

YERLEŞİM BÖLGELERİNDE RÜZGAR ENERJİSİ KULLANIMININ YAYGINLAŞTIRILMASI: BİNA MONTAJLI RÜZGAR TÜRİNLERİ

İsmail KIYAK*

Bölent ORAL*

Vedat TOPUZ**

* Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakóltesi

** Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

ÖZET

Avrupa’da rüzgâr enerjisi potansiyeli en iyi olan ölkelerden biri olan Türkiye, var olan potansiyelini kullanmak açısından yeterli başarıyı sağlayamamıştır. 2020 yılında dünya elektrik talebinin %12’sinin rüzgâr enerjisinden karşılanması için çalışmalar yapılırken, ölkemizin de bu çalışmaların hızla içinde yer alması gerekmektedir. Rüzgâr türbinlerinin, yerleşim alanlarındaki rüzgâr potansiyelindeki kısıtlılık ve oluşturduğu çevresel etmenlerden dolayı kent içi kullanımı sınırlı kalmıştır.

Bu çalışmanın amacı, belli bir rüzgâr potansiyeline sahip olan yerleşim bölgelerinde rüzgâr enerjisi kullanımını yaygınlaştırmaktır. Bu kapsamda, yerleşim merkezlerindeki özellikle binaların üzerine yerleştirilecek rüzgâr türbinlerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu alanlardaki rüzgâr potansiyelinin incelenmesi ve uygun rüzgâr türbin modellerinin belirlenmesi gerekir. Çalışmada yerleşim bölgeleri için bina üzerine monte edilebilecek rüzgâr türbinleri ele alınacak ve yapılan çeşitli uygulamalardan örnekler verilecektir.

1. GİRİŐ

Ölkemizde ve dünyada hızla artan enerji ihtiyacı karşısında mevcut tükenir enerji kaynaklarındaki azalma ve bazı kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji teknolojilerinin en ileri ve ticari olanlarından biridir. Tamamen doğal bir kaynak olarak, tükenme olasılığı ve kirliliğe neden olmayan bir güç sağlamaktadır. Son yıllarda dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmuştur.

Rüzgar enerjisinin en başarılı pazarları, özellikle Danimarka, Almanya ve İspanya olmak üzere Avrupa ülkeleridir. Rüzgâr enerjisi endüstrisi Avrupa için 2010 yılına kadar 40,000 MW rüzgar enerji kapasitesi kurmak üzere bir hedef koymuştur. "2010 da 40,000 MW" kampanyası, Avrupa Komisyonu'nun "AB 'deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklar için Beyaz Rapor" 'u tarafından da desteklenmektedir[1].

Ülkemizin rüzgar enerjisi bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bağlamda Türkiye rüzgar atlası ele alınarak, en elverişli bölgeler ifade edilirse; Çanakkale, Akhisar, Bandırma, Gördes, Bozcaada, Antalya, Sinop, Çorlu, Uzunköprü, Bergama, Çiğli, Datça, Bodrum, Çeme, Siverek, Cihanbeyli ve Merzifon bölgelerinden söz edilebilir. Rüzgar enerjisinde Türkiye'nin 2023 yılı hedefi yılda 10 GW enerji üretmektir. Bu hedefe ulaşırken 2 MW'tın üstünde elektrik üretebilen rüzgar türbin sistemlerin ülkemizde geliştirilip üretilmesi teknolojik hedef olarak belirlenmiştir [2].

Küresel sera gazı salınımının azaltılması ve enerji verimliliği konularında toplumun yaşantı temelini esas alan toplumsal değişiklikler olmadığı sürece yapılan çalışmaların ve tedbirlerin etkisi sınırlı kalacaktır. Bu değişim öncelikli olarak, yaşam alanlarımız olan evlerimizden başlatılmalıdır. Bu anlamda değişimin başlangıç noktasını; yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan binaların oluşturulmasıdır [3].

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin yerleşim alanları dışındaki yaygın kullanımı dışında yerleşim alanlarındaki kullanımı ele alınacak ve bina montajlı rüzgar türbin uygulamalarından bahs edilecektir. Yerleşim alanlarında kullanılacak, bina montaj kullanımlı küçük güçlü rüzgar türbin piyasasındaki gelişmeler dikkate alınarak, binaların üzerindeki rüzgar potansiyeli ve seçilecek türbin çeşitleri üzerinde durulmuştur.

2. KÜÇÜK GÜÇLÜ RÜZGAR TÜRBİNLERİ

Genellikle şebekenin bulunmadığı, ulaştırmanın ekonomik olmadığı ya da sorunlu olduğu bölgelerde küçük güçlü rüzgar türbinleri kurulabilmektedir, bu bağlamda; şehir dışı yerleşimler, çiftlik evleri, telekomünikasyon aktarıcıları, radyo ve orman kuleleri, balık çiftlikleri, seralar vb. yerlerde oldukça uygun kullanım alanları bulunmaktadır. Üretilen enerjinin depolanmasıyla güvenilir enerji sağlanabilmektedir. En fazla dört adet hareketli parçadan oluşan bu tip türbinler bakımsız ya da çok az bakım gerektirirler. Yapılan çalışmalarda bölgesel elektrik kurumlarıyla ve devletle yapılacak olan anlaşmalar, alınacak özel izinler, çevre halkının yaklaşımı, bölgedeki

konvansiyonel elektriğin maliyeti, yıllık harcama miktarı, arazinin fiziksel yapısı, finansman ve kredi politikası gibi parametreler önemli rol oynamaktadır. İşletme giderleri neredeyse yoktur. Her türlü çevre şartlarına dayanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Otomatik kontrol mekanizmaları sistemi aşırı şarjdan koruyan kontrol sistemleri vardır; çok yüksek rüzgar hızlarında otomatik korunmalı dizayn edilmişlerdir. Şebekeye elektrik enerjisinin verildiği büyük türbinlerin aksine; küçük türbinlerde bu sistem uygulanamamaktadır. Akü şarjı esasına göre çalışan küçük türbinlerle üretilen enerji, ihtiyaca göre seçilen akü bankasına şarj edilerek kullanılmaktadır. Güçleri 50W ile 20KW arasında değişmektedir. Bu güç değerleri, türbinin maksimum hızda dönmesi durumundaki gücü göstermekte, daha düşük hızlarda ise türbin elektrik üretmeyi daha düşük bir güçte sürdürmektedir. Akü bankasının yeterli seviyede seçilmesi durumunda, depolanmış enerji ihtiyaç duyulan güçte aküden çekilebilmektedir [4].

Tablo 1.Rüzgar türbinlerinin kullanım alanları ve kurulum maliyet tablosu [5]

	<i>Kullanım Alanı</i>	<i>Bir Tek TürbinGücü</i>	<i>Üretilen Enerjinin Verildiği Yer</i>	<i>Akü İhtiyacı</i>	<i>Bakım Masrafı</i>	<i>Kurulum Masrafı</i>
<i>Büyük RT'ler</i>	Endüstriyel	50kW-2MW	Şebeke	Yok	Var	Yüksek
<i>Küçük RT'ler</i>	Bireysel	50W-20kW	Çiftlik evleri, Telekomünikasyon alıcısı, Seralar vb.	Var	Yok	Düşük

Büyük güçlü rüzgar sistemleri için uzun süreli rüzgar ölçümleri, kapasite planlaması, türbin yerlerinin ve güçlerini belirlenmesi, üretilen enerjinin enterkonnekte sisteme aktarılması için alt yapının oluşturulması ve yatırım aşamaları çok ciddi ve maliyetli bir çalışma gerektirmektedir. Bunun yanı sıra, bazı bölgeler, ortalama rüzgar hızları ve yıllık üretim potansiyeli açısından çok elverişli olmalarına karşın, endüstri, yerleşim veya tarım alanları içinde kaldığından buralarda büyük güçlü sistemlerin kurulması mümkün olmayabilmektedir [6].

Bunlara ek olarak, küçük güçlü rüzgar türbinleri, yenilenebilir enerji için belirlenen ulusal hedeflere önemli katkılarda bulunur. Yerleşim alanlarında kullanılan küçük ölçekli rüzgar türbinlerinin faydalarını özetleyecek olursak;

- Karbondioksit emisyonunu azaltır,
- Kullanılacak noktada elektrik üretilmesiyle iletim kayıplarını azaltır,
- Enterkonnekte şebekeye bağımlılığı azaltır,
- Kalabalık yaşam alanlarında sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji bilincini artırmaktadır [7].

3. BİNA MONTAJLI RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN PROJELENDİRİLME AŞAMALARI

Yerleşim yerlerinde kullanılması düşünülen rüzgar türbinleri çalışma şekline göre belirlendikten sonra binaya montajı süreci başlar. Bunun için birtakım verilerin daha önceden bilinmesi önemlidir. Türbinin verimi ve güvenliği için bina üstü rüzgar hava akışı, uyguladığı kuvvetler, türbin boyutları ve türbinin enterkonnekte şebeke ile bağlantı durumlarının bilinmesi gereklidir.

3.1 Rüzgar Potansiyelinin Belirlenmesi

Rüzgar türbini projelendirilmesi ve ekonomisi temel olarak montajın yapıldığı yapıdan üretililecek enerji miktarına bağlı olmaktadır. Bu enerji miktarının tespiti için bina üzerinde montajın gerçekleştirileceği noktanın belirlenmesi amacıyla o yerleşim alanının hem rüzgar potansiyeli hem de topoğrafik yapısının bilinmesi gerekmektedir. Kurulması muhtemel noktalarda rüzgar potansiyelinin belirlenmesi amaçlı ölçümler yapılmalıdır. Bir bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli rüzgar hızlarının kübüyle orantılıdır. Bu nedenle rüzgar hızı ölçümlerinde yapılabilecek ölçüm hatası montaj yeri rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesinde doğruluğu oldukça etkilidir[8].

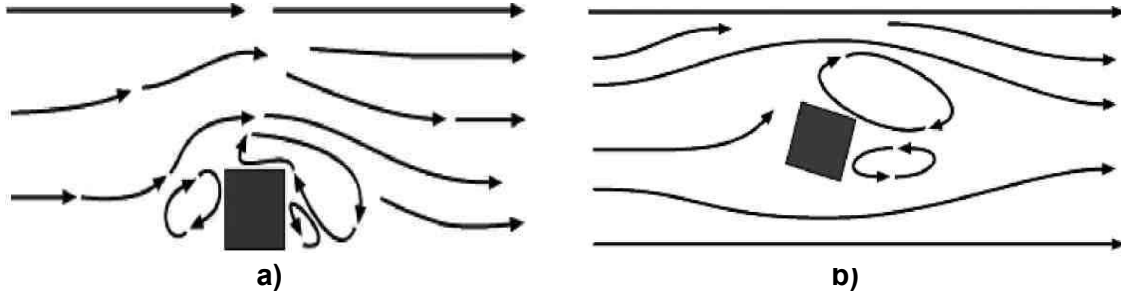
Ölçüm periyodunun uzatılması ve mümkünse türbin gövde yüksekliğinden alınacak rüzgar hızı, yönü, basınç, nemlilik ve çevre sıcaklığı verileri üretililecek enerjinin doğru hesaplanması için gereklidir. Belirlenen süre boyunca belirli aralıklarla alınan verilerde, veri kaybının %10'u geçmemesi gerekmektedir. Ayrıca bölgenin ve montaj yapılacak binanın türbülans yoğunluğu da bilinmelidir. Türbülans yoğunluğu seviyesinin yüksek olması enerji üretim miktarını düşürür, rüzgâr türbini üzerine etkiyen kuvvetlerin şiddetini ve malzeme yorulmasının hızını artırır. Bu durum rüzgâr türbinlerinin ekonomik ömürlerinin azalmasına neden olmaktadır. Türbülans yoğunluğunun 0,25 den büyük olduğu alanlara türbin kurmaktan kaçınılmalıdır [9].

Enerji amaçlı rüzgar ölçümlerinde ise rüzgar hızı, rüzgar yönü ve çevre sıcaklığı gibi parametreler 30 metre ve mümkünse türbin gövde yüksekliğinde en az bir yıl periyodik olarak ölçülür ve bilgisayar ortamında değerlendirilebilecek şekilde veri paketi olarak tespit edilir[8].

