

Menemen Bölgesinde Rüzgar Türbinleri için Rayleigh ve Weibull Dağılımlarının Kullanılması

Tevfik GÜLERSOY, Numan S. ÇETİN

ÖZET

Bu çalışmada, 2008 – 2009 yıllarında saatlik olarak ölçülen rüzgar hızı verilerine dayanarak, Menemen’deki rüzgar enerjisi potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Rüzgar elektriği eldesinde, rüzgar türbini parametrelerinin yanında, türbin kurulum alanındaki rüzgar hız dağılımı da önemli rol oynamaktadır. Bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli araştırmasında Weibull ve Rayleigh dağılımları kullanılmıştır. Yapılan bu ön araştırma sonucunda Menemen’in rüzgar enerjisi potansiyelinin istatistiksel olarak elektrik enerjisi üretimi bakımından uygun olduğu görülmüştür. Saatlik olarak ölçülen 2008 ve 2009 yıllarına ait rüzgar verileri Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü’nün Menemen Meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır. Menemen bölgesinde 2008 – 2009 yıllarında iki yıl süreli ölçülen rüzgar hızları kullanılarak, rüzgar hızlarının esme saatlerinin Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonuna uyumu araştırılmıştır. Rüzgar hız dağılımı, Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonları ile gösterilmiştir. Ölçülen veriler yardımı ile, Weibull şekil parametresi k , 1,838-1,869 ve ölçek parametresi c , 5,629-5,898 (m/s) bulunmuştur. Sonuçta, Weibull modeli ile elde edilen değerler, Rayleigh modeli ile elde edilen değerlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Enerjisi, Weibull Dağılımı, Rayleigh Dağılımı

Using the Weibull and Rayleigh Distributions for the Wind Turbines in Menemen, Turkey

ABSTRACT

In this paper, the wind energy potential in Menemen is statistically analyzed based on wind speed data which measured hourly in 2008 – 2009. Besides the wind turbine parameters, wind speed distribution is one of the most important parameters for wind power utilization at one site. It is used the Weibull and Rayleigh distributions to determine wind energy potential of the region. The conclusion of this preliminary research suggests that wind energy in the campus is statistically convenient for electricity generation. Measured hourly time series of wind speed data were obtained from the State Meteorological Station in Menemen over a two year period from 2008 to 2009. Finally, these observations are compared with the theoretical data, which are obtained from the Weibull and Rayleigh distributions, by means of statistical hypothesis testing. The wind speed distributions are represented by Weibull distribution and also by Rayleigh distribution. Based on the experimental data, it was found that the numerical values of k range from 1,838 to 1,869 while those of c are in the range of 5,629-5,898. As a result, the Weibull model provide better power density estimation than Rayleigh model for the station.

Keywords: Wind Energy, Weibull distributions, Rayleigh distributions

1. GİRİŞ

Bu çalışmada Menemen bölgesinin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden, Menemen için 2008-2009 yıllarına ait 10m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı dataları elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, Menemen yöresi için 2008-2009 yıllarında saatlik olarak ölçülen rüzgar hızı verilerine dayanarak, Menemen bölgesindeki rüzgar enerjisi potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bölgenin rüzgar enerji potansiyeli araştırmasında gerçek değerler, Weibull ve Rayleigh dağılımları kullanılmıştır. Yapılan bu ön araştırma sonucunda Menemen yöresinin rüzgar enerjisi potansiyeli

linin istatistiksel olarak elektrik enerjisi üretimi bakımından uygun olduğu görülmüştür. Günümüzde enerji darboğazı ve gelişen çevre bilinci, enerjinin temiz ve yenilenebilir kaynaklardan eldesini zorunlu kılmaktadır. Rüzgar, değişik kullanımlar için ticari ölçekte üretilebilen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir (1-3,7-8).

