

Sayı (Number): 5



Rüzgâr Gücü

Zekâi Şen

Eylül (September) 2017
İstanbul - Türkiye

YENİLENEBİLİR ENERJİ KÜLLİYESİ
TURKISH WATER FOUNDATION
RENEWABLE ENERGY FACULTY

YENİLENEBİLİR ENERJİ BÜLTENİ : SAYI 5

-

Rüzgâr Gücü

Zekai ŞEN

©2017 SU VAKFI

Tüm yayın hakları anlaşmalı olarak Su Vakfı'na aittir.
Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir, izinsiz çoğaltılamaz, basılamaz.

Basıma Hazırlayan :
Muhiddin YENİGÜN



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doğanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr

Rüzgâr Gücü

Zekâi Şen

Su Vakfı

RÜZGÂR ENERJİSİ FORMÜLASYONU

Rüzgârda ne kadar güç vardır? Buna cevap rüzgâr gücü yoğunluğu ile verilebilir. Bu ise rüzgârın estiği istikamete dik olarak yerleştirilen birim alana gelen güç ile ifade edilir ve aşağıdaki gibi hesap edilir. Rüzgâr esmesi ile ortaya çıkan hızın, V , belirli hava kütesini, m , hareket ettirmesi sonucunda kinetik enerjinin genel ifadesi fizik prensipleri tanımına göre basitçe aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$E = \frac{1}{2} mV^2 \quad (1)$$

Burada kütle $m=\rho H$ şeklinde tanımlanabilir ve H hacmi ifade eder. Rüzgârın düşey bileşeni yatay bileşenin yanında çok küçük olduğu için ihmal edilir. Rüzgâr esme yönüne dik alanı A , rüzgâr yönündeki uzunluğa da U ile gösterirsek bu takdirde hacim $H=AU$ olarak ifade edilir. Ayrıca rüzgâr hızı da t süresince kat edileceği düşünülen bu mesafeye $U=Vt$ şeklinde bağlıdır. Denklem (1)'de m 'nin yerine konularak yukarıdaki ifadelerinde göz önünde tutulması ile yapılan basit cebirsel işlemlerden sonra

$$E = \frac{1}{2} \rho A t V^3 \quad (2)$$

bulunur. Pratik uygulamalarda birim zamanda birim alandan üretilebilecek rüzgâr enerjisinin, E_U , bilinmesi, mühendislik faaliyetleri açısından önem kazanır. Bunun için Denklem (2)'nin her iki tarafının alan ve zamana bölünmesi sonucu

$$E_U = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad (3)$$

bulunur.

Genel olarak, mutlak sıcaklık, T , basınç, p ve havanın yoğunluğunun birbirlerine gazların hal denklemi aracılığı ile bağlı oldukları bilinmektedir. Bu ideal gaz denklemi olarak da bilinir ve açık ifadesi $p=R\rho T$ şeklindedir. Bunun Denklem (3)'de yerine konulması ile

$$E_U = \alpha \frac{p}{T} V^3 \quad (4)$$

elde edilir ki burada $\alpha=0.5/R$ olarak tanımlanmıştır. Klasik kitaplarda $R=29,27\dots\dots$ olarak verilmiştir. Bu denklemin sağ tarafındaki bütün meteorolojik değişkenler istasyonlardaki aletler vasıtası ile ölçülür ve sol taraf kolaylıkla hesap edilebilir. İşte Denklem (4)'teki bu ifade rüzgâr enerjisinin incelikli hesabı için bir esas teşkil eder.

Diğer taraftan rüzgâr gücü aşağıdaki denklem ile de verilebilir. Burada p_w rüzgâr gücü yoğunluğunu (W/m^2); q_d rüzgârın dinamik basıncı (M/m^2); x verilen noktayı kat eden rüzgârın yolunu (m); ρ hava yoğunluğunu ve son olarak V ortalama serbest rüzgâr hızının yatay bileşenini göstermek üzere

$$p_w = \frac{d}{dt} (q_d x) = \frac{1}{2} \rho V^2 \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (5)$$

şeklinde hesap edilir.

