

Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi kirliliğe sebebiyet vermeyen önemli yenilenebilir ve tükenmeyen enerji türlerinden birisidir. Ucuzdur ve ticari boyutu giderek genişlemektedir. Giderek artan küresel iklim değişikliği ve enerji güvenliği hakkındaki endişeler, rüzgar enerjisini yeni ekonominin merkezine oturtmuştur. Konvansiyonel enerji kaynaklarından farklı olarak rüzgar enerjisi sera gazı salımına neden olmamaktadır. Rüzgar enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi elde etmek için rüzgar türbinleri kullanılır. Rüzgar türbinleri, rüzgar enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Rüzgar türbinleri dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre yatay eksenli veya dikey eksenli olarak imal edilirler. Bu tiplerden en fazla kullanılanı yatay eksenli rüzgar türbinleridir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, dönme eksenleri rüzgar yönüne paralel ve kanatları ise rüzgar yönüne dik vaziyette çalışırlar. Bu tip rüzgar türbinleri bir, iki, üç veya çok kanatlı yapılmaktadır.

Dünyada Rüzgar Enerjisi

Dünya rüzgar kaynağı 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta olup, 2011 yılı itibari ile toplam rüzgar enerjisi kurulu gücü yaklaşık 239 GW civarındadır²⁶ (BP, 2012). 2010 yılının başlarından itibaren OECD ülkelerinde de rüzgar enerjisi üretimi giderek artmıştır. Bu süreçte, büyük ölçekli rüzgar türbinlerinin boyutları giderek büyürken küçük ölçekli türbin kullanımı da artmaya devam etmiştir. Bununla birlikte rüzgar enerjisi projelerine ilgi artmaya devam etmektedir (REN21, 2012). 2020 yılında 1.245 GW dünya rüzgar gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar Euro olacağı belirtilmektedir. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3,79 Eurocents/kWh'dan 2,45 Euro-cents/kWh'a düşmesi beklenmektedir. Yine bu çalışmalarda, rüzgar türbinlerinde küresel piyasa 2020 yılına kadar simdiki 8 milyar Euro'dan 80 milyar Euro yıllık iş hacmine çıkacağı ifade edilmektedir.

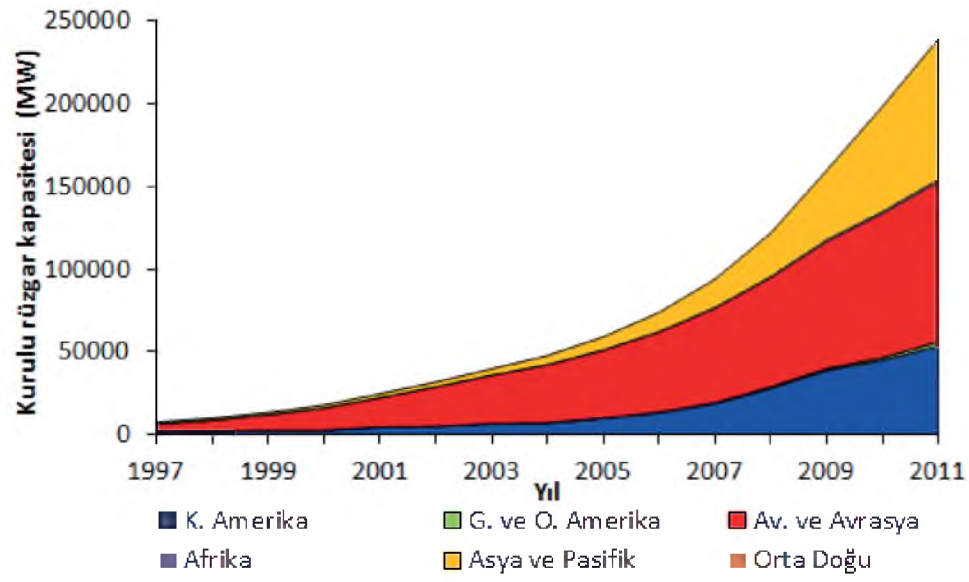
. Kurulu Rüzgar Türbin Kapasitesi

Şekil 5.1'de anakaralardaki eklenik kurulu rüzgar türbin kapasitelerinin (MW) 1997-2011 dönemindeki değişimleri görülmektedir. Buna göre, dünya kurulu rüzgar türbin ya da RES kapasitesinde, bölgesel olarak en büyük katkının Avrupa ve Avrasya'dan geldiği, ikinci ve üçüncü sıralarda Kuzey Amerika ve Asya-Pasifik anakaralarının yer aldığı hızlı doğrusal artış eğilimleri egemendir. Son yıllardaki artış eğilimi, özellikle Asya ve Pasifik anakarasında daha hızlıdır. 2011 gerçekleşmiş verilerine göre, Dünya toplam kurulu rüzgar türbin kapasitesi 1990 yılında 7.644 MW iken, kapasite 2011 yılında 239.485,05 MW düzeyine tırmanmıştır. Öte yandan, ülkelerin 2011 yılı Rüzgar Enerjisi Kapasiteleri (MW) ve dünya toplamındaki payları karşılaştırıldığında, ilk beş sırayı, sırasıyla, Çin (%26,1), ABD (%19,7), Almanya (%12,1), İspanya (%9,1) ve Hindistan'ın (%6,7) aldığı, Türkiye'nin ise henüz %0,7 oranı ile 19. sırada yer aldığı görülmektedir.

²⁵ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Rüzgar Enerjisi, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.

²⁶ Wind Energy Barometer, <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro201.pdf>, Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.

²⁷ Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr>, Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.



Anakaralardaki Eklenik Kurulu Rüzgar Türbin Kapasitelerinin (MW) 1997-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak veri: BP, 2012)

2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Rüzgar Enerji Kapasitesi (MW)
Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)*

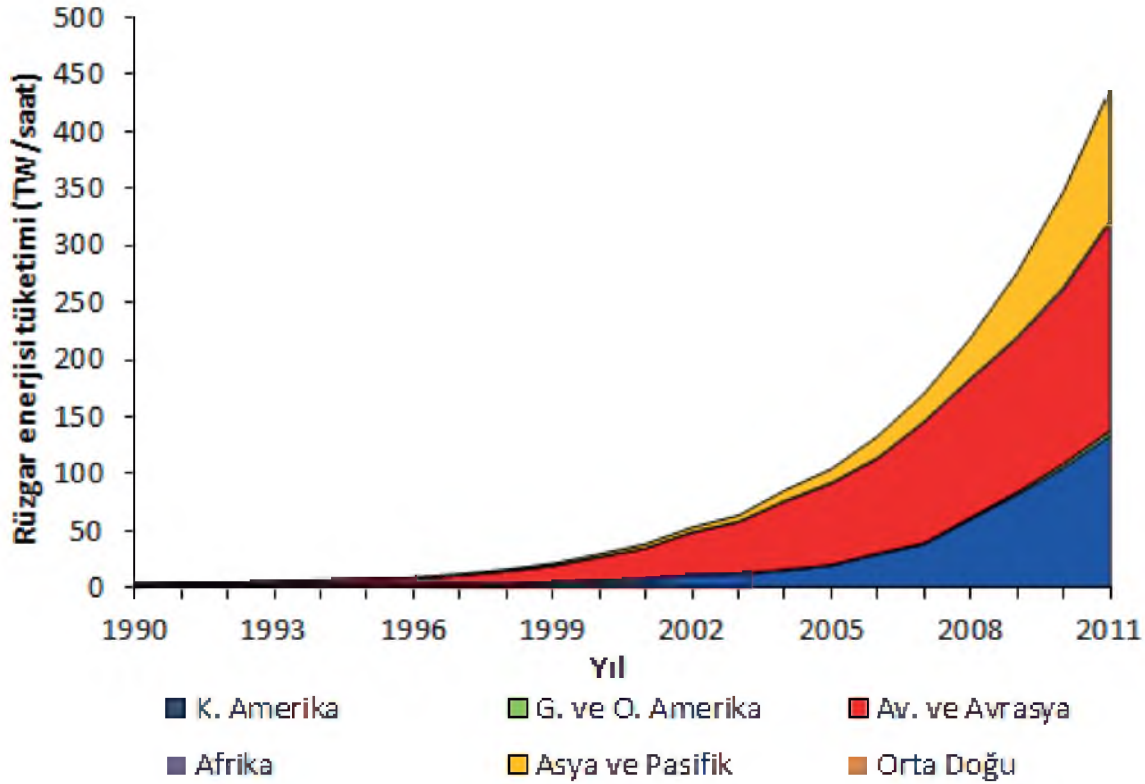
Ülke	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2011 payı (%)
Çin Halk Cumhuriyeti	406	571	1.264	5.875	25.853	62.412	26,1
ABD	4.245	6.361	9.181	16.879	35.159	47.084	19,7
Almanya	8.750	14.604	18.390	22.194	25.703	29.075	12,1
İspanya	3.522	6.185	10.013	15.155	19.160	21.726	9,1
Hindistan	1.456	2.125	4.430	7.845	10.926	16.078	6,7
Fransa	115	274	775	2.471	4.775	6.836	2,9
İtalya	700	922	1.713	2.721	4.845	6.743	2,8
İngiltere	525	759	1.336	2.477	4.424	6.470	2,7
Kanada	214	351	683	1.845	3.321	5.278	2,2
Portekiz	153	311	1.087	2.150	3.474	4.214	1,8
Danimarka	2.456	3.076	3.087	3.088	3.408	3.926	1,6
İsveç	318	428	554	789	1.537	2.904	1,2
Japonya	357	761	1.159	1.681	2.208	2.595	1,1
Hollanda	523	938	1.221	1.745	2.226	2.309	1,0
Avustralya	71	240	717	972	1.886	2.476	1,0
Yunanistan	276	408	603	850	1.155	1.627	0,7
İrlanda	129	230	498	807	1.187	1.688	0,7
Polonya	24	55	65	313	849	1.667	0,7
Türkiye	19	20	20	147	801	1.729	0,7
Brezilya	22	29	29	247	606	1.425	0,6
Meksika	3	3	3	86	453	1.123	0,5
Avusturya	94	415	820	983	997	1.086	0,5
Belçika	34	78	177	297	605	1.147	0,5
Kalan Avrupa ve Avrasya	43	92	160	324	565	1.085	0,5
Kalan G. - Orta Amerika	9	50	54	79	321	930	0,4
Romanya	-	-	0	15	129	990	0,4
Yeni Zelanda	35	56	167	321	467	603	0,3
Bulgaristan	-	-	0	18	131	582	0,2
Norveç	17	101	275	355	390	496	0,2
Mısır	69	123	180	310	552	552	0,2
Kore Cumhuriyeti	10	21	89	235	311	370	0,2
Tayvan	8	9	72	224	411	499	0,2
Kosta Rika	71	79	79	79	129	192	0,1
Finlandiya	40	53	85	113	117	178	0,1
Macaristan	1	3	17	65	229	357	0,1
Fas	54	54	64	124	254	292	0,1
Tunus	11	28	28	28	160	277	0,1
Kalan Afrika	3	6	6	7	49	125	0,1
Kalan Asya - Pasifik	6	7	34	40	74	123	0,1
Arjantin	27	30	31	31	33	112	0,0
Iran	9	12	21	74	92	91	0,0
Kalan Orta Doğu	9	9	9	9	9	13	0,0
Dünya Toplam	24.836	3.993	59.269	94.231	159.981	239.485	100,0

* BP, 2012.

