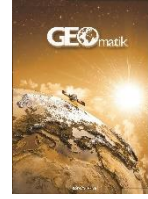




## GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



# Balıkesir ili rüzgâr hızı haritalarının hazırlanması ve rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından incelenmesi

Selim Serhan Yıldız\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Rüzgâr Hızı  
Rüzgâr Potansiyeli  
Yenilenebilir Enerji  
Balıkesir

### ÖZ

İnsan hayatında barınma, gıda, sağlık hizmetleri gibi büyük öneme sahip ihtiyaçlardan birisi de enerjidir. Günümüzde teknolojinin geldiği nokta göz önünde bulundurulduğunda hayatın hemen hemen her yerinde enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına araştırmalar yapmakta ve bu doğrultuda yatırımlar gerçekleştirmektedirler. Enerji kaynakları yenilenemez ve yenilenebilir olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının çevreye yaydıkları zararlı gazlar ve rezerv ihtiyacı ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Güneş ve rüzgâr enerjisini içeren yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenemez kaynaklarına göre daha çevreci ve süreklidir. Enerji üretim tesisinin ömrü kullanılan donanım ve teknolojinin ömrüne bağlıdır. Bu çalışmada, Balıkesir ilinin 50 ve 80 metre yükseklikteki rüzgâr hızı haritaları üretilmiştir. Rüzgâr enerjisi üretimine uygun olmayan ve izin verilmeyen alanların belirlenmesinde çevre düzeni planları verilerinden yararlanılmıştır. Rüzgâr hızı haritalarının üretiminde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen 32 adet meteoroloji istasyonunun beş yıllık verileri kullanılmıştır. Balıkesir ilinde 6 m/s ve üzeri hıza sahip toplam alanlar belirli hız aralıklarına göre hesaplanmıştır. Ayrıca ilçelerin en düşük, ortalama ve en yüksek rüzgâr hızı değerleri de ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak, Balıkesir ilinde ekonomik verimlilik sınırı olarak ifade edilen 6m/s hızın üzerinde 50 metre yükseklik için toplam 1114,80 km<sup>2</sup> ve 80 metre yükseklik için 3289,92 km<sup>2</sup> elverişli alan olduğu belirlenmiştir.

# Preparation of wind speed maps of Balıkesir province and examination in terms of wind energy potential

### Keywords

Wind Speed  
Wind Potential  
Renewable Energy  
Balıkesir

### ABSTRACT

One of the most important needs such as shelter, food and health services in human life is energy. Today, considering the point where technology has come, energy is needed almost everywhere in life. Countries perform research in order to meet their energy needs and they make investments in this direction. Energy sources consist of two main components as non-renewable and renewable. The harmful gases emitted by the non-renewable energy sources and the need for reserves have directed the countries to renewable energy sources. Renewable energy sources, including solar and wind energy, are more environmentally friendly and sustainable than non-renewable sources. In this study, wind speed maps of Balıkesir province were produced at a height of 50 and 80 meters. Environmental plan data were used to identify areas that are not suitable for wind power generation and forbidden areas. Five-year data of 32 meteorology stations obtained from Turkish State Meteorological Service were used in the production of wind speed maps. Total areas with a speed of 6m/s and over in Balıkesir province were calculated according to particular speed ranges. In addition, the lowest, average and highest wind speed values of the districts were also revealed. As a result, it was determined that there is a suitable area of 1114.80 km<sup>2</sup> for a height of 50 meters and 3289.92 km<sup>2</sup> for a height of 80 meters above the speed of 6m/s, which is expressed as the economic efficiency limit.

\*Sorumlu Yazar

(serhan@osmaniye.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0001 – 6221 – 7035

Kaynak Göster (APA)

Yıldız S S (2021). Balıkesir ili rüzgâr hızı haritalarının hazırlanması ve rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından incelenmesi. Geomatik, 6(3), 198-206. DOI: 10.29128/geomatik.737567

## 1. GİRİŞ

Devletler tarih boyunca doğal kaynakları daima kullanmış ve doğal kaynaklarını kullanarak bazı dönemlerde hızla gelişerek zenginleşmişlerdir. Bugün endüstri devrimini tamamlamış olan ülkeler öncelikle doğal kaynaklarını kullanarak bu düzeye ulaşmışlardır (MTA, 2000). Hızla artan nüfusun karşısında insanlar, ihtiyaçlarını karşılamak için dünyadaki tüm kaynaklardan yararlanmak istemektedir. İnsanların doğada var olan doğal kaynakları tespit etmeye çalışması ve bunlardan yararlanmak için projelerin ve planların geliştirilmesi, bilimin bu doğrultuda ilerlemesi doğal kaynakların tüm dünya için ne derece önemli olduğunu göstermektedir (ESİAD, 1993).

Gelişen teknoloji, nüfusun artışı ve sanayileşme gibi nedenlerden dolayı hızla artan enerji ihtiyacını karşılamak için doğal kaynaklara başvurulmaya başlanmıştır. Yaşamın her aşamasında kullanılan enerji; rüzgâr, güneş, jeotermal, kinetik, kimyasal enerji gibi değişik formlarda bulunabilmektedir. Bu enerji türleri birbirlerine dönüştürülebilmektedir. Farklı yöntemlerle enerji elde edilen kaynaklar, enerji kaynağı olarak adlandırılmaktadır ve kaynağın türüne göre sınıflandırılmaktadır (Koç ve Şenel, 2013). Oluşumu çok uzun zaman alan kömür, petrol, doğalgaz, bor gibi enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları olarak adlandırılır. Güneş ışığı, rüzgâr, akan su, hidrojen, biyolojik süreçler ve jeotermal gibi sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan kaynaklardan elde edilen enerjilere de yenilenebilir enerji denilmektedir. (Albayrak, 2011).

Yakıldığında karbondioksit, azot oksit, toz, kükürt dioksit gibi gazları ortaya çıkaran, yenilenemez enerji kaynaklarından, fosil yakıtlar tüm dünyada yaşamı tehdit etmektedir (Uyar, 2001). Yenilenebilir enerji kaynakları, sınırsız miktarda olması, çevreye az zarar vermesi ve güvenli olmasından dolayı fosil enerji kaynaklarına göre daha avantajlıdır (Mutlu, 2002). Dünyada sürdürülebilir kalkınmayı sağlamada yardımcı olacak en fazla bilinen ve en hızlı büyüme kaydeden yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve rüzgâr enerjisidir (Savin, 2003).