Biz sadece rüzgârdan enerji üretmek değil, rüzgârdan enerjinin elde edilmesine uğraştığımız için rüzgâr kaynaklarının en

iyi göstergesi olarak yıllık ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu veya

$$p_{w,a} = \frac{0.5\rho}{8760} \int_{\text{sene}} V^3 dt \quad (6)$$

formülü ile hesap edilir. Burada, $p_{w,a}$ yıllık ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu (W/m^2) ve t (saat) zamanı gösterir.

Rüzgârdan elde edilecek güç İTÜ Meteoroloji Mühendisliği bölümünde tüm etkili meteorolojik büyüklükler göz önünde tutularak,

$$E_R = \frac{1}{2R} \left(\frac{P}{T} \right) V^3 \quad (7)$$

şeklinde çıkarılmıştır. Burada, rüzgâr enerjisinin, E_R rüzgâr hızının, V , küpü ile doğru orantılı olduğu görülür. Formülde P basın ve

T mutlak sıcaklık derecesini R ise gaz sabitini gösterir.

RÜZGÂR HARİTALARI

Rüzgâr haritaları genel olarak aşağıdaki Çizelge 1’de gösterilen rüzgâr gücü sınıflandırmasına göre potansiyel rüzgâr enerjisi dönüşümü için kullanılır. Burada her bir sınıf yıllık ortalama rüzgâr gücü yoğunluklarının ve eşdeğer ortalama rüzgâr hızlarının aralığına göre verilmiştir. Mesela, Sınıf 3 veya daha yüksek sınıftan olanlar rüzgâr türbini uygulamaları için uygundur. Rüzgâr tasarımı yapan bir mühendisin hedefi bu enerji seviyelerini emin ve oldukça ucuz maliyete yakalayabilmektir.

Çizelge 1. Yıllık Ortalama Rüzgâr Gücü Yoğunluğuna göre Rüzgâr Sınıflandırma Sistemi

Rüzgâr gücü sınıfı	Yıllık ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu (W/m^2)		Eşdeğer ortalama rüzgâr hızı (m/san)	
	10 m yükseklik	50 m yükseklik	10 m yükseklik	50 m yükseklik
1	0 - 100	0 - 200	0,0 - 4,4	0,0 - 5,6
2	100 - 150	200 - 300	4,4 - 5,1	5,6 - 6,4
3	150 - 200	300 - 400	5,1 - 5,6	6,4 - 7,0
4	200 - 250	400 - 500	5,6 - 6,0	7,0 - 7,5
5	250 - 300	500 - 600	6,0 - 6,4	7,5 - 8,0
6	300 - 400	600 - 800	6,4 - 7,0	8,0 - 8,8
7	400 - 1000	800 - 2000	7,0 - 9,4	8,8 - 11,9

RÜZGÂR ÇİFTLİKLERİ

Rüzgâr enerjisi üretmeye elverişli olan bir yere en azından birkaç tane rüzgâr gücünü elektrik enerjisine dönüştürecek türbinin kurulması ile ortaya çıkan yerlere rüzgâr çiftlikleri adı verilir. Buralara bazen rüzgâr santralleri adı da verilir. Rüzgâr çiftlikleri, kurulmaları uygun yerlere yaklaşık 100 - 200 m aralıkla türbinlerin yerleştirilmesi ile ortaya çıkar. Rüzgâr çiftliklerinin birim elemanı rüzgâr türbinidir. Modern rüzgâr türbinleri aerodinamik olarak rüzgârın sürüklenme (drag) ve kaldırma (lift) kuvvetlerinden yararlanarak çalışırlar. Bu konuda ayrıntılı bilgiler Şen (2002) tarafından verilmiştir. Sürüklenme kuvveti rüzgâr esme yönünde türbin yüzeyine

rüzgâr tarafından yapılan basınç kuvveti, kaldırma kuvveti ise esme yönüne diktir.

