlanacak destek miktarı 3.7 Dolar-sent/kWh daha artmaktadır. YEKDEM mekanizmasından 2019 yılında toplam kurulu güçleri 6.481 MW olan 160 RES yararlanmıştır.

5. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB, 2018) tarafından, Türkiye'de önümüzdeki 10 yıl boyunca 10.000 MW rüzgâr ve 10.000 MW güneş yeni kapasite kurulumu yapılması planlandığı açıklanmıştır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji dönüşümünün ardındaki önemli etmenlerden biri de rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerinin azalan maliyetleri. Türkiye, küresel enerji sektöründeki değişimindeki eğilim ve gelişmeleri yakından takip ederek rüzgâr ve güneş enerjisi kaynaklarını efektif bir şekilde kullanma ve enerji sektöründe uluslararası oyuncular arasında yer alma potansiyeline sahiptir.

Yeni kapasite devreye girdikçe rüzgâr ve güneş enerjisinin şebekedeki payı artacaktır. Bu artışla birlikte, Türkiye'nin, enerji sisteminin güvenli ve güvenilir bir şekilde çalışmaya devam etmesini garanti altında almak için gerekli olan dönüşümü planlamaya başlaması gerekecektir. Birçok ülke, toplam üretimlerinde % 15 veya daha fazla rüzgâr ve güneş enerjisi payı elde etmeyi, büyük problemler yaşamaksızın başarmıştır. Danimarka, Almanya ve İspanya gibi bazı ülkeler, enerji üretiminin dörtte birine yakını veya daha fazlasını rüzgâr ve güneş enerjisinden sağlamaktadır. Danimarka ve Almanya, sistem güvenilirliği konusunda listenin en üst sıralarında yer almaktadır. Ülkeler enerji dönüşümü süreçlerinde, daha yüksek rüzgâr ve güneş enerjisi dağılımına imkân tanıyacak esnek bir enerji sistemine sahip olmak için kendi stratejilerini geliştirmişlerdir.

5.1. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Ülkemizde rüzgar enerjisi ölçümleri, iklim amaçlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce (DMİGM) yapılmaktadır. Ancak, ölçüm istasyonlarının genellikle yerleşim bölgelerinin içinde bulunması nedeniyle, gerçek değerler elde edilememektedir. Dünyada rüzgardan enerji üretimi teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, ülkemizin rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla, Elektrik Etüt İdaresi (EİE) tarafından bir çalışma başlatılmış ve 13 değişik gözlem istasyonu kurularak sonuçlar alınmaya başlanmıştır.

DMİGM tarafından 50 m yükseklikte yapılan rüzgar hızı ölçümlerine göre, 6.5 m/s'nin üzerindeki rüzgar hızları değerlendirildiğinde, Türkiye kara rüzgar potansiyeli 131756.40 MW; rüzgar hızının 7.0 m/s'nin üzerinde olduğu bölgeler dikkate alındığında, kara rüzgar potansiyeli 48000 MW olarak belirlenmiştir. Ayrıca, rüzgar hızının 6.5 m/s'nin üzerinde olduğu alanlarda Türkiye deniz rüzgar potansiyeli 17393.20 MW olarak tespit edilmiştir. Türkiye'nin en çok rüzgar alan bölgeleri Marmara, Ege Bölgesi ve sahilleri ile Güney Doğu Anadolu Bölgesidir. Marmara bölgesinde yıllık ortalama rüzgar hızı 3.29 m/s ve rüzgar yoğunluğu 51.91 W/m², aynı değerler sırasıyla Güney Doğu Anadolu Bölgesi için 2.69 m/s ve 29.33 W/m², Ege Bölgesi için 2.65 m/s ve 23.47 W/m²'dir. Rüzgar santralleri yoğun olarak Balıkesir, Manisa, İzmir, Hatay, Osmaniye, Çanakkale ve İstanbul illerinde yer almaktadır.