Yenilenebilir enerji üretiminin ülkemizdeki durumunu ve hedefleri incelemek açısından T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan 2019-2023 yılları arasında kapsayan on birinci kalkınma planı incelendiğinde, yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payı 2023 yılı için % 38,8 olarak tahmin edilmektedir (TCCB-SBB, 2019). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (EİGM) Türkiye Elektrik Yatırımları 2020 Yılı Nisan Ayı Özet Raporuna göre 30 Nisan 2020 tarihi itibarıyla 91565 MW olan toplam kurulu güçün % 49,49'u yenilenebilir enerji üretim tesislerinden oluşmaktadır (EİGM, 2020). Bu durum yenilenebilir enerji üretimi açısından 2023 hedeflerine şimdiden ulaşıldığını göstermektedir.

Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında dünyada en gelişmiş ve ticari olarak en elverişli enerji türüdür (Albostan ve ark., 2009). Son yıllarda rüzgârdan elektrik enerjisi üretiminde göstermiş olduğu gelişmeyle Çin Halk Cumhuriyeti ilk sırada yer alırken onu ABD, Almanya, Hindistan ve İspanya takip etmektedir (GWEC, 2017; GWEC, 2018; Dawn ve ark., 2019). Tablo 1'de ülkelerin kurulu rüzgâr gücü kapasiteleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Ülkelerin kurulu rüzgâr gücü kapasiteleri (GWEC, 2017; GWEC, 2018)

| Sıra | Ülke       | 2018 Yılı Toplam Kapasite [MW] | 2018 Yılı Büyüme Oranı [%] | 2018 Yılı Yeni Kurulum [MW] | 2017 Yılı Toplam Kapasite [MW] |
|------|------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1    | Çin        | 211392                         | 12,2                       | 23000                       | 188392                         |
| 2    | ABD        | 96665                          | 8,5                        | 7588                        | 89077                          |
| 3    | Almanya    | 59561                          | 6,0                        | 3371                        | 56190                          |
| 4    | Hindistan  | 35129                          | 6,7                        | 2191                        | 32938                          |
| 5    | İspanya    | 23394                          | 1,0                        | 224                         | 23170                          |
| 6    | İngiltere  | 20964                          | 10,0                       | 1901                        | 19063                          |
| 7    | Fransa     | 15320                          | 11,4                       | 1563                        | 13757                          |
| 8    | Brezilya   | 14708                          | 15,2                       | 1939                        | 12769                          |
| 9    | Kanada     | 12806                          | 4,6                        | 566                         | 12240                          |
| 10   | Türkiye    | 7369                           | 7,2                        | 497                         | 6872                           |
| 11   | İsveç      | 7216                           | 11,0                       | 717                         | 6499                           |
| 12   | Avustralya | 5362                           | 11,4                       | 549                         | 4813                           |
| 13   | Meksika    | 4935                           | 23,2                       | 929                         | 4006                           |
| 14   | Japonya    | 3661                           | 7,7                        | 262                         | 3399                           |

Türkiye'de rüzgârdan enerji üretimi ilk olarak 1998 yılında İzmir'de başlamıştır (Gültekin, 2019). İlk kurulumdan sonra Türkiye'deki rüzgârdan enerji üretimi gelişimi Dünya genelindeki gelişimi ile uyumlu bir şekilde ilerlemiştir. Ancak Türkiye'de rüzgâr enerji üretimi yatırımları son yıllarda önemli derecede artışa geçmiştir. 2008 yılında 364 MW olan toplam kurulu güç 2019 yılı Temmuz ayı itibarıyla 7615 MW olmuştur. Bu süreçteki kurulu güç açısından en büyük büyüme 2015-2016 yılları arasında toplam 1388 MW olarak gerçekleşmiştir. Bu artış, Türkiye'nin sektördeki sıralamasını belirgin bir şekilde yükseltmiştir. İlk yıllarda %30 civarında olan yıllık artış oranı son üç yılda gözle görülür bir şekilde azalarak 2019 yılında %3,34'e kadar gerilemiştir. Toplam kurulu güç açısından şehirler karşılaştırıldığında 1462,20 MW ile İzmir birinci, 1135 MW ile Balıkesir ikinci ve 669,95 MW ile Manisa üçüncü sırada yer almaktadır. Bu üç şehrin toplam kurulu gücü Türkiye'nin kurulu gücünün %42,90'ını oluşturmaktadır (TUREB, 2019). Yine şehirlerin Temmuz 2018 ile Temmuz 2019 arasındaki kurulu güç artışı incelendiğinde, 143,90 MW artış ile Konya ve 142,80 MW artış ile Çanakkale başı çekmektedir. Bu şehirleri sırasıyla İzmir ve Balıkesir takip etmektedir (TUREB, 2018; TUREB, 2019). Türkiye'de şehirlerin 2018 ve 2019 Temmuz ayına ait kurulu rüzgâr gücü kapasiteleri, büyüme oranları ve ülke kapasitesindeki payları Tablo 2'de gösterilmiştir. Ayrıca Türkiye'de kurulu rüzgâr gücü

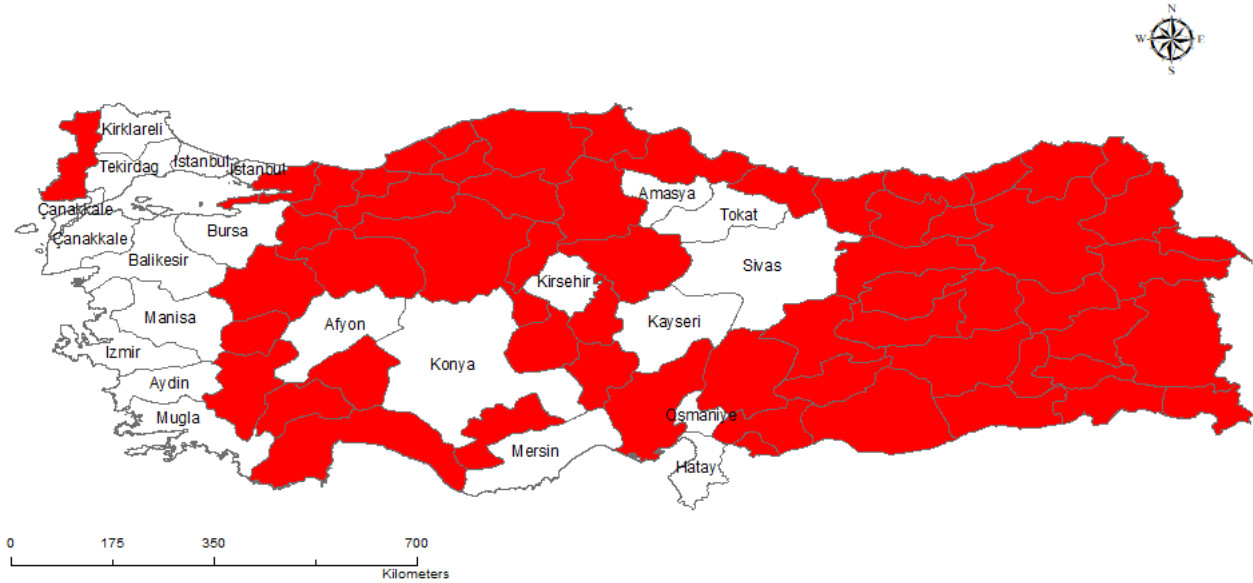
kapasitesi yönünden ilk yirmide yer alan şehirlerin konumu Şekil 1’de verilmiştir.

