

DÜNYADA UYGULANAN DESTEK MODELLERİNE BAĞLI OLARAK RÜZGAR ENERJİSİ İLE SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE ÜLKEMİZDEKİ MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Araş. Gör. Seyit Ahmet Akdağ

İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü
akdagse@itu.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Önder Güler

İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü
onder.guler@itu.edu.tr

Özet

Rüzgar enerjisi son dönemde kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi; enerji arz güvenliği, bağımsızlığının sağlanması ve enerji arzına katkısı bakımından önemli bir kaynaktır. Bununla birlikte sadece çevresel sorunların çözülmesine yardımcı olmakla kalmayacak aynı zamanda ticari faydalar, teknolojik araştırmalar, ihracat ve istihdam olanakları sağlayacaktır. Rüzgar enerjisi elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılması ülkelere göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni ise uygulanan enerji politikalarının ve destek sistemlerinin farklı olmasıdır. Yani sadece ekonomik potansiyelin olması tek başına yeterli değildir, ülkemiz içinde benzer durum söz konusudur. Bu çalışma kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisinin kullanımının gelişmesi için uygulanan politikaların ve destek modellerinin rüzgar enerjisi sektörünün gelişimi ile olan ilişkisi incelenmiştir. Rüzgar türbini üreten firmalarının rüzgar enerji sektöründeki payları ile ülkelerin kurulu güçleri arasında olan ilişki gösterilmiştir. Ülkemizdeki rüzgar enerjisi kullanımı ile birlikte rüzgar enerjisi sektörünün gelişmesi için yapılması gerekenler belirtilmiştir.

1. Giriş

En genel anlamda enerji; herhangi bir sisteme eklendiğinde veya çıkarıldığında o sistemin en az bir özelliğini değiştiren etken olarak tanımlanmaktadır. Dünyada yıllık tüketilen enerji miktarı, nüfus artışı, yaşam standartlarındaki artış, hızlı bir şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak artmaktadır. Enerji kaynakları günümüzde yenilenebilir ve

konvansiyonel olarak değerlendirilmektedir. Fosil kökenli yakıtlar, konvansiyonel enerji kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Bu yakıtların ömürlerinin sınırlı olmasına karşın günümüz için enerji kaynaklarının yokluğundan ya da eksikliğinden söz edebilmek mümkün değildir. Fakat ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılık, artan yakıt fiyatlarının maliyetlere etkisi, özellikle elektrik enerjisi üretim birim maliyetinin artmasından dolayı önemlidir. Bununla birlikte bazı enerji kaynaklarının belirli bölgelerde toplanmasından dolayı yaşanan sıkıntılar arz güvenliği kavramını geliştirmiş ve alternatif enerji kaynakları kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bunun sonucunda özellikle elektrik enerjisi üretmek için kullanılan kaynakların kullanım oranları ve türleri tarihsel süreçte ülkeler ve bölgeler bazında ekonomik, teknik ve çevresel nedenlerden dolayı değişiklikler göstermiştir. 1990'lardan itibaren ise temiz çevreye verilen öneminin artması sonucu, 1992 yılında Rio Sözleşmesi, 1994 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1997 yılındaki Kyoto Protokolü ve AB'nin direktiflerinin de etkisi ile yenilenebilir enerji kaynakları konusundaki çalışmalar hızlanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla elektrik enerjisi üretimi, konvansiyonel kaynakların kullanılmasıyla elektrik enerjisi üretimine göre pahalı olabilse de arz güvenliğinin sağlanması, istihdam olanaklarının yaratılması ve temiz bir çevre bakımından olumlu sonuçlara sahiptir. İleride fosil kökenli kaynakların azalması, kaynak temininde problemlere ve buna bağlı olarak fiyatlarında artışlara neden olabilecektir. Bu nedenlerden dolayı ülkelerin kendi öz kaynaklarından olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaları ve üretim teknolojileri konusundaki ar-ge çalışmalarını yapmaları oldukça önemlidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi sistemlerinin ekonomik ömrü 20-25 yıl olarak hesaplanmaktadır. Son yıllarda rüzgar enerjisinin elektrik enerjisi üretmek amacı ile kullanımı dünyada büyük bir artış göstermiştir. İlk yatırım maliyetleri, kullanılan kule ve türbin tipine göre değişmekle birlikte, genel olarak sistemin ömrü boyunca yapılan yatırımın %75-80'i kadar olmaktadır. Bu nedenle yakıt giderleri olmaması sabit fiyatlardan elektrik üretimini sağlamaktadır. Bundan dolayı üretilen elektrik enerjisi fiyatını etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi bölgenin potansiyelidir. 1980'lerde ortalama olarak 8 euro cent/kWh den fazla olan rüzgar enerjisinden elektrik üretim maliyeti [1], günümüzde 2 euro cent/kWh seviyesine kadar düşen yerler olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmektedir [2].

Bu çalışma kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisinin kullanımının gelişmesi için uygulanan politikaların ve destek modellerinin rüzgar enerjisi sektörünün gelişimi ile olan ilişkisi incelenmiştir.