Türkiye'nin hedefi 2020 yılında tüketilen elektrik enerjisinin %10'unu rüzgardan karşılamaktır. Ayrıca, 2027 yılına kadar 16000 MW'lık rüzgar enerjisi kapasitesinin devreye alınması hedeflenmektedir. Türkiye'nin karadaki rüzgar potansiyelinin 37000 MW, deniz üstü (offshore) rüzgar potansiyelinin ise 11000 MW olduğu öngörülmektedir. Türkiye toplamda 48000 MW'lık rüzgar enerjisi potansiyeliyle, elektrik ihtiyacının yarısını bu kaynaktan karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

5.2. Türkiye’de Rüzgardan Elektrik Üretiminin Gelişimi

Yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru oluşan hava akımının diğer bir deyişle rüzgarın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye ardından elektrik enerjisine çeviren sistemlere rüzgar türbini denir. Ticari olarak işletilen rüzgar elektrik santrallerindeki (RES) rüzgar türbinleri genellikle 5–6 m/s (18–21.6 km/h) hızda devreye girip, yine genel olarak 25–30 m/s (90–108 km/h) rüzgar hızında kendini korumaya alır. Daha küçük rüzgar türbinleri 2 m/s veya 7.2 km/h rüzgar hızında da devreye girebilmektedir. Türkiye’de işletmede bulunan rüzgar santrallerinde kullanılan rüzgar türbinleri Almanya, Danimarka, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya, Çin, Fransa, Hindistan ve Türkiye gibi farklı menşeilere sahip olup, bu ülkelerde geliştirilmiş Enercon, Nordex, Vestas, GE, Siemens, Gamesa, Sinovel, Alstom, Suzlon, Vira ve Milres gibi markalardır.

Türkiye’de ilk rüzgar santrali 1998 yılında İzmir’de kurulmuştur. Türkiye’de ilk olarak 1998 yılında başlayan rüzgar ile elektrik üretimi ilk yılını 6 milyon kWh üretim ile kapatmıştır. Sonraki yıl 21 milyon kWh’e çıkan üretim miktarı %250 artış göstermiştir. Sektörün henüz emeklediği bu yıllarda hızlı büyümeler görülse de 2015 yılını 11.5 milyar kWh üretim ile kapatan sektör 2014 yılına göre üretimini %38 oranında arttırmayı başarmıştır.

Ayrıca, yine 2016 yılı Haziran ayında TÜBİTAK öncülüğünde, 41 milyon lira bütçeli Milli Rüzgar Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi (MİLRES) Projesi kapsamında üretilen ve testleri tamamlanan ilk yerli rüzgar türbininin elektrik üretimine hazır hale getirilmiştir. Proje kapsamında geliştirilen ve Milres adı verilmiş olan 500 kW gücündeki prototip türbin İstanbul’da Terkos Barajı kıyısında kurulmuştur ve İSKİ tarafından işletilmektedir. Bu aşamadan sonra yerli rüzgâr türbininin ticarileşmesine yönelik çalışmalar başlamıştır. Projede yeni hedef, 2.5 MW ve üzeri türbinler geliştirerek bunların ticarileşmesini sağlamaktır. Projenin uzun dönemli hedefi, toplam 40 GW rüzgâr enerjisi kapasitesi kurulumu için yurtdışına çıkacağı hesaplanan 40 milyar dolarlık kaynağın %25’inin yerli türbin teknolojileri ile karşılanmasıdır. Böylece 10 milyar dolarlık kaynağın yurtdışına çıkması önlenmiş olacaktır.

5.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi

Türkiye’de RES’leri için son on yılda (2008–2018) toplam kurulu kapasite gelişimi Şekil 5.1’de verilmiştir. Türkiye’de toplam RES kurulu kapasitesi 2008 yılında 363.7 W seviyelerinde iken, 2018 yılında 7369.35 MW seviyesine ulaşmıştır. Oransal olarak en yüksek kapasite artışı 2008–2009 yıllarında yaşanmıştır. 2008 yılında 363.7 MW olan toplam RES kapasitesi, % 117.65 oranında artarak, 2009 yılında 791.6 MW değerine yükselmiştir. İkinci en yüksek kapasite artışı 2009–2010 yıllarında kaydedilmiş olup, (791.6→1329.15 MW) artış oranı % 67.91 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de 2010–2016 yılları arasında toplam RES kapasitesindeki ortalama artış oranı % 28.98 olarak gerçekleşmiştir. Toplam RES kapasitesindeki artış oranı 2016 yılından sonra azalmaya başlamıştır. Toplam RES kapasitesi 2016 yılında 61006.5 MW iken, % 12.55 oranında artarak, 2017 yılında 6877.10 MW seviyesine yükselmiştir. Toplam RES kapasitesindeki artış oranı en düşük 2017–2018 yıllarında yaşanmış olup, kapasite artışı 7.26 olarak gerçekleşmiştir. Toplam RES kapasitesi değer olarak en fazla 2015–2016 yıllarında artmıştır. Toplam RES kapasitesi 2015 yılında 4718.30 MW iken, 1387.75 MW artarak 2016 yılında 6106.05 MW seviyesine yükselmiştir.

