

TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ İHTİYACININ KARŞILANMASINDA RÜZGAR ENERJİSİNİN YERİ

Dr. Yüksel Malkoç
EİE İdaresi Genel Müdürlüğü-Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği

Enerji arz güvenilirliği ve iklim değişikliği konularının daha sık tartışılmaya ve dikkate alınmaya başlamasıyla beraber rüzgar enerjisi sektörü her geçen yıl rekor büyüme hızları yakalayarak gelişmesine devam etmektedir. Dünyada son 15 yılda ortalama yüzde 25 büyüme hızı göstermiştir. Son iki yıllık büyüme hızları ise sırasıyla yüzde 41 ve yüzde 32 seviyelerine ulaşmıştır. Sadece 2006 yılında 13 milyar Avro'yu aşan yatırım gerçekleştirilmiştir. Rüzgar sanayisinin olduğu ülkelerde 200

binden fazla insan bu sektörde istihdam edilmektedir. 1995 yılında küresel rüzgar enerjisi kurulu gücü 4 bin 800 megavat iken 2006 yılının sonuna gelindiğinde bu rakam 14 kattan daha fazla artarak 74 bin 223 megavata ulaşmıştır.(Şekil 1) Avrupa, rüzgar enerjisi kurulu gücünde en yüksek kapasiteye sahip olmakla beraber (yüzde 65), Kuzey Amerika ve Asya ülkeleri de kurulu güçlerini hızla arttırmaktadırlar.

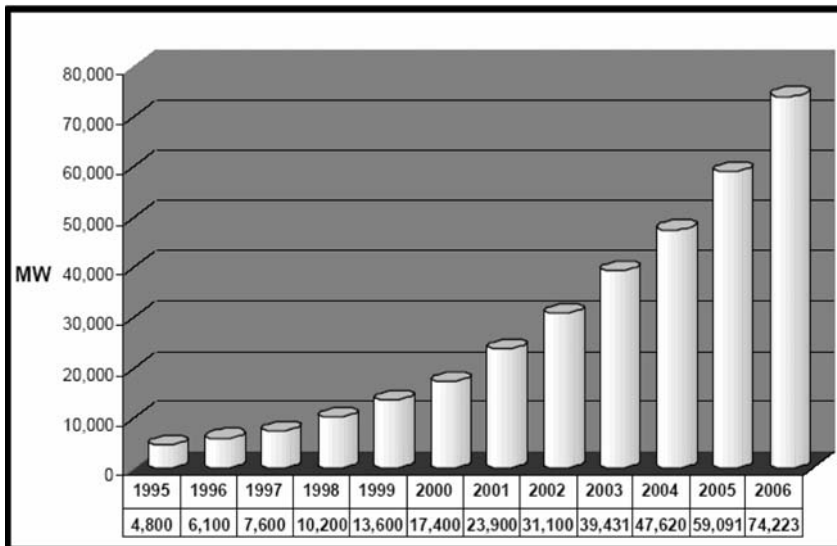
Bir çok ülkede rüzgar gücüne dayalı olarak üretilen elektriğin oranı şimdi-

den geleneksel yakıtlarla üretilmekte olan elektrik oranlarıyla başa baş gelmeye başlamıştır. Danimarka'da ülke elektriğinin şu anda yüzde 20'si rüzgar enerjisinden temin edilmektedir. İspaya'da rüzgar enerjisinin katkısı yüzde 8 mertebesine ulaşmıştır ve 2010 yılına kadar bu oranın yüzde 15'e çıkarılacağı planlanmaktadır.

Rüzgar enerjisi gelişiminde yeni bir cephe de deniz üstü potansiyelleri değerlendirme konusunda açılmıştır. Rüzgar karakteristiklerinin kararlardan daha kararlı, karalara kıyasla enerji üretim miktarlarının yaklaşık yüzde 30 fazla ve gelişen teknolojinin bu potansiyeli değerlendirmeye ekonomik olarak imkan tanınması deniz üstü rüzgar enerjisi uygulamalarını özellikle son birkaç yılda ilgi çekici hale getirmiştir.

Rüzgar enerjisi Dünya çapında 50'den fazla ülkede enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. 2006 yılı sonu rakamlarına göre rüzgar enerjisi kurulu gücünde ilk 10 ülke Tablo 1'deki gibi gerçekleşmiştir.

Ülkemizin rüzgarla elektrik enerjisi üretmeye başlaması büyük ölçüde 1990'lı yılların ortalarında olmuştur. Tablo 2'den de görüldüğü gibi, halihazırda ülkemizde 146,25 megavat işletmede olup 2007 yılı içerisinde 60,40 megavat, 2008 yılında 500 megavat ve 2009 yılında 130 megavat



Şekil 1. Küresel kümülatif rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi 1995-2006 (GWEC, 2007)

devreye alınarak toplamda 837 megavat kurulu güce erişilecektir. Tablo 2’de verilen değerler ülkemizdeki son durumu göstermektedir. 2007, 2008 ve 2009’da devreye girecek olan RES’ler rüzgar türbin üreticisi ile satış anlaşması imzalamış projeleri göstermektedir.

Şu an işletmede ve 2009 yılı ilk yarısına kadar devreye girecek olan RES’lerin ülkemiz coğrafyasında dağılımına bakıldığında genellikle Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde yoğunlaştıkları görülmektedir. (Şekil 2) Bu dağılıma bakıldığında RES’lerin genellikle nüfus yoğun bölgelerde olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu bölgelerde enerji tüketiminin de fazla olduğu düşünülürse bir avantaj olarak kabul edilebilir. Yani enerjiyi uzak noktalardan bu alanlara iletirken yaşanan problemlere çözüm anlamında katkı sağlaması düşünülebilir. Ayrıca RES’lerin farklı rüzgar rejimlerinde bulunması rüzgarın değişken yapısından kaynaklanan problemleri gidermede fayda sağlayabilir.

Tamamlanan ve inşa halinde bulunan RES’lerin yanı sıra EPDK’ya lisans için başvuran, lisans alan ve başvuruları uygun bulunan birçok proje bulunmaktadır. Bu projelerle ilgili son durum Tablo 3’te verilmiştir.

Rüzgar Enerjisinin Ekonomisi

Küresel rüzgar enerjisi piyasasının büyümesi ile birlikte rüzgar kaynaklı elektrik üretiminin maliyeti aşırı bir şekilde düşmüştür. Modern bir rüzgar türbini, yıllık olarak 20 yıl önceki eşdeğerinden 180 kat daha fazla elektriği yarı maliyete üretebilmektedir. İyi bir uygulama sahasında rüzgar, kömür ve gaz ile üretilen enerji ile fiyat olarak rekabet edebilir noktaya ulaşmıştır.

Rüzgar enerjisinin maliyeti artan ortalama rüzgar hızına bağlı olarak düşer. WindPower Monthly adlı rüzgar enerjisi sanayisi dergisinde Ocak 2006’da yayımlanan bir makalede

Tablo 1. Dünya kurulu gücünün ülkelere göre dağılımı (GWEC, 2006)

Ülke	Toplam Kapasite (MW)	Payı (%)
Almanya	20622	27.8
İspanya	11615	15.6
ABD	11603	15.6
Hindistan	6270	8.4
Danimarka	3136	4.2
Çin	2604	2.9
İtalya	2123	2.9
İngiltere	1963	2.6
Portekiz	1716	2.3
Fransa	1567	2.1
İlk 10 Toplam	63217	85.2
Diğer Ülkeler	11004	14.8
Dünya Toplamı	74221	

Tablo 2. İşletmede olan ve devreye alınacak rüzgar santralleri (EPDK, TUREB, 2007).

Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Türbin imalatçısı	Türbin kapasitesi
İzmir-Çeşme	Alize A.Ş.	1998	1,50	Enercon	600 kW
İzmir-Çeşme	Güçbirliği A.Ş.	1998	7,20	Vestas	600 kW
Çanakkale-Bozcaada	Bores A.Ş.	2000	10,20	Enercon	600 kW
İstanbul-Hadımköy	Sunjüt A.Ş.	2003	1,20	Enercon	600 kW
Bahkesir-Bandırma	Bares A.Ş.	I/2006	30,00	GE	1.500 kW
İstanbul-Silivri	Ertürk A.Ş.	II/2006	0,85	Vestas	850 kW
İzmir-Çeşme	Mare A.Ş.	I/2007	39,20	Enercon	800 kW
Manisa-Akhisar	Deniz A.Ş.	I/2007	10,80	Vestas	1.800 kW
Çanakkale-İntepe	Anemon A.Ş.	I/2007	30,40	Enercon	800 kW
Çanakkale-Gelibolu	Doğal A.Ş.	II/2007	14,90	Enercon	800 kW + 900 kW
İŞLETMEDEKİ KAPASİTE TOPLAMI				146,25	
Manisa-Sayalar	Doğal A.Ş.	II/2007	30,40	Enercon	800 kW
Hatay-Samandağ	Deniz A.Ş.	II/2007	30,00	Vestas	2.000 kW
İNŞA HALİNDEKİ KAPASİTE TOPLAMI				60,40	
İstanbul-Gaziosmanpaşa	Lodos A.Ş.	I/2008	24,00	Enercon	2.000 kW
Muğla-Datça	Dares A.Ş.	I/2008	28,80	Enercon	800 kW
İzmir-Aliğa	İnnores A.Ş.	I/2008	42,50	Nordex	2.500 kW
Aydın-Çine	Sabaş A.Ş.	I/2008	19,50	Vensys	1.500 kW
İstanbul-Çatalca	Ertürk A.Ş.	I/2008	60,00	Vestas	3.000 kW
Çanakkale	As Makinsan Temiz A.Ş.	II/2008	30,00	Nordex	2.500 kW
İzmir-Kemalpaşa	Ak-El A.Ş.	II/2008	66,66	Enercon	900 kW + 2.000 kW
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	II/2008	35,10	Fuhrländer	900 kW
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	II/2008	22,50	Fuhrländer	2.500 kW
Bahkesir-Şamlı	Baki A.Ş.	II/2008	90,00	Vestas	3.000 kW
Bilecik	Sagap A.Ş.	II/2008	66,60	Conergy AG	900 kW
Bahkesir-Bandırma	Bangüç A.Ş.	II/2008	15,00	Vensys	1.500 kW
Osmaniye-Bahçe	Rotor A.Ş.	I/2009	130,00	GE	2.500 kW
TEDARİK SÖLEŞMESİ İMZALI PROJE TOPLAMI				630,66	

yıllık ortalama 7 m/s rüzgar hızına sahip bir sahada kilovatsaat başına yatırım maliyeti yaklaşık 1000 Avro civarındadır. (Şekil 3) Bu haliyle bile rüzgar enerjisi gaz, kömür ve nükleer enerjiden daha ucuz olmaktadır.

Rüzgar enerjisinin rekabet edebilirliği son dönemlerde petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki artışlar nedeniyle daha da artmıştır. Geleneksel kaynaklarla üretilen elektrik maliyetlerindeki değişkenliklere karşın rüzgar enerjisi üretimlerinin yakıt bağımlı olmaması nedeniyle bu tür risklerden etkilenme ihtimali çok zayıftır.

Rüzgar enerjisi üretim maliyetlerini diğer üretim teknikleri ile doğrudan karşılaştırmak yanıltıcı olmaktadır. Çünkü nükleer üretimlerden ve fosil yakıtların kullanılmasından dolayı ortaya çıkan toplumsal ve çevresel maliyetler hesaplamalara ilave edilmemektedir.

2002 yılında 15 Avrupa Birliği ülkesini kapsayan ve ExternE Projesi olarak bilinen bir çalışmada termik enerji üretimlerinin harici maliyetlerinin değişim bandları değerlendirildi. Çalışma sonuçlarına göre rüzgar enerjisi en düşük harici maliyetlere neden olan enerji kaynağı olarak gösterildi (0.15-0.25 Avro cent/kilovatsaat). Buna karşın kömürün harici maliyetlerinin 2-15 Avro cent/kilovatsaat olduğu ortaya konuldu. Çalışma sonucunda harici maliyetlerle ilgili olan çevresel ve sağlık giderleri hesaplara katıldığında; kömür veya petrolden üretilen elektrik maliyetlerinin ikiye katlandığı ve doğalgazın yüzde 30 maliyet artışına neden olduğu belirlendi. (ExternE, 2002)