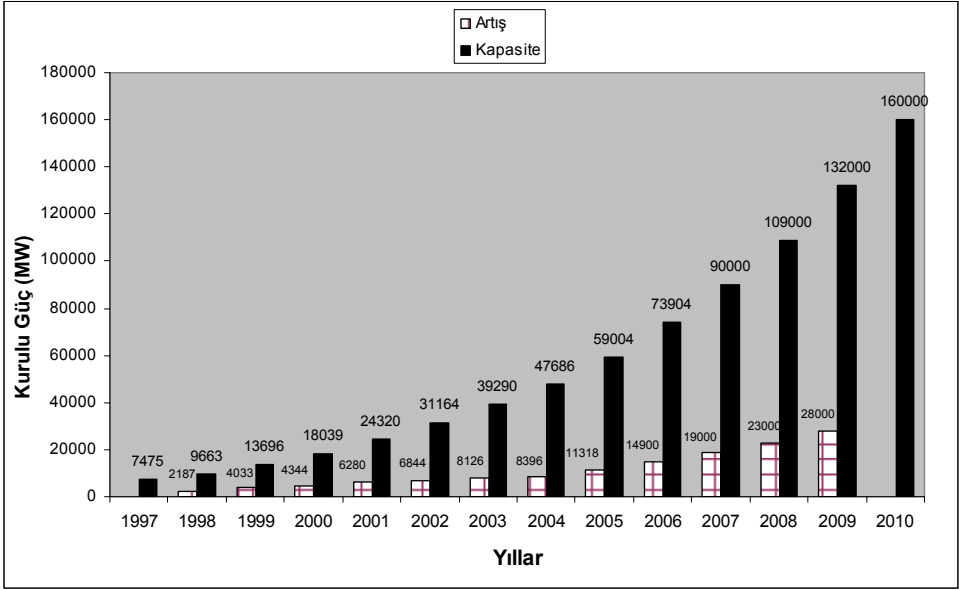
Rüzgar türbini üreten firmalarının rüzgar enerji sektöründeki payları ile ülkelerin kurulu güçleri arasında olan ilişki gösterilmiştir. Ülkemizdeki rüzgar enerjisi kullanımı ile birlikte rüzgar enerjisi sektörünün gelişmesi için yapılması gerekenler belirtilmiştir.

2. Dünyada Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi son dönemde kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Dünyada toplam rüzgar enerjisi kurulu gücü 2006 sonu itibari ile 73904 MW'dır. Bu kurulu güç değerinin 48062 MW'lık kısmı AB ülkelerindedir. Almanya'da 20622 MW, İspanya'da ise 11615 MW kurulu rüzgar santrali gücü vardır. Diğer ülkelerdeki durum ise tablo 1'de gösterilmiştir [3]. Şekil 1'de ise 1997-2006 dönemindeki dünya rüzgar enerjisi kurulu gücünün değişimi ve 2010 yılı hedefleri görülmektedir [3].

Tablo 1. 2006 Sonu itibari ile rüzgar enerjisi kurulu gücü bakımından ilk 20 ülke

Ülke	2005 Sonu Kurulu Gücü (MW)	2006'da Eklenen Kapasite (MW)	Artış oranı 2005-2006 (%)	2006 Sonu Kurulu Gücü (MW)
Almanya	18428	2194	11.9	20622
İspanya	10028	1587	15.8	11615
Hindistan	9149	2454	26.8	11603
ABD	4430	1840	41.5	6270
Danimarka	3128	8	0.3	3136
Cin	1260	1145	90.9	2405
İtalya	1718	405	23.6	2123
İngiltere	1353	610	45.1	1963
Portekiz	1022	628	61.4	1650
Fransa	757	810	106.9	1567
Hollanda	1224	336	27.5	1560
Kanada	683	768	112.4	1451
Japonya	1040	354	34	1394
Avusturya	819	146	17.8	965
Avustralya	579	238	41.1	817
Yunanistan	573	183	31.9	756
İrlanda	496	147	29.6	643
İsveç	510	54	10.6	564
Norveç	220	55	20.4	325
Brezilya	29	208	729.6	237
Diğerleri	1508	730	48.4	2238
Toplam	59004	14900	25.3	73904



Şekil 1. 1997-2006 dönemindeki dünya rüzgar enerjisi kurulu gücünün değişimi ve 2010 yılı için projeksiyonu

Rüzgar enerjisi; kullanımı ile enerji arz güvenliği, bağımsızlığının sağlanması ve enerji arzına katkısı bakımından önemli bir kaynaktır. Bununla birlikte sadece çevresel sorunların çözülmesine yardımcı olmakla kalmayacak aynı zamanda ticari faydalar, teknolojik araştırmalar, ihracat ve istihdam olanakları sağlayacaktır.

2006 yılı verilerine göre Almanya 30500 GWh ile elektrik enerjisi ihtiyacının % 5.6'sını, İspanya 23372 GWh ile elektrik enerjisi ihtiyacının % 8.72'ini, ABD 31000 GWh ile elektrik enerjisi ihtiyacının % 0.77'ini, Danimarka 6108 GWh ile elektrik enerjisi ihtiyacının % 16.78'ini, rüzgar enerjisinden sağlamaktadır. Örnek ülkelerin durumu ve toplam rüzgar türbinleri sayısı Tablo 2'de gösterilmektedir [4]. Tablo 3'de ise 1996-2005 yılları arasında rüzgar enerjisinin dünya elektrik tüketimindeki payı gösterilmektedir [5].

Rüzgar Gücü 12 raporuna göre 2020 yılında dünyada tüketilen elektrik enerjisi ihtiyacının % 12' sinin rüzgar enerjisinden karşılanmasının teknik ve ekonomik olarak mümkün olduğu belirtilmekte, toplam rüzgar enerjisi kurulu gücünün ise 1.2 Milyon MW'ı aşacağı, sektörde yıllık %20-25'lik bir büyümenin olacağı, bunun iki milyon kişiye iş olanakları sağlayacağı ve 10000 milyon ton CO₂ salınımının azaltılmasının mümkün olacağı belirtilmektedir [1].

Tablo 1’den görülebileceği gibi dünyada rüzgar enerjisi kullanımı ülkeler ve bölgeler bazında farklı düzeylerde. Bunun nedeni ise ülkelerin buldukları coğrafi bölgelere bağlı olarak farklı rüzgar potansiyeline ve enerji kaynaklarına sahip olmaları, ayrıca uygulanan destek modellerinin ve politikaların ülkeden ülkeye farklılıklar göstermesindedir. Ülkelerin amacı, sadece rüzgar enerjisi kurulu gücünü artırmak değil, aynı zamanda kendilerinin rüzgar enerjisi sektörünü de geliştirmek olmalıdır

Tablo 2. Rüzgar enerjisinden üretilen elektrik miktarı ve tüketimdeki payı

Ülke	İşletmedeki Türbin Sayısı (MW)	Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü (MW)	Rüzgar Enerjisi Elektrik Üretimi (GWh/yıl)	Elektrik Talebi (TWh/yıl)	Rüzgardan Karşılama Oranı (%)
ABD	-	11603	31000	4027	0.77
Almanya	18685	20622	30500	540	5.65
Avustralya	544	817	2504	208	1.20
Danimarka	5274	3136	6108	36.4	16.78
Hollanda	1792	1560	2747	116	2.37
İngiltere	-	1963	4591	408.8*	1.12
İspanya	13842	11615	23372	268	8.72
İsveç	812	564	986	150	0.66
İtalya	2575	2123	3215	338	0.95
Japonya	1358	1394	1910	882.6	0.22
Kanada	1186	1451	3800	550	0.69
Norveç	163	325	671	122	0.55
Portekiz	964	1650	2926	49	5.97
Yunanistan	1051	756	1580	51	3.10

Koyu değerler tahmini değerlerdir. * 2005 yılı içindir.

Tablo 3. 1996-2005 Arasında dünyada rüzgar enerjisinden üretilen elektrik miktarı

Yıllar	Rüzgar Enerjisinden Üretilen Elektrik Miktarı (TWh)	Dünya Elektrik Üretimindeki Yüzdesi (%)
1996	12.23	0.09
1997	15.39	0.11
1998	21.25	0.15
1999	23.18	0.16
2000	37.3	0.25
2001	50.27	0.32
2002	64.81	0.40
2003	82.24	0.49
2004	96.5	0.55
2005	120.72	0.67

3. Dünyada Uygulanan Destek Modelleri

Dünyada uygulanan destek modelleri elektrik enerjisi sektöründeki liberalleşme çalışmalarına bağlı olarak zaman içinde değişmiştir. Bugün tartışılan konu ise hangi modelin diğerlerine göre daha avantajlı olduğudur. Yatırımlar yapılırken en önemli faktörlerden bir tanesi risk analizi ve geri ödeme süresidir. Uygulanan destek ve teşvik uygulamaları ile yatırım riskleri en aza inebilmekte, güçlü, ve güvenilir bir piyasa yapısı oluşmakta bunun sonucunda da yapılan yatırımların miktarı artmaktadır Bu nedenle rüzgar enerjisi kurulu gücü ve sektörü yeterli destek ve teşvik politikalarının uygulandığı ülkelerde daha fazla gelişmektedir.

Rüzgar enerjisi kullanımını artırmak için genelde iki çeşit destek modeli bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; sabit fiyat sistemleri, ikincisi ise kota sistemleridir [1].

3.1 Sabit Fiyat Sistemleri

Sabit fiyat sistemleri, yatırım sübvansiyonları, sabit fiyat tarifeleri, sabit prim sistemleri ve vergi kredilerini kapsamaktadır. Sabit fiyat sistemlerinde üreticiye ödenecek elektrik fiyatı hükümetler tarafından belirlenir [1]. Sabit fiyat sistemlerinde, belirli dönem süresince piyasa fiyatlarının üzerinde bir fiyata elektrik enerjisi satın alınmaktadır. Böylelikle piyasa riskleri azalacak ve uygun krediler daha kolay bulunabilecektir. Bu sistem bazı değişikliklerle 1988 de Portekiz, 1990'da Almanya, 1992'de Danimarka, 1994'de ise İspanyada uygulamaya konulmuştur. Son yıllarda birçok Avrupa ülkesi bu sistemi benimsemiştir. Bu sistemi uygulayan ülkelerde rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin kWh' i 7.7 ile 9.3 euro cent/kWh arasında değişmektedir.

Sistemle ilgili politik bir problem ise, sabit fiyat uygulamalarının geleneksel piyasa işleyişine uymamasıdır. Örneğin Danimarka hükümeti AB elektrik piyasasında serbestleşme direktifini uygulamaya başladıktan sonra bunun farkına varmış ve uygulamakta olduğu bu sistemi yeşil sertifika sistemi ile değiştirmek için uygulamalar yapmıştır [6].

Yatırım Sübvansiyonları: Rüzgar enerjisi sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, yatırım tutarının belirli bir yüzdesinin devlet tarafından finanse edildiği sistemlerdir. Yatırım sübvansiyonları büyük güçlü, fazla üretim yapabilen ama verimsiz sistemlerin oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle bu sistemi tek başına kullanılması dezavantajlar ortaya çıkarabilir. Yatırım sübvansiyonları oranları 1979-1989 arasında Danimarka'da %30-%10 arasında uygulanmıştır. Günümüzdeki eğilim yatırım sübvansiyonlarının uygulanmaması şeklindedir. [1,7]

Sabit Fiyat Tarife Sistemleri: Elektrik şebekesine verilen her kWh için belirli bir miktar sabit ücretin ödendiği sistemdir. Elektrik enerjisi fiyatının dönemsel olarak belirlenebildiği bu sistemde yatırımcı riskleri daha azalacak ve bunun sonucunda uzun dönemli krediler alınabilecektir. Almanya 20 yıllık bir dönem için (yaklaşık türbin ömrü) üretilen elektrik kWh için zamanla değişen bir sistemi uygulamaktadır. Bununla birlikte bazı ülkelerin uygulamalarında süre tam olarak belirtilmemiştir. Almanya, İspanya, Danimarka da rüzgar enerjisi kullanımını artırmada yararlı olmuş bir uygulamadır. Sabit fiyat sistemleri daha verimli rüzgar türbinlerinin geliştirilmesi için önemli bir faktördür, çünkü sektördeki talep bu yönde olmaktadır [1,6].

Sabit Prim Sistemi: Sabit fiyat sisteminin başka bir türü olan sabit prim sisteminde, hükümetler kWh başına ödenecek ücreti sabitlemek yerine elektrik enerjisi fiyatında belirli bir oranda artış yaparak alım yapmaktadırlar [1].

Vergi Kredileri: Sabit fiyat sisteminin başka bir türü olan vergi kredileri sistemi ABD'de uygulanmaktadır. Verilen teşvik elektriğin kWh'i başına belirli bir oranda vergiden muaf tutulma şeklindedir [1].

3.2 Kota Sistemi

İkinci sistem ise ihale ve yeşil sertifika sistemlerinden oluşan yenilenebilir kota sistemleridir. Yenilenebilir kota sistemlerinde yenilenebilir elektrik miktarı hükümetlerce belirlenirken, fiyat oluşumu piyasa şartlarına bırakılmıştır [1]. Yeşil sertifika sisteminin amacı, şu anki piyasa koşullarında rekabet etmesi zor olan yenilenebilir enerji kaynaklarından üretimin cazip hale getirilmesidir. Hükümetler tarafından alım yapan kuruluşlara belirli

zorunlu kota miktarı uygulandığından yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim az ise bu kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin fiyatının artmasına neden olacaktır. Üretim miktarı arttığı zaman ise fiyatlar düşecektir yani arz artıkça fiyatların düşmesi buna karşılık arzın yetersiz kaldığı durumlarda fiyatların artması beklenmektedir. Bununla birlikte bir alt ve üst limit değer belirtilmiştir. Bu sistem ilk olarak 1998 yılında Hollanda’da uygulanmıştır [6].

Rekabetçi Teklif Verme, İhaleye Çıkma: Bu sistemde genellikle 15-20 yıl süreli olan enerji alım anlaşmaları için ihaleye çıkılmaktadır. En düşük fiyatı veren kurum ihaleyi kazanmaktadır. Rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek bölgelerde düşük fiyatlarla enerji üretimi olacağı için bu bölgelerde ihale fiyatları düşük olacaktır. Uzun dönemli alım garantileri olması yatırımcılar için riski ortadan kaldırmaktadır. Bununla birlikte yatırımcılar ihaleyi kazanmazlarsa hazırlanan fizibilite raporu için yapılan yatırım boşa gitmiş olacaktır. Bu sistem Fransa, İngiltere ve İrlanda’da halen kullanılmakta olan bir sistemdir. Bu sistemin bir diğer riskli yönü ise rüzgar enerjisi tesisleri kurmak için gerekli birim kW fiyatının yıllara bağlı olarak düşüşler göstermelerinden dolayı, şirketlerin yatırımlarını gerçekleştirmek için beklemelerine neden olmasıdır. Hatta bu, yatırımın yapılmamasına kadar ilerlemektedir. Örneğin İngiltere’de 2000 yılına kadar 1000 MW’ın üzerinde ihaleler sonuçlanmasına rağmen, 2000 yılı kurulu gücü 400 MW’ı geçememiş, yani yatırımlar yapılmamıştır [1,6]. Bu nedenle bu model yatırımın yapılmaması durumunda belirli bir ceza içeren anlaşmalarla birlikte uygulandığında daha verimli işlemesi sağlanabilir. İngiltere’de bu sistem son dönemlerde yerini alınıp satılabilir yeşil sertifika uygulamasına bırakmıştır.