Şekil 5.1: Türkiye’de rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin gelişimi (TÜREB, 2019)

Türkiye’de RES’lerinde 2018 yılında toplam 19752.159 MWh elektrik üretilmiştir. RES’lerinde 2018 yılında aylık ortalama elektrik üretimi 1646.013 MWh olarak gerçekleşmiştir. RES’lerinde üretilen elektrik miktarı Mart (2035.273 MWh), Ağustos (2332.268 MWh) ve Kasım (2035.213 MWh) aylarında 2000 MWh’in üzerinde gerçekleşmiştir. Türkiye’de 2018 yılında RES’lerinin elektrik üretimindeki payı yıllık ortalama % 6.78 olara gerçekleşmiştir. 2018 yılında RES’lerinin elektrik üretimindeki payı en düşük Temmuz ayında (% 5.04), en yüksek ise Ağustos ayında (% 8.78) gerçekleşmiştir (EPIAŞ, 2019).

Türkiye’de 2023 yılında RES kurulu gücünün, toplam elektrik kurulu gücünün (100 000 MW) % 20’sine karşılık gelecek şekilde 20 000 MW değerine ulaşması hedeflenmektedir. Rüzgar potansiyeli ve 2023 yılı hedefleri dikkate alındığında, günümüzdeki RES kurulu gücü az olmakla birlikte, son on yıllık süreçte önemli gelişmeler sağlanmıştır. 2014 yılı sonunda 3762 MW olan RES kurulu gücü, 2015 yılının ilk yarısında 430 MW değerinde bir artışla 4192 MW düzeyine ulaşmıştır. Türkiye’de tüketilen elektriğin % 6’lık bir bölümü rüzgar enerjisinden üretilmektedir. Bu değer 2023 yılında % 20 düzeyine yükseltilmesi hedeflenmektedir.

5.3.1. İşletmedeki Rüzgar Enerjisi Santralleri

Türkiye’de toplam 180 adet RES işletmede bulunmaktadır. İşletmedeki RES’lerinin kurulu güçleri toplamı 7369.35 MW’tır. Türkiye’de en fazla RES kurulu güç kapasitesine sahip ilk on şirketin Tablo 5.1’de verilmiştir. Türkiye’de işletmedeki RES’lerini toplam 3727.85 MW kapasiteye sahip bölümü Tablo 5.1’de belirtilen ilk on ilde bulunmaktadır. En fazla RES kurulu gücüne sahip ilk beş şirketin toplam RES kurulu gücündeki payı % 32.07’dir. RES kurulu gücüne sahip ilk beş şirket toplam 49 adet RES’ne sahip olup, bu miktar Türkiye’de işletmedeki RES’lerinin % 27.22’sine karşılık gelmektedir. POLAT enerji şirketi, Türkiye’de en fazla RES kurulu gücüne (566.68 MW) sahip olup, toplam RES kurulu gücündeki payı % 7.79 seviyesindedir.

Tablo 5.1: Türkiye’de RES Yatırımcıları (TÜREB, 2019)

Sıra	Yatırımcılar	Kurulu Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Yüzdelik Oranı (%)
1	POLAT Enerji	566.68	8	7.69
2	DEMİRER Enerji	494.67	18	6.71
3	GÜRİŞ	481.25	9	6.53
4	BORUSAN EnBW Enerji	436.05	8	5.92
5	EKSİM Holding	385.00	6	5.22
6	BİLGİN Enerji	371.50	-	5.04
7	FİNA Enerji	336.00	-	4.56
8	FERNAS	229.60	-	3.12
9	ZORLU Enerji	215.30	-	2.92
10	ENERJİSA	211.90	-	2.88
	TOPLAM	3727.85		50.59

İşletmedeki RES’lerin türbin markalarına göre dağılımında, NORDEX firması toplam 2021.10 MW kurulu güç ile birinci (% 27.83) sırayı almaktadır. NORDEX firmasını sırasıyla, VESTAS (%21.50), ENERCON (% 18.36), GE (% 16.69) ve SIEMENS GAMESA (% 13.04) firmaları izlemektedir. Belirtilen ilk beş firma toplam kurulu kapasitenin % 97.42’sini oluşturmaktadır.