Rüzgar Enerjisi Değişkenliği

Rüzgar enerjisi genellikle kesikli bir enerji kaynağı olarak tanımlanır ve bu yüzden güvenilir olmadığı ifade edilir. Rüzgar; gerçekte, sistem seviyesinde, düzensiz aralıklarla durmaz ve esmez. Bu yüzden rüzgar enerjisi için kullanılan kesikli terimi yanıltıcıdır. Top-

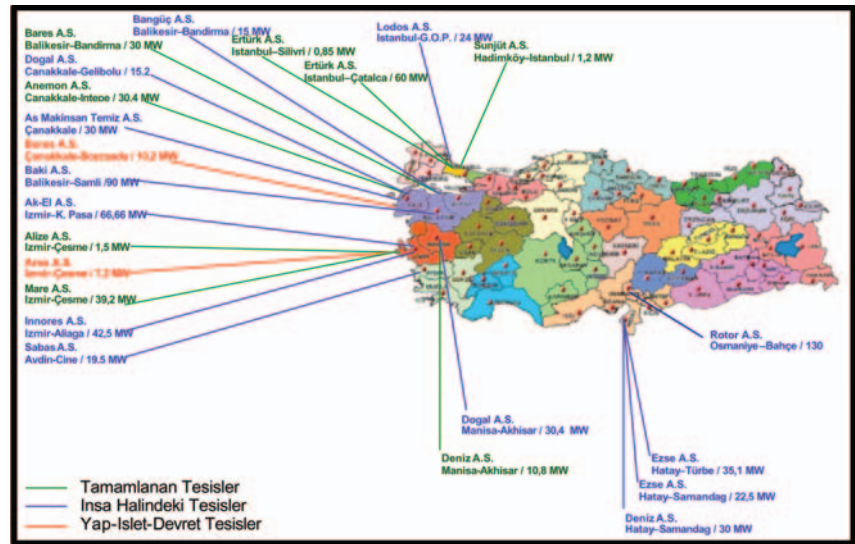
lam rüzgar gücü kapasitesi çıktısı değişkendir, güç sisteminin kendisinin de değişken olduğu gibi.

Güç sistemleri; nasıl ki büyük güç santrallerinden kaynaklanan ani değişikliklerin üstesinden her zaman gelmek zorundaysa, rüzgar enerjisi ile ilgili prosedürleri de uygulamaya koymalıdır. Sorun bu yüzden sadece değişkenliğin kendisi değil; nasıl tahmin edileceği, yönetileceği ve iyileştirileceği ve verimliliği artırmak için ne gibi yöntemlerin kullanılabilirliği olmalıdır. (Seigfried, 2006)

Rüzgar enerjisinin önemli oranlarda (<20-30, düşük ve orta) enerji sistemine entegrasyonu yalnızca mümkün olmakla kalmamak aynı zamanda mevcut güç sisteminde köklü değişiklikler yapmanın da gerekli olmadığı Dünya çapındaki bir çok uygulamadan anlaşılmaktadır. (Almanya, Da-

nimarka, İspanya, İsveç, Avusturya gibi) Bununla birlikte, çok yüksek penetrasyon seviyelerinin olduğu Danimarka, İspanya ve Almanya'nın çok geniş ulusal veya uluslararası güç sistemleri ile bağlantılı oldukları dikkatle belirtilmelidir.

Güç sistemi dizaynı ve işletilmesinde rüzgardan kaynaklanan en büyük problem rüzgarın değişken özelliği olmaktadır. Rüzgar enerjisinin şebeke entegrasyonundan kaynaklanan bu temel problemin iki yönü öne çıkmaktadır; Güç sistemindeki tüm tüketiciler için kabul edilebilir bir voltaj seviyesi ve sistem güç dengesi nasıl muhafaza edilebileceği. Genel anlamda, güç sistemi mühendisleri her zaman bu gibi sorunlarla çalışmaktadırlar. İlk nükleer enerji üretimi güç sistemi ile tanıştığı zaman, güç sistemi mühendislerinin



Şekil 2. Ülkemizdeki RES'lerin coğrafik olarak dağılımı (EPDK, TÜREB, 2007).

Tablo 3. EPDK'ya yapılan RES başvurularının son durumu (EPDK, 2007)

Durum	Adet	Güç (MW)
Başvuru	3	39,6
İnceleme-Değerlendirme	131	5990,73
Uygun Bulma	23	876,5
Lisans (İzin-Yapım Aşaması)	31	1116,61
Lisans (İşletme, YİD)	4	33,55
Toplam	192	8056,99

karşı karşıya kaldığı sorun talebin sürekli değişmesine rağmen nükleer üretimin sabit kalmasıydı. Bu yüzden birçok ülke diğer enerji kaynaklarının (örneğin hidrolik ve nükleer gücü beraber kullanarak) esnekliğini kullanma zorunda kalmışlardır. Örneğin İsveç, baz yük temini için kullanılan ve esnek olmayan üretim gerçekleştiren nükleer santralleri, yük takibi için esnek üretimli hidrolik santrallerle beraber çalıştırmaktadır. Diğer ülkeler de bu sorunu çözmek için farklı çözümler geliştirmişlerdir. Örneğin Japonlar bu amaçla pompaj depolamalı hidroelektrik sistemini kullanmaktadır. (Thomas, 2005)

Bu örneklerden görüldüğü gibi rüzgar enerjisi ile ilgili sorunlar büyük ölçüde güç sistemine bağlıdır. Bununla beraber, güç sistemi mühendislerince uygulanmakta olan genel yöntemler rüzgar enerjisinin şebekeye entegrasyonunda da kullanılabilir. Rüzgar enerjisi üreticilerinin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için güç sisteminin işletilmesi noktasında bazı yöntemlerin değiştirilmesi sorunun çözümünde yardımcı olabilir.

Sistem İşletimi ve Stabilitesi

İlk bakışta rüzgar enerjisi güç sisteminden kaynaklanan sorunlar nedeniyle sıkıntılı bir durum sergi-

lemektedir. Bu sıkıntılara sebep olarak gösterilen sorunlar ise genellikle rüzgar enerjisinin büyük miktarlarda konvansiyonel kaynaklarla yedeklenmesi kabulleri ve yüksek değerlerde hesaplanan ilave maliyetleri şeklinde ifade edilmektedir. Bu düşünceler değerlendirildiğinde ve uygulamalarla karşılaştırıldığında ise farklı durumlar olduğu ortaya çıkmaktadır.

- *Grid sistemleri; değişen ve belirli olmayan taleplerle, beklenmeyen iletim ve üretim kayıplarıyla rutin bir şekilde baş edebilecek şekilde dizayn edilir.*

- *Rüzgar enerjisi üretimleri bir sistem seviyesinde toplanabilir. (yekün, yığılımlı, aggregated rüzgar çiftlikleri) Bu durum ise rüzgar çiftliklerinin büyük ölçekli coğrafik dağılımı ile artan önemli sönümleme etkileri doğurur. Almanya'da tek bir rüzgar türbininin saatten saate kapasitesinin yüzde 60'ına varan güç salınımı yapabildiği ISET tarafından ortaya konulmuştur. Yine ISET, 350 megavatlık bir yekün rüzgar çiftliğinde bu oranın yüzde 20'den az olduğunu tespit etmiştir. Çok daha geniş alanlarda en büyük saatlik değişiklikler yüzde 10'dan azdır. (Nordel gibi)*

- *Rüzgar enerjisi üretimleri, dakikalık, saatlik, güneşarı, ay-*

lık, mevsimlik ve uzun dönemli zaman aralıklarında tahmini piyasa, planlama, işletme ve yedek tutma kapasitelerine önemli olumlu etkiler yapar. Günümüzde kullanılmakta olan rüzgar enerjisi tahmin modelleri tek bir rüzgar çiftliği için 36 saatlik zaman ölçeğinde rüzgar enerjisini yüzde 10-20 hata ile tahmin edebilmektedir. Bölgesel olarak bir araya getirilmiş rüzgar çiftlikleri için günlük tahminde bu hata payı yüzde 10 ve saatlik tahminlerde ise yüzde 5 mertebesindedir.

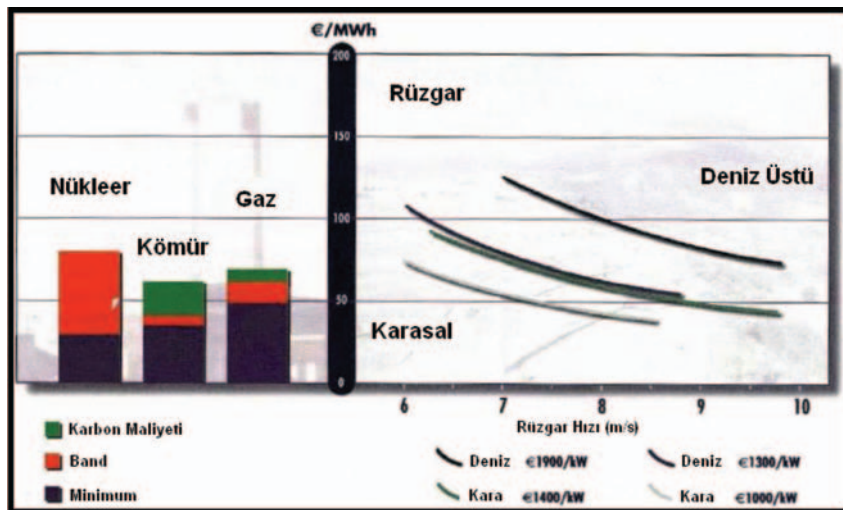
Günümüzde kurulmakta olan megavat boyutundaki rüzgar türbinleri en zor şebeke kod gerekliliklerini bile karşılayabilecek yetenektedir. Bu durum güç sisteminin kararlılığını dengede tutmaya yardımcı olmaktadır. Ayrıca modern rüzgar tarlaları aktif olarak kontrol edilebilen rüzgar enerjisi güç santralleri olmaya başlamıştır.

Altyapı İyileştirmeleri

İletim ve dağıtım şebeke altyapısı rüzgar enerjisinden yüksek miktarlarda yararlanmak için güncelleştirilmeyi gerektirir. Bu iyileştirmeler sadece rüzgardan daha fazla yararlanmak için değil, aynı zamanda diğer enerji kaynaklarından artan talebi hızlı bir şekilde karşılamak için de gereklidir. Birçok ülke bu iyileştirmelerin maliyetlerini özel çalışmalarla ortaya koymuşlardır. Örneğin İngiltere'de rüzgar enerjisi penetrasyonunu yüzde 30'a yükseltmek için yeni şebeke inşaatı veya güçlendirilmesinden dolayı rüzgar enerjisi üretim maliyetine 0.1-4.7 Avro/megavatsaat ilave geleceği hesaplanmıştır.

Son Dönemde Yapılan Bazı Çalışmalar

Son dönemlerde sonuçlandırılan birçok çalışma ortaya koymuştur ki, güç üretimi ihtiyaçları için rüzgar enerjisinin yüksek oranda katkısı teknik ve ekonomik olarak fizibildir. Rüzgar enerjisi penetrasyonunun artmasına



Şekil 3. Maliyet karşılaştırması-Rüzgar enerjisi ve termik üretimler (WindPower Monthly, 2006).

engeller teknik değildir. Engeller genellikle düzenlemeler, kurumsal uygulamalar ve piyasa değişikliklerinden kaynaklanmaktadır.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği tarafından 2005 yılında yapılan “Avrupa Güç Temininde Rüzgar Enerjisinin Büyük Ölçek Entegrasyonu” adlı çalışmada ise;

- *Mütevazı ilave maliyetlerle yüksek derecede sistem güvenliğini sürdürürken enterkonnekte Avrupa güç sisteminde elektrik talebinin önemli bir kısmını (yüzde 20) rüzgar enerjisi ile karşılamanın teknik olarak fizibil olduğu,*
- *Rüzgar enerjisi entegrasyonunun verimi ve ekonomisi güçlü bir şekilde kısa süreli tahminleri uygulama yeteneğine ve piyasa kurallarına bağlı olduğu,*
- *Yeni şebeke veya iyileştirmelerden gelen maliyetin 0.1-4.5 Avro/megavatsaat arasında değişeceği,*
- *Arz güvenliğini sürdürmek için şebeke gereklerinin modern rüzgar teknolojisi ile tamamen karşılanabildiği,*
- *Rüzgar enerjisinin mevcut sisteme ilavesinin arz güvenliğine katkıda bulunduğu ifade edilmektedir.*

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) “Rüzgar Enerjisinin Değişkenliği ve Diğer Yenilenebilirler: Yönetim Opsiyonları ve Stratejiler” adlı 2005 yılında yayımlanan raporunda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut şebekeye önemli oranlarda entegrasyonu ile ilgili engellerin teknik olmadığı, daha çok ekonomik ve düzenlemelerden kaynaklandığı belirtilmektedir.