3.2. Rüzgar Akışının Bina Üzerindeki Karakteristiği

Her bina yapısal olarak farklıdır ve çevresindeki rüzgar akışı birçok etkene bağlı olarak değişim gösterir. Binaların mimarisine bağlı olarak bacalar, çatı pencereleri gibi farklı yapılar rüzgar akışının hızını ve yönünü değiştirir [10].

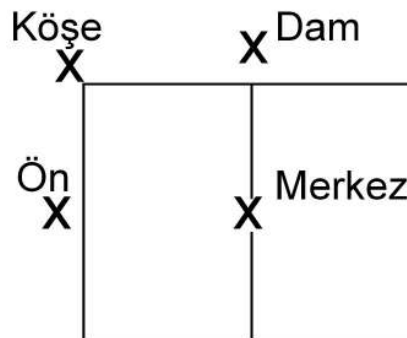
Binalar, ağaçlar, kayalar, vb. rüzgarın hızını azaltan engellerdir. Bu engeller çevrelerinde türbülans yaratırlar. Türbülans alanı engelin yüksekliğinin üç katına kadar uzanabilir. Türbülans engelin arka tarafında daha belirgindir. Yerleşim alanlarında ençok kullanılan kare formunda çok katlı bir yapının rüzgar akıŐına etkileri Şekil 1’de görülmektedir. Daire halindeki bölge türbülansın olduğu alanı belirtir. Bu tür bir engelin olduğu yerde türbinin üreteceği yıllık ortalama enerji %15 civarında azalır [11].



Şekil 1.a. Kare Őeklinde bir binanın çevresindeki rüzgar akışı
b. Binanın  stten bakıldığında türbülans etki alanı [11]

3.3. Rüzgar Türbinlerinin Bina st  Montaj Yerleri

Rüzgar türbinlerinin bina üzerine yapılacak montajları özellikle çatıdaki potansiyel montaj noktalarının belirlenmesi önemlidir. Bütün köŐeler, duvarların ortası ve çatının tam merkezi Şekil 2’de gösterilmiştir. Her nokta duvardan 0-5 m kadar uzaktadır, çatıdaki bölmeler montaj aksamına engel olmayacak Şekilde düzenlenmelidir. Ayrıca eğer türbin kule yüksekliği çatı yüksekliğinden daha alt seviyede ise türbinin rahat dönebilmesi için duvarlardan daha uzağa monte edilmelidir [10].



Şekil 2. Bir binanın potansiyel türbin montaj noktasının gösterildiği plan[7]

Binaların etrafındaki rüzgar akışı doğası gereği karmaşık yapıdadır. İlk olarak türbin montajı yapılacak bina üzerinde dikey eğim ve girdap yoğunluğunun bilinmesi gerekir. Bunun için ortalama rüzgar hızlarına dayanarak o bölgenin gelecekteki yerel

rüzgar yapısı ve yönü belirlenmelidir. İkinci olarak, yerel yapının belirlenmesi açısından montaj yapılan ve bitişik durumda olan binaların topolojisi ortaya konulmalıdır [12].

Bina üzerinde türbin montajının yapılacağı alanın yüksekliğinin belirlenmesi, çatıya monte edilecek türbinler için büyük önem arz etmektedir. Monte edilen yere göre rotor performansı kaçınılmaz bir şekilde düşecek ve rotorun yükü daha da artacaktır. Bu nedenle çatı üzerindeki rüzgar akışının rüzgar türbini üretimini artıracak şekilde yerleştirilmelidir. Türbin kanatlarının bina üstü rüzgarında maksimum faydalanması sağlanmalıdır. Bunun için rüzgar türbini, rüzgar akışının yön değiştirdiği, şiddetinin ve yoğunluğunun kaybolduğu noktalara değil rüzgar akışının en verimli olduğu noktalara monte edilmesi gerekmektedir.

Yapılan hesaplamalardan alınan verilere göre eğer montaj noktası çatının tam merkezinde olursa rotor için gerekli olan en düşük yükseklik ve buna bağlı rüzgar türbini montaj yeri yüksekliği de azalmış olur[12].