Türkiye’de işletmedeki RES’lerin % 38.43’ü Ege Bölgesinde bulunmaktadır. Ege Bölgesinde RES kurulu kapasitesi toplam 2832.05 MW’tır. Ege Bölgesini sırasıyla Marmara (% 33.23; 2448.95 MW), Akdeniz (% 13.52; 996.10 MW), İç Anadolu (% 9.86; 726.70 MW), Karadeniz (% 3.70; 272.50 MW) ve Güneydoğu Anadolu (% 1.26; 93.05 MW) bölgeleri izlemektedir.

Tablo 5.2: Türkiye’de İşletmedeki RES’lerinin İllere Dağılımı (TÜREB, 2019)

Sıra	İl	Kurulu Güç (MW)	Yüzdelik Oranı (%)
1	İzmir	1405.20	19.07
2	Balıkesir	1123.25	15.24
3	Manisa	669.95	9.09
4	Hatay	364.50	4.95
5	Çanakkale	362.80	4.92
6	Afyonkarahisar	268.45	3.64
7	Osmaniye	265.30	3.60
8	Kayseri	264.90	3.59
9	İstanbul	256.90	3.49
10	Aydın	237.20	3.22
	TOPLAM	5218.45	70.81

Türkiye’de en fazla RES kurulu güç kapasitesine sahip ilk on il Tablo 5.2’de verilmiştir. En fazla RES kurulu gücüne sahip ilk on ilin işletmedeki toplam RES kurulu gücündeki payı % 70.81’dir. Türkiye’de işletmedeki toplam 7369.35 MW kapasitesindeki RES’i kurulu gücünün 5218.45 MW’lık bölümü Tablo 5.2’de belirtilen ilk on ilde bulunmaktadır. Türkiye’de işletmedeki en fazla (1405.20 MW) RES İzmir ilinde bulunmaktadır. İzmir ilinde bulunan işletmedeki RES’lerinin Türkiye’nin toplam RES kurulu gücündeki payı % 19.07 seviyesindedir. İzmir ilini, 1123.25 MW kurulu kapasite ile Balıkesir (%15.24), 669.95 MW ile Manisa (%9.09), 364.50 MW ile Hatay (%4.95) ve 362.80 MW ile Çanakkale (%4.92) illeri izlemektedir.

5.3.2. Yapım Aşamasındaki Rüzgar Enerjisi Santralleri

Türkiye’de Ocak 2012-Ocak 2019 döneminde yapım aşamasındaki RES’lerin kurulu kapasite ve oranlarının değişimi Şekil 5.2’de verilmiştir. Türkiye’de 2012 (Temmuz)-2015 (Temmuz)

döneminde yapım aşamasındaki RES'ler sürekli olarak artış göstermiştir. Yapım aşamasındaki RES kapasitesindeki en fazla artış 2013 yılı Ocak-Temmuz ayları arasında yaşanmıştır. Ocak-2013 tarihinde yapım aşamasındaki RES kurulu gücü 604.15 MW düzeyinde iken, % 60.62 oranında artarak, Temmuz 2013 tarihinde 970.40 MW düzeyine ulaşmıştır. Yapım aşamasındaki RES'lerinin kuru güçleri toplamı 2015 (Temmuz) tarihinden itibaren azalmaya başlamış ve bu azalma 2018 yılı Ocak ayına kadar devam etmiştir. Yapım aşamasındaki RES'lerin kurulu güçleri toplamı, 2018 yılı Ocak ayında 552.78 MW düzeyinde iken % 60.15 oranında artarak Temmuz (2018) ayında 885.27 MW düzeyine ulaşmıştır. Yapım aşamasındaki RES'lerin kurulu güçleri toplamı, 2019 yılı Ocak ayı itibarıyla 606.20 MW düzeyindedir.

Şekil 5.2: Türkiye’de yapım aşamasında RES’lerin kapasitelerinin değişimi (TÜREB, 2019)

Yapım aşamasında kurulu kapasiteleri 1–10 MW aralığında olan 4 adet, 10–20 MW aralığında olan 2 adet, 20–30 MW aralığında olan 6, 30–40 MW aralığında olan 2 adet ve 50–130 MW aralığında olan 4 adet RES bulunmaktadır. Yapım aşamasındaki RES’leri arasında en yüksek kurulu kapasiteye sahip RES, Tatlıpınar RES (Balıkesir) olup, toplam kurulu kapasitesi 124.80 MW’tır. Bu santralde, her biri 3.9 MW gücünde olan Nordex marka N131 model rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Yapım aşamasındaki RES’leri arasında ikinci ve üçüncü en yüksek kurulu kapasiteye sahip olan RES’leri, Üçpınar RES (Çanakkale) ve Denizli RES (Denizli) olup, toplam kurulu kapasiteleri sırasıyla 99 MW ve 66 MW’tır. Bu her iki RES’inde de her biri 3.4 MW olan Siemens Gamesa marka SG DD 108 model rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Türkiye’de yapım aşamasındaki RES’lerinin kurulu kapasite olarak % 81.57’sine karşılık gelen toplam 494.40 MW gücündeki 9 adet RES’ini 5 firma yapmaktadır (Tablo 5.3). Yapım aşamasında olan RES’lerinin; % 56.22’sine karşılık gelen toplam 340.80 MW kapasitedeki RES’inde Siemens Gamesa marka ve % 39.59’una karşılık gelen toplam 240 MW kapasitedeki RES’inde Nordex marka rüzgar türbinleri kullanılmaktadır.

Yapım aşamasındaki RES’lerin % 65.75’ine karşılık gelen 398.60 MW’lık kurulu kapasite Marmara, % 22.91’ine karşılık gelen 138.90 MW kurulu kapasite Ege, % 8.22’ine karşılık gelen 49.80 MW kurulu kapasite İç Anadolu, % 1.93’üne karşılık gelen 11.70 MW kurulu kapasite Doğu Anadolu ve % 1.19’una karşılık gelen 7.20 MW kurulu kapasite Karadeniz Bölgesinde kurulmaktadır. Yapım aşamasındaki RES’lerin % 33.55’ine karşılık gelen 203.40 MW’lık kurulu kapasite Çanakkale, % 20.59’üne karşılık gelen 124.80 MW kurulu kapasite Balıkesir, % 12.03’üne karşılık gelen 72.90 MW kurulu kapasite İzmir, % 10.89’una karşılık gelen 66 MW kurulu kapasite Denizli ve % 6.63’üne karşılık gelen 40.20 MW kurulu kapasite İstanbul illerinde kurulmaktadır.

Tablo 5.3: Yapım Aşamasındaki RES’lerini Yapan İlk Beş Firma (TÜREB, 2019)

Sıra	Firma Adı	Kurulu Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Yüzdelik Oranı (%)
1	AKFEN Enerji	243.00	4	40.09
2	AĞAOĞLU Enerji	124.80	1	20.59
3	SANCAK Enerji	72.60	2	11.98
4	EKSİM Holding	28.80	1	4.75
5	BORUSAN EnBW Enerji	25.20	1	4.16
	TOPLAM	494.4	9	81.57

5.3.3. Lisanslı Rüzgar Enerjisi Santralleri

Türkiye’de toplam 38 farklı yatırımcı tarafından yapılmış olan toplam 2239.96 MW kurulu kapasiteye sahip 54 adet lisanslı RES bulunmaktadır. Türkiye’de lisanslı RES’linin kurulu kapasite olarak % 53.61’ine karşılık gelen toplam 1200.80 MW gücündeki 14 adet lisanslı RES’ni 5 firma yapmaktadır (Tablo 5.4).

Tablo 5.4: Lisanslı RES’lerini Yapan İlk Beş Firma (TÜREB, 2019)

Sıra	Firma Adı	Kurulu Güç (MW)	Santral Sayısı (Adet)	Yüzdelik Oranı (%)
1	TÜRKERLER	477.80	9	21.33
2	GÜRIŞ	229.00	2	10.22
3	BOYDAK	202.00	2	9.02
4	BEREKET Enerji	154.00	2	6.88
5	BORUSAN EnBW Enerji	138.00	1	6.16
	TOPLAM	1200.80	14	53.61

Türkiye’deki lisanslı RES’lerin % 59.10’una karşılık gelen 1323.81 MW’lık kurulu kapasite Marmara, % 23.52’sine karşılık gelen 526.95 MW kurulu kapasite Ege, % 8.21’sine karşılık gelen 184 MW kurulu kapasite Karadeniz, % 7.55’ine karşılık gelen 169.20 MW kurulu kapasite İç Anadolu ve % 1.61’ine karşılık gelen 36 MW kurulu kapasite Akdeniz Bölgesinde bulunmaktadır. Lisanslı RES’lerin tamamı 24 farklı ilde bulunmaktadır. En yüksek kurulu kapasitede lisanslı RES’ne sahip ilk on il; İstanbul (344.40 MW), Çanakkale (258 MW), Kocaeli (169 MW), Kırklareli (155 MW), Aydın (139 MW), İzmir (133.15 MW), Bilecik (120 MW), Zonguldak (120 MW), Manisa (112 MW) ve Afyonkarahisar (109 MW) olarak sıralanmaktadır.

5.3.4. Ön Lisanslı Rüzgar Enerjisi Santralleri

Türkiye’de toplam 18 farklı yatırımcı tarafından tasarımlanmış olan toplam 4483.61 MW kurulu kapasiteye sahip 100 adet ön lisanslı RES bulunmaktadır. Türkiye’de ön lisanslı RES’linin kurulu kapasite olarak % 58.82’sine karşılık gelen toplam 2636.36 MW gücündeki ön lisanslı RES 5 firma yapmaktadır (Tablo 5.5).

Tablo 5.5: Türkiye’de Ön Lisanslı RES’lerini Tasarımlayan İlk Beş Firma (TÜREB, 2019)

Sıra	Firma Adı	Kurulu Güç (MW)	Yüzdelik Oranı (%)
1	YEKA Konsorsiyumu	1000.00	22.30
2	POLAT Enerji	572.90	12.78
3	BORUSAN EnBW Enerji	393.46	8.78
4	TÜRKERLER	336.00	7.51
5	ÖZGÜL Holding	334.00	7.45
	TOPLAM	2636.36	58.82

Türkiye'deki ön lisanslı RES'lerin % 45.78'ine karşılık gelen 2052.71 MW'lık kurulu kapasite Marmara, % 19.27'sine karşılık gelen 864.20 MW kurulu kapasite İç Anadolu, % 10.65'ine karşılık gelen 477.30 MW kurulu kapasite Akdeniz, % 9.58'ine karşılık gelen 429.50 MW kurulu kapasite Doğu Anadolu, % 7.14'üne karşılık gelen 320 MW kurulu kapasite Karadeniz, % 4.57'sine karşılık gelen 204.90 MW kurulu kapasite Ege ve % 3.01'ine karşılık gelen 135 MW kurulu kapasite Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunmaktadır. Türkiye'de ön lisanslı RES'lerin tamamı 53 farklı ilde bulunmaktadır. En yüksek kurulu kapasitede lisanslı RES'ne sahip ilk on il; Kırklareli (545 MW), Sivas (330 MW), Çanakkale (313.75 MW), Edirne (249.96 MW), Bursa (240 MW), Balıkesir (204 MW), Tekirdağ (160 MW), Karaman (136.20 MW), Mersin (124.30 MW) ve Adana (120 MW) olarak sıralanmaktadır.

Türkiye'de bağlantı kapasitesi alan, 49.50 MW gücünde Lodos RES (Bağlantı Bölgesi 11/Aydın-Muğla 50 MW) ve 10 MW gücünde Selin3 RES (Bağlantı Bölgesi 22/Çanakkale 260 MW) olmak üzere iki adet RES bulunmaktadır.

6. Sonuç ve Öneriler

Türkiye, coğrafi konumu ve jeolojik yapısı nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bu kaynaklardan en yüksek düzeyde yararlanmak hem enerji arz güvenliğine katkı sağlayacak hem de yeni istihdam alanlarının oluşumuna zemin hazırlayacaktır. Türkiye'de ağırlıklı olarak fosil yakıt ithalatına dayalı enerji tüketimi olması, ülkenin cari açığına yansımaktadır. Bu nedenle, enerji güvenliği sağlamak amacıyla, Türkiye'de yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmek için büyük bir fırsat bulunmaktadır.

Fosil yakıt dayalı enerji üretiminde ithalata bağlı üretim yapılmasının yanında, fosil yakıt rezervlerinin dünyada azalması sorunu ve yaratılan çevre kirliliği; dünya genelinde enerji üretimi için yeni kaynaklar aranmasına yol açmıştır. Yenilenebilir kaynaklar içinde sayılan hidrolik kaynaklara dayalı üretimde, bu sorunlar olmamasına rağmen barajların ekonomik ömürleri, baraj göllerinin yarattığı sorunlar yeni teknoloji arayışlarını hızlandırmıştır. Diğer taraftan nükleer kaynaklara dayalı enerji üretiminde yaşanan santral kazaları nedeniyle kamuoyunda bu tip santrallere karşı bir güvensizlik oluşmuştur. Dolayısıyla rüzgar, güneş, jeotermal gibi yeni kaynaklar gibi tükenme sorunu olmayan kaynaklardan enerji üretimi dünyada önem kazanmaya başlamıştır. Bu kaynakların yanında kentsel atıkların değerlendirilmesi, biokütle kullanımı ile enerji üretimi mevcut kaynağın yeniden kullanımını sağlayarak daha ekonomik enerji üretimi ve atıkların depolanma ve çevre kirliliği sorunlarına bir ölçüde yardımcı olmaktadır.

Ülkemizin sahip olduğu hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga ve akıntı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi açısından stratejik öneme sahiptir. Türkiye'de rüzgâr enerjisi konusunda olumlu gelişmeler yaşanmıştır. Ancak, yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksek olan ülkemizde güneş, rüzgâr, jeotermal gibi kaynakların kullanımının temel hedef haline getirilmesi gerekmektedir. İklim değişikliğiyle mücadele için fosil yakıt dayalı yatırımlar yerine, daha iddialı yenilenebilir enerji hedefleri konulmalı ve yatırımlar desteklemelidir. İklim değişikliğiyle mücadele, yerel hava kirliliğinin azaltılması, enerji güvenliğinin artırılması ve sosyoekonomik faydalardan yararlanılması dünya çapında gerçekleşen enerji dönüşümünün başlıca etkenleri arasındadır. Dünyadaki birçok ülke, sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişin nasıl sağlanabileceğine dair net örnekler sunmaktadır. Türkiye, hem yerli yenilenebilir enerji kaynaklarına hem de enerji verimliliğine yaptığı yatırımları artırarak, kendi enerji dönüşümünü başlatıp bu çabaya ortak olmaktadır. Bu dönüşüm, ülkenin cari açığını azaltmak ve hızla artan enerji talebini karşılayabilecek şekilde arz güvenliğini sağlamak amacıyla Türkiye'nin stratejik önceliklerinin başında gelmektedir.

Elektrik enerjisi üretiminde kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi, kaynakların etkin kullanılabilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından öne çıkan bir belirleyicidir. Örneğin doğal

gazın ithal edilen bir kaynak olması nedeniyle dış ticaret açığındaki payının yüksek olmasının yanı sıra tedarik riskinin de bulunmasından dolayı, doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının dönem sonuna kadar %38 seviyelerine indirilmesi hedeflenmektedir.

Birincil enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve ülkemizin sahip olduğu kaynakların rasyonel bir şekilde kullanılması hem sürekliliğin hem de düşük maliyetli enerji arzının kilit bileşenleridir. Kaynak çeşitliliği, hem kaynak tipinde hem de ithal edilen kaynağın sağlandığı ülkede çeşitliliği kapsamaktadır. Bu bağlamda, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması ve enerji kaynaklarımızın öne çıkarılması ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır.

Elektrik enerjisi üretiminde kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi, kaynakların etkin kullanılabilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından öne çıkan bir belirleyicidir. Örneğin doğal gazın ithal edilen bir kaynak olması nedeniyle dış ticaret açığındaki payının yüksek olmasının yanı sıra tedarik riskinin de bulunmasından dolayı, doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının dönem sonuna kadar %38 seviyelerine indirilmesi hedeflenmektedir.