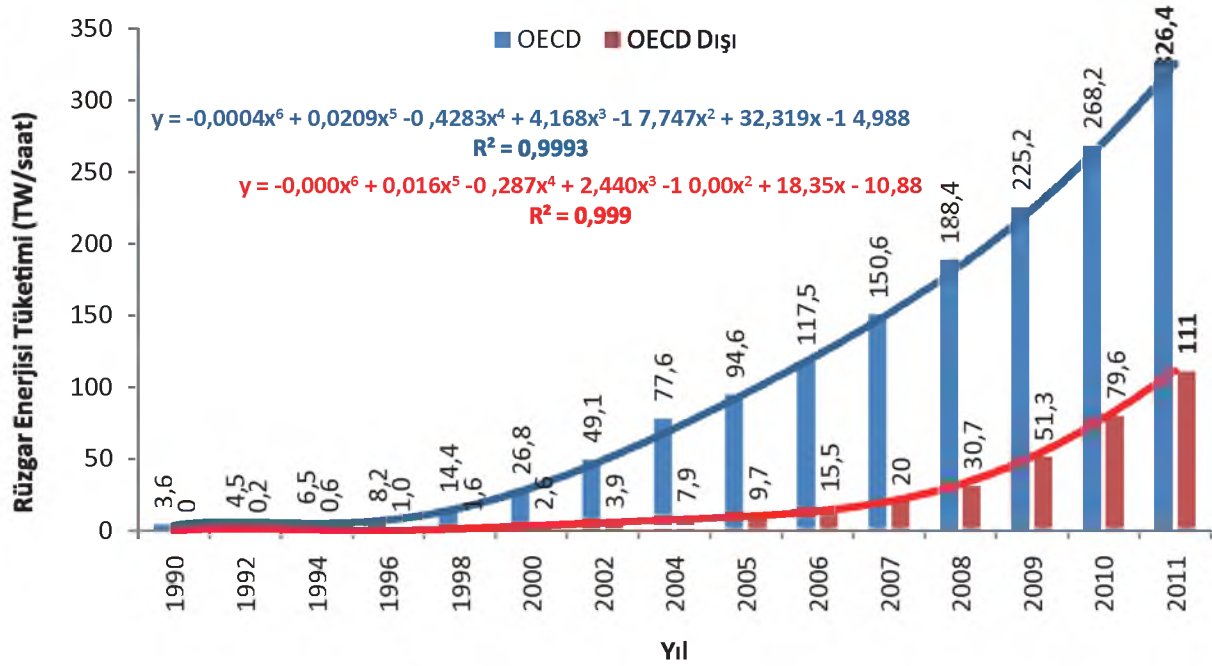
Rüzgar Enerjisi Tüketimi

Anakaralardaki rüzgar enerjisi tüketiminin (TW/saat) 1990-2011 dönemindeki değişimleri Şekil 5.2'de verilmiştir. 2011 gerçekleşmiş verilerine göre, Dünya toplam rüzgar enerjisi tüketimi 1990 yılında 3,64 TW/saat iken, kapasite 2000'li yıllarla birlikte kuvvetli bir artış eğilimi göstererek 2011 yılında 437,41 TW/saat düzeyine çıkmıştır.

1990 yılında 3,6 TW/saat olan OECD ülkeleri rüzgar enerjisi tüketimi, sürekli artış eğilimi göstererek 2002 yılında 49,1 TW/saat'e, sonrasında artış eğilimi daha da hızlanarak, tüketim düzeyi 2011 yılında 326 TW/saat'e çıkmıştır (Şekil 5.3). 2000'li yılların ortasına kadar önemli bir değişikliğin gözlenmediği OECD dışı rüzgar enerjisi tüketimiye, artış eğiliminin hızlanması sonucunda, 2005 yılındaki 9,7 TW/saat'ten 2011 yılında OECD tüketiminin yaklaşık 1/3'üne eşit olan 111 TW/saat düzeyine yükselmiştir (Şekil 5.3).



anakaralardaki Rüzgar Enerjisi Tüketiminin (TW/saat) 1990-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak veri: BP, 2012) 1 TW = 1012W



OECD ve OECD Dışı Ülkelerde Rüzgar Enerjisi Tüketiminin 1990-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak veri: BP, 2012) 1 TW = 1012 W

Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)

Enerji kaynaklarını çeşitlendirmek ve kaynak temini konusunda dışa bağımlılığı en aza indirmek açısından, yenilenebilir enerji üretim ve tüketiminin birincil enerji içerisindeki payının artırılması oldukça önemlidir. Günümüzde, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tümünün değerlendirilmesine yönelik bilgi ve güvenilir verilere dayalı çalışmaların hızlanması ve özellikle iklim ve çevre dostu temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin ülke ekonomisine kazandırılması, gerçekte bir zorunluluktur.

Bu amaç doğrultusunda öncelikli olarak, Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyelinin ve yatırım yapılabilecek rüzgar kaynak alanlarının bilinmesi gerekir. Bu kapsamda, aşağıdaki sorular ve onlara verilebilecek “en doğru, en güvenilir ve uygulanabilir” yanıtlar önem kazanmaktadır:

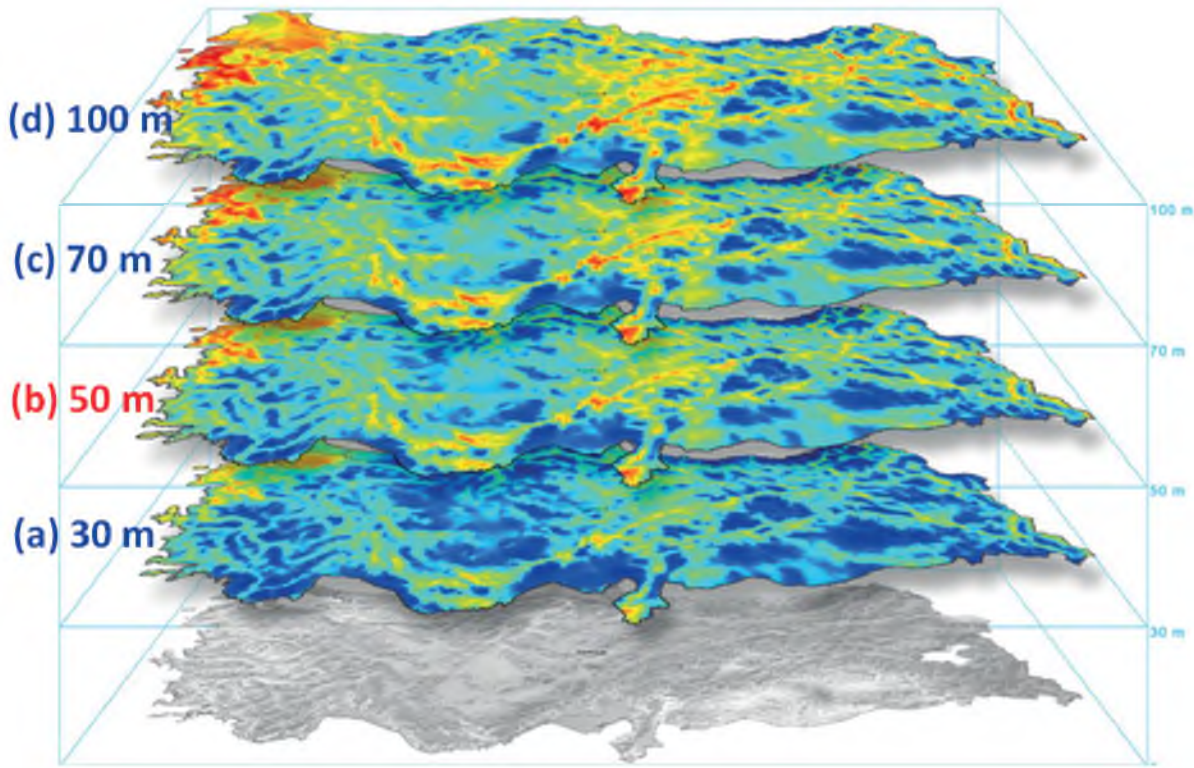
1. En iyi (hız, süreklilik, hız ve yönde ısrar, vb.) rüzgar hangi noktalarda ve alanlarda oluşmaktadır?
2. Rüzgar enerji türbini kurulması düşünülen alandan ne kadar enerji elde edilebilir (rüzgar güç potansiyeli) ?
3. Rüzgar türbin performansı, türbülans ya da diğer rüzgar kaynak değişkenlerinden etkilenir mi?
4. Ekonomik rüzgar geliştirme olanağı ne kadardır?
5. En belirgin engeller ve özendirici koşullar nelerdir?
6. Söz konusu olası yerde ve belirli bir teknoloji kullanılarak kurulacak olan rüzgar enerjisi santralinden (RES) elde edilecek olan elektriğin, üretim maliyeti nedir?

Türkiye’de genel rüzgar klimatolojisi ve rüzgar enerjisi çalışmalarının geçmişi, eski Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü (bugünkü adıyla Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü) ve Meteor-

oloji Genel Müdürlüğü'nce (MGM) ayrı ayrı ve birlikte gerçekleştirilmiş olan etkinlik ve araştırmalar ile yine bu kurumların Avrupa Rüzgar Atlası kapsamında ortaklaşa ürettikleri Türkiye Rüzgar Atlası'na dayanır. Bu araştırma ve uygulama çalışmalarının en son aşaması olan Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgileriyle hazırlanmıştır.

REPA yardımıyla, Türkiye ölçeğinde ve 200 m x 200 m çözünürlüğünde, aşağıdaki bilgi, veri ve öngörüler elde edilebilir:

1. 30 m, 50 m, 70 m ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük ortalama rüzgar hızları (m/s) (Şekil 5.4),
2. 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgar güç yoğunlukları (W/m²),
3. 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü (%),
4. 50 m yükseklikteki yıllık rüzgar sınıfları (1-7 arasında),
5. 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık hava sıcaklığı (°C) değerleri,
6. Deniz seviyesinde ve 50 m yükseklikteki aylık hava basıncı (hPa) değerleri, vb.