4. YERLEŞİM BÖLGELERİNDE KULLANILABİLECEK RÜZGAR TÜRBİNLERİ

Bina-monte rüzgar türbinleri, bina/binaları bir çeşit kule olarak kullanmalarının yanısıra, tam entegre olanların aksine, bina formunu, mevcut rüzgar akışını değiştirmek ya da arttırmak amacıyla kullanmamaktadır. Bu uygulamalar mevcut veya tasarım aşamasındaki binalara tatbik edilebilir. Tasarım aşamasındaki binalarda mimari form, türbinlere doğru olan rüzgar akışını artırıcı olarak modifiye edilebilir. Bu tarz uygulamalarda, bina formu tasarımına köklü müdahaleler yerine, küçük ölçekli iyileştirmeler yapılabilmektedir[13].

4.1.Yerleşim Alanlarında Kullanılacak Rüzgar Türbini Özellikleri

Yaşam alanlarında kullanılacak rüzgar türbinleri değişik bina üstü kurulumları için başlangıç tasarımlarından itibaren geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tür yerlerde kullanılacak rüzgar türbini tasarımı için belirtilen gereklilikler:

- Karmaşık rüzgarlarda iyi performans,
- Yaşam alanlarında güvenli çalışma,
- Düşük ses seviyesi,
- Basit, dayanıklı tasarım,
- En aza indirilmiş bakım,
- Estetik görünüm.

Yapılması gereken ilk nokta bina üzerindeki uygulama için oluşturulacak dizaynın mümkün olduğunca açık bir görüntü oluşturmaktır. Yatay eksenli rüzgar türbinleri rüzgar yönündeki izledikleri değişmelere göre esneme sistemi kullanırlar. Yerleşim alanlarında ve binaların üzerinde, rüzgar yönündeki değişimler hesap edilebilir. Yatay eksenli türbinler esneme sisteminden dolayı sakıncaları sahiptir ve genel olarak hızlı ve kapsamlı değişimleri takip edememektedirler. Rüzgarı yönü ile rüzgar türbinin devamlı dizilememesi ve iç kayıpları sonucunda dikey eksenli rüzgar türbinleri bina üzerindeki kullanımında önemli bir tercih nedenidir[12].

4.2. Mimari Yapılarda Kullanılan Rüzgar Türbinleri

Mimari bir yapıda kullanılabilecek rüzgar türbinleri binaya akuple yöntemine göre ikiye ayrılır. Birinci grup mimari yapı tamamlandıktan sonraki bir süreçte binaya montaj yapılır. İkinci grup ise mimari yapının tasarım aşamasında yeri belirlenir ve yapı ile birlikte montajı tamamlanır.

4.2.1 Bina Montajlı Yatay ve Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Yatay ve düşey eksenli türbin entegrasyonu bina üzerinde küçük ölçekli ve kolayca mümkün olan teknolojik bir çözüm olarak kurulurken, binanın bir kısmına parçası olarak, artan rüzgar türbinleri dikkatli tasarım ve planlanması gerekir. Türbine doğru hava akışını artırmak için yoğunlaşmak yolu hava dinamiğinde binanın şekli ile verimliliği artırmak bir yoldur[14]. Bir ikinci yol ise binanın rüzgarın estiği yön ile bocalandığı taraflar arasında basınç farkından faydalanarak bir kanal meydana getirmektir. Bu basınç farkı küçük ölçekli tarafından kullanılabilir ve tek başına kanal oluşturulan türbinler çatının ucunda kurulmaktadır[15]. Kanal oluşturulmayan, mimari bakış açısından bina entegreli türbinler çok ilginç biçimler oluşturabilmektedir. Şekil 3'de iki farklı bina montajlı rüzgar türbini örneği görülmektedir[16].



a)



b)

Şekil 3. a. Bir Ev Üzerindeki İki Türbinin Görünümü[16]

b. Almanya Expo 2000 Fuarından Hollanda Standından Görünüm

Bina-mesnetli rüzgar türbinleri, binanın yapısını mesnet edinerek binanın kendisini, mevcut rüzgar potansiyelinden maksimum derecede istifade etmek amacıyla, kule olarak kullanmaktadır.