Alınıp Satılabilir Yeşil Sertifika: Bu sistemi ihale sisteminden ayıran temel fark elektrik enerjisi fiyatının uzun dönemli anlaşmaların değil günlük olarak belirlenmesidir. Bu nedenle yatırım yapmak daha riskli olmaktadır. Bu sistemde devlet, yenilenebilir kaynaklı belirli miktar elektriğin piyasa tarafından üretim, satış ve dağıtımının yapılması için zorunluluklar getirmektedir. Bu sertifika sistemi sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin miktarı kayıt altına alınabilmekte, alıcıların yükümlülüklerini yerine getirip getirmediği denetlenebilmektedir. Bu sistemin verimli olarak işleyebilmesi için yeşil sertifika satın almayanlara uygulanacak cezaların dikkatli bir şekilde belirlenmesi gereklidir [1]. Tablo 4’de iki sistemin avantajları ve riskleri özet olarak verilmektedir.

Tablo 4 Her iki sistemin karşılaştırılması

Sabit Fiyat Sistemi	Kota Sistemi
Avantajları	Avantajları
<ul style="list-style-type: none"> -İstikrarlı fiyat yatırım güvencesi getirirler, girişimcileri piyasada teşvik eder. -Türbin üreticilerinin daha verimli sistemler yapmaları için baskı oluşturur, bunun sonucunda birim üretim maliyetleri düşer. -Piyasa öncesi aşamadan piyasadaki rekabete kadar bir dizi teknolojiye açıktır. Dolayısıyla yeniliklere müsaittir -Bölge rüzgar potansiyeli ile ilgili olarak, ayırım yapmak mümkündür. 	<ul style="list-style-type: none"> -Fiyatı düşürür, çünkü minimum fiyat şartı genelde yoktur. -Pazarlanabilir belgeler aracılığı ile verimli piyasa rekabeti sağlanır. -Teknolojik olarak tarafsız olduğu söylenebilir. -Kotalardaki uygun artışlarla piyasa büyümesinin planlanmasını sağlar.
Riskleri	Riskleri
<ul style="list-style-type: none"> -Sabit fiyatın çok yüksek uygulanma riski -Piyasa gelişimde kontrolü kaybetme riski 	<ul style="list-style-type: none"> -Dalgalanan sertifika değerleri ve bürokratik karmaşalar belirsizlik ve engeller yaratır -En ucuz yerlerin ilk önce değerlendirilmesine imkan tanır

AB ülkelerinde baskın olan eğilim fiyatların sabitlenmesi şeklinde iken, İngiltere ve İrlanda gibi miktar sabitleme eğiliminde olan ülkeler de vardır, ABD’de ise bir federal vergi yasası bulunmakla birlikte eyaletler seviyesinde sabit miktar içeren bir sistem de uygulanmaktadır.

4. Rüzgar Türbin Sektörü.

Rüzgar enerjisinin kullanımı artırılırken yapılmak istenen bir diğer gelişme ise rüzgar türbini ve alt sektörlerinin aynı zamanda geliştirilmesidir. Devletler tarafından rüzgar türbini üreticisi firmalara doğrudan destekler verilebildiği gibi dolaylı yollardan da destekler verilebilmektedir Bunun sonucunda, rüzgar enerjisi ekipmanlarının üretimi, bakım-onarımı, projelendirilmesi ve inşaatı gibi iş olanakları oluşmakta, böylelikle ticari büyüme olmakta, vergi artmaktadır. Türbinlerin taşıma mesafelerinin kısılması ve yerli üretimin daha ucuz olabilmesinden dolayı rüzgar enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin fiyatı daha düşük seviyeye inecektir. Bununla birlikte rüzgar enerjisi kullanımının artırılması için uygulanan teşvikler ve destek politikaları, rüzgar türbin ve alt sektörlerinin aynı anda gelişmesi anlamına gelmemektedir. Çünkü türbin sektörü konusunda ar-ge faaliyetleri uzun süredir sürdürülmekte ve günümüzde 5 MW büyüklüğünde türbinlerin üretimi ve satışı yapılmaktadır. Sektörde faaliyet gösterecek firmaların ise ar-ge konusundaki yeterli alt yapıyı oluşturmaları kolay değildir. Danimarka, Norveç ve Hollanda yaklaşık aynı zaman diliminde rüzgar enerjisi konusunda ar-ge çalışmalarına başlamalarına rağmen Norveç ve Hollanda yeterli başarıya ulaşmamıştır [7,8]. Bu nedenle

sektörde faaliyet göstermek isteyen firmalar patent haklarının da etkisi ile diğer firmalar ile ortaklık kurmaya ya da onları satın almaya çalışmaktadırlar. Ayrıca bu firmaların uzun süredir sektörde faaliyet göstermesi sonucu markalaşmaları, servis ve bakım garantileri, sektöre girmeyi zorlaştıran diğer etkenler arasındadır. Bunun yanı sıra firmaların faaliyetlerini sürdürebilmeleri için 150-200 MW'lık yıllık satış değerlerine ulaşmaları gerekmektedir. Firmaların yeni kurulmuş olması onları ilk aşamada daha çok iç pazara çalışan firmalar yapacağından iç pazarın stabil ve kararlı bir şekilde büyümesi önemlidir [9]. Günümüzde türbin endüstrisinin ar-ge konusundaki en önemli gereksinimi büyük güçlü, düşük fiyatlı, verimi yüksek, şebeke etkileşimi konusunda gelişmiş türbinlerin üretilmesidir. Tablo 5'de 2004-2005-2006 yıllarında rüzgar enerjisi sektöründe faaliyet gösteren satışları bakımından en büyük 10 firmanın sektördeki payları görülmektedir [5,10,11].