Rüzgar Kaynak Değerlendirmeleri

Michael Grubb ve Neils Mayer'ın 1994 yılında yaptıkları “Yakıtlar ve Elektrik İçin Yenilenebilir Enerji Kaynakları” adlı çalışmada Dünya'nın rüzgar enerjisi kaynakları yılda 53 bin teravatsaat elektrik üretimi yapabi-

lecek bir kapasiteye sahip olduğu belirtilmiştir. Bu miktar Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2003 küresel elektrik tüketimi istatistiklerinde yayımlanan Dünya elektrik tüketiminin (13 bin 663 teravatsaat) yaklaşık üç katıdır.

Alman Danışma Konseyi WBGU tarafından 2003 yılında yapılan “Dünya'da Geçiş-Sürdürülebilir Enerji Sistemlerine Doğru” adlı çalışmada küresel kara ve deniz rüzgar kaynaklarından enerji üretimi teknik potansiyelinin yıllık 278 bin teravatsaat olduğu hesaplandı. Sürdürülebilir anlamda bu potansiyelin yüzde 10-15 arasındaki bir bölümünün gerçekleştirilecek olacağı ve uzun dönemde yıllık yaklaşık 39 bin teravatsaatlik bir rüzgar enerjisi katkısı sağlanabileceği ortaya konuldu. Bu miktarda bir enerji 1998 yılındaki toplam Dünya birincil enerji talebinin (112 bin teravatsaat) yüzde 35'ine karşılık gelmektedir.

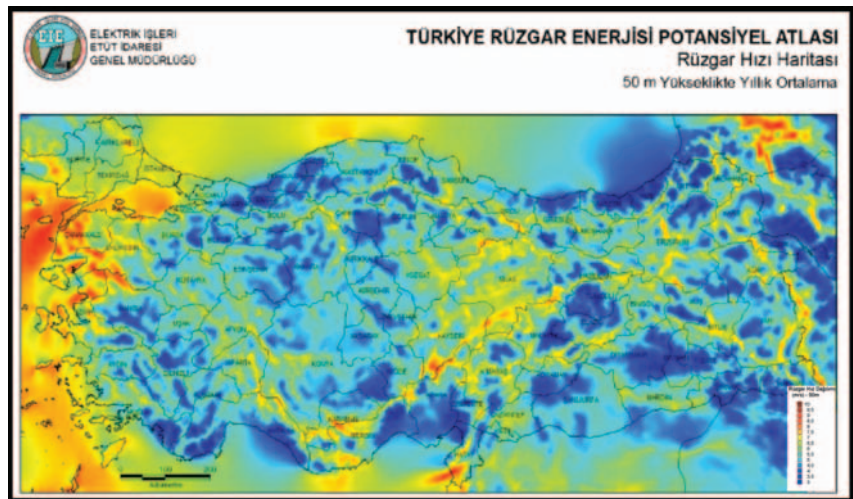
2004 yılında daha yeni bir çalışma ise Stanford Üniversitesi “Küresel İklim ve Enerji” projesi araştırmacıları, Dünya rüzgar kaynaklarını tahmin ettiler ve bu kaynaktan toplam küresel enerji talebini karşılayacak üretimden çok daha fazlasının yapılabileceğini ortaya koydular. Yapılan bu çalışma günümüzdeki rüzgar türbinleri kullanılarak elektrik üretimine dönüş-

türülürse potansiyel kaynağın yüzde 20'lik kısmı bile kullanılırsa rüzgar enerjisinden Dünya elektrik talebinin yedi kat daha fazlası üretilbileceğini göstermektedir.

Rüzgar kaynak tahminleri küresel ölçekte olduğu gibi Dünya'nın değişik bölgeleri, ülkeleri ve lokal boyutlarda da rüzgar enerjisi potansiyelini ortaya koyabilmek için yapılmaktadır. 1990'lı yıllardan sonra yapılan çalışmaların daha önce yapılan çalışmalardan gerçeğe yakın olduğu görülmektedir. Çünkü bu çalışmalarda türbin karakteristikleri ve kullanılmayacak alanlar (teknik ve saha potansiyeli) gibi etmenleri hesaplamalara dahil etmişlerdir. Ayrıca rüzgar ölçümleri ve modellemelere dayanan bazı potansiyel hesaplama teknikleri de bu çalışmalarda kullanılmıştır.

Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Yıllık ortalama değerler esas alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgar kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgar hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede



Şekil 5. Yer seviyesinden 50 metre yükseklikte rüzgar hızları (EİE, 2006)

meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgar hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgar gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. Mevsimlik ortalama değerlere göre ise Türkiye çapında rüzgar kaynağı karmaşık topoğrafyaya bağlıdır. Birçok yerde, özellikle sahil boyunca ve doğudaki dağlarda kışları daha güçlü rüzgar hızları görülmektedir. Türkiye'nin orta kesimleri boyunca çoğu yerde rüzgar hızı değerleri mevsimden mevsime nispeten sabittir. Aylık ortalama değerlere göre ise Türkiye'nin batı sahil bölgesi yanında Marmara Denizi'ni çevreleyen bölgede kış mevsimi süresince en şiddetli rüzgar hızına sahiptir. Rüzgar hızı haritaları asgari değerleri Haziran ayı süresince gösterir. Rüzgar hızları Eylül ve Ekim'de artmaya başlar ve bölgedeki azami değerler Ocak ve Şubat aylarında meydana gelir. Antakya yakınındaki güçlü rüzgar kaynağının da en kuvvetli zamanı kış aylarında, özellikle Kasım'dan Şubat'a kadar olan zamandır. Bu bölgedeki rüzgar hızları ilkbahar ve sonbaharda azalma eğilimi gösterirken yaz aylarında biraz daha yüksek değerlere sahip olurlar. Türkiye'nin doğusundaki dağlık bölgelerdeki rüzgar hızları Şubat ayında zirveye ulaşırken Kasım'dan Mart'a kadar nispeten yüksek değerler mevcuttur. (Şekil 5)

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelleri Tablo 5-6-7-8'de verilmektedir. Potansiyel hesaplamalarında rüzgar enerjisi uygulamalarını etkileyen tüm parametreler dikkate alınmaya çalışılmıştır.

REPA ile denizlerimizde, kıyılarımızda ve yüksek rakımlı bölgelerimizde daha önce ölçemediğimiz yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hale gelmiştir. REPA, Türkiye rüzgar kaynak bilgilerini 3-boyutlu bir şekilde görmemize imkan tanımıştır. Zaman, yer ve yükseklikle rüzgar kaynak bilgilerinin değişimi görülebilmektedir.

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli, tanımlanan kriterlerin ışığında rüzgar sınıfı iyi ile sıradışı arasında 47 bin

Tablo 5. Türkiye-İyi-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
İyi	4	400 – 500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500 – 600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600 – 800	8.0- 9.0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	39,17	0,01	195,84
Toplam				9.569,89	1,30	47.849,44

Tablo 6. Türkiye –Orta-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50 m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
Orta	3	300 – 400	6.5 – 7.0	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400 – 500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500 – 600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600 – 800	8.0- 9.0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	39,17	0,01	195,84
Toplam				26.351,28	3,57	131.756,40

Tablo 7. Türkiye 50 m Derinliğe Kadar Denizler-İyi-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
İyi	4	400 – 500	7.0-7.5	1.026,64	6,86	5.133,20
Harika	5	500 – 600	7.5-8.0	688,96	4,60	3.444,80
Mükemmel	6	600 – 800	8.0- 9.0	348,51	2,33	1.742,56
Sıradışı	7	> 800	> 9.0	28,54	0,19	142,72
Toplam				2.092,66	13,98	10.463,28

Tablo 8. Türkiye 50 m Derinliğe Kadar Denizler-Orta-Sıradışı Arası Rüzgar Kaynağı 50m

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
Orta	3	300 – 400	6.5 – 7.0	1.385,98	9,26	6.929,92
İyi	4	400 – 500	7.0-7.5	1.026,64	6,86	5.133,20
Harika	5	500 – 600	7.5-8.0	688,96	4,60	3.444,80
Mükemmel	6	600 – 800	8.0- 9.0	348,51	2,33	1.742,56
Sıra dışı	7	> 800	> 9.0	28,54	0,19	142,72
Toplam				3.478,64	23,25	17.393,20