Bina-mesnetli rüzgar türbinlerinin, mimari, yapısal ve çevresel entegrasyonu gibi yerleşim alanları için önem arzeden noktalara dikkat etmek gerekir. Türbinlere yakın mekanlar, türbinlerin sebebiyet verebileceği; gürültü, dönen kanatlar yüzünden ışığın titreyerek yansımaları, elektromanyetik parazit gibi olaylar yüzünden, sakıncalar oluşturabilmekte ve ekonomik değerinden tavizler verebilmektedir. Bir mekanda kurgulayabilmek adına, türbinlerin yakınındaki yerler, sık kullanımı olmayan alanlara ya da asansörler, merdivenler vb. yerlerde tahsis edilerek, tampon bölgeler oluşturulmalıdır[15]. İki farklı mekan örneği Şekil 4’de gösterilmiştir.



a)



b)

Şekil 4. a. Dermont Rüzgar Türbini (ABD)

b. Jet Stadyumu Projesi, New York, A.B.D [16]

4.2.2 Bina Entegreli Rüzgar Türbinleri

Bina entegreli rüzgar türbinleri için ileri mimariler esinlenerek bir ilginç seçenekli yapılar oluşturulması sözkonusudur. Gerçekci olmak gerekirse, bu mimariler standart olacak projeler değildir. Diğer taraftan bina entegreli standart mikro rüzgar cihazları daima görülebilen uygunlukta olmamakta, bundan dolayı tasarımcılar ve mimarlar tarafından önerilmemektedir. Böylece bir türbin tasarımı, tamamlanan bina tasarımını değiştirmeksizin, fakat rüzgar çarkının kaçış etkisinden sakınarak, binalarla bütünleştirilmesini gerektirmektedir. İdeali bir basit kutulama veya modül tasarımı olabilir. Bu bağlamda bir maksimum mimari serbestliğine izin vermek için binada bir belirli yer bağlanamayabilir. Ama farklı çözümler olarak, modern uyarlanmış bina örnekleri de sunulabilmektedir [15].

Bina-entegre rüzgar türbinlerinde esas olan, mimari tasarımın rüzgar enerjisi kullanımını temel almasıdır. Diğer bir deyişle, rüzgar enerjisi etkin tasarım (wind energy based design) fikri temel alınmıştır. Bina-mesnetsiz ve bina-mesnetli olmak üzere iki temel sınıfta incelenen bina-entegre rüzgar türbinleri, mimari tasarım sırasında sürece dahil edilmiş olup binanın/binaların formu tarafından desteklenerek rüzgarın, yönünü, hızını ya da yoğunluğunu değiştirmek veya arttırmak suretiyle, elde edilecek olan enerjinin maksimum seviyelere yükseltilmesi hedeflerine yönelik olarak tasarlanan türbinlerdir. Özetle, rüzgar türbini mimari form üzerinde büyük bir etkiye sahip olup binanın, rüzgar toplayarak türbine yönlendiren bir mekanizmaya dönüştürülmesi hedeflenmektedir [12].



a)



b)

**Şekil 5.a. İnşaat aşamasındaki Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi, Manama, Bahreyn
b. Burj Al-Taqa Enerji Kulesi Projesi, Dubai [12]**

Şekil 5'de verilen, 240 m yüksekliğinde ve 50 katlı olan Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi, şuan inşaat halinde olup 2009 yılı sonuna doğru tamamlandığında Dünya'nın ilk rüzgar gücüyle elektrik üreten rüzgar türbini entegreli yüksek binası ünvanını alacaktır. Üçgensel formlu iki binanın arasına yerleştirilen, 3 adet 29 m kanat çaplı yatay eksenli entegre rüzgar türbinlerinin, yılda 1100-1300 MWh'lik üretimleriyle, binanın yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık olarak %11-%15'inin kadarını karşılaması beklenmektedir.

5. Bir Örnek Uygulama

Yerleşim alanlarında yenilenebilir enerjinin kullanımı ve rüzgar türbinlerinin kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla, Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenen bina üzerinde 500 W gücünde paralel