30 m, 50 m, 70 m ve 100 m Yükseklikler İçin Hesaplanmış Olan Türkiye REPA Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) Dağılım Katmanları (REPA'ya Göre Çalışkan 2011'dan)

Rüzgar Kaynak Bilgileri ve Tematik Haritalarla Birlikte Gösterimi

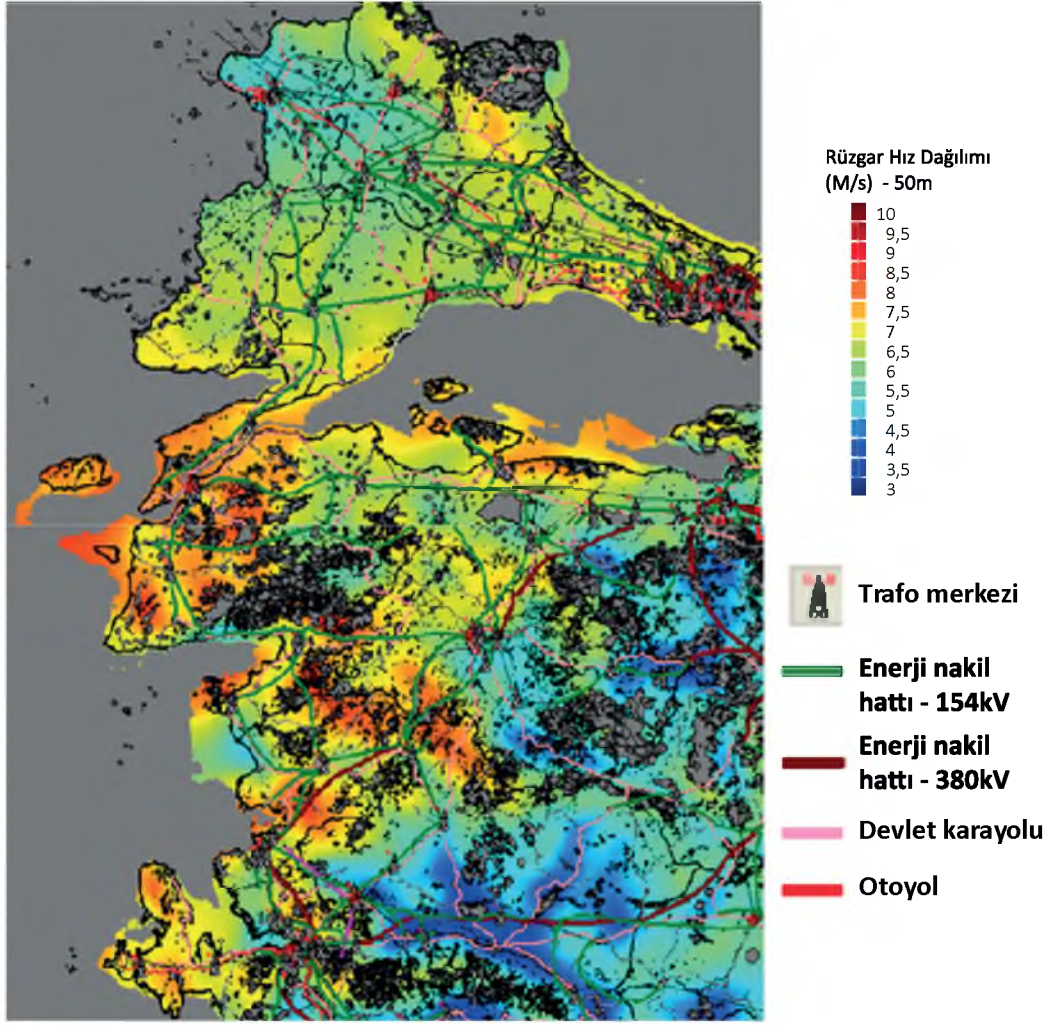
REPA sistemi kullanılarak, rüzgar kaynak bilgileri, çeşitli tematik haritalarla desteklenerek Türkiye geneli, grid, coğrafi bölge, il ve seçilecek herhangi bir alan ya da nokta bazında sorgulanabilir. Böylece RES kurulabilecek alanlar kolaylıkla belirlenmekte, fizibilite çalışmaları yapılabilenekte, rüzgar kaynağı arama amacıyla yapılan çalışmalardan tasarruf sağlanmaktadır.

REPA sistemi rüzgar kaynak bilgileri şunları içerir:

1. Arazi pürüzlülüğü,
2. Kara ve deniz topografyası, yükseklik değerleri,
3. Arazi eğimi,
4. Yerleşim birimleri,
5. Yerleşim alanları,
6. Göller,
7. Nehirler,
8. Sulak alanlar,
9. Kara, demir ve hava yolları,
10. Limanlar,
11. Trafo merkezleri,
12. Enerji nakil hatları,
13. Enerji santralleri,
14. Deprem üretebilecek faylar,
15. Arazi kullanım şekli,
16. RES başvurularının yerleri,
17. Ormanlar,
18. Çevre koruma alanları ve kuş göç yolları.

Bölge ve il haritalarında siyah ve gri olarak renklendirilmiş alanlar rüzgar potansiyeli yüksek olmasına karşın, aşağıdaki kabullere göre rüzgar enerjisi uygulamaları açısından elverişli olmayan alanları gösterir:

1. Yükseltisi 1.500 m ve eğimi %20'den fazla olan alanlar,
2. Mücavir alanlar ve köyler,
3. Kara ve demir yolları ile hava alanları ve limanlar,
4. Akarsular, göller ve orman alanlarının bir bölümü ile çevre koruma alanları,
5. Enerji santralleri,
6. Emniyet kuşakları,
7. Derinliği 50 m'den fazla olan deniz alanları.



Marmara Bölgesi ve Kuzey Ege'de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin (RES) Kurulması İçin Uygun Olmayan Ya Da Kurulamayacağı Kabul Edilen Alanlar (REPA'ya Göre Çalışkan 2011'den)

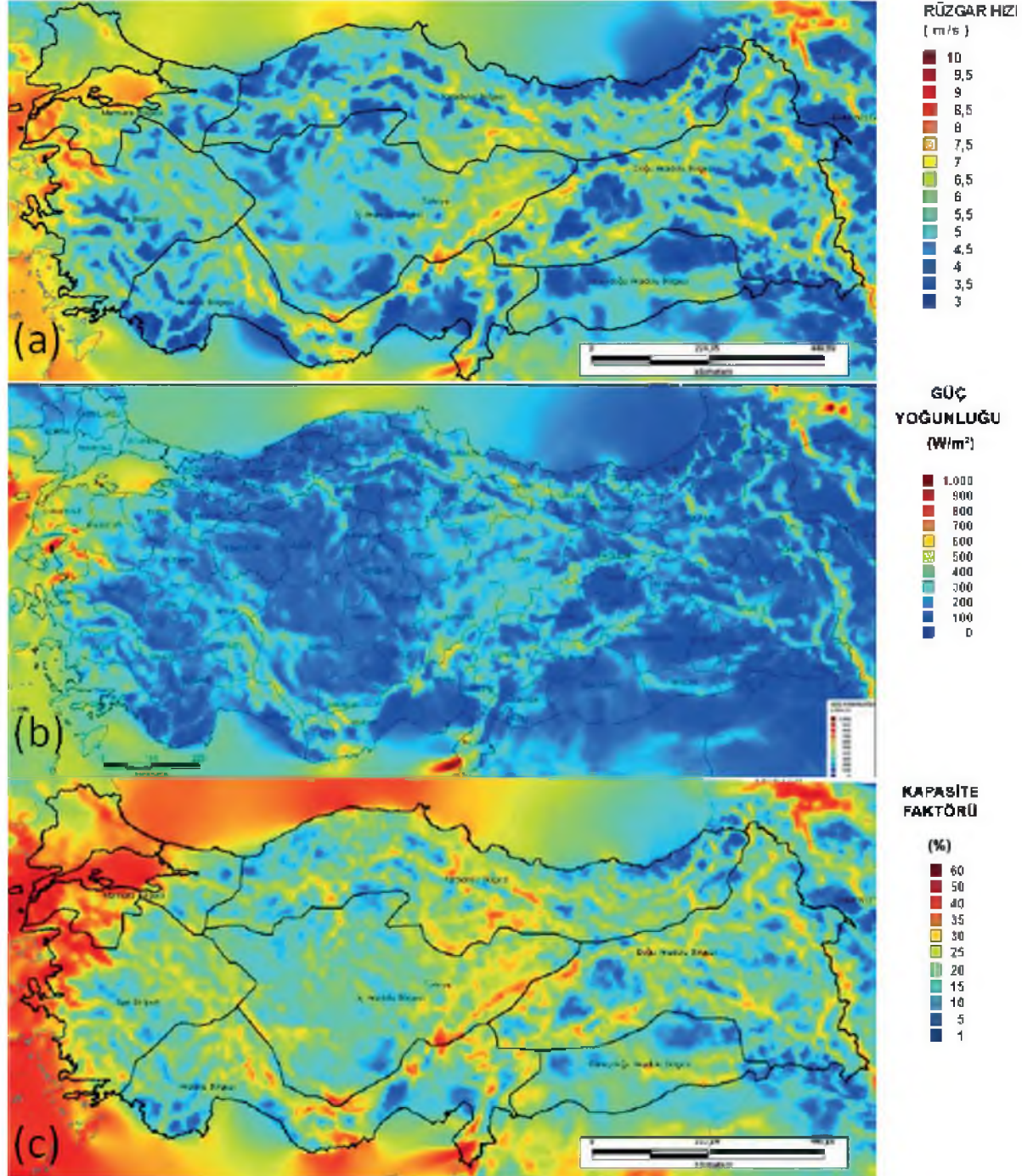
Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Coğrafi olarak, Türkiye'nin tüm seviyelerde ortalama rüzgar hızı, güç yoğunluğu ve kapasite faktörü en yüksek olan alanı, doğusu hariç kıyı ve kıyı açığı kuşaklarıyla birlikte Marmara Bölgesi ve Kuzey Ege Bölümü'dür

Bu bölgelerde rüzgar koşullarının rüzgar enerjisi açısından uygun olmasının başlıca klimatolojik ve meteorolojik nedeniyse, bu bölgelerin genel olarak sonbahar sonu, kışın ve ilkbahar başında (Kasım-Nisan dönemi) sinoptik ölçekli orta enlem ve Akdeniz siklonlarının neden olduğu cephesel fırtınalar, ilkbahar sonu, yazın ve sonbahar başında (Mayıs-Ekim dönemi) ise genel olarak kuzeyli dolaşımla bağlantılı (çoğunlukla poyraz) sürekli ve kuvvetli rüzgarların varlığıdır (Türkeş, 2010; Türkeş ve ark., 2003; Türkeş ve Erat, 2005, 2006; Şahin ve Türkeş, 2013; vb). Kıyı ve kıyı ötesi kuşaklar dikkate alındığında, genel olarak Batı Karadeniz, Ege ve Doğu Akdeniz bölümleri de RES'ler için uygun kabul edilebilir.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli hesaplanırken, birçok değişken kullanılmıştır. Fakat bu hesaplamada elektriksel altyapı dikkate alınmamıştır. Bu tutardaki bir rüzgar enerjisi potansiyeli elektrik

enerjisine dönüştürülürse olasılıkla yıllık 147 milyar kWh enerji üretilebilir. Hesaplamalarda 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, % 35'lik kapasite faktörü, yıllık ortalama rüzgar hızının 7 m/s ve üzerindeki kullanılabilir alanlar, 1 MW gücündeki rüzgar türbini ve km² başına 5 MW'lık bir güç kurulabileceği gibi güvenli yaklaşımlar kabul edilerek yapılmıştır Rüzgar enerjisi uygulaması amacıyla kullanılamayacak tüm alanlar bu hesaplamadan çıkarılmış ve dikkate alınmamıştır.



Türkiye'nin 50 m Yükseklik İçin Hesaplanmış REPA ürünü (a) Rüzgar Hızı (m/s), (b) Rüzgar Güç Yoğunluğu (W/m²) ve (c) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Coğrafi Dağılışı Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2011'dan)

Yukarıda genel enerji ve genel yenilenebilir enerji açısından yapılan değerlendirmede de açıklandığı gibi, Türkiye Rüzgar Potansiyel Atlası (REPA) çalışmalarında, iyi – sıra dışı rüzgar sınıfına giren rüzgar gücünden olabilecek elektrik enerjisi üretimi 47.849,44 (yaklaşık 48.000) MW olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.2). Başka bir deyişle, Türkiye iyi – sıra dışı rüzgar sınıfına giren aralıkta rüzgarlı alanların güç potansiyeli, yaklaşık 48.000 MW'lık rüzgar kurulu gücünü destekleyebilecek düzeydedir (EİE, 2010; YEGM. 2012b). Türkiye toplam kara alanları rüzgar potansiyeli, Türkiye genel potansiyelinden, deniz potansiyelinin (Tablo 5.3) çıkarılması yoluyla hesaplanır. Buna göre; iyi – sıra dışı arası rüzgar sınıfına ait rüzgarlı arazilerin 37.386,16 MW, orta – sıra dışı arasındaki rüzgarlı arazilerinse, 114.363,20 MW rüzgar potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

Türkiye İyi-Sıra Dışı Rüzgar Sınıfları İçin 50 m Toplam Rüzgar Potansiyelleri*

Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü ($W \cdot m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m \cdot s^{-1}$)	Toplam Potansiyel (MW)
İyi	4	400 – 500	7,0 – 7,5	29.259,36
Çok iyi	5	500 – 600	7,5 – 8,0	12.994,32
Mükemmel	6	600 – 800	8,0 - 9,0	5.399,92
Sıra dışı	7	> 800 >	9,0	195,84
			Toplam	47.849,44

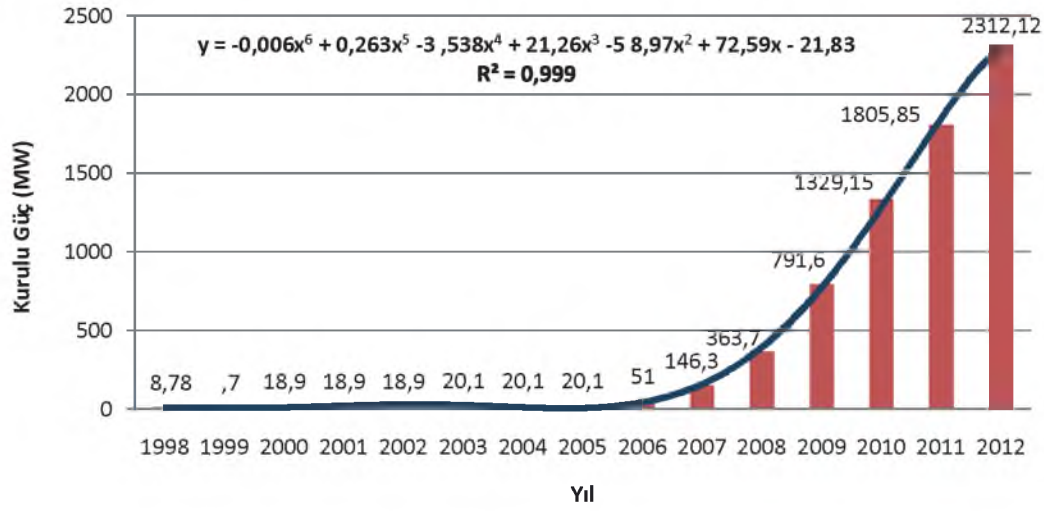
*REPA'ya göre Malkoç 2007 ve Çalışkan 2011

Türkiye İyi-Sıra Dışı Rüzgar Sınıfları 50 m Deniz Alanları Toplam Rüzgar Potansiyelleri*

Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü ($W \cdot m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m \cdot s^{-1}$)	Toplam Potansiyel (MW)
İyi	4	400 – 500	7,0 – 7,5	5.133,20
Çok iyi	5	500 – 600	7,5 – 8,0	3.444,80
Mükemmel	6	600 – 800	8,0 - 9,0	1.742,56
Sıra dışı	7	> 800 >	9,0	142,72
			Toplam	10.463,28

*:REPA'ya göre Malkoç 2007 ve Çalışkan 2011

Türkiye rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi, 3/3/2001 tarih ve 24335 sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu”, 04 /08/2002 tarihli ve 24836 sayılı “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği” ve esas olarak 10/05/2005 tarih ve 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”un kabul edilmesiyle birlikte, 2005 yılından sonra hızla artmıştır. 1998-2012 dönemi gerçekleşmiş verilere göre, 2006 yılında 51 MW olan kurulu güç kapasitesi çok hızlı bir artış eğilimiyle 2012 yılında 2,312.12 MW düzeyine çıkmıştır



Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesinin 1998-2012 Yılları Arası Değişimi (MW) (Kaynak Veri: TÜREB, 2013)

Türkiye’de işletmedeki rüzgar santralleri de Tablo 5.4’de verilmektedir. Tabloda Balıkesir ve Çanakkale illerinde bulunan santraller koyu olarak gösterilmiştir. İşletmedeki rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yatırımcılara göre dağılımı da Şekil 5.8’de verilmektedir. Demirer Enerji 291,15 MW kurulu güç ile ilk sırada yer alırken, bunu 245 MW ile Bilgin Enerji ve 233,95 MW ile Polat Enerji izlemekte ve sırasıyla diğer yatırımcı firmalar gelmektedir.

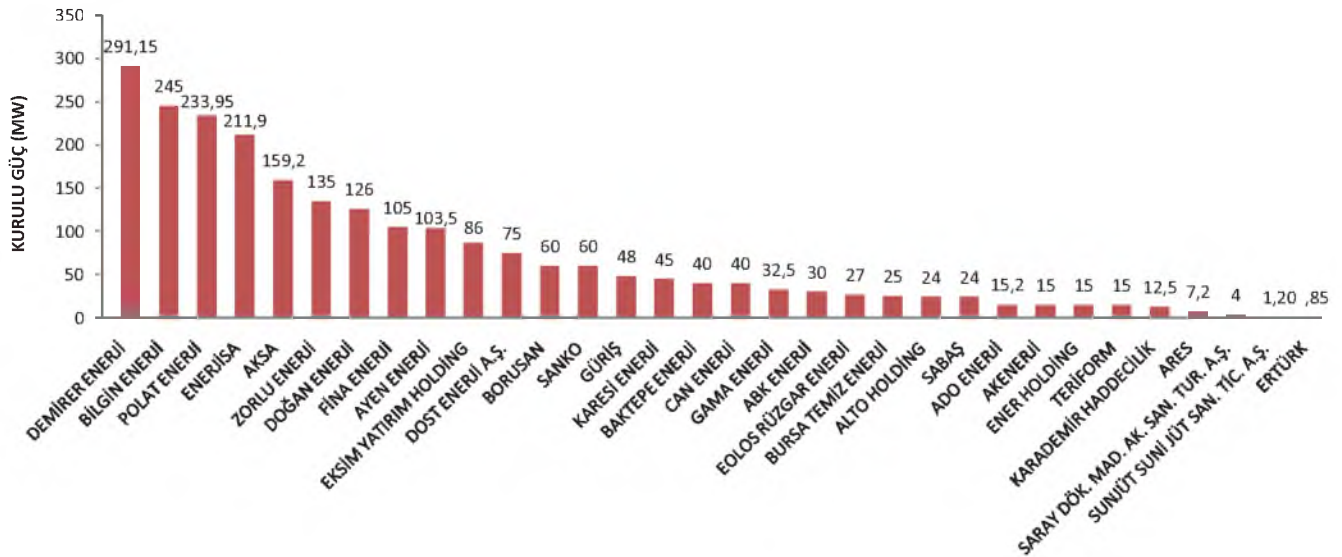
Türkiye’de İşletmedeki Rüzgar Santralleri (TÜREB, 2013)

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
1	Baktopo En. A.Ş.	Amasya RES	40	Amasya	2008
2	Ayen En. A.Ş.	Akbük RES	31,5	Aydın	2009
3	ABK En. Ür. ve San. Tic. A.Ş.	Söke-Çatalbük RES	30	Aydın	2010
4	Sabaş El. Ür. A.Ş.	Turguttepe RES	24	Aydın	2010
5	Bares El. Ür. A.Ş.	Balıkesir RES	143	Balıkesir	2012
6	Borasco En. ve Kim. San. Tic. A.Ş.	Bandırma RES	60	Balıkesir	2009/2010
7	Yapısan El.Ür. A.Ş.	Bandırma RES	35	Balıkesir	2006/2012
8	As Makinsan En. El. San.ve Tic. A.Ş.	Bandırma-3 RES	25	Balıkesir	2008
9	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Koltepe RES	20,7	Balıkesir	2009
10	Alentek En A.Ş.	Susurluk RES	45	Balıkesir	2012
11	Galatawind En. Ltd Şti.	Şah RES	93	Balıkesir	2011

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
12	Baki El. Ür. Ltd. Şti.	Şamlı RES	113,4	Balıkesir	2008/2010
13	Ak En. El. Ür. A.Ş.	Ayyıldız RES	15	Balıkesir	2009
14	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çataltepe RES	16	Balıkesir	2010
15	Poyraz En. El. Ür. A.Ş.	Poyraz RES	50	Balıkesir	2012/2013
16	Can Enerji Elt. Ür. A.Ş.	Metristepe RES	40	Bilecik	2011
17	Ayres Ayvacık El.Ür. San.Ltd.Şti.	Ay RES	5	Çanakkale	2011
18	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Burgaz RES	14,9	Çanakkale	2010
19	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çamseki RES	20,8	Çanakkale	2011
20	Enerjisa En. Ür. A.Ş.	Çanakkale RES	29,9	Çanakkale	2012
21	Anemon En. El. Ür. A.Ş.	İntepe RES	30,4	Çanakkale	2009
22	Borez Bozcaada Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	Bozcaada RES	10,2	Çanakkale	2009
23	Garet En. Ür. Ve Tic. A.Ş.	SaRES	22,5	Çanakkale	2010/2011
24	Boreas En.Ür. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Boreas Enes RES	15	Edirne	2008
25	Balen El. Ür. A.Ş.	Belen RES	48	Hatay	2009/2010/2012
26	Deniz El. Ür. Ltd. Şti.	Sebenoba RES	30	Hatay	2008
27	Lodos Rüz. En.Ür. A.Ş.	Senköy RES	27	Hatay	2012
28	Bakras En. El. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Şenbük RES	15	Hatay	2010
29	Ziyaret Res El. Ür. San. ve Tic. A.Ş.	Ziyaret RES	57,5	Hatay	2010/2011
30	Lodos El. Ür. A.Ş.	Kemerburgaz RES	24	İstanbul	1998
31	Teperes El. Ür. A.S.	Tepe RES	0,85	İstanbul	2006

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
32	Sanko Rüz. En. San. ve Tic. A.Ş.	Çatalça RES	60	İstanbul	2008
33	Saray Dök. Mad. San. Tur. A.Ş.	Saray RES	4	İstanbul	2009
34	Sunjüt Suni Jüt San. Tic. A.Ş.	Sunjüt RES	1,2	İstanbul	2008
35	Ares Alaçatı Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	ARES	7,2	İzmir	1998
36	Kaddemir Haddecilik San. Tic. Ltd. Şti.	Bozyaka RES	12,5	İzmir	2012
37	Manres El. Ür. A.Ş.	Günaydın RES	12,5	İzmir	2012
38	Garet En. Ür. ve Tic. A.Ş.	Karadağ RES	10	İzmir	2012
39	Kores Kocadağ Rüz.En.Ür.San.ve Tic.A.Ş.	Kores Kocadağ-2 RES	17,5	İzmir	2012
40	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Kozbeyli RES	20	İzmir	2012/2013
41	Mane Manastır Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	Mare-Manastır RES	39,2	İzmir	2010
42	Mazı-3 Rüz. En. Sant. El. Ür. A.Ş.	Mazı-3 RES	30	İzmir	2011
43	Bergama RES En. Ür. A.Ş.	Aliğa RES	90	İzmir	2007
44	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çeşme RES	1,5	İzmir	2012
45	Ütopya En. Ür. San. ve Tic. A.Ş.	Düzova RES	35	İzmir	2009/2010/2012
46	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Samurlu RES	28	İzmir	2012/2013
47	Doruk En. Ur. San. Tic. A.Ş.	Seyitali RES	30	İzmir	2007
48	Innores El. Ür. A.Ş.	Yuntdağ RES	57,5	İzmir	2011
49	Aksu Temiz En. El. San. ve Tic. A.Ş.	Aksu RES	72	Kayseri	2012
50	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Kuyucak RES	25,6	Manisa	2011

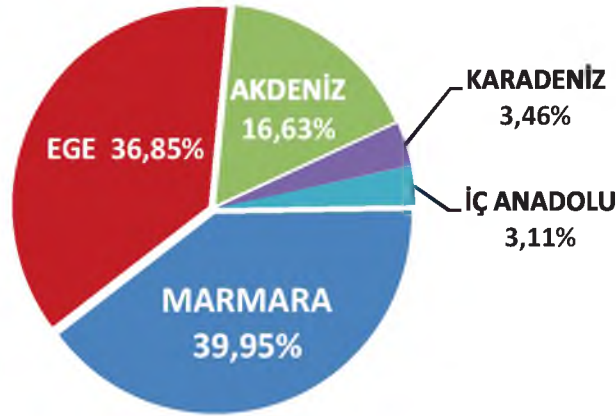
SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
51	Akhisar Rüz. En. El. San. Ltd. Şti.	Akres	45	Manisa	2000
52	Deniz El. Ür. Ltd. Şti.	Karakurt RES	10,8	Manisa	2007
53	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Sayalar RES	34,2	Manisa	2009
54	Bilgin Rüz. Sant. El. Ür. A.Ş.	Soma RES	90	Manisa	2007
55	Soma En. El. Ür. A.Ş.	Soma RES	140,4	Manisa	2011
56	Enerjisa En. Ür. A.Ş.	Dağpazarı RES	39	Mersin	2008
57	Akdeniz El. Ür. A.Ş.	Mersin Mut RES	33	Mersin	2010
58	Dares Datça Rüz. En. Sant. San. Tic. A.Ş.	Dares Datça RES	29,6	Muğla	1998
59	Rotor B. En. Ür. A.Ş.	Gökçedağ RES	135	Osmaniye	2009/2010
60	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Sarıkaya RES	28,8	Tekirdağ	2010
61	Pem En. A.Ş.	Killik RES	40	Tokat	2010/2011
TOPLAM			2.312,15		



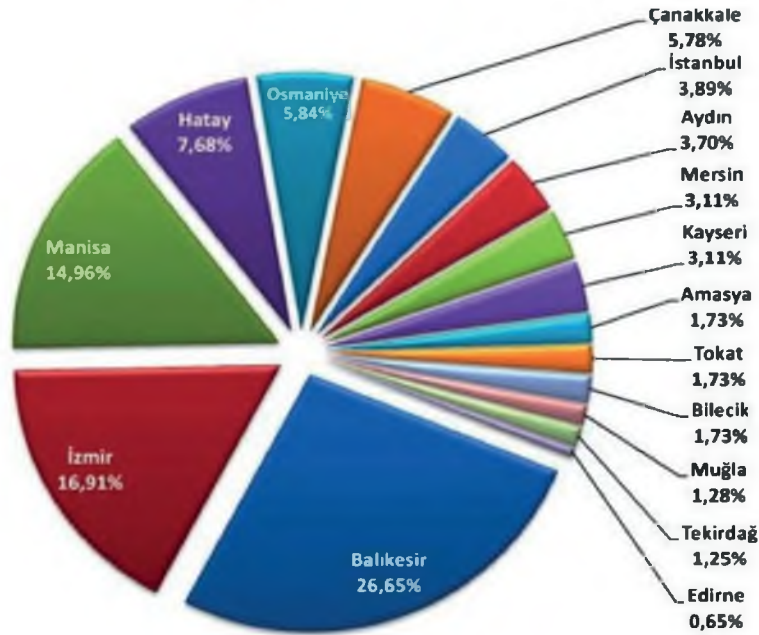
YATIRIMCILAR

İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yatırımcılara Göre Dağılımı (TÜREB, 2013)

İşletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından bölgelere göre yüzdesel dağılımı Şekil 5.9 (a)'da ve illere göre yüzdesel dağılımı ise Şekil 5.9 (b)'de verilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi Marmara Bölgesi %39,95'lik bir oranla ilk sırada yer alırken, Ege Bölgesi %36,85'lik bir oranla takip etmekte ve sırasıyla Akdeniz Bölgesi %16,63, Karadeniz Bölgesi %3,46 ve İç Anadolu Bölgesi %3,11 olarak gelmektedir. İllere göre yüzdesel dağılıma bakıldığında ise Balıkesir ili %26,65 ve Çanakkale ili %5,78'lik bir orana sahiptir.



(a)



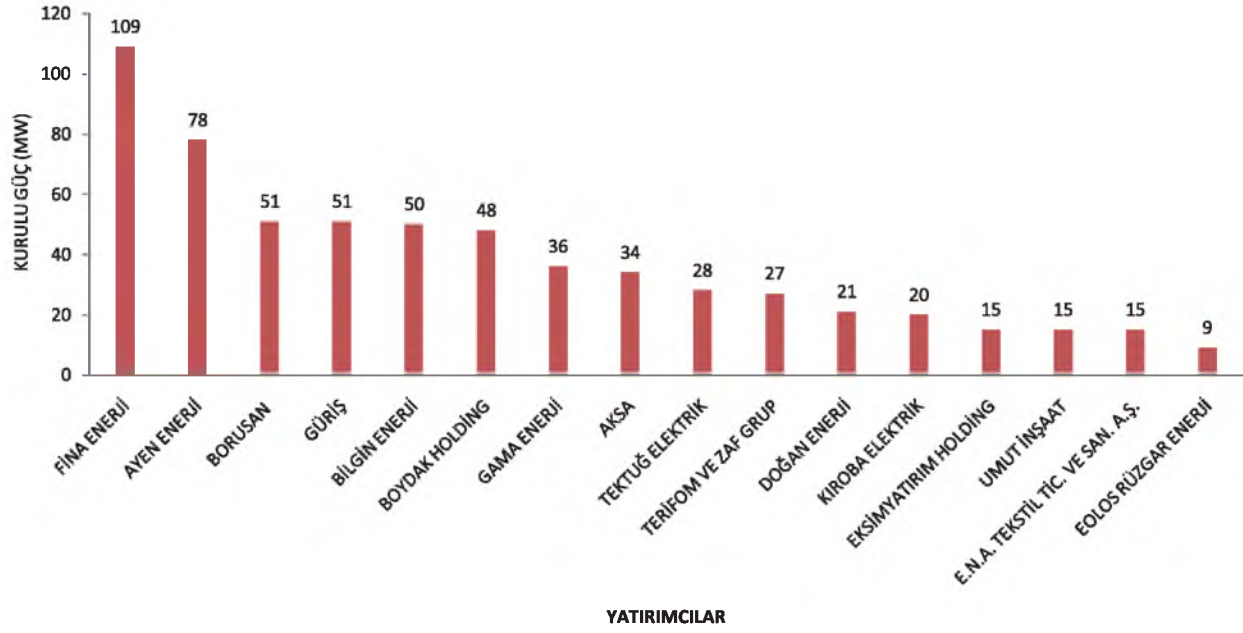
(b)

İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre (a) ve İllere Göre (b) Yüzdesel Dağılımı (TÜREB, 2013)

Türkiye’de inşa halindeki rüzgar santrallerini vermektedir. İnşa halindeki rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yatırımcılara göre dağılımı ise Şekil 5.10’de verilmiştir. 109 MW kurulu güç ile Fina Enerji ilk sırada yer alırken, bunu 77,70 MW Ayen Enerji takip etmektedir.

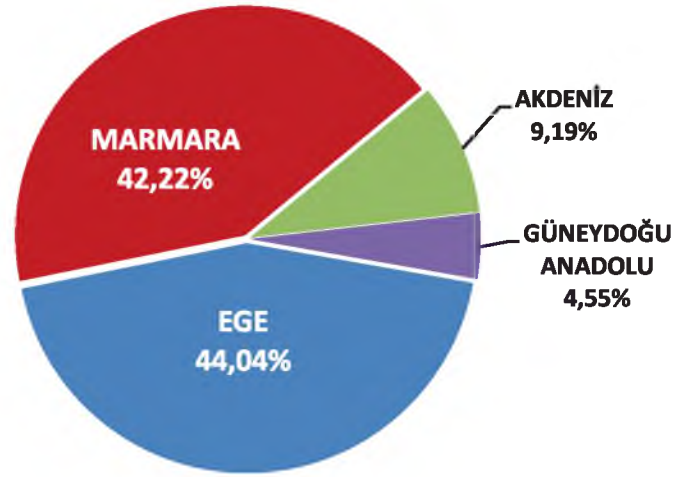
Türkiye’de İnşa Halindeki Rüzgar Santralleri (TÜREB, 2013)

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii
1	Tektuğ El. Ür. A.Ş.	Şincik RES	27,5	Adıyaman
2	Olgu En. Ür. Tic. A.Ş.	Dinar RES	50,6	Afyon
3	Kıroba El. Ür. A.Ş.	Madranbaba RES	19,5	Aydın
4	Edincik Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Edincik	30	Balıkesir
5	Kapıdağ Rüz. En. Sant. El. Ür. San. ve Tic. A.Ş.	Kapıdağ RES	34	Balıkesir
6	Alentek En. A.Ş.	Susurluk Extension	15	Balıkesir
7	Galata Wind En. Ltd. Şti.	ŞahRES Extension	9	Balıkesir
8	Çanres El. Ür. A.S.	Şadıllı RES	38,5	Çanakkale
9	Yeni Beten Enerji Elektrik Üretim	Şenbük	27	Hatay
10	Ziyaret RES El. Ür. San.Tic. A.Ş	Ziyaret RES	7,5	Hatay
11	Eolos Rüz. En. Ür. A.Ş.	Şenköy RES	9	Hatay
12	BORA Rüz. El. Ür. San, ve Tic. A.Ş.	Çanta RES	47,5	İstanbul
13	Ütopya En. Ür. San. Tic. A.Ş.	Düzova RES	5	İzmir
14	Ayen En. A.Ş.	Korkmaz RES	25,2	İzmir
15	Ayen En. A.Ş.	Mordoğan RES	31,5	İzmir
16	Ores El. Ür. A.Ş.	Salman RES	27,5	İzmir
17	Zeytineli RES El. A.Ş	Zeytineli RES	50	İzmir
18	Aysu En. San. ve Tic. A.S.	Karadere RES	16	Kırklareli
19	Garet En. Ür. ve Tic. A.Ş.	GökRES	35,75	Manisa
20	Akdeniz El. Ür. A.Ş.	Mersin Extension Mut	12	Mersin
21	Ayen En. A.Ş.	Akbük II	21	Muğla
22	Borusan EnBW	Balabanlı RES	50,6	Tekirdağ
23	Osres El. Ür. A.S.	Kızıkaterzi RES	14,5	Tekirdağ
TOPLAM			604,15	

