

Araştırma / Research**AĞLASUN BÖLGESİ İÇİN RÜZGÂR HIZI TAHMİNİ VE EN UYGUN
TÜRBİN TESPİTİ****Erkan DİKMEN¹ (ORCID: 0000-0002-6804-8612)**
Fatma Kadriye ÖRGEN² (ORCID: 0000-0002-8911-1641)*¹Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye²Harita Kadastro Bölümü, Gölhisar Meslek Yüksek Okulu, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye

Geliş / Received: 18.07.2017

Kabul / Accepted: 24.01.2018

ÖZ

Dünyada ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konum nedeniyle ülkemizde rüzgar enerji sistemlerinin kullanımı da sürekli artış göstermektedir. Bir bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için rüzgâr türbinlerinin hub yüksekliğindeki rüzgâr hızlarının ölçülmesi ya da tahmin edilerek analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Burdur - Ağlasun bölgesindeki bir alanın rüzgâr potansiyeli tespiti için meteoroloji hava istasyonu kurulmuştur. Bölgedeki ölçüm istasyonu Ocak - Aralık 2013 dönemleri arasında 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı verilerini kaydetmiştir. Rüzgar türbinlerinin hub yüksekliklerindeki (60, 65, 73 ve 75 m) rüzgar hızları farklı ekstrapolasyon yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Aylık rüzgâr hızları kullanılarak bölge için en uygun türbin tespiti yapılmıştır. Bölge için en uygun türbinin 65 m hub yüksekliğindeki LTW80 türbini seçilmiştir. Böylece, bölgeden elde edilebilecek enerji 281560 - 154039 kWh arasında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekstrapolasyon, rüzgâr hızı, türbin seçimi, rüzgârın frekansı**DETERMINATION OF OPTIMAL TURBINE AND PREDICTION OF
WIND SPEED FOR AĞLASUN AREA****ABSTRACT**

The importance and usage of renewable energy sources is increasing at the world and in our country. Wind energy systems usage permanently increases in our country by the reason of its geographical location. Wind speeds at hub heights of wind turbines need to be measured or estimated to determine the wind energy potential of a zone. In this study, the meteorology air station's which is established between January - December 2013 wind speed data is used on 2 meters high to determine wind potential in Burdur - Aglasun region. Wind speeds at hub heights (60, 65, 73 and 75 m) of wind turbines are estimated by different extrapolation methods. The most suitable turbine detection done for this region by using the estimated wind speeds at hub heights. The most suitable turbine for the region is selected LTW80 turbine of 65 m hub heights. Thus, it's determined that the energy can be obtained in the area is between 281560 kWh - 154039 kWh.

Keywords: Extrapolation, wind speed, turbine selection, wind frequency**1. GİRİŞ**

Dünya nüfusunun artmasıyla, teknolojinin gelişmesi ve kullanımının artması, enerji ihtiyacı artışını da beraberinde getirmektedir. Enerjiye olan talep, yenilenebilir enerji kaynaklarının üzerine araştırmaların yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Yenilenebilir, çevreyi kirletmeyen, temiz ve ucuz enerji sınıfına giren, sınırsız enerji kaynağından biri olan rüzgâr enerjisi ülkemizde önemli bir değere sahiptir. Rüzgâr enerjisi M.Ö. 2800'lerden günümüze kadar su pompalamada kullanılırken artık elektrik enerjisi elde etme amacıyla da

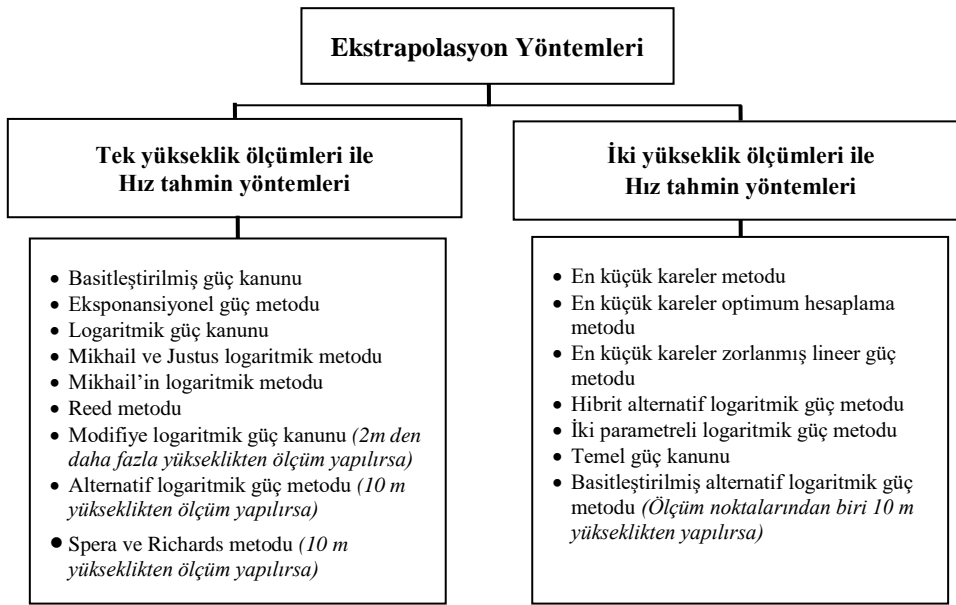
*Corresponding author / Sorumlu yazar, Tel.: +90 2482776; e-mail / e-posta: fkorgen@mehmetakif.edu.tr