Yenilenebilir enerji sektörünün gelişmesi ve yapılan düzenlemeler ile bu kaynakların kullanımı teşvik edilmekte, sektör yatırımcıların da ilgisi sayesinde gün geçtikçe gelişmektedir. Ancak, halihazırda düşük seviyede olan teşviklerin artırılması, tarım sektöründe bu kaynakların kullanıma yönelik ifadelerin yer alması sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Akdağ, S., & İskenderoğlu, Ö. (2018). Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerde Yenilenemeyen Enerji, Yenilenebilir Enerji Ve Nükleer Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Turkish Studies Economics, Finance and Politics*, 13/30:1–14.
- Akpınar, E., & Başbüyük, A. (2011). Jeoekonomik Önemi Giderek Artan Bir Enerji Kaynağı: Doğalgaz. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 6/3:119–136.
- Akzeybek, R. (2016). Enerji Güvenliği Bağlamında Çin’in Afrika Politikası. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 11/8:25–42.
- Altun, T. (2018). Hanelerde Enerji Verimliliği: Davranışsal Müdahaleler Ve Kamu Politikaları İçin Anahtar İlkeler. *Turkish Studies Economics, Finance And Politics*, 13/22:91–106.
- BNEF. (2019). Bloomberg New Energy Finance.
- Çoban, M.N., & Ölmez, Ü. (2016). Mavi Ekonomi Ve Mavi Büyüme. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 12/3:155–166.
- Dikmen, A.Ç. (2019). Türkiye’de Güneş Ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminin Sera Gazı Emisyonları Ve Çevre Maliyetinin Azalmasına Katkıları. *Turkish Studies*, 14/2:275–293.
- Doğanay, R. (2015). Enerji Savaşları Güncelinde Tarihe Bir Atıf: Chester Projesi. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10/9:169–192.
- Elmacı, S. (2018). Türkiye’de Nükleer Enerji Santralleri Kurulmasının Coğrafi Açidan Değerlendirilmesi. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 13/3:283–298.

- Elmastaş, N. (2015). Türkiye'nin Enerji Sektörü Açısından Şeyl (Kaya) Gazı Potansiyeli Ve Önemi. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10/14:291–310.
- Erdoğan, M., & Ganiev, J. (2016). Orta Asya Ülkelerinde Co2 Emisyonu, İktisadi Ve Finansal Gelişme Ve Fosil Yakıt Enerji Tüketimi İlişkisi. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 11/21:471–486.
- EPIAŞ. (2019). Elektrik Piyasası İşletme Anonim Şirketi, Ankara.
- ETKB. (2019). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- Koca, N., & Bulut, R. (2015). Sosyal Bilgiler Öğretmen Adaylarının Türkiye'nin Enerji Kaynaklarına İlişkin Görüşleri. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10/11:1007–1022.
- Kurt, Ü. (2019). Türkiye Ekonomisinde Finansal Gelişme, Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Turkish Studies*, 14/2:599–614.
- İslamova, P. (2015). Hazar Denizinin Statüsü Hakkında Görüşmeler Ve Bu Sürecin Yerel Ve Bölgesel Enerji Güvenliğine Etkisi. *Turkish Studies International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10/2:483–490.
- Özalp, M. (2019). Küresel Ölçekte Türkiye'nin Enerji Arz Ve Talep Güvenliği. *Turkish Studies*, 14/1:537–552.
- REN21. (2018). A comprehensive annual overview of the state of renewable energy. Renewables 2018 Global Status Report. REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- SHURA. (2018). Enerji Dönüşümü Merkezi, Rüzgâr ve Güneş Türkiye'de Enerji Dönüşümünü Nasıl Hızlandırabilir: Küresel Örnekler.
- TEİAŞ. (2019). Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara.
- TÜİK. (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜREB. (2019). Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. Green Office Kızılırmak Mah. 1443. Cad. No: 22/16 Çukurambar/Ankara.
- Ulusoy, T., & Atay, H. (2018). İl Özel İdarelerinde Alternatif Finansman Kaynakları: Karbon Sertifikaları Ve Kullanımı. *Turkish Studies Economics, Finance and Politics*, 13/30:477–494.