Rüzgâr çiftliklerinin faydaları

Yerleşim bölgelerine özellikle gürültünün ulaşmaması ve elektromanyetik kuvvetlerden elektronik cihazların etkilenmemesi için en azından 600 - 1000 m uzaklıkta kurulan rüzgâr çiftliklerinin aşağıda sayılan faydaları vardır. Bunlar:

a) Hammadde ihtiyacı yoktur. Rüzgâr yukarıda söylenen ve tamamen atmosfer güneş etkileşimi ile meydana gelen yatay hareketler olduğundan, hammaddeye ihtiyaç göstermez. Bu bakımdan, rüzgârlı zamanlarda rüzgâr gücü ve onun dönüştürüldüğü elekt-

rik enerjisinden faydalanılabilir. Bir bakıma hammadde bedavadır. Bu hammadde tamamen meteorolojik şartlara bağlıdır. Yılın her gününde ve ayında aynı miktarlarda bulunmaz. Değişkenliği fazla olmasına mukabil ülkemizde kış aylarında daha fazla olduğu söylenebilir.

b) Kurulması diğer enerji santrallerine göre daha hızlı: Diğer tüm enerji üretim birimlerinin planlanması, projelendirilerek inşasının tamamlanması uzun zamanları ve büyük mali yatırımları gerektirir. Hatta inşaat tamamlandıktan sonra bile hammadde için kaynak noktaları ile ulaşımın ve taşınımın sürekli sağlanması gereklidir. Rüzgâr türbinlerinin yatırımına karar verdikten sonra mali bütçenin de hazır olması ile üç ay gibi kısa bir zaman zarfında inşası tamamlanarak üretime başlanabilir. Diğer taraftan, rüzgâr üreten türbinlerin ömürleri 30-40 yıl olarak garanti edildiğinden yatırım maliyeti uzun vadede az ve enerji faydası nerede ise bakım masrafları dışında çok az olması dolayısı ile nerede ise bedavadır. Bir rüzgâr türbininin yatırım maliyeti yaklaşık 2-3 sene içinde kendisini amorti etmektedir.

c) Temiz enerji kaynağı olması: Rüzgâr hammaddesi tamamen atmosferdeki hava hareketleri olduğundan ve bunlarında ortaya çıkmasında çok temiz olan güneş ışınımaları rol oynadığından, rüzgâr enerjisinin de temiz olduğu sonucuna varılır. Hava kirlenmesi veya çevre kirlenmesi şeklinde hiçbir yan etkisi bulunmamaktadır.

d) Sürdürülebilir enerji kaynağı olması: Diğer enerji türlerinden özellikle çevre dostu ve temiz olmayan fosil yakıtların ömürleri kömür olarak en fazla 220 yılı kadar sınırlı iken rüzgâr enerjisinin az olan miktarına karşılık böyle bir ömür sorunu yoktur. İşte bu bakımdan rüzgâr enerjisinin sürdürülebilir olduğu sonucuna varılır.

e) Enerjide dışa bağımlılığın azalması: Türkiye son yıllarda yapılan enerji planla-

malarında hep ve oldukça önemli oranda dış kaynaklı enerjilere istese de istemese de bağlı olacaktır. Bunun doğal sonucu olarak ülkede tükenmeyen denilebilen rüzgâr ve güneş enerjilerinin öncelikli olarak azami miktarda kullanılmasının fosil türü diğer enerji kaynaklarının kullanılmasının yerine geçeceğinden dışa bağımlılık bir bakıma azalacaktır. Bu bakımdan ülke üzerinden esen rüzgârların enerjilerinin sağılmasında ülke ekonomisi ve enerji potansiyelinin artırılması açısından faydası vardır.

f) Sera gazı etkisini azaltması: Son iki on yıllık araştırmalardan atmosfer kirlenmesinin yol açtığı sera etkisinin kökeninde fosil yakıtların kullanımının olduğu bilimsel incelemeler sonu anlaşılmıştır. Sera etkisi güneşten yeryüzüne gelen kısa dalga boylu ışınımın bir kısmının yeryüzünden uzun dalga boylu olarak tekrar atmosfere verilmesi sırasında, fosil yakıtlar dolayısı ile atmosferde CO₂ birikmesinin yol açtığı kimyasal terkip dolayısı ile uzun dalga boylu ışınımın atmosfer dışına çıkmasına müsaade edilmesidir. Rüzgâr ve güneş gibi temiz ve hatta bir dereceye kadar temiz olan doğal-gaz kullanılması ile fosil yakıt kullanımının azaltıldığı ve böylece atmosfer şartlarında geriye dönüşlü bir iyileşmenin olacağı var sayılmaktadır.