E. DİKMEN, F. K. ÖRGEN

kullanılmaktadır. Rüzgâr Enerjisi Atlası (REPA) verilerine göre Akdeniz bölgesinin birçok yeri yüksek rüzgâr enerji potansiyeline sahiptir [1].

Ülkemizin 50m yükseklikte, 6.5-7 m/s rüzgar hızına sahip rüzgar enerji potansiyeli 83906,96 MW' tır. 7-7,5 m/s rüzgâr hızındaki rüzgâr enerji potansiyeli ise 29259,36 MW 7,5-8 m/s rüzgâr enerji potansiyeline sahip alanlar ise 12994,32 MW' tır. Ülkemizde yüksek rüzgâr enerji potansiyeline sahip alanlar kıyı kesimlerde olmasına rağmen ülkenin iç alanlarında orta şiddette rüzgâr potansiyeline sahip bölgelerde bulunmaktadır. 2016 yılı itibariyle ülkemizde toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 45240 MW tır [1].

Bir bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelini tespiti için rüzgâr türbinlerinin hub yüksekliğindeki rüzgâr hızlarının ölçülmesi ya da tahmin edilmesi gerekmektedir. Türbinlerin hub yüksekliklerinde ölçüm alınması çok maliyetli olduğu için bunun yerine belirli bir yükseklikte rüzgâr hızları ölçülerek kaydedilir. Kaydedilen bu rüzgâr hızları ekstrapolasyon yöntemleri yardımıyla rüzgâr türbininin hub yüksekliklerindeki rüzgâr hızı tahmin edilebilmektedir. Rüzgâr hızı tahmininde kullanılan ekstrapolasyon yöntemleri Şekil 1 sınıflandırılmıştır. Genel olarak ekstrapolasyon yöntemlerinde kullanılacak rüzgâr hız değerleri en az 2m yükseklikte ölçülen değerler kullanılabilir.



Şekil 1. Ekstrapolasyon Yöntemleri [3]

Yağcı [3], çalışmasında bir bölgenin 10, 30 ve 50 metredeki rüzgâr hızı verilerini kullanarak farklı yöntemlerle 50 metre yükseklikteki rüzgâr hızını tahmin etmiştir. Tahmin edilen rüzgâr hızlarıyla gerçek değerler karşılaştırılmış ve hata analizleri yapılmıştır. Yedi farklı rüzgâr türbininden elde edilecek güç ve enerji miktarları tespit edilmiştir. Tahmin edilen hız ile ölçülen hız değerleri arasında hata analizi yapılmış ve hataların kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Kaplan [4], Osmaniye bölgesinin rüzgâr enerji potansiyelinin istatistiksel analizini yapmıştır. Analiz sırasında Weibull ve Rayleigh dağılımını kullanmıştır. Dağılımların parametrelerini tespit etmek için Moment ve Grafik metodunu kullanmıştır. Bu sonuçlarla elde edilen değerler gerçek değerlerle karşılaştırılarak hata analizi yapılmıştır. 0.5 m/s ile 8.5 m/s arasında Weibull hatası 0.22 ile 0.82 arasında iken Rayleigh hatası 0.45 ile 0.99 arasında değişmektedir. Düşük ve orta rüzgâr hızlarında Rayleigh hatası düşük iken diğer yüksek rüzgâr hızlarında Weibull hatası daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yayla ve ark. [5], Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanının rüzgâr enerji potansiyelini belirlemişlerdir. 2004-2005 yılları arasında 30 m yükseklikte bir ölçüm direğinden veriler alınmıştır. Bu veriler WASP programında kullanılarak bölgenin ortalama rüzgâr hızının 3.87 m/s olduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki rüzgâr güç yoğunluğunun ise 87 W/m² olduğu tespit edilmiştir. En uygun türbin seçimi yapılarak üretilecek enerjinin 237 MWh olacağı belirlenmiştir.

Kurban ve ark. [6], Eskişehir Anadolu Üniversite alanında 2005 yılı Temmuz - Ekim ayları arasında alınan rüzgâr hız verileri ile Weibull dağılımı kullanılarak bölgenin rüzgâr enerji potansiyelini incelemişlerdir. Weibull parametrelerini belirlemek için Maksimum Olabilirlik metodu kullanılmıştır. Bölgede yapılan kısa dönem rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi çalışmasında Temmuz ile Ekim ayları arasında üretilecek güç yoğunlukları

AĞLASUN BÖLGESİ İÇİN RÜZGÂR HIZI TAHMİNİ VE EN UYGUN TÜRBİN TESPİTİ

sırasıyla 71.7768, 79.5240, 47.8436 ve 48.5778 W/m² olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr enerji potansiyelinin en fazla olduğu Ağustos ayı olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Burdur Ağlasun bölgesinde bir alanda 2 m yüksekliğinden ölçülen rüzgâr hız verileriyle bölgeye ait rüzgâr enerjisi potansiyeli tespit edilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak tercih edilen Enercon, Leitwind ve EWT firmalarına ait orta ve üst seviye güç üretimine sahip (800 kW– 1000 kW) türbinlerinin teknik özelliklerinde belirtilen 60, 65, 73 ve 75 m hub yüksekliğindeki rüzgâr hızları 6 farklı ekstrapolasyon yöntemiyle tahmin edilmiştir. Tahmin edilen hızların en yüksek ve düşük değerleri ile türbinlerin ürettikleri güçleri analiz edilmiştir.

2. MATERYAL METOT

2.1. Bölgenin Özellikleri

Rüzgâr enerji santrali (RES) kurulması planlanan Burdur'un Ağlasun ilçesi Başgoz tepesindeki 1200 m yükseklikte 12 000 m² bir alandaki rüzgâr hızları takip edilmiştir (Şekil 2). Akdeniz bölgesinde bir enerji firmasından kiralanılan güneş-rüzgâr enerji potansiyeli araştırılması için kullanılan ölçüm istasyonu Ocak - Aralık 2013 dönemlerinde 10'ar dakikalık kaydettiği verilerden faydalanılmıştır. Bir bölgenin rüzgâr potansiyelinin araştırılmasında öncelikle 2 m yüksekliğin rüzgâr hızları takip edilmekte, bölgenin rüzgâr potansiyelini büyüklüğüne bağlı gerekli olursa 10m ve üstü rüzgâr hızları takip edilmektedir. Rüzgâr hızı ölçüm direğinden yıl boyunca kaydedilen rüzgâr hızlarının aylık ortalamaları Tablo 1' de verilmiştir. Ölçüm verilerine göre bu bölgede en yüksek rüzgâr hızının Ekim ayında, en düşük rüzgâr hızının da Mayıs ayında olduğu görülmektedir.



RES için ölçüm alınan bölge



Meteorolojik ölçüm istasyonu

Şekil 2. Rüzgâr enerji santrali kurulacak bölge ve ölçüm istasyonu

Tablo 1. RES kurulması planlanan bölgedeki 2 m yükseklikten alınan rüzgâr hız verileri

Aylar	Ölçülen hız (V _{2m}) [m/s]	Aylar	Ölçülen hız (V _{2m}) [m/s]	Aylar	Ölçülen hız (V _{2m}) [m/s]
Ocak	1.86	Mayıs	1.05	Eylül	2.30
Şubat	2.00	Haziran	1.60	Ekim	3.00
Mart	2.50	Temmuz	2.30	Kasım	1.65
Nisan	2.03	Ağustos	1.90	Aralık	2.08

2.2. Ekstrapolasyon Yöntemleri

Tek yükseklik ölçümleri ile hız tahmin yöntemleri Şekil 1'de verilmiştir. Bu yöntemlerden Modifiye logaritmik güç kanunu yöntemi, 2m den daha fazla yükseklikten ölçüm yapılırsa kullanılmaktadır. Alternatif logaritmik güç metodu ve Spera ve Richards metodu ise 10 m yükseklikten ölçüm yapılması halinde kullanılmaktadır. Bu yüzden çalışmada tek yükseklikteki veriler ile türbinlerin kurulacağı kule yüksekliğindeki rüzgâr hızını tahmin etmek için 6 farklı ekstrapolasyon yöntemi kullanılmıştır. Ölçüm alanında 2 m yüksekliğinde ölçülen rüzgâr hızlarının kullanılabilceği ekstrapolasyon yöntemleri Tablo 2 de ayrıntılı bir şekilde listelenmiştir. Kullanılacak olan türbinin hub yüksekliğindeki rüzgâr hızının doğru olarak tahmin edilmesi, türbinden elde edilecek gücün de doğru olarak belirlenmesini büyük oranda etkilemektedir. Bu yüzden

E. DİKMEN, F. K. ÖRGEN

ilk yatırım maliyeti yüksek olan rüzgâr santrallerinin fizibilite çalışmalarında farklı yüksekliklerdeki rüzgâr hızının doğru olarak tahmin edilmesi oldukça önemlidir [3].

Tablo 2. Çalışmada kullanılan ekstrapolasyon yöntemleri.