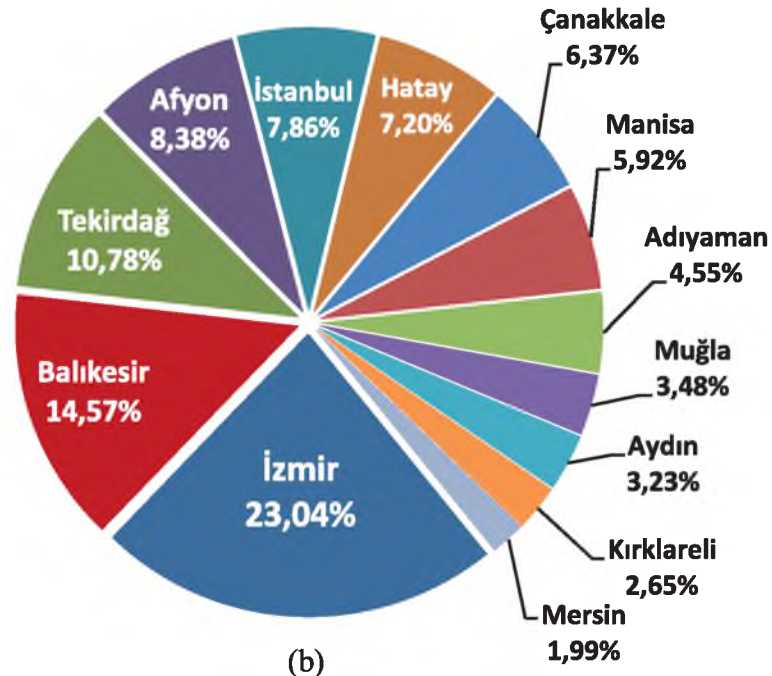


İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yatırımcılara Göre Dağılımı (TÜREB, 2013)

İnşa halinde olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından bölgelere göre yüzdesel dağılımı Şekil 5.11 (a)'da ve illere göre yüzdesel dağılımı ise Şekil 5.11 (b)'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Ege Bölgesi %44,04'lük bir oranla ilk sırada yer alırken, bunu Marmara Bölgesi %42,22'lik oranla takip etmekte, % 9,19'luk bir oranla Akdeniz ve %4,55'lik bir oranla Güneydoğu Anadolu Bölgeleri gelmektedir. İllere göre yüzdesel dağılıma bakıldığında ise Balıkesir ili %14,57 ve Çanakkale ili %6,37'lik bir orana sahiptir.



(a)



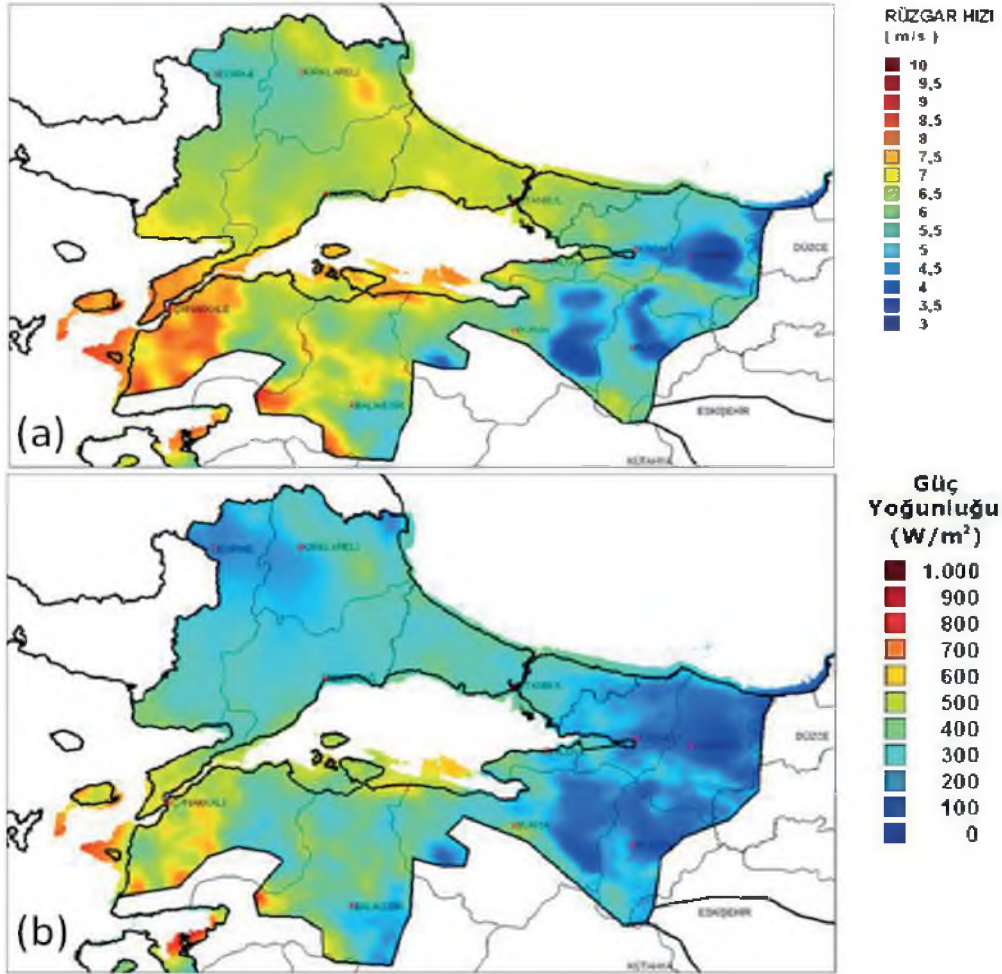
(b)

İnşa Halinde Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre (a) ve İllere Göre (b) Yüzdesel Dağılımı (TÜREB, 2013)

Güney Marmara Bölgesi'nde Rüzgar Enerjisi

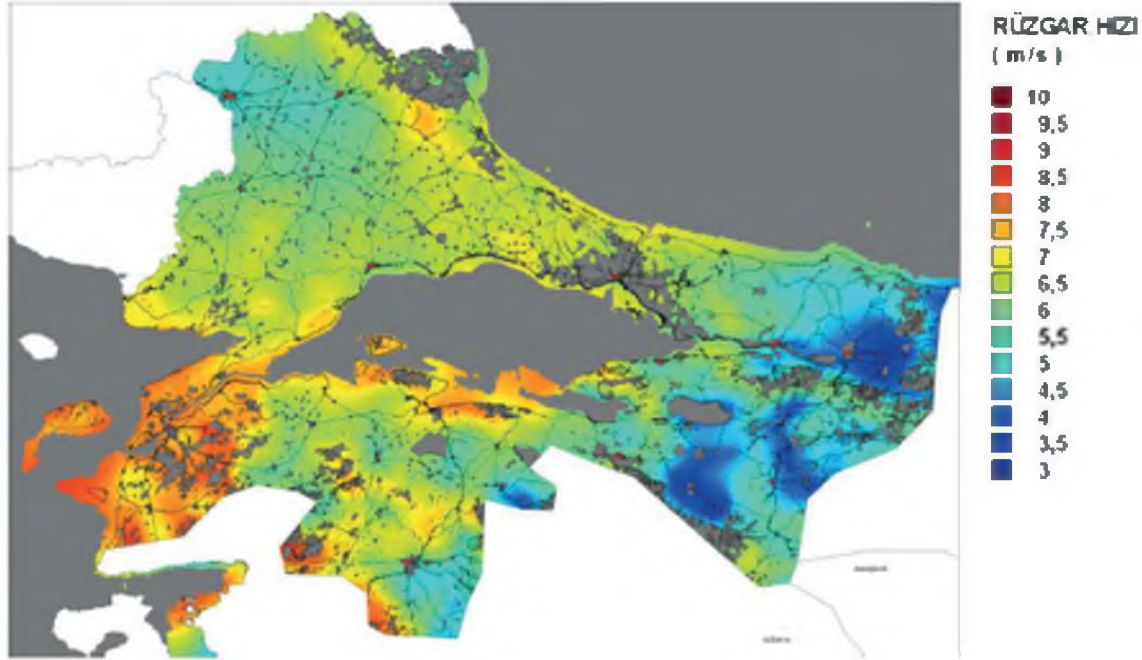
Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)

Türkiye için yapılan yorumdan da hatırlanabileceği gibi, Balıkesir ilinin tamamını içermemekle birlikte burada Marmara Bölgesi terimini Edremit Körfezi ve Balıkesir ilini kapsayacak biçimde kullanıldığında, sahip olduğu coğrafi konum ve fiziki coğrafya etmenleri (bakı, topografya, yükselti, orografya, klimatolojik ve meteorolojik özellikler, vb.) nedeniyle, Marmara Bölgesi'nin genel olarak Biga Yarımadası ve Çanakkale Yöresini (Gelibolu Yarımadası, Bozcada ve Gökçeada'yı içerir) içeren Güney Marmara Bölümü, Türkiye'nin ortalama rüzgar hızı, güç yoğunluğu ve kapasite faktörü en yüksek olan alanına karşılık gelir



Marmara Bölgesi REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Güç Yoğunluklarının (W/m²) Alansal Dağılışı Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s ya da üzerinde rüzgar hızı ve %35 ya da üzerinde kapasite faktörü gerekir.



Marmara Bölgesi REPA Ürünü 50 m'deki Yıllık Ortalama Rüzgar Hızları (m/s) İle Birlikte RES Kurulmasına Uygun Olmayan Ya Da Kurulamayacağı Kabul Edilen Alanların Dağılım Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