Balıkesir ili gerek toplam kurulu güç gerekse güç artışı yönünden ele alındığında rüzgâr enerjisi yönünden büyük öneme sahiptir. Ayrıca Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (REPA) verileri incelendiğinde Balıkesir ilinde 50 m yükseklikte toplam kurulu güç potansiyeli 13827,36 MW olarak

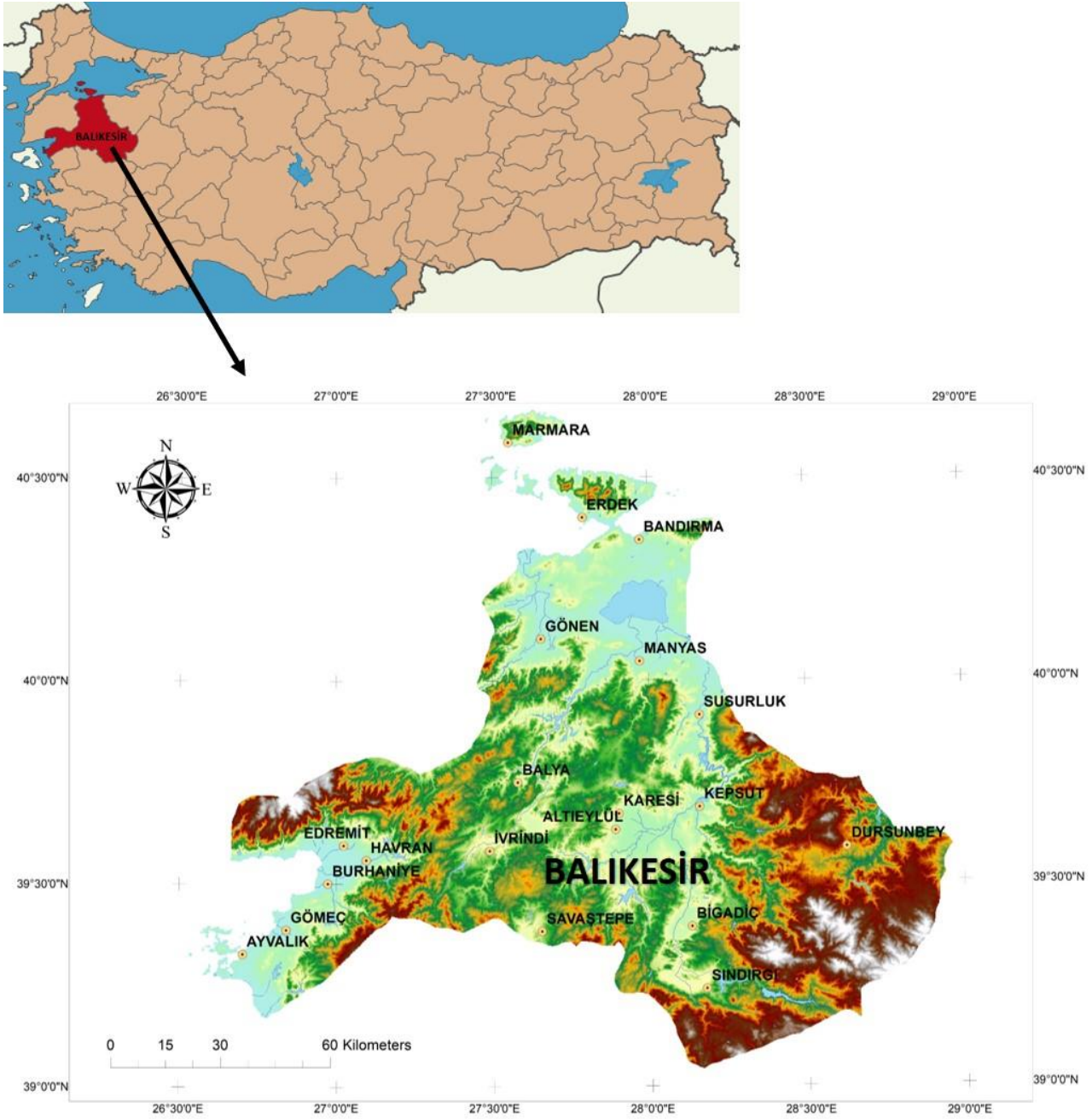
ifade edilmektedir (EİGM, 2019). Mevcut toplam kurulu güç miktarı 1135 MW ve bu miktar potansiyelin sadece %8,2’sini oluşturmaktadır. Bu durum Balıkesir ilinde potansiyel rüzgâr enerji alanı belirleme çalışmalarının halen büyük bir öneme sahip olduğunu desteklemektedir. Çalışma alanını oluşturan Balıkesir ilinin ülke içindeki konumu ve fiziki haritası Şekil 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Türkiye’de şehirlerin kurulu rüzgâr gücü kapasiteleri (TUREB, 2018; TUREB, 2019)