g) Fosil yakıt tüketimini azaltır: Önceki maddede belirtildiği gibi rüzgâr enerjisi kullanımının artması ulusal şebekede özellikle termik santrallerle üretilmiş elektrik enerjisinin miktarı azalacağından bunları üretmek için kullanılan hammadde fosil yakıtların kullanımında da düşüşler şimdiden gözlenmektedir.

h) Her geçen gün güvenilir olmakta ve ucuzlamaktadır. Rüzgâr enerjisinin bundan 25-30 yıl öncesine göre maliyet seviyesi gittikçe artarak, bugün için kullanılabilirliği bazı kurum, kuruluş ve şirketler tarafından düşünülebilir seviyeye inmiştir. Buna rüzgâr

türbini araştırmalarından elde edilen düşük maliyetli imalatlar ile hammadde sorununun bulunmamasındandır.

1) Rüzgâr türbinlerinin kurulduğu arazi tarım alanı olarak kullanılabilir. Rüzgâr çiftliklerini tesis eden değişik türbinler orada yapılaşmaya müsaade etmez. Ancak, bu çiftliklerin gölgesinde tarıma hiç zarar vermeyecek biçimde devam edilebilir. Hatta, kurak bölgelerde rüzgâr enerjisinden yararlanarak suyun yeraltından yeryüzüne çıkması için gerekebilecek enerjinin üretilmesi ile rüzgâr türbininin kullanılmasına olumlu bakılmaktadır.

i) Ormanlık alanların azalmasını engeller: Rüzgâr çiftliklerinin bulunduğu yerlerde tarım dışında hemen hiç faaliyet yapılmayacağından buraların yeşil ve ormanlık tutulmasında katkılar da olabilir.

Rüzgâr çiftliklerinin zararları

Yukarıda sayılan pek çok sayıdaki faydalarına mukabil rüzgâr çiftliklerinin yapılmasından sonra bazı zararlarında beklenmesi gerekmektedir. Bunlar:

a) Gürültü: Rüzgâr türbinlerinin bugün için piyasada bulunan tipleri pervane dönüşü sırasında çeşitli kaynaktan meydana gelebilecek gürültünün insanı rahatsız edebilecek seviyede olabileceği söylenmiştir. Ancak son yıllarda gürültüsü çok az olan türbinlerde inşa edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Çanakkale’de geçtiğimiz yaz açılan rüzgâr çiftliğinde kullanılan türbinlerin gürültüsünün az olduğu söylenmektedir.

b) Arazi kullanımı: Aslında arazideki rüzgâr türbinlerinin bir arada bulunması oldukça çirkin bir manzara arz etmektedir. Rüzgâr çiftliklerindeki arazinin tarım için kullanılmasında bir sorun olmamasına karşılık buralarda yapılaşma ve yerleşime gidilmesi söz konusu olamamaktadır.

c) Kesikli olması: Rüzgâr enerjisi rüzgârın bulunduğu mevsimlerde elektrik enerjisi

üretimine yarar. Bir senenin tüm aylarında rüzgâr enerjisi üretmek pek mümkün olmamaktadır. Bu bakımdan rüzgâr enerjisine sabit bir seviyede güvenmek söz konusu olmamaktadır. Rüzgârın bol olduğu zamanlarda türbinlerde en büyük verimde elektrik enerjisi üretilir ama rüzgâr şiddetinin az veya yeterli olmadığı durumlarda ulusal şebekeden elektrik enerjisi çekilmesi gereklidir.

d) Kuş hayatını etkilemesi: Rüzgâr türbini kanatlarına kuşların takılarak ölmeleri söz konusudur. Bu ise o kadar önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaz. Rüzgâr çiftliklerinde üretilebilen enerjinin getirisi yanında hayvan hayatı bakımından bir mahzur teşkil etmesine mukabil pratik uygulamalarda ihmal edilmektedir.