Yönte m no	Yöntem adı	Formüller
Y1	Basitleştirilmiş Güç Kanunu [3,7]	$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\alpha$ $\alpha = \frac{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}{\ln\left(\frac{h_2}{h_1}\right)}$
Y2	Logaritmik Güç Kanunu [8,9,10,11]	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\ln\left(\frac{h_2}{h_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{h_0}\right)}$ ($h_0=0,2$)
Y3	Reed Metodu [10,12]	$\alpha = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{0.2796+0.03265 \ln(h_1)}$ $\beta = 0.90169 + (0.10528 \ln h_1) - (0.05502 \ln h_2) - (0.006424 \ln h_1 \times \ln h_2)$ $V_2 = \alpha V_1^\beta$
Y4	Mikhail'in Logaritmik Metodu [12,13]	$a = \frac{0,37}{1-0,088 \cdot \ln\left(\frac{h_1}{10}\right)}$ $b = \frac{-0,088}{1-0,088 \cdot \ln\left(\frac{h_1}{10}\right)}$ $\alpha = a + b \ln(V_{h1})$ $\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^\alpha$
Y5	Mikhail&Justus logaritmik metodu [12]	$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^\alpha$ $\alpha = \frac{1}{\ln\left(\frac{h}{h_0}\right)} - \left(\frac{0,0881}{1-0,0881-\ln\left(\frac{h_1}{10}\right)}\right) \times \ln\left(\frac{V_1}{6}\right)$ $\bar{h} = \sqrt{h_1 \times h_2}$
Y6	Eksponansiyonel güç metodu [14]	$\alpha = 0.43 \cdot e^{-0.19V_1}$ $\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\alpha$
<p>Bu çizelgedeki denklemlerde; h_1 Referans kule yükseklik (m) V_1 h_1 yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s) h_2 Hesap edilecek kule yükseklik (m) V_2 h_2 yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s) h_0 Pürüzlülük uzunluğu (m) α Hellman Katsayısı \bar{h} h_1 ve h_2 yüksekliklerinin geometrik ortalaması</p>		

2.3. Türbinlerin Özellikleri

Ülkemizin rüzgâr hızı ve coğrafi yapısına bağlı olarak yaygın olarak tercih edilen firmaların rüzgâr türbin modellerinin teknik özellikleri ve ürettikleri güç grafikleri Tablo 3’ de verilmiştir. Enercon firmasının E53 serisi türbini 60 ve 73 m, Leitwind firmasının LTW80 serisi türbini 65 m ve EWT firmasının D61 serisi türbini 75 m hub yüksekliğinde çalışabilmektedir. Tabloya göre kanat çapı ve güç üretimi yüksek olan LTW80 tipi rüzgâr türbinidir.

Türbinlerden elde edilecek enerji, rüzgâr türbinlerinden üretilen güç ile rüzgâr esme saatinin çarpımına eşittir ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir [18].

$$E = P * h_r \tag{1}$$

Burada; P türbinlerden rüzgâr hızına bağlı elde edilen gücü, h_r rüzgâr esme saatini göstermektedir. Rayleigh dağılım metodu yardımıyla aylık ortalama rüzgâr hızına bağlı bölgede rüzgârın esme süresi tespit edilir [4, 18, 19]. Buna göre;

$$h_r = 8760 * f(V_r) \tag{2}$$

$$f(V_r) = \frac{\pi}{2} * \frac{V_r}{V_{ort}^2} \exp\left(-\frac{\pi}{4} * \left(\frac{V_r}{V_{ort}}\right)^2\right) \tag{3}$$

Eşitliklerde; $f(v_r)$ rüzgâr potansiyelinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan rayleigh dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonunu, V_r rüzgâr hızını ve V_{ort} ortalama rüzgâr hızını göstermektedir.

AĞLASUN BÖLGESİ İÇİN RÜZGÂR HIZI TAHMİNİ VE EN UYGUN TÜRBİN TESPİTİ

Tablo 3. Rüzgâr türbin modellerinin teknik özellikleri ve güç eğrileri [15-17].

Türbin	Kule Yüksekliği	Diğer Özellikleri		Rüzgâr Türbinlerinin Güç Eğrileri
Enercon E53 [15]	60 m	Nominal güç	810 kW	
		Kanat çapı	53 m	
		Üretim başlama hızı	3 m/s	
Leitwind LTW80 [17]	65 m	Nominal güç	1000 kW	
		Kanat çapı	80 m	
		Üretim başlama hızı	3 m/s	
Enercon E53 [15]	73 m	Nominal güç	810 kW	
		Kanat çapı	53 m	
		Üretim başlama hızı	3 m/s	
EWT (Emergya Wind Technologies) D61 [16]	75 m	Nominal güç	900 kW	
		Kanat çapı	60 m	
		Üretim başlama hızı	3 m/s	

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

RES kurulması planlanan bölgeye yerleştirilmiş ölçüm istasyonun alınan aylık ortalama rüzgâr hız verileri kullanılarak türbinlerin çalışabileceği 60, 65, 73 ve 75 m hub yüksekliklerine bağlı rüzgâr hızları 6 farklı ekstrapolasyon yöntemleriyle hesaplanmıştır. Hub yüksekliğine bağlı farklı yöntemlerle elde edilen rüzgâr hızlarının listelendiği Tablo 3 deki yöntemler arasında rüzgâr hızlarının çok fazla bir fark (<± 1 m/s) oluşturmadığı tespit edilmiştir. Tahmin edilen ortalama rüzgâr hızlarına göre, en düşük rüzgâr hızı Mayıs ayında iken en yüksek rüzgâr hızı Ekim ayında olduğu ve genel olarak bölgenin yıl boyu rüzgâr hızı 3 m/s üstünde olduğu görülmektedir. Ayrıca, türbinin çalışacağı hub yüksekliği arttıkça rüzgâr hızları artmaktadır.