| Sıra | Şehir      | Toplam Kapasitedeki Payı [%] | Temmuz 2019 Toplam Kapasite [MW] | Büyüme Oranı [%] | Yeni Kurulum [MW] | Temmuz 2018 Toplam Kapasite [MW] |
|------|------------|------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1    | İzmir      | 19,20                        | 1462,20                          | 6,2              | 85,00             | 1377,20                          |
| 2    | Balıkesir  | 14,90                        | 1135,00                          | 5,2              | 55,75             | 1079,25                          |
| 3    | Manisa     | 8,80                         | 669,95                           | 0,0              | 0,00              | 669,95                           |
| 4    | Çanakkale  | 6,64                         | 505,60                           | 39,4             | 142,80            | 362,80                           |
| 5    | Hatay      | 4,79                         | 364,50                           | 0,0              | 0,00              | 364,50                           |
| 6    | Kayseri    | 3,61                         | 275,10                           | 3,9              | 10,20             | 264,90                           |
| 7    | Afyon      | 3,53                         | 268,45                           | 17,0             | 39,00             | 229,45                           |
| 8    | Osmaniye   | 3,48                         | 265,30                           | 0,0              | 0,00              | 265,30                           |
| 9    | İstanbul   | 3,37                         | 256,90                           | 12,4             | 28,35             | 228,55                           |
| 10   | Aydın      | 3,12                         | 237,20                           | 16,5             | 33,60             | 203,60                           |
| 11   | Mersin     | 2,87                         | 218,70                           | 0,0              | 0,00              | 218,70                           |
| 12   | Kırklareli | 2,62                         | 199,60                           | 0,0              | 0,00              | 199,60                           |
| 13   | Muğla      | 2,59                         | 197,25                           | 1,3              | 2,50              | 194,75                           |
| 14   | Kırşehir   | 2,21                         | 168,00                           | 0,0              | 0,00              | 168,00                           |
| 15   | Konya      | 2,17                         | 164,90                           | 685,2            | 143,90            | 21,00                            |
| 16   | Tekirdağ   | 2,05                         | 155,80                           | 0,0              | 0,00              | 155,80                           |
| 17   | Sivas      | 2,04                         | 155,30                           | 0,0              | 0,00              | 155,30                           |
| 18   | Tokat      | 1,85                         | 140,70                           | 0,0              | 0,00              | 140,70                           |
| 19   | Amasya     | 1,83                         | 139,00                           | 8,4              | 10,80             | 128,20                           |
| 20   | Bursa      | 1,69                         | 128,40                           | 0,0              | 0,00              | 128,40                           |



**Şekil 1.** Türkiye’de kurulu rüzgâr gücü kapasitesi yönünden ilk yirmide yer alan şehirler



**Şekil 2.** Çalışma alanının Türkiye’deki konumu ve fiziki haritası

Rüzgâr enerji santrallerinin kurulmasında en önemli faktörlerin başında rüzgâr hızı gelmektedir. Rüzgâr türbinlerinin çalışmaya başlayabilmesi için gerekli olan en düşük hız genel olarak 3 m/s’dir. Günümüzde 2,5 m/s hızda çalışmaya başlayabilen rüzgâr türbinleri bulunmaktadır. Voivontas ve ark. 1998’de kabul edilebilir en düşük rüzgâr hızı 6 m/s olarak belirlenmiştir. Hayli 2001’de rüzgâr enerjisi üretiminin ekonomik olabilmesi için en düşük rüzgâr hızının 5-6 m/s olması gerektiği ifade edilmektedir. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nun 1995 yılında alternatif enerji kaynakları üzerine gerçekleştirdiği bir çalışmada Taylan ve ark. elektrik enerjisi üretimi için kullanılabilecek en düşük rüzgâr hızını 6,5 m/s olarak tanımlamışlardır. Çalışma kapsamında rüzgâr enerjisi üretimi için gerekli olan en düşük hız ise 6 m/s olarak belirlenmiştir (TAEK, 1995).

Bu çalışma kapsamında Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyeli yönünden önemli bir yere sahip olan Balıkesir ilinin 50 ve 80 m yükseklikteki rüzgâr hızı haritaları üretilmiş ve bu haritalar rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından incelenerek sonuçlar ortaya konulmuştur.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında Balıkesir ilinde bulunan 32 adet meteoroloji istasyonunun 01.01.2014 – 30.06.2019 tarihleri arasındaki günlük ortalama rüzgâr hızı verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan MGM istasyonlarının coğrafi dağılımı Şekil 3’te gösterilmiştir. MGM istasyonlarının rüzgâr hızı ölçümleri 10m yüksekliğe sahip direkler üzerinde gerçekleştirilmektedir. İstasyonlarda opto-

elektronik prensibi ile çalışan üç kepçeli rüzgâr hız sensörü yardımıyla rüzgâr hızı belirlenmektedir. Sensör içerisindeki optik sayıcı, sensör milinin birim zamandaki dönüş sayısını ölçmekte ve buradan yola çıkarak rüzgâr hızı hesaplanmaktadır.

Çalışmanın amacını oluşturan 50 ve 80 m yükseklikteki rüzgâr hızlarının elde edilebilmesi için Hellmann eşitliği kullanılmıştır. Bu yaklaşımda MGM istasyonlarının yer aldığı bölgenin yüzey pürüzlülüğüne ve hızın taşınmak istendiği yüksekliğe bağlı olarak hesaplamalar yapılmaktadır (Tar, 2008).

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha \quad (1)$$

Eşitlik 1’de,  $V_0$  MGM’den temin edilen 10 m yükseklikteki rüzgâr hızı değerini,  $H$  rüzgâr hızının taşınmak istendiği yüksekliği,  $\alpha$  rüzgâr ölçümü yapılan istasyondaki yüzeyin pürüzlülüğüne göre belirlenen sürtünme katsayısını ve  $V$  taşınmak istenen yükseklikteki rüzgâr hızı değerini ifade etmektedir.  $H_0$ , MGM rüzgâr hızlarının ölçüldüğü yükseklik olan 10 m olarak alınmıştır. Tablo 3 çalışma kapsamında kullanılmış olan arazi türü sınıflarını ve karşılık gelen sürtünme katsayılarını göstermektedir (Masters, 2004).

**Tablo 3.** Arazi karakteristiğine göre sürtünme katsayıları (Masters, 2004)

| Arazi Karakteristiği                   | Sürtünme Katsayısı ( $\alpha$ ) |
|--|---------------------------------|
| Pürüzsüz sert zemin, durgun su         | 0,10                            |
| Toprak seviyesinde uzun çimen          | 0,15                            |
| Yüksek boylu mahsul ve çalılar         | 0,20                            |
| Kırsal orman alanı, birçok ağaç        | 0,25                            |
| Ağaçlar ve çalılar içeren küçük kasaba | 0,30                            |
| Yüksek binaların bulunduğu şehirler    | 0,40                            |

MGM istasyonlarının buldukları konumların sürtünme katsayılarını elde edebilmek için CORINE arazi örtüsü haritası Copernicus Services envanterinden temin edilmiştir (EEA, 2019). İstasyonların bulunduğu konuma ait olan arazi örtüsü sınıfı rüzgâr hızı hesaplarında kullanılan pürüzlülük sınıflarından uygun olan sınıf ile eşleştirilerek o istasyonun 50 ve 80 m yükseklikteki hız değerleri 1 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Burada 50 ve 80 m yüksekliklerin seçilmesinin sebebi halihazırda kurulu olan rüzgâr enerji santrallerindeki türbin göbük yüksekliklerinin bu değerlere yakın olmasıdır. Buradan yola çıkarak ilerleyen çalışmalarda mevcut toplam kurulu güç kapasitesi ile hesaplanacak güç potansiyelinin karşılaştırması daha anlamlı olarak gerçekleştirilebilecektir. Kapasite tabirini bir başka deyişle yorumlanır ise, mevcut kurulu rüzgâr güç santrallerinin toplam gücü ile Balıkesir ilinin üretilen rüzgâr haritalarından yola çıkarak

hesaplanan genel güç potansiyeli karşılaştırılabilecektir.

Ardından Balıkesir il genelinin rüzgâr hızı haritalarını oluşturmak üzere 32 adet MGM istasyonuna ait hız verileri ters mesafe ağırlıklı (IDW), krigging ve doğal komşu (natural neighbour) olmak üzere 3 farklı yöntemle enterpolasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. MGM istasyonlarının gerçek hız verileri ile enterpolasyon yöntemiyle elde edilen değerler karşılaştırıldığında en uygun yöntemin IDW olduğu tespit edilmiş ve Balıkesir iline ait 50 ve 80 m yükseklikteki rüzgâr hızı haritaları 200 x 200 m boyutlarına sahip hücreler halinde bu yöntemle raster olarak üretilmiştir.

Günümüzde çoğunlukla tek istasyon bazında yürütülen rüzgâr hızının farklı yüksekliklere taşınması ve güç potansiyeli hesaplamaları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımı ve çok sayıda istasyon noktası verisinin kullanımını ile belirli bölge için hız haritasını üretimine imkân sağlamaktadır. Bu kapsamda sadece noktasal olarak değil tüm bölge için bir hesaplama gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmalarının sonraki adımlarını Balıkesir ilinin rüzgâr gücü potansiyelinin hesaplanması ve CBS ile çok ölçütlü karar analiz yöntemleri yardımıyla rüzgâr enerji santrali uygunluk haritalarının üretimi oluşturmaktadır. Bu çalışmada bir CBS yazılımı olan ArcMap yazılımı kullanılmıştır.

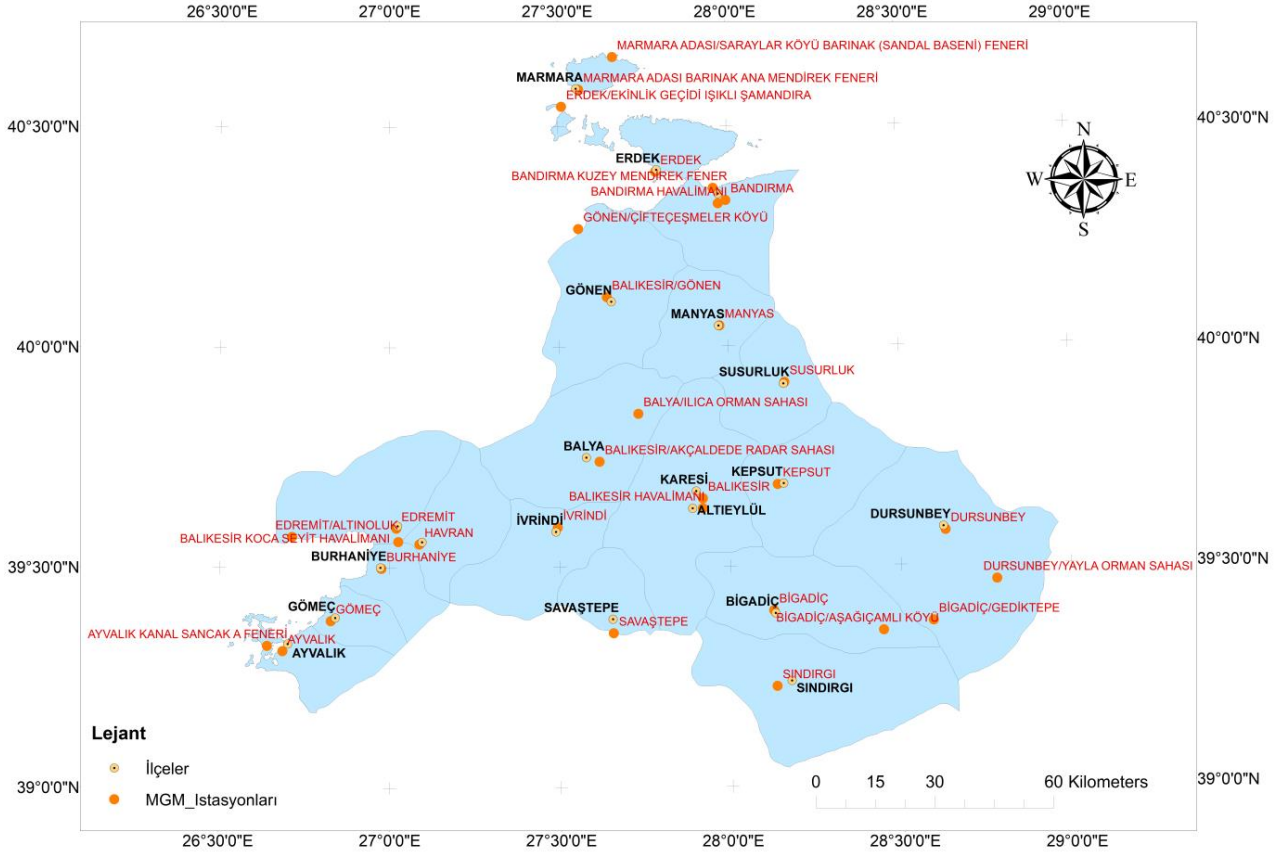
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü’nden resmi yazışma ile Türkiye Coğrafi Veri Portalı kullanılarak temin edilen çevre düzeni planlarında yer alan yerleşim alanları, turizm alanları, havalimanları, doğal karakteri korunacak alanlar, askeri alanlar, maden alanları, organize sanayi bölgesi, lojistik merkez, küçük sanayi alanı, organize tarım ve hayvancılık bölgesi, sanayi ve depolama alanı gibi çalışma alanları, su yüzeyleri, eğimin %30’dan fazla olduğu yerler çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Çalışmada referans elipsoidi olarak World Geodetic System 1984 (WGS 84) elipsoidi kullanılmış ve bu doğrultuda MGM istasyonları ve çevre düzeni planları gibi kurumlardan temin edilen coğrafi verilerin tamamının WGS 84 elipsoidine koordinat dönüşümleri gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

Balıkesir ili için üretilmiş olan 50m yükseklikteki rüzgâr hızı haritası (Şekil 4) incelendiğinde hızların 2,12 ile 9,16 m/s arasında, 80m yükseklikteki rüzgâr hızı haritası (Şekil 5) incelendiğinde 2,38 ile 10,30 m/s arasında bir dağılıma sahip oldukları görülmektedir.

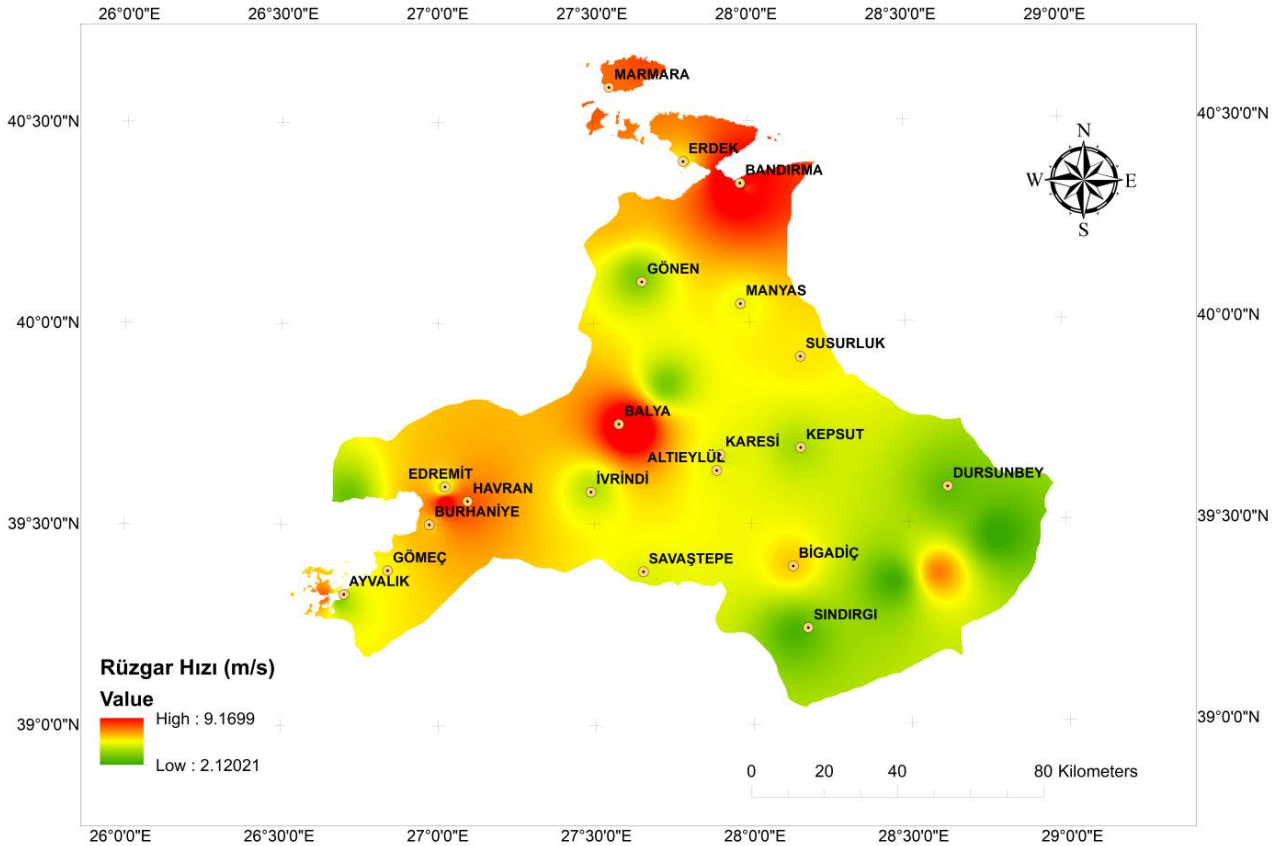
Hız dağılımları konumsal olarak değerlendirildiğinde; Balya, Bandırma, Burhaniye, Edremit, Erdek ve Havran ilçelerindeki en yüksek hız değerlerinin diğer ilçelere göre daha büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca Tablo 4’te 50 ve 80 m yükseklikteki en yüksek, en düşük ve ortalama rüzgâr hızları ilçelere göre gösterilmektedir.

BALIKESİR İLİ MGM İSTASYONLARI



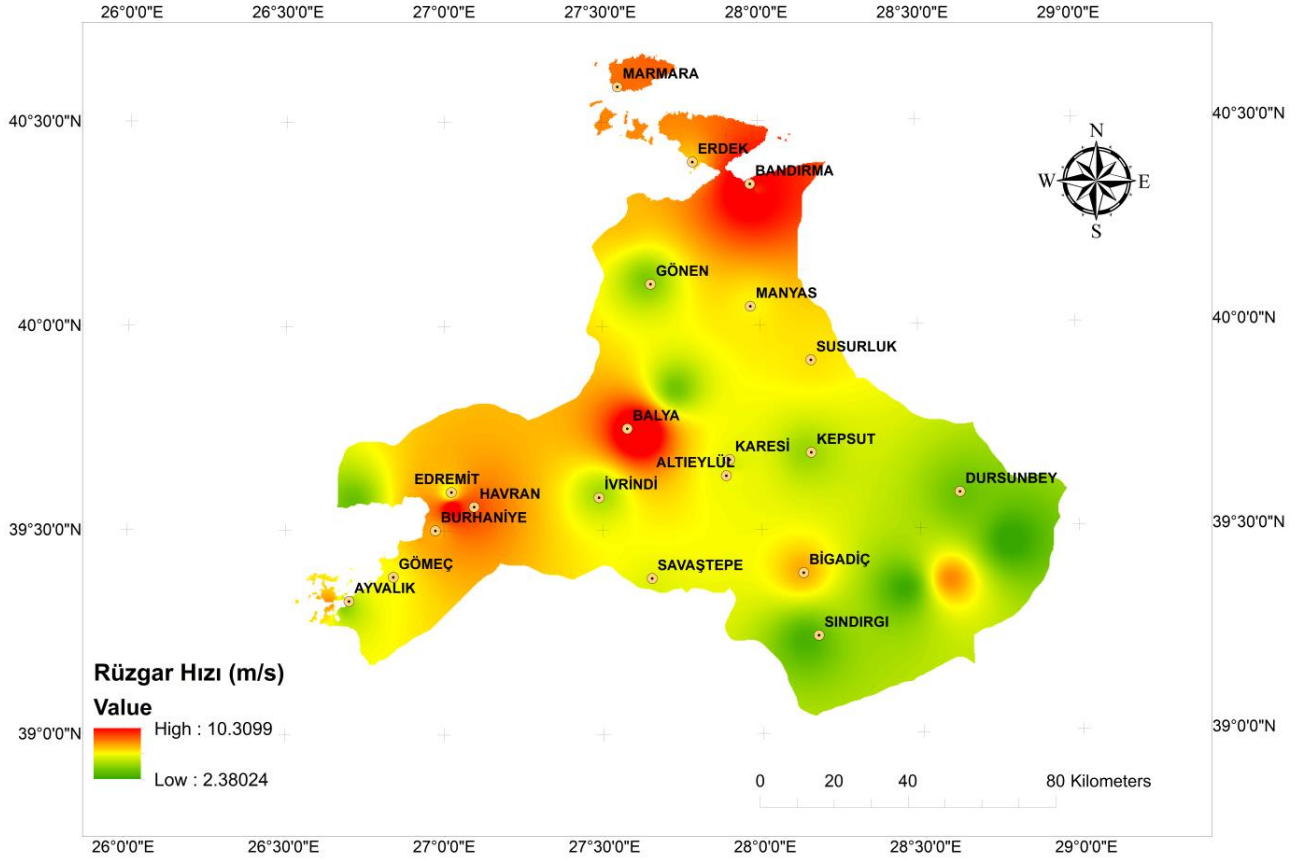
Şekil 3. Balıkesir ilinde yer alan MGM istasyonları