Tablo 5 2004-2006 Arasındaki en büyük 10 firma

	2004 yılına kadar market payı (%)	Market payı 2004 (%)	Market Payı 2005 (%)	Market payı 2006 (%)	2006 Yılına kadar ki satışları (MW)	Satışlar 2006 (MW)	2006 sonuna kadar ki satışları (MW)	Tüm Market Payı (%)	2004- 2005- 2006 market sırası
Almanya									
Enercon	13.9	15.1	13.2	15.4	8685	2316	11001	14.8	#3,#3,#4
Repower	2.3	3.2	3.1	3.2	1522	480	2002	2.7	#7,#7,#8
Nordex	4.7	2.2	2.6	3.4	2704	505	3209	4.3	#10,#8,#7
İspanya									
Gamesa	12.7	17.3	12.9	15.6	7,912	2346	10258	13.8	#2,#4,#2
Ecotecnia	1.5	2.5	2.1	*	*	*	*	*	#9,#9,#*
Acciona	*	*	*	2.8	372	426	798	1.1	#*, #*, #9
ABD									
GE Wind	10.5	10.8	17.7	15.5	7370	2326	9696	13	#4,#2,#3
Danimarka									
Vestas	34.6	32.7	27.9	28.2	20766	4239	25005	33.7	#1,#1,#1
Siemens	7.6	6	5.5	7.3	4502	1103	5605	7.5	#5,#6,#6
Hindistan									
Suzlon	1.5	3.8	6.1	7.7	1485	1157	2642	3.6	#6,#5,#5
Çin									
Gold Wind	*	*	*	2.8	211	416	627	0.8	#*,#*,#10
Japonya									
Mitsubishi	2	2.5	2	*	*	*	*	*	#8,#10,#*

*ilk 10'a girmediği dönemki değerleri belirtilmemiştir.

Tablo 5'den görüldüğü gibi 2006 yılı satışlarının neredeyse % 75'lik kısmı Vestas, Gamesa, GE Wind ve Enercon tarafından gerçekleştirilmiştir. Danimarka kökenli Vestas ve Siemens rüzgar türbini satışları pazarının 1/3'ünden fazlasını kapsamaktadır. Danimarka kökenli şirketler çok önceden kurulmalarının, ar-ge konusundaki liderliklerinin, patent haklarının, uzun dönem garanti ve bakım onarım sağlamalarının da etkisi ile Tablo 5'den görülebileceği gibi dünya türbin sektöründe hakimiyetleri söz konusudur. Danimarka firması olan Vestas 2000 yılında üretiminin % 86'sını ihraç ederken , 2004-2006 arasında ihracat oranı % 99 oranını geçmiştir. Şirketin 2005 yılı satışlarının ekonomik tutarı 3.583 milyar dolar iken 2006 yılı bu rakam 3.854 milyar dolar seviyesine çıkmıştır [12].

Danimarka ve Almanya rüzgar enerjisi ekonomik potansiyellerinin büyük bir kısmını kullanmışlardır. Elektrik şebekesinin özelliklerinden dolayı şebeke güçlendirmelerinin yapılması gerekmektedir aksi halde daha fazla rüzgar enerjisi kullanmaları teknik olarak sorunlara yol açabilir. Ayrıca bu ülkelerin elektrik kullanımları belirli bir doygunluğa erişmesi nedeni ile yeni tesisler kurulması ve arzın talepten fazla olması durumunda bunun satışını yapacak yeni yerler bulmaları gerekmektedir. Almanya ve Danimarka gibi ülkelerde uygulanmakta olan bir başka yöntem ise küçük güçlü eski türbinlerin daha büyük güçlü ve verimi yüksek yeni türbinlerle değiştirilmesidir.

Rüzgar türbinleri hız kontrolüne göre 4 temel çeşit altında incelenebilir. Bunlar sabit hızlı rüzgar türbinleri (A tipi), değişken hızlı türbinler ile değişken rotor dirençli türbinler (B tipi), kısmi ölçekli frekans çeviricili değişken hızlı (C tipi), tam ölçekli frekans çeviricili değişken hızlı (D tipi) türbinleridir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak zaman içinde bu sistemlerin kullanımı değişmektedir. Tablo 6'da 1995-2004 yılları bu türbinlerin market payları gösterilmiştir [13].

Tablo 6 Türbin tiplerinin 1995-2004 arası satışları (MW)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Toplam Satış (MW)
A tipi	807	685	793	929	1546	1709	2196	2013	1552	2037	14266
B tipi	188	256	400	417	648	754	1091	377	251	181	4562
C tipi	0	1	46	621	1064	1235	2676	3382	4834	4519	18380
D tipi	166	150	242	378	530	683	1213	1470	1447	1509	7788
										Toplam	44995

Teknolojik gelişmeler ve üretim maliyetlerine bağlı olarak rüzgar enerjisi sistemlerinde kullanılan türbin tiplerinin pazar payları zaman içinde değişmiştir. Yıllar itibari ile C tipi rüzgar türbinlerinin toplam türbin kurulu

gücü içindeki payı sürekli artmaktadır ve 2004 sonu itibari ile toplam kurulu gücün % 40.8 'i C tipi türbinlerden oluşmaktadır. A tipi türbinlerin kullanımı ise sürekli azalmasına rağmen 2004 sonu itibari ile % 31.7'lik payla ikinci sırada yer almıştır. D tipi türbinler ise % 17.3'lük bir paya sahiptir bunu %10.1 ile B tipi türbinler takip etmektedir.

5. Ülkemizdeki Mevcut Durum

Türkiye'nin rüzgar enerji potansiyeli ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır, bununla birlikte bu çalışmalarda ağırlıklı olarak kullanılan teknik, ekonomik ve üretim potansiyeli ile ilgili rakamların temeli 1993 yılında Wijk ve Coelingh tarafından yapılan 83000 MW'lık teknik potansiyelin, 10000 MW ise ekonomik potansiyelin olduğunu gösteren çalışmadır. Rüzgar enerjisinden daha iyi bir şekilde faydalanmak için zaman içinde değişen ekonomik potansiyel kavramına göre tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, 2006 yılında ise uydu verileri kullanılarak Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) hazırlanmıştır. REPA ile 50 m yükseklikte kara bölgelerinde 300 W/m^2 'den büyük olan 131756 MW'lık, derinliği 50 metreye kadar olan denizlerde ise 17393 MW'lık potansiyelin olduğu hesaplanmıştır [15].

Türkiye'de elektrik üretimi amaçlı ilk rüzgar türbini 22 sene önce Çeşme'de turistik bir tesisin elektrik ihtiyacının karşılamak üzere kurulan 55 kW gücünde bir tesistir [16]. Türkiye' de 2007 Eylül ayı itibari ile işletmedeki kapasite güçleri 0,85 ile 39.20 MW arasında General Electric, Vestas ve Enercon'un ürettiği türbinleri kullanan toplam kurulu gücü 146.25 MW olan 10 adet rüzgar santrali bulunmaktadır [17]. 9. kalkınma planı Enerji Özel ihtisas komisyonu raporunda 2013 yılında toplam elektrik üretimi amaçlı kurulu gücün 52863 MW'a çıkması hedeflenirken bunun 2163 MW'ının rüzgar santralinden oluşması beklenmektedir. 2013 yılı toplam rüzgar enerjisi üretiminin ise 5939 GWh olması hedeflenmektedir [18].

Ülkemizde 2001 yılında çıkarılan elektrik piyasası kanundan önce kurulmuş olan rüzgar enerjisi santralleri otoprodüktör ya da yap işlet devret sistemine göre çalışan tesislerdir. Yap işlet devret sistemi ile çalışan santrallere ürettikleri kWh başına sabit bir ücret ödenmektedir. Türkiye'de rüzgar enerjisi fiyatlandırma konusunda ise Mayıs 2005 yılında kabul edilen 5346 numaralı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanılmasına ilişkin kanuna göre 2011 yılı sonuna kadar yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin fiyatı bir önceki yıla ait Türkiye elektrik toptan satış fiyatı olarak belirlenmiştir. Ayrıca Bakanlar kuruluna % 20 oranında bu rakamı artırma konusunda yetki verilmiştir. Bunun yanında orman ve hazine arazilerine kurulacak tesisler için bu arazilerin izin, kira, irifak hakkı ve kullanma bedellerinde %50 indirim uygulanacağı ve orman

ve ağaçlandırma özel ödenek gelirleri alınmayacağı belirtilmiştir [19]. Elektrik piyasası lisans yönetmeliğinde ise yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan tesislerden alınan lisans bedelleri hakkında düzenleme yapılmıştır.

6. Sonuçlar

Rüzgar enerjisi elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılması ülkelere göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni mevcut potansiyelin farklı olmasının yanı sıra uygulanan politikalardan kaynaklanmaktadır. İngiltere, AB ülkeleri arasında en fazla rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olmasına rağmen [20], Tablo 1'den de görülebileceği gibi kurullu güç olarak bir çok ülkenin gerisindedir. Bunun nedeni ise uygulanan enerji politikalarının ve destek sistemlerinin farklı olmasıdır. Yani sadece ekonomik potansiyelin olması tek başına yeterli değildir, ülkemiz içinde benzer durum söz konusudur.