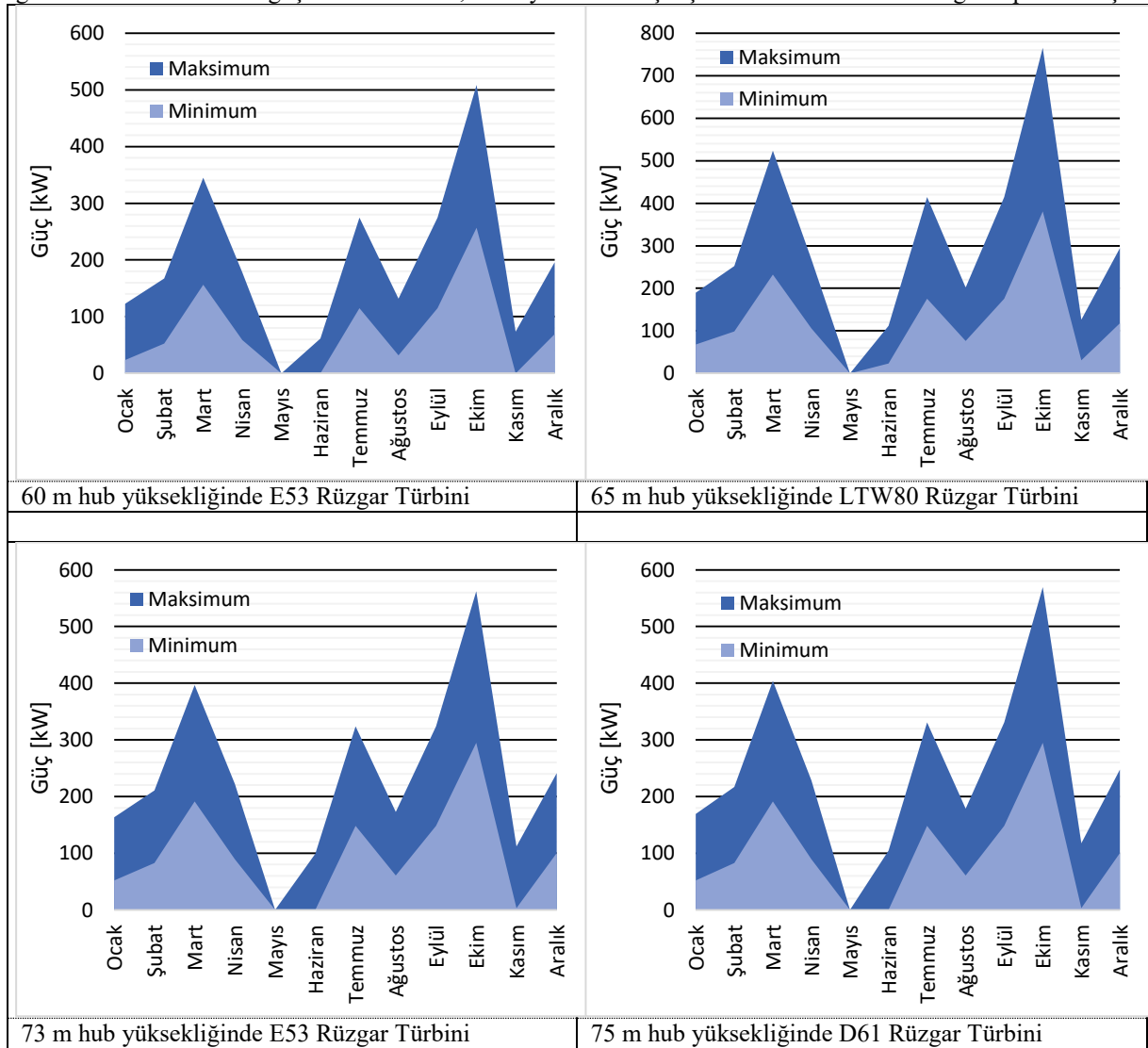
Tablo 4. Farklı yükseklikler için tahmin edilen rüzgâr hızları