BALIKESİR İLİ RÜZGAR HIZI HARİTASI (h=50m)



Şekil 4. Balıkesir ilinin 50 m yükseklikteki rüzgâr hızı haritası

## BALIKESİR İLİ RÜZGAR HIZI HARİTASI (h=80m)



Şekil 5. Balıkesir ilinin 80 m yükseklikteki rüzgar hızı haritası

Tablo 4. İlçelerde 50 ve 80 m yükseklikteki en yüksek, en düşük ve ortalama rüzgâr hızları

| İlçe Adı                         | h=50 m                              |                                    |                                    | h=80 m                              |                                    |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                  | Rüzgar Hızı<br>(En yüksek)<br>(m/s) | Rüzgar Hızı<br>(En düşük)<br>(m/s) | Rüzgar Hızı<br>(Ortalama)<br>(m/s) | Rüzgar Hızı<br>(En yüksek)<br>(m/s) | Rüzgar Hızı<br>(En düşük)<br>(m/s) | Rüzgar Hızı<br>(Ortalama)<br>(m/s) |
| Ayvalık                          | 6,30                                | 3,40                               | 4,74                               | 6,62                                | 3,92                               | 5,31                               |
| Balya                            | 9,16                                | 3,19                               | 5,59                               | 10,30                               | 3,58                               | 6,32                               |
| Bandırma                         | 8,19                                | 5,32                               | 6,61                               | 9,89                                | 6,17                               | 7,60                               |
| Bigadiç                          | 5,61                                | 2,39                               | 4,20                               | 6,31                                | 2,69                               | 4,88                               |
| Burhaniye                        | 8,14                                | 4,99                               | 5,64                               | 9,36                                | 5,74                               | 6,59                               |
| Dursunbey                        | 5,92                                | 2,12                               | 3,64                               | 6,66                                | 2,38                               | 4,18                               |
| Edremit                          | 8,16                                | 3,00                               | 4,95                               | 9,39                                | 3,37                               | 5,72                               |
| Erdek                            | 7,14                                | 4,85                               | 6,07                               | 7,94                                | 5,85                               | 6,94                               |
| Gömeç                            | 5,36                                | 4,71                               | 4,99                               | 6,25                                | 5,30                               | 5,70                               |
| Gönen                            | 6,17                                | 3,27                               | 4,74                               | 7,09                                | 3,77                               | 5,42                               |
| Havran                           | 7,76                                | 4,98                               | 5,61                               | 8,95                                | 5,65                               | 6,46                               |
| İvrindi                          | 6,01                                | 3,92                               | 4,87                               | 6,79                                | 4,31                               | 5,52                               |
| Kepsut                           | 4,71                                | 3,74                               | 4,24                               | 5,40                                | 4,11                               | 4,82                               |
| Manyas                           | 5,79                                | 4,45                               | 4,89                               | 6,70                                | 5,08                               | 5,71                               |
| Marmara                          | 6,47                                | 5,73                               | 6,20                               | 7,11                                | 6,52                               | 6,89                               |
| Merkez<br>(Altieylül-<br>Karesi) | 6,11                                | 3,95                               | 4,67                               | 6,91                                | 4,47                               | 5,34                               |
| Savaştepe                        | 4,91                                | 4,35                               | 4,62                               | 5,58                                | 5,01                               | 5,28                               |
| Sındırgı                         | 4,91                                | 2,58                               | 3,70                               | 5,54                                | 2,90                               | 4,23                               |
| Susurluk                         | 5,14                                | 4,30                               | 4,79                               | 5,96                                | 4,86                               | 5,51                               |

Balıkesir ilinin 50 ve 80 m yükseklikteki rüzgâr potansiyelinin daha açık bir şekilde anlayabilmek üzere rüzgâr hızı değerleri için aralıklar belirlenmiş

ve belirlenen aralıklarda bulunan hücre sayıları ve karşılık geldikleri toplam alanlar belirlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** 50 ve 80 m yükseklikteki rüzgâr hızı aralıklarına göre hücre sayıları ve toplam alan

| Rüzgâr Hızı (m/s) | h=50 m       |                                | h=80 m       |                                |
|-------------------|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|
|                   | Hücre Sayısı | Toplam Alan (km <sup>2</sup> ) | Hücre Sayısı | Toplam Alan (km <sup>2</sup> ) |
| 6,0 - 7,0         | 20815        | 832,60                         | 58918        | 2356,72                        |
| 7,0 - 7,5         | 4157         | 166,28                         | 8950         | 358,00                         |
| 7,5 - 8,0         | 1463         | 58,52                          | 7327         | 293,08                         |
| 8,0 - 8,5         | 708          | 28,32                          | 4044         | 161,76                         |
| 8,5 - 9,0         | 554          | 22,16                          | 1434         | 57,36                          |
| 9,0 - 9,5         | 173          | 6,92                           | 764          | 30,56                          |
| 9,5 - 10,0        | 0            | 0,00                           | 530          | 21,20                          |
| > 10              | 0            | 0,00                           | 281          | 11,24                          |

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında Balıkesir iline ait 50 ve 80 m yükseklikteki rüzgâr hızı haritaları üretilmiş ve ilçeler arasındaki dağılımları da ortaya konulmuştur. Rüzgâr hızları ilçeler arasında karşılaştırıldığında en yüksek hız değerlerine göre sıralama büyükten küçüğe doğru Balya, Bandırma, Edremit, Burhaniye, Havran, Erdek ve diğer ilçelerden oluşmaktadır. Diğer yandan ortalama hız değerleri karşılaştırıldığında sıralama Bandırma, Marmara, Erdek, Burhaniye, Havran, Balya ve diğer ilçeler şeklinde oluşmaktadır. Bu sonuçlar gerek en yüksek hız gerekse ortalama hız yönünden Bandırma ilçesinin rüzgâr hızı verimliliği yönünden en iyi durumda bulunan ilçe olduğunu göstermektedir.