Günümüzde kullanılan konvansiyonel enerji kaynakları rezervlerinin gittikçe azalması ve bu enerji kaynaklarının çevresel etkileri dünyayı oldukça etkilemektedir. Bu nedenle insanlık, alternatif ve daha kullanışlı enerji kaynaklarından faydalanma yollarına gitmektedir. Bu alternatif enerji kaynaklarından biri de rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi bilindiği üzere, özellikle ülkemiz için en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Rüzgar türbin teknolojisindeki gelişmeler, elektrik enerjisi üretimi amaçlı rüzgar türbinlerinin kurulu güçlerinin yükselmesine, dolayısıyla birim enerji maliyetinin düşmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak, rüzgar türbinlerinin elektrik enerjisi üretimindeki payı gün geçtikçe artmaktadır (1).

Makale 15.06.2010 tarihinde gelmiş 20.01.2010 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

T. GÜLERSOY, Numan S. ÇETİN, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, 35100 Bornova / İZMİR

e-posta : tevfikgulersoy@hotmail.com,

numan.sabit.cetin@ege.edu.tr,

Digital Object Identifier 10.2339/2010.13.3, 209-213

İhtiyaç duyulan ve vazgeçilmez olan enerjinin sürekli, kaliteli ve güvenli olarak sağlanabilmesi günümüzün en önemli konularından biridir. Dünya genelinde fosil kaynaklar, gerek ısınmada, gerekse yakıt olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu fosil kaynakları rezervlerinin gelecek için yeterli görülmemesi, büyük ölçüde ileri teknoloji ve finans kaynağı gerektirmesi, tüm dünya ülkelerinin mevcut enerji programlarını tekrar gözden geçirmesine ve acilen gerekli önlemleri almasına sebep olmuştur. Alınacak önlemlerin başında, toplam enerji talebinde petrolün payının giderek düşürülmesi, enerji tasarrufunun sıkı bir şekilde yapılması ve kaynakların verimli kullanılmasının yanında yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğu kadar yararlanmaya yönelik teknolojilerin hızla geliştirilip uygulamaya konulması gelmektedir. Rüzgar enerjisi, son yıllara kadar daha çok su pompalama ve kırsal alanda elektrik enerjisi elde etme amaçları ile kullanım alanı bulmuştur. Günümüzde ise artık alternatif bir enerji üretim kaynağı olarak enerji sektöründe yerini almıştır. Bu enerjinin kullanılabilirliği, rüzgar rejimine, rüzgar hızına, rüzgar esme saati süresine, rüzgar esme yönüne ve hub yüksekliğine bağlıdır.

Bir bölgede rüzgar hızı esme sürelerinin belirlenmesi, elde edilecek enerji için en önemli parametrelerden birisidir. Bölgenin rüzgar hızı frekans dağılımı belirlenerek, o bölge için en uygun rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi seçilebilir. Bölge için uygun dağılımın belirlenmesi ile, en ekonomik sonuçlara ulaşmak mümkün olur. Yapılan çalışmalarda rüzgar hızı frekans dağılımı Rayleigh ve Weibull gibi farklı dağılımlar kullanılarak analiz edilmektedir. Son yıllarda iki parametrelili Weibull dağılımı dünyanın bir çok bölgesinin rüzgar hızı esme sürelerini temsil etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin kullanılma nedeni, rüzgar dağılımına çok iyi uyması, parametrelerinin belirlenmesindeki kolaylık, iki parametrelili olması gibi faktörlerdir(6).

Bu çalışmada 2008-2009 yıllarında saatlik olarak ölçülen rüzgar hızı verilerine

dayanarak, Menemen'deki rüzgar enerjisi potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli araştırmasında Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonları kullanılmıştır.

2. RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Rüzgar enerjisi, atmosferde bol ve serbest olarak bulunabilen, yoğunluğu az bir enerjidir. Rüzgar, kinetik enerjisi nedeniyle doğal bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin, bilimsel ve teknik açıdan enerjiye dönüştürülen kısmı "Rüzgar enerjisi teknik potansiyeli" dir. Ekonomik olarak değerlendirilebilen kısmı ise "Rüzgar enerjisi ekonomik potansiyeli" olarak adlandırılır(1,2).