Aylar	60 m yükseklik için Hız, V_{60} [m/s]						Aylar	65 m yükseklik için Hız, V_{65} [m/s]					
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Ocak	5.16 0	4.60 7	4.40 0	4.76 0	5.00 0	5.20 1	Ocak	5,285	4,672	4,495	4,866	5,074	5,328
Şubat	5.54 8	4.95 4	4.64 0	5.02 2	5.33 0	5.44 4	Şubat	5,683	5,024	4,738	5,132	5,408	5,574
Mart	6.93 5	6.19 3	5.46 2	5.92 0	6.48 8	6.21 6	Mart	7,104	6,280	5,572	6,042	6,578	6,351
Nisan	5.63 2	5.02 9	4.69 1	5.07 7	5.40 0	5.49 4	Nisan	5,768	5,099	4,790	5,188	5,479	5,624
Mayıs	2.91 3	2.60 1	2.89 7	3.12 2	3.02 1	3.48 2	Mayıs	2,984	2,637	2,967	3,203	3,070	3,581
Haziran	4.43 9	3.96 3	3.94 2	4.25 9	4.37 9	4.71 2	Haziran	4,547	4,019	4,029	4,359	4,445	4,833
Temmuz	6.38 1	5.69 7	5.13 9	5.56 7	6.02 8	5.92 3	Temmuz	6,536	5,777	5,244	5,684	6,114	6,057
Ağustos	5.27 1	4.70 7	4.46 9	4.83 5	5.09 4	5.27 2	Ağustos	5,399	4,773	4,565	4,943	5,169	5,400
Eylül	6.38 1	5.69 7	5.13 9	5.56 7	6.02 8	5.92 3	Eylül	6,536	5,777	5,244	5,684	6,114	6,057
Ekim	8.32 3	7.43 1	6.24 1	6.77 3	7.61 9	6.87 0	Ekim	8,525	7,536	6,361	6,904	7,721	7,005
Kasım	4.57 7	4.08 7	4.03 1	4.35 7	4.49 9	4.81 0	Kasım	4,689	4,145	4,120	4,458	4,567	4,933
Aralık	5.77 0	5.15 2	4.77 5	5.16 9	5.51 7	5.57 7	Aralık	5,911	5,225	4,875	5,281	5,597	5,708
Aylar	73 m yükseklik için Hız, V_{73} [m/s]						Aylar	75 m yükseklik için Hız, V_{75} [m/s]					
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Ocak	5.47 3	4.76 6	4.63 5	5.02 5	5.18 1	5.51 8	Ocak	5.51 7	4.78 8	4.66 9	5.06 2	5.20 5	5.56 4
Şubat	5.88 5	5.12 5	4.88 4	5.29 5	5.52 0	5.76 7	Şubat	5.93 3	5.14 8	4.91 8	5.33 4	5.54 6	5.81 3
Mart	7.35 6	6.40 6	5.73 4	6.22 2	6.70 9	6.55 1	Mart	7.41 6	6.43 5	5.77 3	6.26 5	6.73 9	6.59 9
Nisan	5.97 3	5.20 1	4.93 6	5.35 3	5.59 2	5.81 9	Nisan	6.02 2	5.22 5	4.97 1	5.39 2	5.61 9	5.86 5
Mayıs	3.08 9	2.69 0	3.07 2	3.32 4	3.14 2	3.73 1	Mayıs	3.11 5	2.70 3	3.09 7	3.35 3	3.15 9	3.76 7
Haziran	4.70 8	4.10 0	4.15 9	4.50 7	4.54 2	5.01 5	Haziran	4.74 6	4.11 8	4.19 0	4.54 2	4.56 4	5.05 8
Temmuz	6.76 7	5.89 3	5.40 1	5.85 8	6.23 7	6.25 5	Temmuz	6.82 2	5.92 0	5.43 8	5.89 9	6.26 6	6.30 3
Ağustos	5.59 0	4.86 8	4.70 7	5.10 3	5.27 8	5.59 1	Ağustos	5.63 6	4.89 1	4.74 1	5.14 1	5.30 3	5.63 7
Eylül	6.76 7	5.89 3	5.40 1	5.85 8	6.23 7	6.25 5	Eylül	6.82 2	5.92 0	5.43 8	5.89 9	6.26 6	6.30 3
Ekim	8.82 7	7.68 7	6.53 8	7.09 8	7.86 8	7.20 6	Ekim	8.89 9	7.72 2	6.58 0	7.14 4	7.90 3	7.25 4

AĞLASUN BÖLGESİ İÇİN RÜZGÂR HIZI TAHMİNİ VE EN UYGUN TÜRBİN TESPİTİ

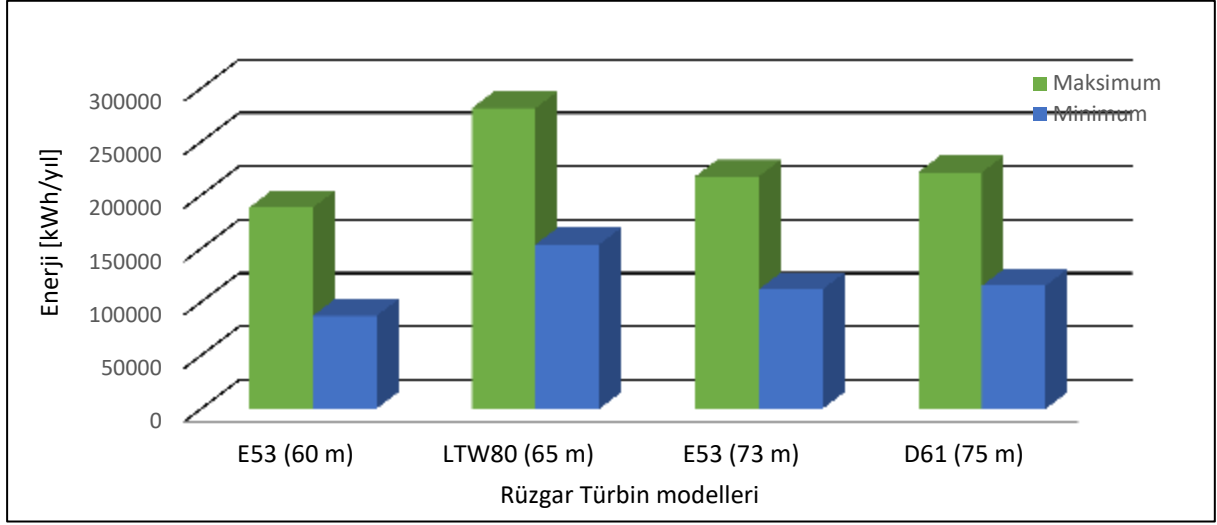
Kasım	4.85	4.22	4.25	4.60	4.66	5.11	Kasım	4.89	4.24	4.28	4.64	4.68	5.16
	5	8	3	8	5	6		4	7	4	4	8	0
Aralık	6.12	5.33	5.02	5.44	5.71	5.90	Aralık	6.17	5.35	5.05	5.48	5.73	5.95
	0	0	4	8	3	3		0	4	9	7	9	0

Farklı yöntemlerle tahmin edilen aylık ortalama rüzgâr hızlarının minimum ve maksimum değerleri dikkate alınarak rüzgâr türbinlerinden elde edilecek güç değerleri Şekil 3 de görülmektedir. Rüzgâr türbinleri 3 m/s hızda güç üretmeye başladığından düşük hızlarda güç üretimi olmadığı kabul edilmiştir. Genel olarak Mayıs ayında rüzgâr hızı en düşük olduğundan güç üretimi de minimumdur. Güç grafiğinde koyu renkli alanla taralı bölge, türbinlerin minimum rüzgâr hızları ile maksimum rüzgâr hızları arasında üreteceği ortalama güçleri göstermektedir. En fazla güç üreten türbinin, 65 m yükseklikte çalışacak LTW80 türbini olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Türbinlerin üretebileceği güç miktarları

Aylık ve yıllık ortalama rüzgâr hızlarına bağlı farklı yükseklikler için yıllık toplam rüzgâr esme saatleri (h_r) Denklem 2 yardımıyla tespit edilmiştir. Buna göre rüzgârın esme süresi; 60m için 1158 saat, 65m için 1136 saat, 73m için 1117 saat ve 75 m için 1112 saat bulunmuştur. Esme süresi, yükseklik arttıkça azalmaktadır. Üretilen güç ve esme süresine bağlı olarak rüzgâr türbinlerinden elde edilebilecek yıllık minimum ve maksimum enerji miktarları Şekil 4 de görülmektedir. Yıl boyu en fazla enerji üretimi yapabilecek türbin LTW80 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Türbinlerden elde edilecek yıllık enerji miktarı

4. SONUÇLAR

Bir bölgedeki rüzgâr enerji potansiyelinin tespiti için türbinlerin yerleştirileceği yükseklikte rüzgâr hızlarını ölçmek oldukça maliyetlidir. Bu yüzden, bölge içinde belirli bir yükseklikte ölçülen rüzgâr hız değerleri kullanılarak değişik ekstrapolasyon yöntemleriyle farklı türbin yüksekliklerindeki rüzgâr hızları tespit edilebilir.

Bu çalışmada, 2013 yılında Ağlasun bölgesinde 2 m yükseklikte kurulmuş olan bir rüzgâr ölçüm istasyonunda ölçülen ve kaydedilen rüzgâr hız verileriyle bölgenin rüzgâr enerji potansiyeli analiz edilmiştir. Basitleştirilmiş Güç Kanunu, Reed Metodu, Mikhail'in Logaritmik Metodu, Mikhail ve Justus Logaritmik Metodu, Logaritmik Güç Kanunu, Ekspansiyonel Güç Metodu yöntemleri kullanılarak 60, 65, 73 ve 75 m kule yükseklikleri için rüzgâr hızları tahmin edilmiştir. Farklı yöntemlerle tahmin edilen hızlar arasında az bir fark olduğu görülmüştür.

Rüzgâr hızının 75 m fazla olmasına rağmen bölgenin sahip olduğu orta derece rüzgâr hızında maksimum güç üretimi için en uygun türbinin 65 m kule yüksekliğinde çalışan LTW80 türbini olduğu tespit edilmiştir. Türbinin 80 m kanat çapı ve kurulu gücü 1000 kW olmasıyla diğer türbinlere göre düşük hızlarda yüksek güç üretim avantajına sahiptir. Bu türbin, bölgede maksimum 800 kW güç üretebileceği tespit edilmiştir.

LTW80 türbini ile yıl boyunca 281560 kWh - 154039 kWh arasında enerji üretebileceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Ağlasun Bölgesi'nin rüzgâr enerji potansiyelinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğunu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Aksu enerji ve Ticaret A.Ş. ye çalışmaya sağladığı katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] ŞENEL, M. C., KOÇ, E. "Dünyada ve Türkiye de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme", Mühendis ve Makine, 56: Sayı.663. 46-56,2015.
- [2] YAĞCI, E., GÜLER, Ö., AKDAĞ, S., "Wind Speed Extrapolation Methods and Their Effect on Energy Generation Estimation", International Conference on Renewable Energy Research and Application, Madrid, Spain. 428-430, 2013
- [3] YAĞCI, E. "Rüzgâr Hızı yükseltmelerinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması ve hata analizleri", İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi.91. 2013.
- [4] KAPLAN, A.Y., "Rayleigh ve Weibull Dağılımları Kullanılarak Osmaniye Bölgesinde Rüzgâr Enerjisinin Değerlendirilmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20: Sayı 1. 62-71, 2016.

AĞLASUN BÖLGESİ İÇİN RÜZGÂR HIZI TAHMİNİ VE EN UYGUN TÜRBİN TESPİTİ

- [5] YAYLA S., YUMAK H., BAYRAM A., “Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Alanının Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi”, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15: Sayı 1, Sayfa 17-23. 2010.
- [6] KURBAN, M. Kantar, M., Y. Hoccoğlu, O. F., “Weibull Dağılımı Kullanılarak Rüzgar Hız ve Güç Yoğunluklarının İstatistiksel Analizi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7: Sayı 2.213-226. 2009.
- [7] RAY, M.L., ROGERS, A.L., MCGOWEN, J.G., “Analysis of wind shear models and trends in different terrains”, Renewable Energy Research Laboratory, Wind Power, 2006.
- [8] ALTUNER, S., “Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Ölçümü”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 109s. 2009.
- [9] ELKİNTON, M.R., ROGERS, A.L., MCGOWEN, J.G., “An investigation of Wind shear models and Experimental Data Trends for Different Terrains”, Wind Engineering, 30, No.4, 341-35, 2006.
- [10] JUSTUS, C.G., MİHAİL, A., “Height Variation Of Wind Speed and Wind Distributions Statistics”, Journal of Geophysical Research Letters, 3, No.5, 261-264, 1976.
- [11] LACKNER, M.A., ROGERS, A.L., MANWELL, J.F., MCGOWAN, J.G., “A new method for improved hub height mean wind speed estimates using short-term hub height data”, *Renewable Energy*, 35, sayı10, 2340-2347, 2010.
- [12] CHEGGAGA, N., ETTOUMİ, F.Y., “A Neural Network Solution for Extrapolation of Wind Speeds at Heights Ranging for Improving the Estimation of Wind Producibile”, Wind Engineering, 35, No. 1, 33-54, 2011.
- [13] MCLNTYRE, J.H., LUBİTZ, W.D., STİVER, W.H., “Local Wind-energy potential fort the city of Guelph”, Renewable Energy. 36, 5, 1437-1446, 2011.
- [14] HUSSAİN, M., ”Dependence of power law index on surface wind speed”, Energy Conversion&Management , 43, 272-462, 2002
- [15] Enercon GmbH., Teknik Özellikler, Enercon E-53 800 KW. <http://www.enercon.de/en/products/ep-1/e-53/2017>.
- [16] EWT B.V. Teknik Özellikler, DW61-900 KW. <http://www.ewtdirectwind.com/tr/ruezgar-tuerbinleri/dw61-500kw900kw.html>, 2017.
- [17] Leitwind AG. 2017. Technical data sheet LTW80 1.000 KW. <http://epaper.holzweg.tv/title/LTW80+1.000+KW/pdf/http://en.leitwind.com/content/download/15742/571238/version/27/file/LTW80+1000.pdf>.
- [18] ATA, R, “Akhisar Bölgesi için Ortalama Rüzgar Hızlarına Bağlı Rüzgar Esme Sürelerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini”, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 20, Sayı 5, 162-165, 2014.
- [19] ARSLAN, Ö. P., ARIKAN, Y., ERTEN, M. Y., ÇAM. E., “Kırıkkale Üniversitesi'ne Kurulacak Olan Rüzgâr Türbini İçin Enerji ve Maliyet Analizinin Yapılması”, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 6, Sayı 2, 1-5, 2014.