Balıkesir iline ait rüzgâr hızları ekonomik verimlilik sınırı olarak ifade edilen 6 m/s hızdan itibaren belirli aralıklara ayrılmış olarak incelendiğinde 50 m yükseklik için toplam 1114,80 km<sup>2</sup> ve 80 m yükseklik için 3289,92 km<sup>2</sup> elverişli alan olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar yükseklik arttıkça rüzgâr hızının ve dolayısıyla üretilebilecek enerji miktarının önemli derecede arttığı ortaya koymaktadır.

Teknolojik gelişmeler doğrultusunda üretilebilen yüksek ve uzun pervaneli rüzgâr türbinleri sayesinde enerji verimliliği oldukça artmaktadır.

Gerçekleştirilen çalışma Balıkesir ilinin rüzgâr enerjisi yönünden oldukça güçlü bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca rüzgâr hızı haritalarının üretilmesi çalışmalarının diğer iller için de gerçekleştirilmesi, ilerleyen süreçte tüm Türkiye'deki rüzgâr enerji potansiyelinin güncel bir şekilde belirlenmesine yönelik çalışmalara altlık oluşturması yönünden faydalı olacaktır.

#### BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan rüzgâr hızı verilerinin temin edildiği T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, çevre düzeni planlarının temin edildiği T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü'ne

ve coğrafi verilerin paylaşımı konusunda koordinasyon görevini yürüten Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü'ne desteklerinden dolayı teşekkür ediyorum.

#### ÇATIŞMA BEYANI

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### KAYNAKÇA

- Albayrak, B. (2011). Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Finansmanı : Bir Uygulama. Doktora Tezi, Kadir Has Üniversitesi.
- Albostan, A., Çekiç, Y. ve Eren, L. (2009). Rüzgar Enerjisinin Türkiye'nin Arz Güvenliğine Etkisi. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 24 (4), 641-649.
- Dawn, S., Tiwari, P. K., Goswami, A. K., Singh, A. K. ve Panda, R. (2019). Wind power: Existing status, achievements and government's initiative towards renewable power dominating India. Energy Strategy Reviews, 23, 178-199.
- Ege Sanayicileri ve İşadamları Derneği (ESİAD). (1993). Ege Bölgesinin Doğal Ortam Koşulları ve Doğal Kaynakları. İzmir: ESİAD Yayını.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM). (2019). Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası: Balıkesir İli Rüzgar Kaynak Bilgileri. <https://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2frep%2fBALIKESIR-REPA.pdf> (erişim tarihi: 09.10.2019)
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM). (2020). Türkiye Elektrik Yatırımları 2020 Yılı Nisan Ayı Özet Raporu. <https://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fRapor%2fElektrik%20Yat%2fc4%b1r%2fc4%b1mlar%2fc4%b1%2020%20Nisan%20Ayl%2fc4%b1k%20%2fc3%96zet%20Raporu.pdf> (erişim tarihi: 01.07.2020)
- European Environment Agency (EEA). (2019). Corine Land Cover (CLC) 2018, Version 20. Release Date: 14-06-2019.



- Global Wind Energy Council (GWEC). (2017). Global Wind Statistics 2017. [https://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC\\_PRstats2017\\_EN-003\\_FINAL.pdf](https://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf) (erişim tarihi: 08.10.2019)
- Global Wind Energy Council (GWEC). (2018). Global Wind Report 2018. <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf> (erişim tarihi: 08.10.2019)
- Gültekin, U. (2019). Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarının Gelişimi. *Turkish Studies*, 14 (4), 2333-2348.
- Hayli, S. (2001). Rüzgâr Enerjisinin Önemi, Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (1), 1-26.
- Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) (2000). Madencilik’in Ülke Ekonomisindeki Önemi. Ankara.
- Masters, G. M. (2004). *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. New Jersey, USA: John Wiley and Sons.
- Mutlu, A. (2002). Nükleer Demodelik mi, Sürdürülebilir Enerji mi? *Standart:Ekonomik ve Teknik Dergi*, 487, 64-72.
- Savin, J. (2003). Enerji İçin Yeni Bir Gelecek Yaratmak, Dünyanın Durumu 2003 (ss.103-135). Çev. Ş. T. Gürçağlar. İstanbul, TEMA Vakfı Yayınları.
- Tar K. (2008). Some statistical characteristics of monthly average wind speed at various heights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12 (6), 1712-1724.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK). (1995). *Alternatif Enerji Kaynakları*. İstanbul: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi.
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (TCCB-SBB). (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)*.
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (2018). *Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu - Temmuz 2018*. [http://www.tureb.com.tr/files/tureb\\_sayfa/duyurular/2018/08/istatistik\\_raporu\\_temmuz\\_2018.pdf](http://www.tureb.com.tr/files/tureb_sayfa/duyurular/2018/08/istatistik_raporu_temmuz_2018.pdf) (erişim tarihi: 10.10.2019)
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (2019). *Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu - Temmuz 2019*. [http://www.tureb.com.tr/files/bilgi\\_bankasi/turkiye\\_res\\_durumu/istatistik\\_raporu\\_temmuz\\_2019.pdf](http://www.tureb.com.tr/files/bilgi_bankasi/turkiye_res_durumu/istatistik_raporu_temmuz_2019.pdf) (erişim tarihi: 10.10.2019)
- Uyar, T. S. (2001). Enerji Sorunu Nedir? Alternatif Enerji Çözüm müdür? *NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium*, 23-26, Lefkoşa, TRNC.
- Voivontas, D., Assimacopoulos D., Mourelatos A. ve Corominas J. (1998). Evaluation of Renewable Energy Potential Using A GIS Decision Support System. *Renewable Energy*, 13 (3), 333-344.



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>