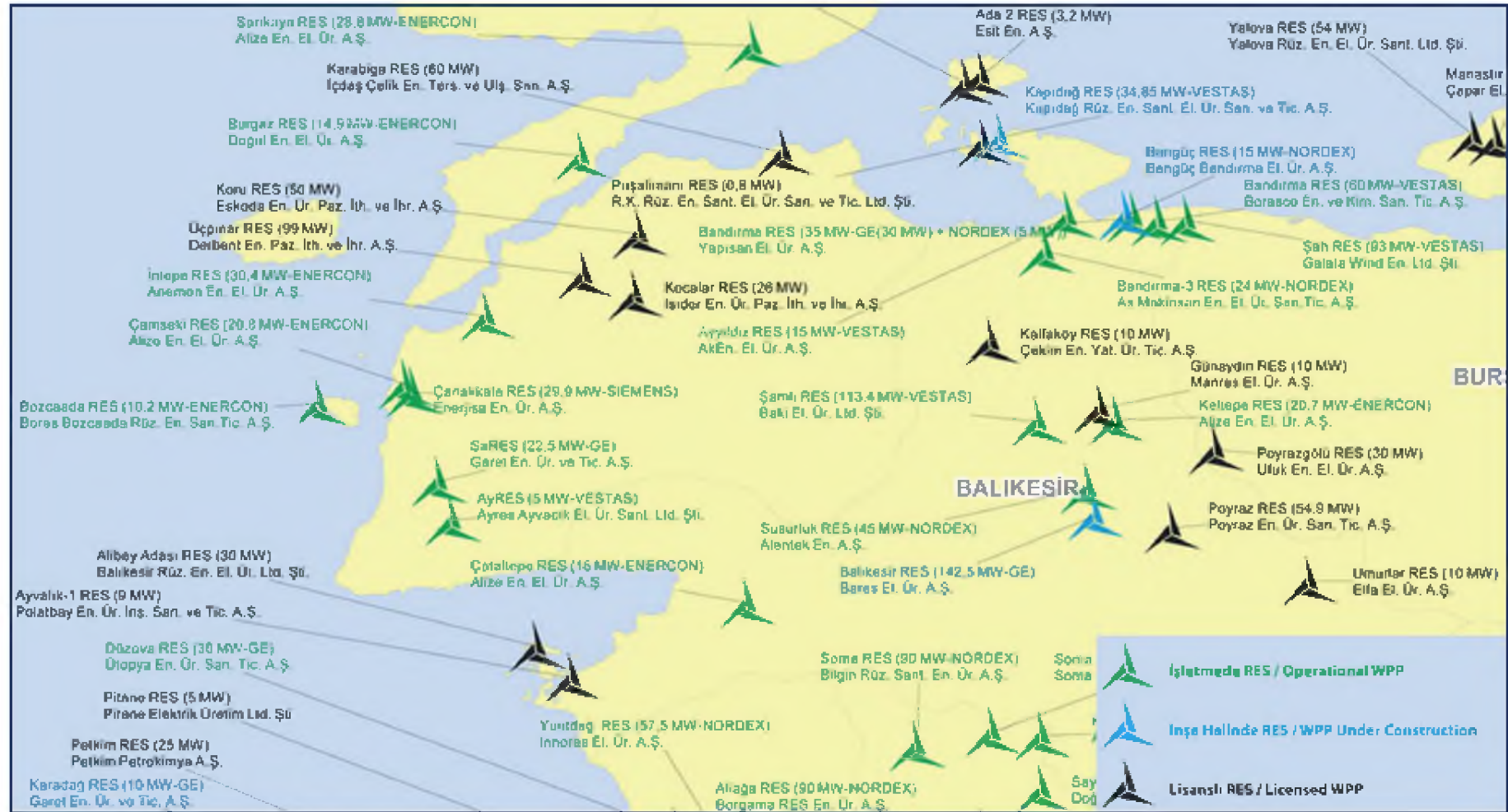
REPA'ya göre, Marmara Bölgesi'ne kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin 50 m güç potansiyelleri, orta – sıra dışı rüzgar sınıfı için 40.864,96 MW, iyi - sıra dışı rüzgar sınıfı içinse 12.703,12 (MW) olarak hesaplanmıştır

Marmara Bölgesi'ne Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri)*

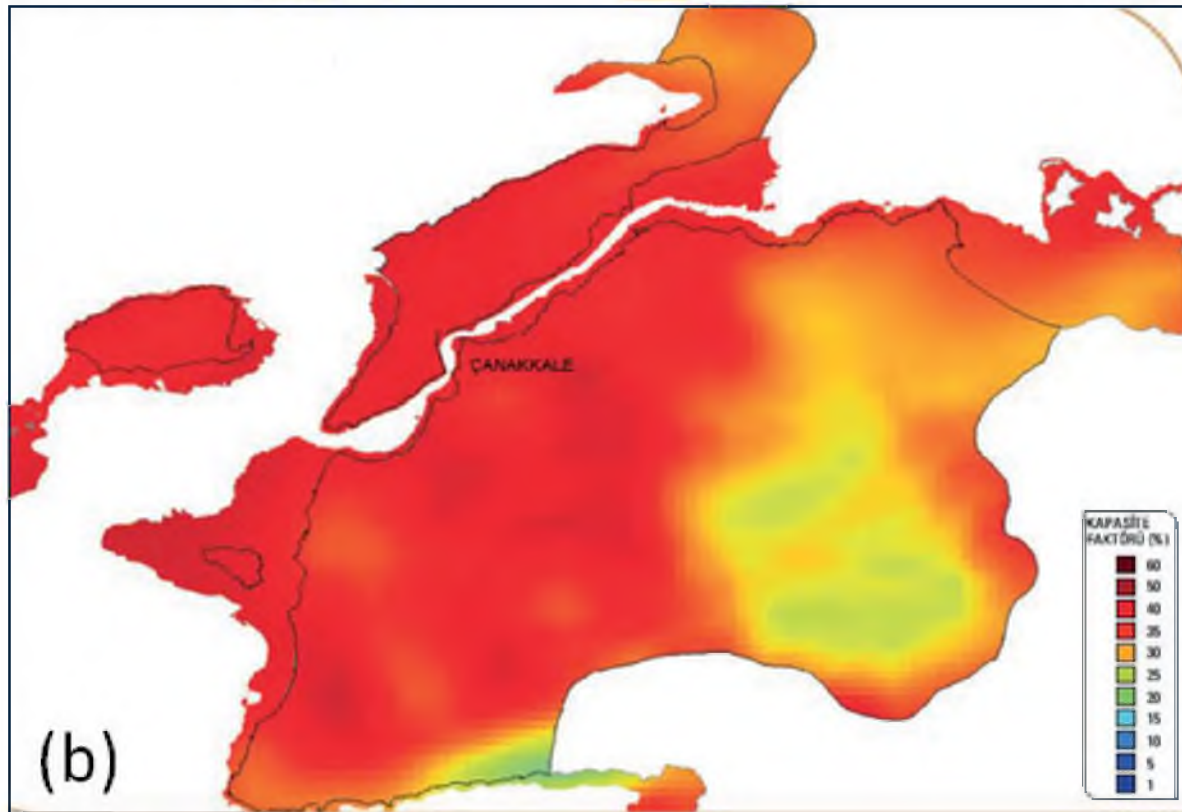
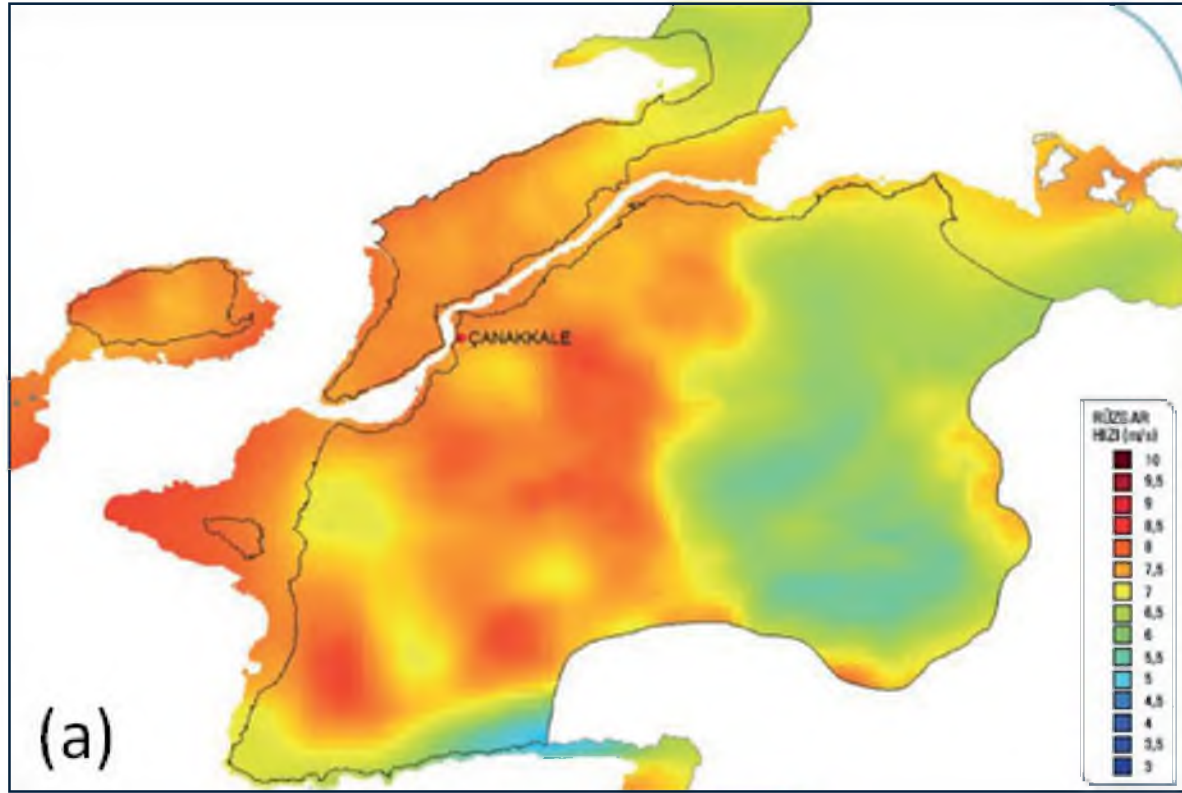
Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Gücü ($W m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m s^{-1}$)	Toplam Alan (km^2)	Rüzgarlı Arazi (%)	Kurulabilecek Potansiyel (MW)
Orta	300 – 400	6,8 – 7,5	5.632,37	9,92	28.161,84
İyi	400 – 500	7,5 – 8,1	1.559,76	2,75	7.798,80
Çok iyi	500 – 600	8,1 – 8,6	803,31	1,42	4.016,56
Mükemmel	600 – 800	8,6 - 9,5	175,81	0,31	879,04
Sıra dışı >	800 >	9,5	1,74	0,00	8,72
		Toplam	8.172,99	14,40	40.864,96

* Çalışkan, 2010.

TR22 Güney Marmara Bölgesi, Çanakkale ve Balıkesir illeri rüzgar enerjisi santralleri atlasını (TÜRSAT, 2012) göstermektedir. Atlası göre, Güney Marmara Bölgesi Çanakkale ve Balıkesir illerindeki rüzgar santralleri, temel olarak, Biga Yarımadası'nın batısında kıyıya yakın sırtlarda ve tepelik arazilerde, Bandırma çevresinde ve kuzeyinde Kapıdağ Yarımadası ve adalarda ve Balıkesir çevresinde yoğunlaşan bir dağılışı sergilemektedir (Şekil 5.14). Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'e bakıldığında, Bölge'de işletmedeki rüzgar santralleri sayısının 18 adet olduğu ve toplam 749,80 MW kurulu güç ile Türkiye'deki işletmedeki toplam kurulu gücün %32'sini oluşturduğu görülürken, inşa halinde olan santral sayısının 5 adet olduğu ve toplam 126,50 MW ile Türkiye'deki inşa halindeki toplam kurulu gücün %21'ini oluşturduğu görülmektedir.