Rüzgâr enerjisi santrali kurulması aşamaları

Bir yörede rüzgâr gücünün türbinler vasıtası ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi için aşağıda sayılan ön çalışmaların tamamlanması gereklidir. Bu çalışmalara ofis, arazi, varsa DMİ rüzgâr verileri ve uzman kişi görüşleri ile halktan alınacak bilgilerinde işlenmesi girer. Ön çalışma olarak aşağıdaki adımların sırası ile tamamlanması gereklidir.

a) Potansiyeli olan arazinin tespiti: Bunun için önce topografya haritaları, ortofoto resimler, önceden bu yöre veya onunla yakından ilgisi olabilecek yakın yöreler için yapılmış çalışmalar ve bunlarında ötesinde gerekli ön bilgilerin ofiste elde edilmesinden sonra arazi çalışmalarına başlanır. Rüzgâr enerjisi üretimine uygun yerlerin haritalardan ve daha önce yapılan rüzgâr kayıtlarından bir dereceye kadar tespit etmek mümkün olmasına karşılık nokta bazında yerlerin tespit edilmesi için mutlaka araziye gidilmesi gereklidir. Bu arazi gidişi bir gün için değil yerine göre birkaç hafta da olabilir. Bu esnada o yörenin mülki amirlerinden, muhtarlarından, belediye başkanlarından ve hatta kahvelerde halktan gerekli bilgiler

alınmalıdır. Daha sonra tespit edilen noktalara kişisel ziyaretlerin yapılarak buralar için kişinin uzman görüş ve bilgileri ışığı altında son kararların verilmesine gidilir.

b) En az bir yıl boyunca kayıt yapılmış olması: Bakanlığa müracaat edilebilmesi için rüzgâr enerjisi verimliliğinin olduğu sanılan yerde veya yakınında en az bir yıl boyunca saatlik rüzgâr yön ve hızlarının kayıtları bulunmalıdır. Böyle ayrıntılı bilgilerin DMİ'den elde edilmesi güçtür. Birçok yöreye yakın DMİ tarafından yapılmış ölçümler yoktur. Bunun için ilgili kuruluş veya şirketin kendisinin bir rüzgâr yön ve şiddeti ölçme direği kurarak ölçümlere hemen başlaması gereklidir.

c) Verilerin uygun analizinin yapılması: Elde edilen veriler genel olarak bir zaman serisi şeklindedir. Buradan gerekli veri türlerinin işlenerek üretilmesi gereklidir. Bunun için önce yönlere göre esme sayıları, sıklık analizleri, gerekirse teorik dağılım fonksiyonları (özellikle Weibull veya Logaritmik normal dağılım) elde edilmelidir. İstatistik büyüklüklerin gün ve ay bazında elde edilmesinde yarar vardır.

d) Arazinin potansiyelinin çalışılması: İlgi duyulan bölgede birden fazla küçük alan veya noktada rüzgâr enerjisi üretmek elverişli olabilir. Bunun için o yöre gezilerek ve değişik noktalar için elde edilen bilgilerin haritalar haline (yaklaşık bile olsa) getirilmesi ile rüzgâr enerjisinin bölgeselleştirilmesi yönüne gidilir. Böylece o bölgede ne kadarlık bir rüzgâr gücünün (MW) elde edilebileceği hesaplanır. Burada daha önceden hazırlanmış ve adına WASP denilen bir yazılımdan da faydalanma yoluna gidilebilir. Bu program verilen bilgilerin ışığı altında, o bölgede topografya haritası, meteorolojik şartlar ve sınır tabakası pürüzlülük katsayısı gibi büyüklüklerin verilmesi ile kaç tane noktaya ve nerelere rüzgâr türbininin kurulabileceği hakkında bilgiler verir. Prog-

ramın verdiği bu noktaların daha sonradan yapılacak arazi çalışmaları ile ekonomiklik, ulaşılabilirlik ve elektrik hattı sorunları da göz önünde tutularak son şekil verilmelidir. Yoksa programın verdiği her noktaya olduğu gibi türbin kurulması yoluna gidilirse çözüm pratik olmayabilir ve aynı zamanda da pahalıdır.

e) Uygun türbin kapasitesi seçimi: Bölgedeki rüzgâr yön ve özellikle de hızlarının göz önünde tutulması ile yapılan rüzgâr gücü hesaplamalarından sonra piyasada mevcut olan türbinlere göre kapasite belirlenir. Son zamanlarda pratikte yaygın olarak 600 kW veya 1 MW'lık türbinlerin kullanılması yoluna gidilmektedir. Buradan o bölgede kaç tane rüzgâr türbininin çalışmasının mümkün olacağı tespit edilir. Bu tespit bir bakıma arazi şartları bakımından da sınırlı kalabilir. Bazı yerlerde türbinler arasında en azından 200 m mesafe bulunması istendiğinden fazla sayıda türbin kurulmasına elverişli açık bir alan bulunmayabilir.