Ülkemizde, 2005 yılında kabul edilmiş olan yenilenebilir enerji kanununun amaçlarından bir tanesi de yenilenebilir enerji kullanımının artırılması için ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir. Bunun yapılabilmesi için rüzgar türbinlerini konusunda yapılan çalışmalar desteklenmelidir. Böylece daha düşük maliyetli ve ülke şartlarına göre daha uygun türbinler üretilebilecektir. EPDK'dan lisans alan işletmeler incelendiğine ve 9. Kalkınma Planı Enerji Komisyonu Raporlarına göre ilerde ülkemizde rüzgar enerjisi yatırımları yapılacaktır. Bu yatırımlar türbin ithalatı şeklinde olmamalıdır. Bu nedenle ar-ge faaliyetleri konusunda çalışmalarda bulunulması gerekmektedir. Böylelikle ülkemizin enerji kaynakları konusunda dışa olan bağımlılığı azaltılabilecek, gelecek için iş imkanlarının dogması sağlanacaktır. Diğer bir önemli faktör ise enerji kaynaklarının fiyatlarının günümüzde artma eğiliminde olması ve bunun gelecek de devam edeceği yönündeki beklentilerden dolayı ülkemizde kurulacak olan tesisler için türbin tipleri seçilirken eski ve küçük güçlü türbinler yerine teknik açıdan daha gelişmiş türbinler seçilmelidir. Kullanılacak olan türbinler seçilirken kapasite faktörü önemlidir fakat tek etken değildir. Çünkü küçük güçlü türbinlerle yüksek kapasite faktörleri değerlerine ulaşabilir ama birim enerji maliyeti daha yüksek olabilmektedir.

Son yıllarda artan rüzgar enerjisi santrallerinin elektrik enerjisi üretim teknikleri, kullanılan kaynağın her zaman bulunup bulunmaması, bağlantı noktalarının güçlü şebekeye genelde uzak olması, konvansiyonel enerji kaynakları ile elektrik üretim tekniklerinden farklı olmalarından dolayı bu santrallerin elektrik şebekesine bağlantısının yapılmasından önce, bölge şebeke altyapısının incelenmesi, gerekli güçlendirme işlemlerinin yapılması gereklidir. Böylelikle iletim hatlarında tıkanıklıkların oluşması engellenmeli ve sistem çökmesi gibi durumlar dikkate alınarak iletim hatları

boyutlandırılmalıdır. Aksi durumda ülkemizin elektrik şebekesine yapılacak olan bağlantıların şebekenin dinamiği, enerji kalitesi ve kararlılığı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurması kaçınılmazdır. Ayrıca ülkemizde verilen rüzgar enerjisi lisansları incelenecek olursa bunların bölge bölge toplandıkları görülecektir. Bu nedenle bu tesislerin yakın dönemde devreye girme durumunda oluşacak etkilerin en aza indirilmesi için sistem güçlendirme çalışmalarına şimdiden başlanmalıdır. Trafo kısa devre gücünün %5'i olarak açıklanan değer ülkemiz koşulları için ve bölge koşulları için yeniden değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

1. Wind Force 12, 2004
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/wf12-2005.pdf
2. Shata Ahmed A.S, Hanitsch R., 2006, Evaluation of wind energy potential and electricity generation on the coast of Mediterranean Sea in Egypt, Renewable Energy 31, p. 1183–1202.
3. http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/pr_statistics2006_290107.pdf
4. IEA.Wind.Energy.Annual.Report.2006,
http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/pr_statistics2006_290107.pdf
5. BTM-Constult, 2007. World Market Update 2006. BTM constult, Ringkobing
6. Meyer N.I, 2006, Influence of government policy on the promotion of wind power , Int. J. Global Energy Issues, vol: 25, issue: 3/4, p. 204-218
7. Buen J., 2006, Danish and Norwegian wind industry: The relationship between policy instruments, innovation and diffusion, Energy Policy 34, p. 3887-3897
8. Kamp L. M., 2004, Notions on learning applied to wind turbine development in the Netherlands and Denmark, Energy Policy 32, p. 1625-1637
9. Lewis J. I., Wiser R. H., 2007, Fostering a renewable energy technology industry : an comparison of wind industry policy support mechanisms, Energy Policy 35, p.1844-1857
10. BTM-Constult, 2005. World Market Update 2004. BTM constult, Ringkobing
11. BTM-Constult, 2006. World Market Update 2005. BTM constult, Ringkobing
12. How much does Vestas sell - and to which countries?
http://www.vestas.com/vestas/global/en/Students_Room/Marketing_markets/export_markets.htm
13. Hansen, A. D.,2007, Wind Turbine Concept Market Penetration over 10 Years (1995-2004), Wind Energy 10, p. 81-97
14. Wijk A.J.M. V., Coelingh J. P., OECD countries wind potential, 93091. Utrecht University ; 1993
15. Malkoç, Y., 2007, Numerik Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası, 26. Enerji Verimliliği Haftası Konferansı, Ankara
16. Kenisarin M., Karanlı V M., Çağlar M., 2006, Wind power engineering in the world and perspectives of its development in Turkey, Renewable&Sustainable Energy Reviews, p. 341-369

17. Türkiye'deki Rüzgar Santralleri,
<http://www.epdk.org.tr/lisans/elektrik/yek/ruzgarprojeleriningelisimi.doc>
18. Dokuzuncu Kalkınma Planı Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporu,
http://plan9.dpt.gov.tr/oik21_enerji
19. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun,
<http://www.epdk.org.tr/mevzuat/diger/yenilenebilir/yenilenebilir.doc>
20. Oğulata R. T., 2003, Energy sector and wind energy potential in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews 7, p.469-484