Güney Marmara Bölümü, Çanakkale ve Balıkesir İlleri Rüzgar Enerjisi Santralleri Atlası
(TÜRSAT, 2012'den Yararlanarak Proje Alanı İçin Düzenlenmiştir)



Çanakkale İli için REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Alansal Dağılışı Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

REPA'ya göre, Çanakkale ilinde kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin 50 m güç potansiyelleri, orta – sıra dışı rüzgar sınıfı için 13.012,56 MW ve iyi - sıra dışı rüzgar sınıfı içinse 8.694,08 (MW) olarak hesaplanmıştır

Çanakkale İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri)*

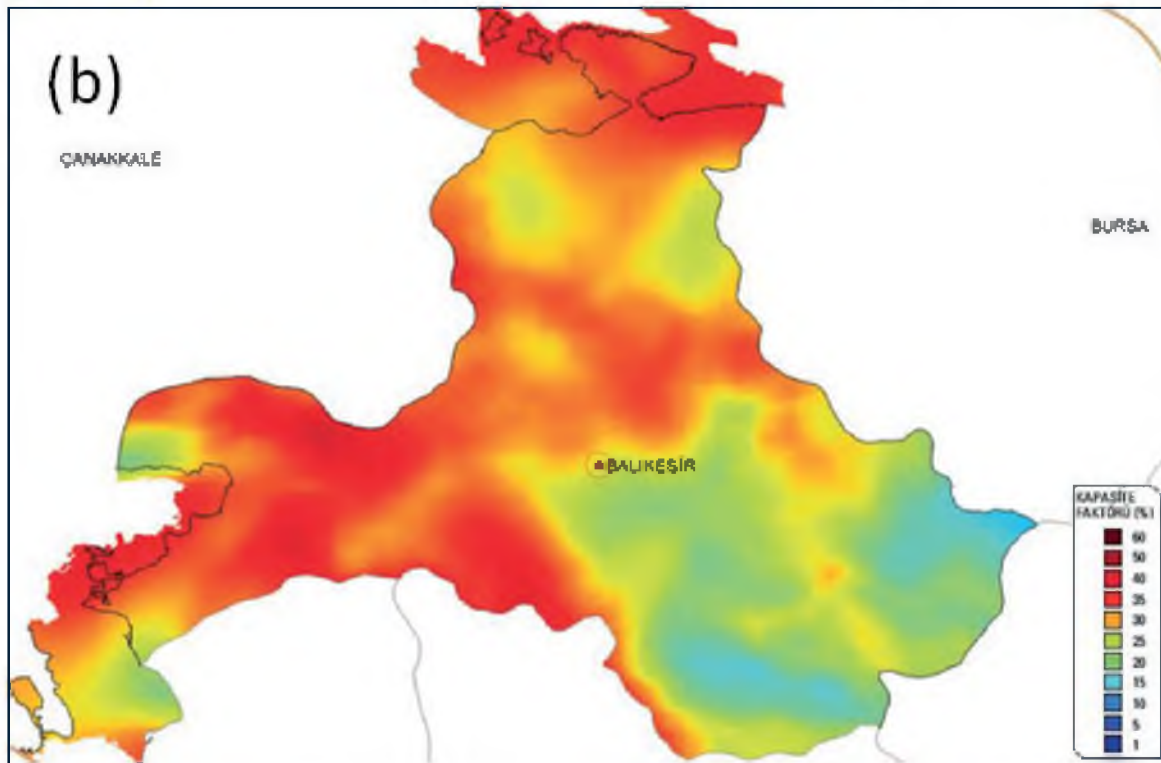
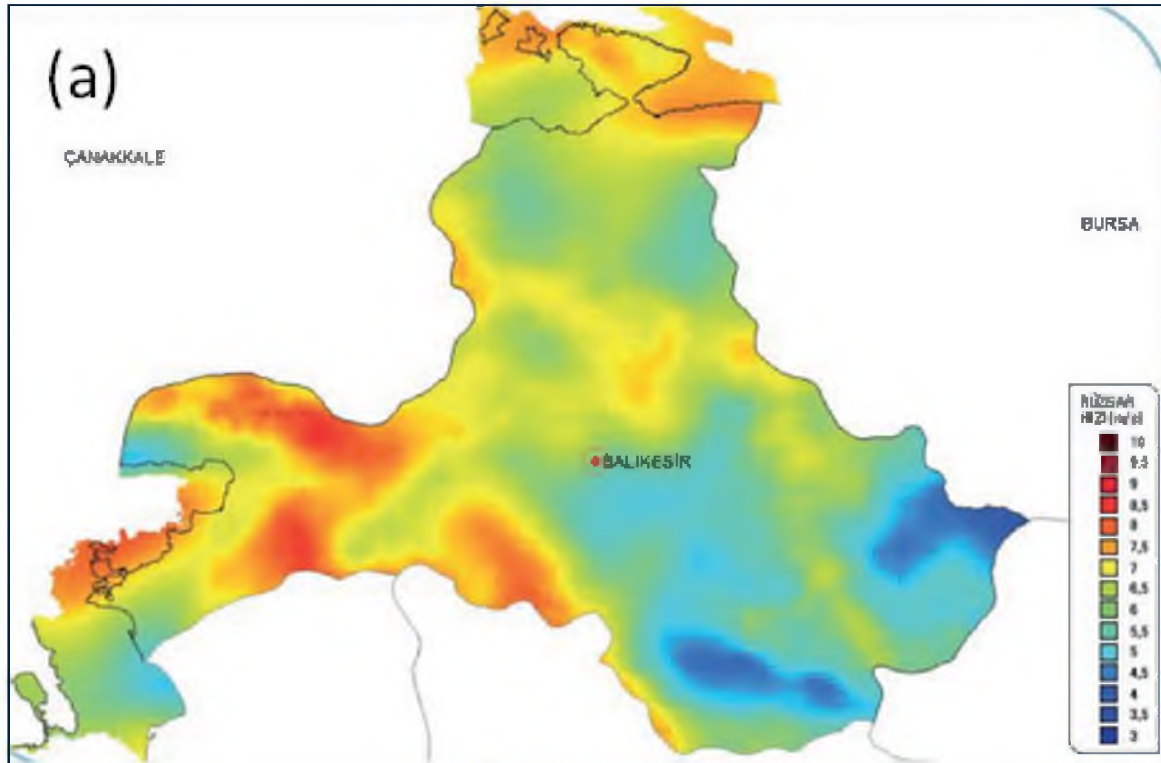
Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü (W m ⁻²)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Toplam Alan (km ²)	Kurulabilecek Potansiyel (MW)
Orta	3	300 – 400	6,8 – 7,5	863,70	4.318,48
İyi	4	400 – 500	7,5 – 8,1	802,99	4.014,96
Çok iyi	5	500 – 600	8,1 – 8,6	761,09	3.805,44
Mükemmel	6	600 – 800	8,6 - 9,5	174,74	873,68
Sıra dışı	7	> 800	> 9,5	0,00	0,00
			Toplam	2.602,52	13.012,56

* Çalışkan, 2010.

Balıkesir İlinin RES Potansiyeli

Balıkesir ili için REPA ürünü 50 m'deki yıllık ortalama rüzgar hızlarının (m/s) ve rüzgar kapasite faktörlerinin (%) alansal dağılımını gösteren haritalara göre (Şekil 5.16), genel olarak Balıkesir ilinin doğusu ve güneydoğusu dışında kalan alanların büyük bölümünde, ekonomik RES yatırımı için gerekli görülen 7 m/s ya da üzerinde rüzgar hızları ve %35 ya da üzerinde kapasite faktörü egemen durumdadır.

Şekil 5.16a'daki renk dağılımından anlaşılacağı gibi, Bandırma ve Erdek ilçelerinin bulunduğu Balıkesir'in kuzey bölümünden 7-8 m/s rüzgar hızlarının mevcut olduğu bir potansiyelin olduğu, Edremit, Havran, Burhaniye ilçelerinin bulunduğu batı bölümlerinde ise 8-8,5 m/s rüzgar hızlarının mevcut olduğu görülmektedir. Dursunbey, Bigadiç ve Kepsut ilçelerinin bulunduğu doğu bölümünde ise 6,5-7 m/s hızlarında bir rüzgar koridoru vardır. Rüzgar hızlarının yüksek olduğu bölgelerde çok daha yüksek kapasitede bir potansiyel mevcut iken, diğer bölgelerde ekonomik kullanılabilecek düzeyde fakat bu bölgelere göre daha az bir enerji potansiyeli olduğu görülür



Balıkesir İli İçin REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Alansal Dağılışı Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

REPA'ya göre, Balıkesir ilinde kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin 50 m güç potansiyelleri, orta – sıra dışı rüzgar sınıfı için 13.827,36 MW ve iyi - sıra dışı rüzgar sınıfı içinse 6.270,24 (MW)'tır

Balıkesir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri)*

Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü (W m ⁻²)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Toplam Alan (km ²)	Kurulabilecek Potansiyel (MW)
Orta	3	300 – 400	6,8 – 7,5	1.511,42	7.557,12
İyi	4	400 – 500	7,5 – 8,1	8.50,96	4.254,80
Çok iyi	5	500 – 600	8,1 – 8,6	2.84,51	1.422,56
Mükemmel	6	600 – 800	8,6 – 9,5	1.15,23	576,16
Sıra dışı	7	> 800	> 9,5	3,34	16,72
			Toplam	2.765,47	13.827,36

* Çalışkan, 2010.

Türkiye'nin Rüzgar Enerjisinde 2023 Hedefi

Türkiye rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi, “Elektrik Piyasası Kanunu”, “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği” ve esas olarak “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”un kabul edilmesiyle birlikte, 2005 yılından sonra hızla artmıştır. Gerçekleşmiş verilere göre, Türkiye'nin işletmede kurulu rüzgar güç kapasitesi 2012 yılında 2.312,12 MW düzeyine ulaşmıştır.

Türkiye Cumhuriyeti'nin 2023 hedefi ise, 2009 tarihli “Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi”nde 20.000 MW olarak açıklanmıştır.

Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Kaynak Potansiyeli, Kurulu Gücü ve 2023 Hedefi*

Potansiyel (MW)	48.000,00
İşletmede (MW) (2012)	2.312,12
Üretim (2012) GWh	5.581,50
2023 Hedefi (MW) 2	20.000,0

* Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü (YEKGM, 2012a, TÜREB, 2013).

Türkiye’de Rüzgar Enerjisi ile İlgili Mevzuat

Türkiye’de rüzgar enerjisi ile ilgili mevzuatlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Rüzgar Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik
2. Rüzgar Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
3. Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesis Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği
4. Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği
5. Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği-Ekler
6. Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulmasının Haberleşme, Seyrüsefer ve Radar Sistemlerine Olan Etkileşimi Konusunda İzin Süreçlerinin Oluşturulmasına İlişkin Protokol
7. Rüzgar Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesislerinde Santral Sahası Belirleme Yöntemi
8. 10/07/2012 tarih ve 28349 sayılı “Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ (Tebliğ No: 2012/01)”
9. 27/03/2013 tarih ve 28600 sayılı “Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ (Tebliğ No: 2012/01)’de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ”

Öneriler

Yaklaşık 10 yıl kadar önce yok denecek kadar az rüzgar santrali olan TR22 Bölgesi’nde, bugün rüzgar enerjisi yatırımları, ülkemizde işletmede olan toplam kurulu gücün %32’sini oluşturarak önemli bir seviyeye gelmiştir. Bu gelişme, gelecekte de Bölge’nin enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanması ve ülkemizin enerji güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunabilecektir. Bunun için, Türkiye’deki rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olan en yüksek düzeyde yararlanmayı sağlamak gerekmektedir. Bu alanda yapılacak yatırımlar ve destekler istihdamı da artıracaktır. Bu anlamda yenilenebilir enerji konusunda eğitim çalışmalarına önem verilerek bilincin artırılması ve halkın yenilenebilir enerji kullanımına teşvik edilmesi, rüzgar türbinlerinin ve bileşenlerinin yerli imalatı konusundaki çalışmaların artırılması, girişimci ve yatırımcılara devlet desteklerinin verilmesi, mevzuat eksikliklerinin giderilmesi, yatırımcıların bürokratik işlemlerinin azaltılması gerekmektedir. Ayrıca yatırımcılara yol gösterecek yol haritalarının oluşturulması ve uzman kişilerin istihdam edilmesi bölgemiz ve ülkemizin geleceği açısından oldukça önem kazanmaktadır.