Türbülans ve perdelemenin az olduğu kıyı kesimleri ve tepeler, yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Rüzgar enerjisi, topografya, yüzey yapısı ve perdeleyici engeller gibi faktörlerden etkilendiği için güneş enerjisine nazaran konum itibarıyla daha fazla değişmekte ve daha zor tahmin edilebilmektedir.

Yapılan rüzgar türbinleriyle, ancak belirli bir rüzgar hızı aralığında enerji üretilebilmektedir. Bu nedenle, enerji üretim sisteminin kurulacağı yörenin rüzgar rejiminin bilinmesi öncelikli ve önemli bir konudur. Rüzgar enerjisinin miktarı, rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpüyle orantılı olarak artmaktadır. Rüzgarın sağlayacağı enerji, gücüne ve esme süresine bağlıdır. Rüzgar türbini alanında esas gelişme, uçak pervane ve kanatlarının geliştirilmesi ile mümkün olmuştur (3).

3. İSTATİKSEL ANALİZ

Rüzgar hızının dağılımın belirlenmesinde kullanılan pek çok dağılım fonksiyonu vardır. İki parametrelili Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonları en yaygın olarak kullanılanlardır. Rayleigh dağılımı tek parametrelili olduğu için Weibull'a göre daha az esnek; ancak parametrelerinin hesaplanması daha kolaydır (4,6,7,8).

3.1 Weibull Dağılımı

Pratikte bir bölgenin rüzgar enerjisini belirlemek için değişik metodlar vardır. Belirli bir bölgenin potansiyelini belirlemek için, eğer mümkünse rüzgar hızı dağılımı ölçümü veya frekans dağılımı kullanılır. Değilse, rüzgar hızı dağılımı diğer analitik dağılım fonksiyonları ile gösterilebilir. Bu fonksiyonlardan birisi de, Weibull dağılım fonksiyonudur. Bu dağılım oldukça esnek ve basit olmasının yanında gerçek dotalarla uyum sağlamaktadır. Başka bir deyişle, Weibull dağılımı rüzgar hızı verilerine uygun olduğundan, rüzgar enerjisi analizlerinde genel olarak kabul görmektedir(4).

Rüzgar hızı için, iki parametrelili Weibull dağılım fonksiyonunu en genel halde ;

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (1)$$

bağıntısı ile verilir(3-10). Burada $f(v)$, rüzgar hızının olasılık yoğunluğunu, k şekil parametresini, c ise ölçek parametresini simgelemektedir. k , şekil parametresi genelde bir çok rüzgar uygulamalarında 1,5 ile 3 değerleri arasında olmaktadır (4). Rayleigh olasılık dağılım fonksiyonu da, Weibull olasılık dağılım fonksiyonunun şekil parametresi değerinin 2 olduğu özel bir durumudur (4).

Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu;

$$F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

şeklinde. Ölçek parametresi denklem (3) ile hesaplanabilir (6).

$$c = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (v_i)^k}{n} \right]^{\frac{1}{k}} \quad (3)$$

Şekil parametresi denklem (4)' deki gibi hesaplanabilir (6).

$$k = \left[\frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(v_i)}{n}}{\sum_{i=1}^n v_i^k} \right]^{-1} \quad (4)$$

3.2 Rayleigh Dağılımı

Rüzgarın belli bir periyotta değişimi ve dağılımı, enerji üretimi değerlendirmeleri için çok önemlidir. Türbin tasarımcıları; türbin iyileştirmesinde ve maliyetleri en aza indirmede rüzgar dağılımı ve değişimi ile ilgili bilgilere gerek duyarlar. Bir yerde sadece ortalama rüzgar hızı (v_{rort}) biliniyorsa; Rayleigh Dağılım Fonksiyonu yardımıyla herhangi bir rüzgar hızının (v_{ri}), esme saati (h_r) yüzdesi bulunabilir. Bunun sonucunda ortaya çıkan rüzgar hızları bir olasılık yoğunluğu dağılımıdır. Dağılım şematik olarak çizildiğinde bu dağılımın altında kalan alan bire eşittir. Çünkü, rüzgarın sıfır dahil herhangi bir hızda esme olasılığı %100'dür. Rayleigh yoğunluk fonksiyonu: (1,2,7,8,9)

$$f_R(v) = \left(\frac{\pi}{2} \right) \left(\frac{v}{v_m^2} \right) \exp \left[- \left(\frac{\pi}{4} \right) \left(\frac{v}{v_m^2} \right)^k \right] \quad (5)$$

Rayleigh kümülatif dağılım fonksiyonu :

$$F_R(v) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\pi}{4} \right) \left(\frac{v}{v_m^2} \right)^2 \right] \quad (6)$$

şeklinde dir. Rayleigh Dağılım fonksiyonu'na göre esme hızı saati,

$$h_r = \frac{\pi}{2} \frac{v_{ri}}{v_{rort}^2} \exp \left[- \left(\frac{\pi}{4} \right) \left(\frac{v_{ri}}{v_{rort}^2} \right)^2 \right] \quad (7)$$

olarak bulunur. Rayleigh dağılımının en büyük avantajı sadece ortalama rüzgar hızı ile dağılımın belirlenmesidir. Rayleigh dağılımının rüzgar çalışmalarında geçerliliği pek çok referansta gösterilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden, Menemen için 2008-2009 yıllarına ait saatlik rüzgar hızları ve saatlik esme yönleri dataları elde edilmiştir. Bir yörenin rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenebilmesi için, o yöreye ait uzun yıllara dayalı rüzgar ölçümleri yapılmalıdır. Bu çalışmada, iki yıllık ölçüm değerleri dikkate alınmıştır. Çizelge 1.'de incelenen zaman aralıkları için ortalama rüzgar hızı, şekil parametresi ve ölçek parametreleri verilmiştir (3,4).

Çizelge 2 ve Çizelge 3' de gerçek rüzgar hızı esme süreleri ile Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonlarından elde edilen esme süreleri arasındaki hata değerleri verilmiştir.

Weibull ve Rayleigh fonksiyonları ile elde edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hatalar:

$$\%Weibull \text{ hatası} = \frac{\%gerçekdata - \%weibulldata}{\%gerçekdata} \quad (8)$$

%Rayleigh hatası =

$$\frac{\%gerçekdata - \%rayleighdata}{\%gerçekdata} \quad (9)$$

denklemleri ile bulunabilir.

Çizelge 1. Yıllara göre Weibull Dağılım Fonksiyonu Parametreleri

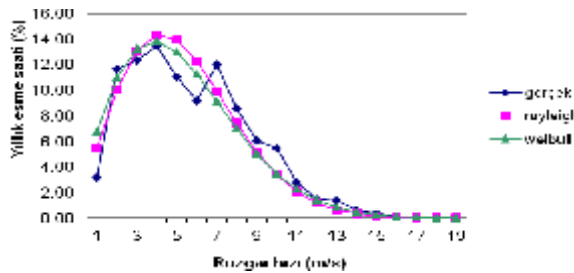
	2008	2009
Vrort	5,241	4,997
k	1,838	1,869
c	5,898	5,629

Çizelge 2. 2008 yılı için gerçek rüzgar hızları ile Weibull ve Rayleigh dağılımlarının karşılaştırılması

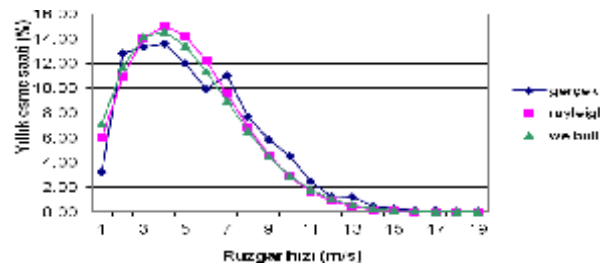
Rüzgar hızı (m/s)	Gerçek esme saati%	Weibull esme saati%	% Weibull hatası	Rayleigh esme saati%	% Rayleigh hatası
1	3,15	6,78	-1,15	5,46	-0,73
2	11,67	10,98	0,06	10,04	0,14
3	12,33	13,25	-0,07	13,08	-0,06
4	13,47	13,79	-0,02	14,33	-0,06
5	11,00	12,97	-0,18	13,91	-0,27
6	9,18	11,27	-0,23	12,26	-0,34
7	12,02	9,14	0,24	9,93	0,17
8	8,55	6,98	0,18	7,45	0,13
9	6,09	5,05	0,17	5,20	0,15
10	5,44	3,46	0,36	3,39	0,38
11	2,81	2,26	0,20	2,07	0,26
12	1,48	1,41	0,05	1,18	0,20
13	1,40	0,84	0,40	0,64	0,55
14	0,60	0,48	0,21	0,32	0,47
15	0,36	0,26	0,28	0,15	0,58
16	0,11	0,14	-0,20	0,07	0,40
17	0,11	0,07	0,39	0,03	0,75
18	0,06	0,03	0,42	0,01	0,80
19	0,03	0,02	0,55	0,00	0,88

Çizelge 3. 2009 yılı için gerçek rüzgar hızları ile Weibull ve Rayleigh dağılımlarının karşılaştırılması

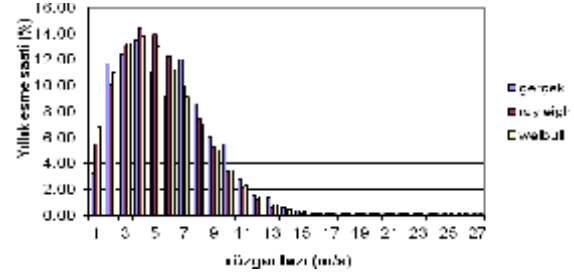
Rüzgar hızı (m/s)	Gerçek esme saati%	Weibull esme saati%	% Weibull hatası	Rayleigh esme saati%	% Rayleigh hatası
1	3,21	7,11	-1,22	5,97	-0,86
2	12,83	11,69	0,09	10,89	0,15
3	13,30	14,12	-0,06	14,01	-0,05
4	13,57	14,55	-0,07	15,05	-0,11
5	12,00	13,44	-0,12	14,26	-0,19
6	9,95	11,37	-0,14	12,19	-0,23
7	11,02	8,93	0,19	9,53	0,13
8	7,68	6,55	0,15	6,86	0,11
9	5,86	4,51	0,23	4,57	0,22
10	4,52	2,93	0,35	2,83	0,37
11	2,47	1,80	0,27	1,63	0,34
12	1,26	1,05	0,17	0,88	0,30
13	1,21	0,58	0,52	0,44	0,64
14	0,43	0,30	0,30	0,21	0,53
15	0,27	0,15	0,45	0,09	0,67
16	0,14	0,07	0,48	0,04	0,73
17	0,11	0,03	0,72	0,01	0,88
18	0,06	0,01	0,75	0,01	0,91
19	0,06	0,01	0,90	0,00	0,97



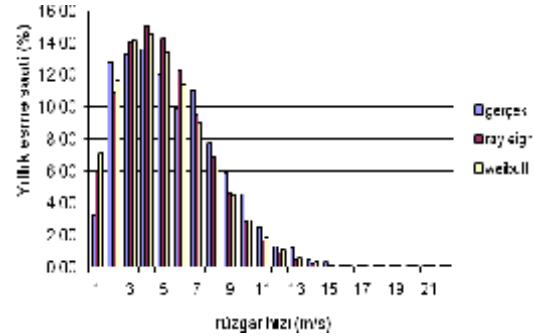
Şekil 1. 2008 yılı için gerçek, Rayleigh ve Weibull dağılım fonksiyonuna göre bulunan rüzgar hızı esme süreleri



Şekil 2. 2009 yılı için gerçek, Rayleigh ve Weibull dağılım fonksiyonuna göre bulunan rüzgar hızı esme süreleri.



Şekil 3. 2008 yılı için rüzgar hızlarının gerçek olasılık dağılımı ile Weibull ve Rayleigh dağılımları.



Şekil 4. 2009 yılı için rüzgar hızlarının gerçek olasılık dağılımı ile Weibull ve Rayleigh dağılımları.

5. SONUÇLAR

Menemen bölgesi'nde 2008-2009 yıllarına ait iki yıl süre ile ölçülen rüzgar hızları kullanılarak, bölgeye kurulacak rüzgar türbinleri için rüzgar hızlarının Weibull veya Rayleigh dağılım fonksiyonuna uyumları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

a) Menemen için rüzgar karakteristiği araştırılmıştır. 2008-2009 dönemine ait iki yıllık veriler kullanılarak rüzgar hızı frekans dağılımını tanımlamak için iki parametrelili Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonları kullanılmıştır.

b) Rayleigh dağılım fonksiyonu, Weibull dağılım fonksiyonunun özel bir halidir. Tablo 1'in incelenmesinden, Menemen için şekil parametresi k , 1,838 ve 1,869 değerlerini almaktadır.

c) Menemen için ölçek parametresi c , 5,629 ve 5,898 değerlerini almaktadır.

d) Weibull dağılım fonksiyonunun 3m/s üzerindeki rüzgar hızları için, gerçek değerler göz önüne alındığında, Rayleigh dağılım fonksiyonundan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. (Şekil 1-4).

e) Yapılan Weibull ve Rayleigh analiz değerlendirmelerine göre, ölçümler sonucu elde edilen değerler ile Weibull dağılımından elde edilen değerlerin daha uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. (Çizelge 2-3).

f) Bu çalışma Menemen bölgesi için rüzgar enerjisi analizini tahmin etmek amacıyla yapılan bir ön çalışmadır. Bölgede bir rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi kurmak için daha detaylı çalışmalar ve daha fazla rüzgar verileri elde edilmelidir. Ülkemizde yenilenebilir enerji

kaynaklarına yönelimi hızlandıracak benzer çalışmaların yapılması ve üretime katılması, geleceğimiz için büyük önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Akdağ S.A.,Güler Ö.,” Weibull Dağılım Parametrelerini Belirleme Metodlarının Karşılaştırılması “,”VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu,UTES’2008,s.707-714,İstanbul,17-19 Aralık-2008,
2. Akpınar E.K.,Akpınar S.,”Estimation of wind energy potential using finite mixture distribution models “,”Energy Conversion and Management,50:877-884,2009
3. AkpınarE.K.,AkpınarS.,” An Assessment on Seasonal Analysis of Wind Energy Characteristics and Wind Turbine Characteristics “,” Energy Conversion and Management,46:1848-1867,2005
4. Akpınar E.K.,Akpınar S.,” A Statistical Analysis of Wind Speed Data Used in Installation of Wind Energy Conversion Systems “,”Energy Conversion and Management,46:515-532,2005
5. Ata R.,Çetin N.S.,”3 kW Otonom Bir Rüzgar Türbini Kurulumu ve Enerji Eldesi“,”Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, ISSN 1304-4915,Cilt 23,No 1,s.41-47,2008.
6. Çetin Numan S., “Küçük Güçlü Bir Rüzgar Türbini Tasarımı ve Elektrik Enerjisi Eldesi”, VI. Türk-Alman Enerji Sempozyumu Kitapçığı, s.83-93, İzmir,21-24 Haziran-2001.
7. Eltez A.,Kara Ö.,Özdamar A,Özbalta N.,”Rüzgar Hızlarının Weibull Dağılım Fonksiyonuna Uyumu Üzerine Bir Araştırma: Bornova Örneği”,VI. Türk-Alman Enerji Sempozyumu Kitapçığı ,s.493-500,İzmir,21-24 Haziran-2001
8. Eskin N., Artar H., Tolun S.,” Wind energy potential of Gökçeada Island in Turkey “,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 839-851, 2008
9. Ucar A., Balo F., “ Investigation of wind characteristics and assessment of wind-generation potentiality in Uludağ-Bursa,Turkey “,” Applied Energy, 86,333- 339, 2009
10. Ulgen K.,Hepbasli A., “ Determination of Weibull parameters for Wind Energy Analysis of Izmir,Turkey “,” International Journal of Energy Research,26:495-506,2002