f) Santral projesinin hazırlanması. Bölgedeki rüzgâr türbini konumuna, sayısına ve gücüne karar verdikten sonra türbinlerin inşası için gerekli projenin hazırlanması yoluna gidilir. Burada türbini taşıyacak olan zeminin taşıma gücüne kadar incelemelerin yapılması gereklidir. Çok ayrıntılı olan böyle bir projenin bir takım halinde hazırlanarak geliştirilmesinde yarar vardır. Burada da değişik arazi çalışmalarına gidilmelidir.

g) Gerekli kurumlara baş vurarak izinlerin alınması: Yukarıdaki hazırlıkların tümünün yapılmasından sonra Enerji Bakanlığının yap işlet devret (BOT) veya kendin-üret (otoprodüktör) usulüne göre hazırlanacak evraklarla Ankara'ya baş vurulması gerekmektedir. İSKİ için kendin-üret modeli geçerli olacaktır. BOT hiç düşünülmemektedir.

h) Proje kredisinin bulunması: İSKİ kendi öz kaynakları ile rüzgâr türbinlerini satın alarak uzman bir firmaya bunların verimi

önceden tespit edilen bölgelerdeki istenen noktalara dikilmesi işini verir. Kredi almak için dünyada çok fazla sayıda kurum ve şirketler bulunmaktadır. Bunun için bir internete girmek yeterli olacaktır.

1) Zemin çalışmalarının yapılması: Rüzgâr türbininin her biri 35-40 ton ağırlığında olduğundan ve üzerine fırtınalı zamanlarda dinamik rüzgâr yükleri de geldiğinden sağlam zemine sağlam biçimdeki temellerle oturtulması gereklidir. Bunun için gerekli ön zemin etütlerinin türbinler dikilmeden önce yapılmış olması şarttır. Zeminin gerekli yükleri taşıyamaması halinde önceden planlanan rüzgâr türbini konumu daha sağlam yakın bir noktaya taşınabilir.

i) Türbinlerin kurulması: Türbinlerin dikilmesi özel ihtisası olan kişiler ve firmalar tarafından yapılmalıdır.

j) Elektrik iletim hatlarının çekimi: Türbinlerin kurulmasına karar verildikten sonra rüzgârdan üretilen elektrik enerjisinin ne kadarlık bir kısmı yerel tüketilerek ne kadarının başka kullanım yerlerine iletileceğine göre iletim hatlarının da inşasına başlanmalıdır.

k) Deneme üretimi: Projenin gerçekleştirilmesi sırasında konumlardan bir veya birkaçına öncelik tanınmalıdır. Bu öncelik ekonomik ve enerji üretimi yüksekliği ile ulaşım imkânlarının kolaylığı bakımından olmalıdır. Böylece başlangıçtaki bir veya iki türbin tam olarak bitirilerek üretime geçilirse o yörede hesaplara göre beklenen sonuçların bir kıyası yapılarak daha sonraki türbinlerin konumlarında olabilecek değişimlere veya türbin sayısında olabilecek azaltmalara karar verilebilir.

l) Asıl üretim ve elektriğin satışa çıkarılması: İSKİ bakımından burada bir sorun beklenmemektedir. Çünkü bu kuruluşun kendisi üretilen elektrik enerjisini kullanacak alt yatırımları vardır. Zaten kendin-üret (otoprodüktör) şeklinde yapacağı tesis-

ten üretilen fazla enerji T.C. kanunlarına göre Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) satın almak zorundadır.

Rüzgâr enerjisi kullanım hedefleri

Rüzgâr enerjisi fazla olması durumunda endüstride bile kullanılır. Ancak, ilk planlamalarda, rüzgâr enerjisinden elektrik şebekesinin bulunmadığı çiftlik evlerinde veya izole yerleşim merkezlerinde kullanılması düşünülmüştür. Bunun yanında aşağıda kısaca izah edilen yerlerde de rüzgâr enerjisi kullanılır.

a) Aydınlatmalar için (düşük güç): Çiftlik evlerinde, gözetleme kulelerinde, tahliye denilen deniz kurtarma merkezlerinde elektriğin ulaşamadığı yerlerde rüzgârdan elde edilen elektrik enerjisi kullanılır.

b) Kurulu yüksek güç santrallerinin bulunması halinde bunlara katkı olarak: Bir yerde elektrik şebekesi mevcut ve bunun vasıtasıyla yüksek iletim hatları da bulunuyor ise, rüzgâr enerjisi bulunduğu yerde istihlakta edilemiyor ise, üretilen enerjinin ulusal şebekeye verilmesi mümkündür.

c) Çiftlik, yazlık ve büyük ölçekli sulama: Buralar hemen merkezlerden uzak bulunduğu ve elektrik iletim şebekesinin bulunmadığı yerler ise buralarda veya yakınlarında üretilen elektrik enerjisi (rüzgârdan) yerel olarak kullanılır. Özellikle yer altı suyu kuyularından su çekilmesi için kuyu topluluğunun ihtiyacı olan elektrik enerjisi rüzgârdan temin edilebilir.

Aşağıdaki çizelgede Türkiye'nin değişik yüzey yapılarına ait ortalama olarak gözlenen rüzgâr şiddeti ve buradan üretilebilecek güç miktarları verilmiştir. Buradan tepe ve sırtlarda en fazla rüzgâr gücünün ve dolaşımı ile de rüzgâr enerjisinin üretilbileceği görülmektedir. Bu çizelgede verilen sayılar yaklaşıktır. Bu sayılar dünyanın ülkemize benzeyen alt tropikal ve engebelik olan yerleri içinde geçerlidir.

Çizelge 2. Türkiye’de rüzgâr şiddeti ve enerjisi yoğunluğu

Yerler	Şiddet (m/sn)	Güç (W/m ²)
Tepe ve sırtlar	10 - 11,5	1200 - 1800
Açık denizler	8 - 9	600 - 800
Deniz kıyıları	7 - 8,5	400 - 700
Açık ovalarda	6,5 - 7,5	300 - 500
İç bölgelerde	5,0 - 6,0	150 - 250

Meteorolojik olarak atmosferde az da olsa basınç farklarından ortaya çıkan hava hareketlerine rüzgâr denir. Işınım farkları nedeni ile oluşan basınç farkları (alçak ve yüksek basınç merkezleri) sonucu hava hareket ederek kinetik enerji ortaya çıkar. Bir yerde rüzgâr enerjisinden ekonomik olarak yararlanmak rüzgârın yön, sıklık ve hızının belirli seviyelerde olmasına bağlıdır. Bu faktörler bir yerin rüzgâr enerjisinin potansiyelini belirlemede kullanılırlar. Rüzgâr enerjisi için basit bir hesaplama ile saniyede 6 metre hızı olan bir rüzgârın 12 metre kanat uzunluğuna sahip bir türbin üzerine 900 kg basınç ve türbini 42 kere döndürmek sureti ile 6,6 kW’ lık bir elektrik gücü üretilebilir.

KAYNAKLAR

Şen, Z., (2002) Temiz Enerji Kaynakları. Su Vakfı Yayınları.

SU VAKFI YENİLENEBİLİR ENERJİ KÜLLİYESİNDE DAHA ÖNCE YAYINLANAN BÜLTENLER

SAYI 4	Wind Farm Energy Production Assessment in Balıkesir Ömerli Location Balıkesir Ömerli Mevkiinde Rüzgâr Çiftliği Enerji Üretimi Değerlendirmesi <i>Zekai ŞEN</i>
2017 Nisan (April)	
İNGİLİZCE	
SAYI 3	Enerji ve İklim Değişikliği <i>Zekai ŞEN</i>
2017 Şubat (February)	
TÜRKÇE	
SAYI 2	Energy Generation Possibility From Bosphorus Currents Boğaziçi Akıntılarında Enerji Üretme İmkanları <i>Zekai ŞEN</i>
2017 Ocak (January)	
İNGİLİZCE	
SAYI 1	Hidroelektrik Enerji Potansiyeli Üzerine İklim Değişimi Etkisi <i>Sadık Alashan ve Zekâi Şen</i>
2016 Aralık (December)	
TÜRKÇE	

Tüm Su Vakfı bültenlerini <http://bulten.suvakfi.org.tr> adresinden bilgisayarınıza indirebilirsiniz.



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doğanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr