

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139733

RÜZGAR ENERJİSİ ve ÜLKEMİZDE BU KONUDAKİ
ÇALIŞMALAR

Elektrik Müh. Meltem ER

FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Mühendisliği Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Celal KOCATEPE

Prof. Dr. Hüseyin SAKIR

Prof. Dr. Fahrettin ARSLAN

İstanbul, 2003

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KÜTÜPHANE BASKISI

SİMGE LİSTESİ.....	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİNİN TANIMI ve ÖNEMİ	2
3. YENİ ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	5
3.1 Yenilenebilir Enerjilerin Desteklenmesi.....	5
4. ENERJİ YATIRIMLARINDA DOĞRU KARAR.....	7
4.1 Türkiye’de Enerji Teknolojisi Seçiminde Baz Alınacak Temel Kriterler	8
4.2 Türkiye’de ve Dünyada Neden Rüzgar Enerjisi Kullanılmalıdır?	12
5. RÜZGAR ENERJİSİ ve GELİŞİMİ.....	17
5.1 Danimarka Örneği	18
5.2 California Örneği	20
6. TÜRKİYE’DE RÜZGAR ENERJİSİ GELİŞİMİ	23
7. RÜZGAR ENERJİSİ UYGULAMALARI	30
8. RÜZGAR ENERJİSİ İLE DİĞER ENERJİ KAYNAKLARININ MALİYET ANALİZİ	41
8.1 Muhtelif Enerji Kaynaklarının Maliyet Analizleri	42
8.1.1 Rüzgar Enerjisi Maliyet Analizi	43
8.2 Rüzgar ve Kömür Santrallerinin Maliyet Karşılaştırması (Gökçeada Örneği).....	48
8.2.1 Enerji İçin Üretim Maliyeti	50
9. TÜRKİYE’DE RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİNİN YASAL ve EKONOMİK YAPISI.....	54
9.1 YİD Enerji Projelerinin Yapısal Prensipleri	55

9.1.1	Proje Şirketlerinin Kurulması	55
9.1.2	Süre	55
9.1.3	Mülkiyet.....	55
9.1.4	Satın Alma Garantisi.....	56
9.1.5	Hazine Garantisi Olanğı.....	56
9.1.6	Şirkete Sağlanan Teşvikler	56
9.1.7	Şirketin Yükümlölükleri	56
9.1.8	Finanse Etme.....	57
9.1.8.1	Proje Kredisi	57
9.1.8.2	Enerji Tarifesi	60
9.1.8.3	Sigorta Paketi	60
9.1.8.4	Ek Finansman.....	61
9.1.9	Devretme.....	61
9.1.10	YİD Rüzgar Enerjisi Uygulamaları İçin Prosedür	61
9.2	Otoprodüktör Projelerinin Yapısal Prensipleri	62
9.2.1	Şirketin Kurulması	62
9.2.2	Mülkiyet.....	64
9.2.3	Fazla Üretim.....	64
10.	RÜZGAR JENERATÖRÜ ÇEŞİTLERİ	65
10.1	Bergey XL.1 Rüzgar Jeneratörü (1 kW).....	65
10.2	Bergey Excel.....	67
10.3	Fortis Rüzgar Jeneratörleri.....	71
10.4	Ampair Rüzgar Jeneratörleri.....	72
10.5	Fiyatlandırma	74
11.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR.....		78
ÖZGEÇMİŞ.....		80

SİMGE LİSTESİ

ANE_t	t yılında net enerji üretimi
AUE_t	t yılında sistemde üretilen enerjinin kullanılabilen bölümü
C	1,0 – 1,6 arasında değerler alabilen bir sabit değer
EC_t	t yılındaki çevresel maliyetler
FC_t	t yılındaki yakıt maliyeti
I	Sistem çalışmaya başlamadan önce yapılması gereken ön yatırım
K_{util}	t yılında kullanılan enerji miktarı
n	Sistemin ömrü
OM_t	t yılındaki işlem ve onarım maliyetleri
P	Ünite başına düşen nominal güç
r	Uygun iskonto oranı
RC_t	t yılındaki retrofit değeri
SC_t	t yılındaki sosyal maliyetler
SV	Sistemin ömründen sonraki hurda değeri
V	Saatlik veriler sonucunda elde edilen yıllık ortalama rüzgar hızı
V_R	Nominal güç için gerekli uygun rüzgar hızı

KISALTMA LİSTESİ

ADB	Asia Development Bank
AREB-TŞ	Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	Devlet Su İşleri
ECU	European Currency Unit
EDF	European Development Fund
EIA	Amerika Enerji Bakanlığı Bilgi Kuruluşu
EİE	Elektrik İşleri Etüdü
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ESA	Elektrik Satış Anlaşması
ETKB	Enerji Tabi Kaynaklar Bakanlığı
EWEA	European Wind Energy Association
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
HES	Hidro Elektrik Santralleri
IADB	Inter American Development Bank
IBDR	International Bank for Reconstruction and Development
IEA	International Energy Agency
IFC	International Finance Corporation
LPC	Sabit Üretim Maliyeti
METAP	Avrupa Yatırım Bankası Metap Programı
MIGA	Multilateral Investment Quarantee Agency
NFFO	Non Fossil Fuel Obligation
NPV	Net Present Value
NUE	Net Used Energy
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries
RES	Rüzgar Enerjisi Santralleri
TEAŞ	Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş.
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
ÜVK	Üretim Vergi Kredisi
WASP	Wind Atlas Analysis and Application Program
YİD	Yap İşlet Devret

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 5.1	Geleneksel olarak kullanılan rüzgar milleri	17
Şekil 7.1	Kanatlı, su çıkarma ve drenaj işlerinde kullanılan bir rüzgar türbininin tesis edilmesi	39
Şekil 8.1	Rüzgar Türbinleri Arazisi Üzerinde Hayvancılık Faaliyetleri	45
Şekil 8.2	Offshore Rüzgar Santrali Tipi	46
Şekil 9.1	Rüzgar Elektrik Santrallerinin Finansmanı	58
Şekil 10.1	Bergey XL.1	66
Şekil 10.2	Bergey Excel	69



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1	Küresel Isınmaya Yol Açan Karbondioksit İçin Elektrik Üretimi Sırasında	13
	Karşılaştırmalı Emisyonlar.....	13
Tablo 4.2	Asit Yağmuruna Yol Açan Kükürt Dioksit İçin Elektrik Üretimi Sırasında	13
	Karşılaştırmalı Emisyonlar.....	13
Tablo 4.3	Asit Yağmuruna ve Duman Oluşumuna Yol Açan Azotoksitler İçin Elektrik	14
	Üretimi Sırasında Karşılaştırmalı Emisyonlar	14
Tablo 4.4	Temel Yakıt Tiplerinin Maliyeti	15
Tablo 6.1	Mevcut Gözlem İstasyonlarında Aylık Ortalama Hızlar	24
Tablo 7.1	Rüzgar Enerjisi Santralleri	34
Tablo 8.1	Rüzgar Enerjisi İçin Kredi Finansman Koşulları	44
Tablo 8.2	Rüzgar Santrali Maliyeti	44
Tablo 8.3	LPC Hesabında Kullanılan Değerler.....	52
Tablo 8.4	İki Alternatif için Hesaplanan Maliyet Dökümü.....	53
Tablo 9.1	Küresel ve Bölgesel Olarak Projelere Kredi Sağlayan Kuruluşlar	60
Tablo 10.1	Direğin Tepesinde Rüzgar Hızına Göre Enerji Üretimi.....	67
Tablo 10.2	10 Metre Yükseklikte Yapılan Standart Rüzgar Ölçümlerine Göre Enerji	
	Üretimi	67
Tablo 10.3	Direğin Tepesinde Rüzgar Hızına Göre Enerji Üretimi.....	70
Tablo 10.4	10 Metre Yükseklikte Yapılan Standart Rüzgar Ölçümlerine Göre Enerji	
	Üretimi	70
Tablo 10.5	Fortis Rüzgar Jeneratörleri Yıllık Üretim Değerleri	71
Tablo 10.6	Fortis Rüzgar Jeneratörleri Teknik Değerleri	72
Tablo 10.7	Ampair Rüzgar Jeneratörleri Verimlilik Tablosu	73
Tablo 10.8	Rüzgar Jeneratörleri Fiyatları.....	74
Tablo 10.9	Şarj Regülatörü Fiyatları	75
Tablo 10.10	İnverter Fiyatları.....	75

ÖNSÖZ

1973-1974 yıllarında dünyada yaşanan petrol krizinin ardından yeni ve yenilenebilir enerjilere olan ilgi artmış, 1990'lı yıllarda ise çevre bilincinin pekişmesiyle bu konuda teknolojik gelişmeler hızla katedilmeye başlanmıştır.

Aslında her ülke enerji problemini kendi potansiyelini göz önüne alarak yapacağı uzun süreli programlarla halleder. İşte bu noktada, hazırlanan bu tezde Türkiye'nin enerji probleminin ortadan kalkması için rüzgar enerjisine yatırım yapmanın karlılık durumu incelenmiş ve aynı güçteki diğer enerji yatırımlarıyla kıyaslamalar yapılmıştır.

Türkiye'nin enerji sorununun çözümüne ışık tutacağını umduğum çalışmamda, çok yoğun olmasına rağmen tez yöneticiliğimi kabul eden saygıdeğer hocam Prof. Dr. Celal KOCATEPE'ye ve tüm eğitim hayatım boyunca, çalışmalarımnda sabırla beni yüreklendiren, milli eğitim ordusunun bir neferi olan biricik anneme teşekkür ederim.



ÖZET

Günümüzde çok ciddi enerji problemleri yaşanmaktadır. Bu problemlerin her ülke için ayrı çözüm yöntemleri bulunmaktadır. Türkiye için bu çözümü irdelenmek üzere yapılan çalışmada konuya enerjinin önemiyle girilmiş ve daha sonra yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından bahsedilerek, Türkiye’de rüzgar enerjisi yatırım kararları almanın avantajları ele alınmıştır. Rüzgar enerjisinin dünyada ve Türkiye’de gelişimi irdelenerek, Gökçeada’da aynı güçteki kömür santraliyle, rüzgar santralinin maliyet karşılaştırılması yapılmıştır. Türkiye’de rüzgar enerjisi yatırımlarının yasal yapısına ilişkin bilgi verilerek, son olarak AES firması tarafından ithal edilen değişik güçteki rüzgar santrallerinin özellikleri aktarılmıştır.

Anahtar kelimeler: Enerji, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgar enerjisi gelişimi ve uygulamaları, maliyet analizi, rüzgar enerjisiyle diğer enerji kaynakları arasında maliyet kıyaslaması



ABSTRACT

Today, it's been living considerable problems related with energy. There are different solution ways for this problem in each country. The importance of energy was firstly mentioned in order to evaluate the solution for Turkey. The advantages of wind energy investments in Turkey was discussed together with the importance of new and renewable energy resources. Also, the evolution of wind energy both for Turkey and the world was assessed and a cost comparison was made between wind and coal power plants. In the end, legislative structure of wind investments in Turkey was evaluated and the specifications of wind energy stations imported by AES were shown.

Keywords: Energy, new and renew energy sources, the developments and applications of wind energy, analysis of cost, cost comparison between wind energy and other energy sources.



1. GİRİŞ

Rüzgar enerjisi; bugün milyonlarca insana elektrik sağlayan, on binlerce insana ise iş olanakları sunan ve milyarlarca dolarlık iş hacmi olan bir başarı öyküsüdür. Böylesine genç bir endüstri olan rüzgar enerjisi, oldukça hızlı bir gelişim ve değişim kaydetmiştir.

Rüzgar enerjisinin yararları oldukça fazladır: Çevre dostu, ekonomik büyüme sağlayan, iş olanağı sunan, hızlı kurulabilen yeni bir enerji çeşididir. Yakıtı bedava, bol hatta tükenmezdir.

Ne yazık ki tüm bu avantajlar bir kenarda durmaktadır. Bugün enerji alanında alınan kararların birçoğu rüzgar enerjisi göz ardı edilerek alınmıştır. Halen rüzgar gücünün önünde birçok engel bulunmaktadır.

Yaşadığımız iklim değişimine ilişkin olarak ortaya çıkan uluslararası düşünce birliği şu yöndedir: “Böyle gelmiş böyle gider” yaklaşımı bir seçenek değildir, dünya temiz bir enerji ekonomisine geçiş yapmalıdır. Yaşadığımız bu çözüm arayışında, rüzgar enerjisi bizi çıkmazdan kurtaracak en iyi seçimdir. Rüzgar enerjisi, ekonomik, fizibil ve fosil yakıtları küresel boyutta ikame edebilecek en önde gelen enerji çeşididir.

Dünyayı değiştirecek olan insanlar ve onların yaptıklarıdır. Politikacıların, tüm dünya halkının, enerjiden sorumlu kişi ve kurumların, özel şirketlerin ve yatırımcıların rüzgar enerjisinde hedeflenene ulaşabilmek için somut adımlar atmaları çok yerinde olacaktır.

2. ENERJİNİN TANIMI ve ÖNEMİ ¹

Enerji hem bir üretim girdisi, hem de tüketim maddesidir. Aslında tüm üretim süreçlerinin ortak yanı, değişik oranlarda olsa bile, mutlaka emek, sermaye ve enerji kullanımınıdır. Enerjiyi bir temel girdi olarak tanımlayabiliriz. Tüketim maddesi olarak da en yaygın biçimde kullanılmaktadır. Aydınlatma, konfor sağlama, temizlik, vb. akla gelebilecek uğraşların büyük çoğunluğu bir enerji tüketimini de beraberinde getirmektedir.

Günümüzde enerji üzerinde en çok durulan konulardan biri haline gelmiştir. Enerjinin önemine değişik boyutlardan yaklaşılabilir. Kimine göre enerji teknik bir sorundur, teknoloji geliştikçe bu sorun da ortadan kalkacaktır. Kimine göre ise enerji ekonomik bir sorundur. Aşırı biçimde artan petrol fiyatları tüm yakıtların fiyatlanmasına yol açmıştır. Aslında maliyeti 1-2 \$'ı bile bulmayan petrol anormal kazançlarla değil de, normal kazançlarla üretilirse, enerji sorunu da çözümlenmiş olacaktır. Diğer bir görüşe göre dünyanın enerji kaynakları tükenmektedir. Doğal olarak tükenen bu kaynağın değeri arttığı gibi, bulunması da güçleşmektedir. Bazılarına göre ise enerji sorunu çok uluslu petrol şirketlerinin açtığı bir derttir; bunlar yola getirilmedikçe soruna çare bulunulmayacaktır.

Büyük bir olasılıkla bu ve benzeri tüm etkenler belli ölçülerde enerji sorununa sebep olmuştur. Ancak şunu belirtmekte yarar vardır ki, enerji sorunu her ülkede değişik sebeplerin bileşimlerinden oluşmuştur ve çözümü de oldukça farklı önlemleri gerektirmektedir. Her ne kadar bazı genellemeler yapılabilir ise de, sadece bunlara dayalı olarak belirlenecek politikalar da önemli mahsurlar taşıyabilir.

Enerji fiyatlarında son yıllara kadar gözlenen artışlar, özellikle enerji ithalatçısı kalkınmakta olan ülkelerin yerli enerji kaynaklarını geliştirerek dışa bağımlılıklarını en aza indirmeleri için en kısa zamanda önlem almalarını mecbur kılmıştır.

Enerji kaynağının ulusal kalkınma içindeki kritik önemi 1973-74 dünya petrol fiyatlarındaki ani ve önemli artışa kadar göz ardı edilmiştir. Dünya petrol şoku ile, tüm dünya enerji kaynaklarının tükenebilir niteliği yanında, ucuz olmadığının da bilincine varmıştır. Bunun yanı sıra kişi başına enerji tüketimi ile kişi başına gelir arasında oldukça yakın bir ilişki olduğu da bugün herkes tarafından kabul edilmektedir. Kalkınmakta olan bir ülke daha yüksek bir kalkınma istiyorsa, üretimi artırmak amacıyla fert başına enerji tüketimini de

¹ Ahmet Bozok, "Enerji Santralleri," (Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi, 1999, s.3

artırmak mecburiyetindedir.

Enerji tüketiminin ekonomiyi etkileyişini belirleyen faktörlerin en önemlileri; enerji ithal oranı ve ülke ekonomisinin dış ticaret yapısıdır.

Tüketilen enerji tamamı yurtiçi kaynaklara dayalı ise, enerji üreten sektör de herhangi bir diğer sanayi kesimi gibi katma değer meydana getirir. Eğer bu sektör üretimini, diğer sektörlerle kıyasla daha verimli yapar ise, zaman içinde ekonominin genel gelişme hızından daha büyük bir hızla gelişir ve ekonomiyi olumlu yönde etkiler. Bunu şöyle ifade etmek de mümkündür; temel girdi olarak tanımlanan emek, sermaye ve enerji ekonomi içinde belli bir rekabet halindedir. Her girdi fiyatına oranla sağladığı ekonomik yarar ölçüsünde rekabet ölçüsüne sahiptir. Eğer enerji sektörü bu ölçüye göre yüksek rekabet gücüne sahip olursa, ekonomi daha fazla enerji talep edecek ve tüketecektir. Verimli olan bu girdiyi daha fazla tükettiği için de ekonominin gelişme hızı artacaktır.

Oysa enerji girdilerini büyük oranda ithal yoluyla sağlayan ekonomi için ise durum oldukça farklıdır. Konuya açıklık getirmesi için, tükettiği enerjiyi tümüyle ithal eden bir ülke göz önüne alındığında, enerji alımı döviz ile yapılacağından, olay bir dış ticaret meselesi haline gelmekte ve ülkenin ithal-ihracat hacmi ile bunların kompozisyonu önem kazanmaktadır. Dış ticaret hacmi GSMH'ya göre küçük olan bir ekonomi, enerji fiyatlarının değişiminden büyük ölçüde etkilenmektedir. Çünkü enerji fiyatındaki artışı karşılayabilmek için ihracatını hemen hemen aynı oranda (kısa sürede) artırmak mecburiyetinde kalacaktır. Aksi takdirde üç seçenek kalmaktadır. Bunlar;

- Enerji tüketimini kısmak
- Diğer ithalat bedellerini kısmak
- Borçlanmak

Kısa vadede ilk iki şıkkı gerçekleştirmek oldukça güç ve politik olarak sakıncalı bulunduğundan genellikle borçlanma yoluna gidilir. Öte yandan alınan borç sadece artan ithal girdilerinin bedellerini ödemeye harcanır ise, karşılaşılan kriz atlatılır. Fakat bunun karşılığında ileriki yılların ekonomik gelişmesi ipotek edilmiş olur. Oysa alınan borç, dış ticaret yapısını da değiştirmeyi amaçlayan biçimde kullanılır ise, bu ipoteğin bedeli daha kolay ödenebilir.

Borçlanma ile tüm açığın kapanmasının mümkün olmadığı halde 1. ve 2. şık birarada

uygulanmaktadır. Bu durumda ekonomide hissedilir bir yavaşlama olmakta ve hem işsizliğe, hem de enflasyona yol açabilmektedir. Nitekim enerji ithal eden birçok ülkede, 1973-74 ve 1979-80 petrol fiyatları artışları sonucu ciddi ekonomik sorunlar baş göstermiştir.

Yurdumuzda, bir yandan artan nüfus, öte yandan sanayileşme, enerji türlerine olan ihtiyacı hızla artırmıştır. Bu arada elektrik enerjisi talep artışının, öteki enerji türlerinden çok olması nedeniyle, dünyada elektrik enerjisi daha fazla üretilmeye ve tüketilmeye başlanmıştır.

Ekonomik gelişme süresince, Türkiye’de görülen genel enerji ve elektrik enerjisi darboğazının çok büyük önem taşıdığı bilinmektedir. Bu önem, enerji üreten sektörlerin ekonominin öteki sektörleri ile yapısal bağlılığından kaynaklanmaktadır. Ülkemizde, elektrik enerjisi üretimini artırabilecek acil önlemlerin alınması ve daha az enerji kullanan teknolojilerin uygulanması kısa dönemde mümkün olmaktadır. Buna karşın yine kısa dönemde, ekonomik gelişme ile sosyal refahın yükselmesini engellemeden ve sanayi sektörünün verimliliğine zarar vermeden, genel enerji ve elektrik enerjisi talebini azaltma olanakları bulunmaktadır. Bu açıdan, ülkemizde elektrik enerjisi açığının zaman geçirilmeden kapatılmasının tek yolu olan ekonomik politikalar büyük önem taşımaktadır.

Ülkelerin enerji taleplerini hassas ve gerçeğe yakın bir şekilde ortaya koymaları, özellikle enerji fiyatlarının giderek arttığı yüzyılımızda daha da önem kazanmaktadır. Üretim planları ile büyük sermaye gerektiren yatırım kararlarının alınmasında, sürekli yenilenebilir, revize edilmeye her an açık hale getirilmesinde tüm dünya ülkelerinde ve uluslararası kuruluşlarda çalışmalar sürdürülmektedir.

3. YENİ ve YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerjiler tükenmeme avantajına sahiptir. Fosil enerjilerle karşılaştırıldıklarında çevreye daha dost oldukları ve çok daha düşük sera etkisine sahip oldukları görülür. Başlıcaları, hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, biomas, solar enerji, fotovoltaik sistem ve jeotermal enerjidir. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları grubu içinde yer alan güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi, alışlagelmiş enerji kaynaklarının karşısında birer alternatiftir. Temelde rüzgar enerjisi de, dönüşüme uğramış güneş enerjisidir. Gerek güneş enerjisi ve gerekse rüzgar enerjisi çevre dostu temiz enerji kaynaklarıdır. Bu kaynakların, yenilenebilir, yani tükenmeyen kaynaklar oluşu, doğanın temel düzeninden kaynaklanmaktadır. Güneş ve rüzgar enerjisine yenilenebilirin yanısıra, yeni enerji kaynakları denilmesinin nedenini açıklamak gerekir. M.Ö. 17. yüzyılda Babil Kralı Hamurabi'nin Mezopotamya'da sulama için basit türbinlerle kullandığı rüzgar enerjisi yeni kaynaklar arasına sokulmaktadır. M.Ö. 212 yılında Arkimedes'in Siraküza savunması için aynalarla odaklayıp Romalıların gemilerini yaktığı güneş enerjisi yeni kaynak adını taşımaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısında, bu kaynaklar yeni teknolojilerle kullanıma sokuldukları için yeni kaynaklar adını almışlardır. Yeni sözcüğü ilk kez 1961 yılında Roma'da Birleşmiş Milletler'in Yeni Enerji Kaynakları Konferansı'nda kullanılmıştır.²

3.1 Yenilenebilir Enerjilerin Desteklenmesi

Yatırımların "yeşil enerji"ye yönlendirilmesine yardımcı olacak en önemli faktörler yenilenebilir enerji pazarının açık ve net olarak tanımlanması, stabil olması ve yatırımcıya yeterince kazanç sağlamasıdır. [5]

Aşağıda rüzgar gücünün ve diğer yenilenebilir kaynakların, başarılı bir şekilde yayılmasını sağlayacak çeşitli öneriler verilmiştir. Şu tip seçenekler mevcuttur:³

- Yenilenebilir enerji fiyatlarının veya talep hacminin açık şekilde ortaya konması

² Behçet Yücel, "Avrupa'da Yenilenebilir Enerjilerin Bilançosu ve 2010 Hedefi", *Kaynak Elektrik*, Sayı 141 (Aralık,2000) s.31

³ Prof. Dr. Mustafa Özcan Ültanır, "Artık Güneş ve Rüzgar Elektrik Santralleri Planlamaya Alınmalı", *Kaynak Elektrik*, Sayı 100 (Temmuz,1997), s.156.

suretiyle yatırımcılar için pazarın tanımlanması. Bu, minimum fiyatların, kotaların veya portföy standartları sisteminin belirlenmesi şeklinde olabilir.

- Yeni teknolojilere, endüstriyel gelişime ve kaynak planlamasına destek verilmesi, yatırımları özendirmek için mekanizmalar oluşturulması.
- Yenilenebilir enerjiler için öncelikli kapasite kazanımı sağlanması ve üretilen enerji için ise öncelikli kullanım alanı yaratılması
- Pazar gelişimine hız verebilmek için uygun vergilendirme sisteminin oluşturulması.
- Halen yenilenebilir enerji kaynakları ve enerjinin etkin kullanımını cezalandıran kömür, akaryakıt ve doğalgaza sağlanan teşvikler ve sübvansiyonlar kaldırılması.
- Enerji sektörüne ilişkin kararlar alınırken fosil ve nükleer güç santralının neden olduğu toplumsal maliyetlerin ekonomik fizibilite çalışmalarında hesaba katılması.



4. ENERJİ YATIRIMLARINDA DOĞRU KARAR

Rio, Kyoto ve Buenos Aires’de yapılan Birleşmiş Milletler Toplantılarında küresel iklim değişikliklerine yol açan kömür, doğalgaz ve petrol dahil tüm fosil yakıtların kullanımına küresel kısıtlar getirilmekte ve kullananların vergilendirilmesi için, karbon vergileri benzeri önlemler geliştirilmektedir. Küresel yükümlülükleri gereği karbondioksit emisyonlarını azaltmak zorunda olan zengin ülkeler, emisyon ticareti yoluyla bu yükümlülüklerini diğer ülke topraklarında daha az maliyetle geliştirmeyi planlamaktadırlar. Fosil yakıt kullanımına getirilen bu küresel kısıtların farkında olmayan ülkemiz, diğer ülkelerle uzun vadeli doğalgaz ve petrol anlaşmaları yapmaktadır. Tesis edilen her fosil yakıtlı santral İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması gereği ülkemizden temizlememiz gereken karbondioksit, metan gibi sera gazı emisyon kaynaklarını ve bunların temizlenme maliyetini giderek artırmaktadır. Ülkemizde üretilen ve satılan zengin ülkelere terk edilmiş veya üretimine izin verilmeyen eski teknolojiye dayanan her otomobil atmosfere yılda 6 ton karbondioksit vermektedir. Çimento fabrikaları ve demir çelik tesisleri ülkemizde kurulmakta, temiz ürün bu tesisleri kendi ülkesinde kurdurmayan ülkelere gitmekte ve bu fabrikaların neden olduğu toplumsal maliyet ise ülkemiz insanı ve doğasına ödenmektedir. Almanya Hükümeti nükleer santrallerini kapatma kararı almıştır. Mevcut nükleer santrallerinin kapatılmasının ancak yirmi yılda olabileceğini açıklamıştır. Almanya parasal imkanları ve teknolojik birikimine rağmen bu pislikten ancak yirmi yılda kurtulabileceğini açıklamıştır. Bu açıklama bizim ülkemizde Almanya’nın nükleer santralleri yirmi yıl daha kullanma kararı aldığı olarak yorumlanmıştır. Bugün yapmamız gereken sanayicilerimizi geçmişin eskimiş teknolojileri yerine geleceğin teknolojilerine yatırım yapmaları konusunda teşvik etmektir. Ulaşım, sanayi, tarım ve konutlarda barınma gibi tüm insan etkinliklerini 4 ile 10 misli daha az enerji tüketerek gerçekleştiren teknolojiler geliştirilmiş ve zengin ülkelerde kullanılmaktadır. Geleceğin teknolojilerine yapılacak yatırımlar geçmişin sorunlarını ülkemize taşımayan tek yoldur. Verimli ampulleri üreten bir tesisi kurmak için harcanan 7.5 milyon dolar ile 4.5 milyar dolarlık bir kömüre dayalı enerji santralinin üreteceği kadar enerji tasarrufu yapılmaktadır. Ülkemiz öncelikle rüzgar enerjisi olmak üzere doğal çevrede enerji üretim tesislerini besleyecek doğal kaynaklara tüm dünya ülkelerinden daha fazla sahiptir. Sadece ülkemiz rüzgar enerjisi teknik potansiyeli bile ülkemizde tüketilen toplam elektrik enerjisinin iki mislinden fazlasını üretebilecek düzeydedir. Amerika, dönemin başkanı Clinton imzasıyla 1 milyon çatının güneş pilleri ile donatılmasını kararlaştırmıştır. Almanya hükümeti çıkardığı rüzgardan üretilen elektriği satın alma yasası ile 8000 adet (3000 MW) rüzgar türbini kurulmasına neden olmuştur. Kısacası ülkemiz enerji sisteminin geleceği planlanırken doğru

ve taze bilgilere erişilmesi, planlamanın sistemli yapılması, ülkemiz uzmanlarının katılımının sağlanması yanı sıra yerel, ulusal ve küresel bilgi, gelişme ve anlaşmaların farkında olunması önem kazanmaktadır. Kendi ulusal ve uzun vadeli değerlendirmelerini yapmayan ülkeler enerji sektörü yatırımlarına ilişkin uzun vadeli stratejik planlama yapan zengin ülkelerin telkinlerine açık hale gelmektedir. Yapılan telkinler kesinlikle telkini yapan ülke ya da kuruluşların eski teknolojilerini pazarlama çabalarının ürünüdür.⁴

4.1 Türkiye’de Enerji Teknolojisi Seçiminde Baz Alınacak Temel Kriterler⁵

- Çevresel ve toplumsal maliyetler

Enerji yatırımlarında toplam proje maliyeti hesaplanırken, çevresel ve toplumsal maliyetlerin göz önüne alınıyor olması, geçmişin sorunlu teknolojilerinin gelişmekte olan ülkelere taşınmasının temel nedenidir. Her teknoloji yatırımı için toplumsal maliyetler, doğal çevre ve insan sağlığına yapılan tahribatının ekonomik değeri olarak, toplam yatırım maliyetine eklenmelidir. Örneğin bir kömürlü termik santral ile elektrik üretmenin toplumsal maliyeti ABD doları üzerinden 4 cent / kilowattsaat mertebesindedir.

- Diğer maliyetler

Her enerji projesi için toplam maliyetler inşasından sökülmesine tüm maliyetleri kapsamalıdır. Örneğin, ABD’de kapatılan Maine Yankee Nükleer Güç Santralinin sökülmesinin maliyeti 231 milyon dolardır. Karar vericiler, Türkiye’de kurmayı kararlaştıracakları nükleer santralin nasıl söküleceğine ilişkin bir plana da sahip olmalıdır.

- Ulusal çıkarlar

Bir ülkenin karar vericileri, ulusal çıkarlara öncelik vererek ülkelerinin gelecekteki enerji sistemini geleceğin bilgileri ile planlamak üzere, karar destek modelleri ile donatılmamışlarsa, enerji sektöründeki yatırımlar ticaret önerileri ve onların çıkarlarını temsil eden karar vericileri tarafından yönlendirilir. Bugün için Türkiye’ye önerilen nükleer güç santrali kurulması ve akaryakıt ile doğalgaza bağımlılık seçenekleridir. Bu seçeneklerle bile bir

⁴ Prof. Dr. Tanay Sıtkı Uyar, “Enerji Yatırımlarında Doğru ve Taze Bilgi ile Karar Verme”, *TMMO EMO Elektrik Mühendisliği*, Sayı 407 (Ocak, 2001), s.20.

⁵ Prof. Dr. Tanay Sıtkı Uyar, “Güçlenen Rüzgar Gelecek On Yılın Enerjisi”, *TMMO EMO Elektrik Mühendisliği*, Sayı 407 (Ocak, 2001), s.21.

yatırım düşünülduğünde Ruslarla birlikte yapılmakta olan Mavi Akım projesinden de görüleceği üzere Türk Sanayiinin bu yatırımlarda yer alması pek mümkün olamamaktadır.

- **Uluslararası anlaşmaların kısıtları ve gerekleri**

Türkiye fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak üzere Birleşmiş Milletler tarafından Rio Zirvesinde imzaya açılan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini bugüne kadar imzalamamıştır. Türkiye'nin anlaşmaya taraf olmadığı için aktif olarak katılmadığı Rio, Kyoto, Buenos Aires, Bonn ve Lahey toplantılarında oluşan kararlar, halen fosil yakıtlara olan bağımlılığımız ile birleşince, Türk ekonomisini olumsuz etkileyecek kısıt ve yaptırımlar ortaya çıkabilecektir.

Türkiye, yerel kirliliğe ve küresel iklim değişikliğine neden olan bu fosil yakıt teknolojileri ve ilgili altyapılara, örneğin petrol ve doğalgaz boru hatlarına, yatırım yapmayı kabul edecek düzeyde acelesi olduğunu düşünmektedir. Dünyanın tüm ülkeleri bu emisyonları azaltmaya çalışırken ve emisyon izinleri ticaretinin müzakereleri sürerken, Türkiye sera gazlarının emisyonunu artıracak yatırımlarda bulunmaktadır. Bizim kuşağımız ve kesinlikle gelecekteki kuşaklar, bu göz ardı edişin bedelini ödeyeceklerdir.

Modern enerji çağında temel değişimler, 1970'li yıllarda OPEC ülkeleri endüstrileşmiş ülkelerin ekonomileri üzerindeki güçlerini kavradıklarında, ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda yakıt fiyatları bir gecede tavana vurmuş ve sürekli ucuz, sürekli daha çok enerji arzı ani bir sona ulaşır görünmüştür. Ama 1980'li yılların ortalarında yeni arz şirketleri OPEC'in pazar payını azaltınca petrol fiyatları düşmüş ve OPEC'in birliği parçalanmıştır.

Modern enerji sahnesindeki bir diğer aktör nükleer enerjidir. 40 yıl önce varolmayan bir sanayi bugün üretiminin zirvesindedir. Ama, aynı zamanda, bu endüstri sönmektedir. Yeni siparişler 20 yıl önce son bulmuştur ve yaşanan reaktörler ömürlerinin sonuna gelmiş, birer birer kapatılmaktadır. 1970'li yıllarda uygun devlet politikaları sonucunda yenilenebilir enerji kullanımı da artmıştır. Hidroelektrik güç en büyük yenilenebilir enerjidir. Onu sanayide ve konutlarda ısı, buhar ve güç üretmek için yakılan ve taşıtlarda kullanılmak üzere etanol yakıtına dönüştürülen biyokütle enerjisi izlemektedir. Biyokütle küresel bazda dünyanın birincil enerjisinin, %13'ünü sağlarken, %75'ini fosil yakıtlar sağlamaktadır.

Şimdiye kadar enerji kullanımı hakkındaki tüm kararlar maliyet ve mevcudiyet üzerine dayandırılıyordu. Fosil yakıtlardan kaynaklanan karbon emisyonlarının küresel iklim değişimine neden olduğu anlaşılınca, çevresel endişeler giderek önem kazanmaya

başlamaktadır. Dünya fosil yakıtlarından vazgeçmek durumundadır, fakat ülkelerin endüstri ve hükümetleri bu yönde gidişe karşı direnmektedir. Her ne kadar rüzgar enerjisi dünyada en hızlı büyüyen enerji kaynağı olsa da, hala çok ufak bir katkıda bulunmaktadır. Gelecek on yıl için planlanan 665360 MW yeni güç kapasitesinin %60'ı kömür, gaz ve petrolden sağlanacaktır. Yeni kapasitenin yarısından çoğu Asya'daki enerji büyümesinden kaynaklanacaktır. Doğalgaz giderek artan ölçüde elektrik üretmek üzere kullanılacaktır. Gaz türbinlerinin verimi son yıllarda giderek artmış ve doğalgaz fiyatları düşmüştür. Ucuz olmaları ve kurulup işletilmeleri kolay olduğundan, elektrik şirketleri doğalgaz santralini kısa dönemli güvenli bir seçenek olarak görmektedir.

Elektrik üretimi için kömür yakılması, üretilen birim enerji başına en fazla miktarda, sera gazları ve diğer zehirli emisyonları üretmektedir. Yeni ve daha katı emisyon yönetmelikleri, doğalgaz ve yenilenebilir enerji gibi daha temiz seçeneklerin elektrik üretiminde pazar paylarını artırmaları ile, kömürün gelecekteki kullanımını sınırlandırabilir.

Ekonomisi gittikçe iyileşen rüzgar güç santralleri ticari alternatifleri ile rekabet edebilen küresel bir güç üretim endüstrisinin ürünü haline gelmiştir. Günümüzde elektrik şirketleri tarafından yürütülen rüzgar projeleri herhangi bir destek olmaksızın 6 cent / kWh maliyetle üretim yaparak fosil yakıtlı güç santralleriyle rekabet edebilmektedir.

Dünyanın öncü rüzgar türbin üreticisi olan Danimarka'nın Vestas Rüzgar Sistemleri Şirketi'nin Genel Müdürü Johannes Poulsen, rüzgar gücü maliyetinin 1987'den bugüne %30 azaldığını ve gelecekte yine azalma sağlayacağını açıklamıştır.

Amerika'daki en büyük türbin üreticisi olan Enron Rüzgar Şirketi'nin Başkanı Kenneth C. Karas, rüzgar türbin büyüklüklerindeki artışın 1981'den bugüne maliyetleri önemli ölçüde azalttığını belirtmiştir. 1981 yılında yılda 45 000 kWh üreten 25 kW kapasiteli bir rüzgar türbininin maliyeti 2600 \$/kW iken, bugünün tipik türbini olan 750 kW kapasiteli makine 800\$/kW yatırım maliyeti ile yılda 2.5 milyon kWh üretebilmektedir.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'nin bir raporuna göre rüzgar türbinlerinin fiyatı 1981-1991 yılları arasında 3 misli azalırken rüzgar enerji fiyatları yarı yarıya azalmıştır. Washington'daki Yenilenebilir Enerji Politikaları Projesi bulgularına göre 1997 yılında 1000 \$/kW olan rüzgar türbinlerinin yatırım maliyetleri 2006 yılında 600 \$/kW'a düşecektir.

Izaak Walton League isimli Amerikan arazi koruma grubu, Minnesota Kamu Elektrik Şirketleri Komisyonu'nda Temmuz 1998 tarihinde yaptığı sunuşta uzun vadeli rüzgar enerjisi

maliyetlerinin en ucuz olarak bilinen doğalgazın maliyetlerinin altına düşeceğini açıklamıştır. Açıklamaya göre, yapılan hesaplamalar 400 MW yeni rüzgar güç kapasitesi geliştirilmesinin aynı kapasitedeki doğalgaz kombine çevrim santralinden %7 daha ucuz olduğunu göstermektedir. Bu sunuştan sonra oybirliği ile 400 MW yeni rüzgar kapasitesinin kurulması kararlaştırılmıştır. Böylece rüzgarın iyileşen ekonomisi rekabetçi pazarda alınan önemli bir uygulama kararıyla ilk kez kendini kanıtlamıştır.

Rüzgar enerjisi atmosfere salınan sera gazları miktarını azaltabilir, özel kullanımlar için değerli fosil yakıt rezervlerini koruyabilir ve kirleten teknolojileri ülkesine aktarmadan yoksul kırsal ülkelere yardımcı olabilir. Gelecek on yılda 5000 MW'ın üzerine yeni rüzgar kapasitesi hedeflemekte olan ABD de bugüne kadar yavaş gelişen rüzgar enerjisine, maliyetlerdeki düşüş ve kamuoyunun istekliliği nedeniyle yönelmektedir.

Dünya çapındaki rüzgar enerjisi 1990'lı yıllarda yıllık %25.7 oranında artmıştır. ABD ve diğer dünya ülkelerindeki hükümetler rüzgar enerjisinin kalifiye imalat ve bakımla ilgili iş sağlamadaki potansiyelinin de farkına varmaya başlamışlardır. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'ne göre 2010 yılında hedeflenen 40000 MW kapasiteye erişilmesi yılda 1 milyon kişilik bir iş kapasitesi yaratacaktır. En önemli katkı ise ekonomik büyümenin çevreye çok az veya hiç maliyet getirmeden sağlanmasıdır. Rüzgar türbinleri hava kirliliği veya sera gazları üretmemekte ve çiftçilik, hayvancılık gibi arazi kullanımlarıyla rahatlıkla birlikte varolabilmektedir. Azalan maliyetleri, güçlü iş potansiyeli ve düşük çevresel etkisiyle rüzgar enerjisinin dünyanın enerji geleceğinde önemli bir rol alacağı kesindir.

Elektrik sektörü endüstrisinde bilgi toplayan Amerikan Enerji Bakanlığı'nın Bilgi Kuruluşu EIA tarafından derlenen verileri esas alarak rüzgar ve diğer yakıtların karşılaştırmalı emisyonlarını bulmak için bir dizi istatistik geliştirilmiştir. Karbondioksit, kükürt dioksit ve azot oksitlerin elektrik üretiminde salınan miktarları karşılaştırmalı olarak sırasıyla Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir.⁶

⁶ Prof. Dr. Tanay Sıtkı Uyar, "Güçlenen Rüzgar Gelecek On Yılın Enerjisi", *TMMO EMO Elektrik Mühendisliği*, Sayı 407 (Ocak, 2001), s.22.

4.2 Türkiye’de ve Dünyada Neden Rüzgar Enerjisi Kullanılmalıdır? [1]

Rüzgar enerjisi boldur. Toplam elektrik enerjisi tüketiminin Türkiye’de en az iki mislinin rüzgardan sağlanabileceğini bilim adamları öngörmektedir.

Rüzgar yerlidir. Petrol ve doğalgazdan farklı olarak rüzgar enerjisinin ithal edilmesi gerekmemektedir ve dış ülkelere olan bağımlılığın azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Rüzgar tükenmezdir. Fosil yakıtlardan ve uranyumdan farklı olarak, rüzgar enerjisi yenilenebilir olup gelecek nesillerin doğum haklarını azaltmadan kullanılabilir.

Rüzgar temizdir. Sera gazı emisyonlarını önlemenin ötesinde rüzgar enerjisinden yararlanmak civa, kükürt dioksit ve azot oksitler gibi diğer zararlı fosil yakıt kirleticileri önler, havamızı ve suyumuzu daha temiz ve sağlıklı yapar.

Rüzgar enerjisi ekonomiktir. Rüzgardan elektrik üretimi yeni bir endüstridir. Avrupa’da 15 yıl önce hiçbir ticari rüzgar gücü bulunmamaktaydı. Rüzgar gücünün çevresel yararları göz önüne alınmadan bile bazı ülkelerde rüzgar enerjisi daha şimdiden fosil ve nükleer güç ile rekabet edebilmektedir. Geleneksel güç santralinden elde edilen elektriğin maliyeti genelde çevresel etkilerini (asit yağmurları, petrol sızıntılarının temizlenmesi, iklim değişikliğinin etkileri) tümüyle hesaba katmamaktadır.

Rüzgar enerjisi AB’ye uyum sürecinde gereklidir. Avrupa Birliği hedeflerine göre 2010 yılına kadar en az, enerji tüketiminin % 10’u yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmalıdır. Türkiye’nin AB’ye girmesinin gündemde olduğu düşünülürse, ülkemizde enerji tüketiminin % 10’unu yenilenebilir kaynaklardan sağlaması gerekmektedir ve bunun için en iyi model Rüzgar Enerjisi Santralleridir.

Rüzgar enerjisi üretimi, maliyetin azaltılması ve verimliliği artması şeklinde iyileşmeye devam etmektedir. Rüzgar enerjisinden elde edilen elektriğin maliyeti KWh başına 5-8 ECU olup bu maliyetin 4 ECU’ya kadar düşmesi beklenmektedir. Rüzgar enerjisi projelerinin tesis edilmesi kolay olup bakımı da ucuzdur. Arazi sahibi çiftçilere ödenen kira bedelleri, kırsal alanlarda önemli bir ek gelir sağlamaktadır. İnşaat çalışmaları çoğu kez yöredeki işgücünü seferber eden yerel şirketlerce gerçekleştirilmekte ve bakım işleri için uzun dönemli iş olanakları yaratılmaktadır. Rüzgar enerjisi hızla büyüyen, dünya çapında bir endüstridir. Tüm dünyada yaklaşık 60 imalatçı bulunmaktadır ve bunun çoğu Avrupalıdır.

Avrupa Bankalarının en az 10 tanesi ve kamu hizmet şirketlerinin en az 20 tanesi rüzgar enerjisine yatırım yapmaktadır. Danimarka’da 100 000’den fazla birey kişisel yatırımlarını

rüzgar enerjisine yapmaktadır. Rüzgar endüstrisi aynı zamanda önemli bir işverendir. Danimarka Rüzgar Türbinleri İmalatçıları Birliği tarafından yapılan son bir çalışma, Danimarka rüzgar endüstrisinin 8500 Danimarkalıya iş sağladığını ve 4000 kişiye de Danimarka dışında çalışma imkanı verdiğini göstermektedir. Danimarka Rüzgar Endüstrisi şu an balıkçılık endüstrisinden daha fazla işçi çalıştırmaktadır. Avrupa'da rüzgar endüstrisinin yarattığı toplam iş sayısının 20 000'i aştığı tahmin edilmektedir.

Tablo 4.1 Küresel Isınmaya Yol Açan Karbondioksit İçin Elektrik Üretimi Sırasında Karşılaştırmalı Emisyonlar

Yakıt	Üretilen kWh başına salınan CO ₂ (pound)	Üretilen kWh 1995 (milyar)	Salınan CO ₂ , Toplam Üretim (milyon ton)
Kömür	2.12	1.653	1.754
Doğalgaz	1.34	268	180
Petrol	1.96	56	55
ABD Ortalama Yakıt Karışımı	1.33	2.995	1.991
Rüzgar	0	3	0

Tablo 4.2 Asit Yağmuruna Yol Açan Kükürt Dioksit İçin Elektrik Üretimi Sırasında Karşılaştırmalı Emisyonlar

Yakıt	Üretilen kWh başına salınan SO ₂ (pound)	Üretilen kWh 1995 (milyar)	Salınan SO ₂ , Toplam Üretim (bin ton)
Kömür	0.0136	1.653	11.260
Doğalgaz	0.00007	268	1
Petrol	0.0123	56	345
ABD Ortalama Yakıt Karışımı	0.0078	2.995	11.608
Rüzgar	0	3	0

Tablo 4.3 Asit Yağmuruna ve Duman Oluşumuna Yol Açan Azotoksitler İçin Elektrik Üretimi Sırasında Karşılaştırmalı Emisyonlar

Yakıt	Üretilen kWh başına salınan NO _x (pound)	Üretilen kWh 1995 (milyar)	Salınan NO _x , Toplam Üretim (bin ton)
Kömür	0.0079	1.653	6.514
Doğalgaz	0.0046	268	614
Petrol	0.0036	56	102
ABD Ortalama Yakıt Karışımı	0.0048	2.995	7233
Rüzgar	0	3	0

Rüzgar enerjisi gelecekteki pazar başarısı için en önemli kriter olan ekonomik maliyette kararlı ve hızlı bir gelişme göstermektedir. 1990'lı yılların başında Pacific Gas & Electric ve Electric Power Research Institute tarafından yapılan ve rüzgar enerjisinin en ucuz elektrik üretim kaynağı olacağına ilişkin uzun vadeli öngörüler artık hayal olmayıp gerçekleştirilmek üzeredir. Kaliforniya Enerji Komisyonu çeşitli enerji seçeneklerinin maliyetlerini ve pazara hazırlıklarını incelemektedir. Tablo 4 temel yakıt tiplerinin maliyetini rüzgar enerjisi ile karşılaştırmaktadır. Rüzgar maliyetleri artık fosil yakıtların en ucuz seçenekleri olan kömür ve gaz ile rekabet edebilir duruma gelmiştir ve enflasyona göre düzenlenen ABD Federal Üretim Kredisi ile rekabet daha da iyileştirilebilecektir.

Rüzgar gücü alanında yapılan fizibilite çalışmaları rüzgar enerjisinin diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında önde geldiğini göstermiştir. Ancak rüzgar enerjisi ve diğer yenilenebilir enerjilerin önü teşvik eksikliği nedeniyle kesilmektedir. 2020 yılında dünya elektriğinin %10'unun rüzgardan karşılanması hedefine ulaşılabilmesi için aşağıdaki üç nokta üzerinde durulmalıdır.

İlk olarak rüzgar gücü ile ilgili olarak dünyada rüzgar potansiyeli olan her ülkede ciddi hedefler konulmalıdır.

Tablo 4.4 Temel Yakıt Tiplerinin Maliyeti

Yakıt	Maliyet (cent/kWh)
Kömür	4.8-5.5
Gaz	3.9-4.4
Hydro	5.1-11.3
Biomass	5.8-11.6
Nükleer	11.1-14.5
Rüzgar(ABD Federal Üretim Vergi Kredisi hesaba katılmadan)	4.0-6.0

1. İlk olarak rüzgar gücü ile ilgili olarak dünyada rüzgar potansiyeli olan her ülkede ciddi hedefler konulmalıdır.
2. Fosil yakıtlara verilen teşvikler ve yenilenebilir kaynaklar önündeki doğal engeller kaldırılmalıdır. Çünkü tüm bunlar yenilenebilir kaynakları gölgelemektedir.
3. Rüzgar enerjisi pazarını hareketlendirici ve koruyucu, yasal olarak teşvik edici bir dizi mekanizma devreye sokulmalıdır.

Sera etkisine sebep olan gaz emisyonlarını azaltmak; iklimi korumak ve sürdürülebilir enerji ekonomisine geçiş yapabilmek için açık ve net yenilenebilir enerji hedeflerinin belirlenmesi gereklidir. Bunun ardından bu hedefler, teknoloji transfer programlarının belirlenmesi açısından bir yol gösterici, uluslararası finans kurumları ve kalkınma bankaları için çalışma ilkeleri ve özel sektör açısından rüzgar enerjisi ve diğer yenilenebilir enerjilere yatırım yapmak için özendirici bir faktör olacaktır.

2005, 2010 ve 2020 yıllarına kadar bölgesel, ulusal ve uluslararası hedef ve yıllık planlar belirlenmelidir. Bu, dünya elektriğinin en az %10'unun 2020 yılında rüzgardan karşılanmasını ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına da önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Elektrik sektörü açısından bu tür hedefler tüketilen elektriğin belli bir yüzdesi olarak belirlenmelidir.

Kyoto protokolünün öngördüğü "Temiz Kalkınma Mekanizmaları" ve "Ortak Uygulamalar"ın "temiz ve yeşil" olması için, sadece rüzgar gücü ve diğer yenilenebilir enerjilere (büyük

barajlar hariç), teknik ve ekonomik açıdan etkin ve çevre dostu enerjilere izin ve teşvik verilmelidir. (Bu kriterlere uymadığı için nükleer enerji de hariç tutulmalıdır.)

Teknoloji transfer programlarının, rüzgar teknolojisini devlet ve uluslararası kalkınma bankalarının desteğiyle dünya çapında özendirerek iklimi koruyucu şekilde uygulanması gerekir.

Enerji sektöründeki hesapsız teşvikler sonucu vergi mükellefleri vergilerini, “insan sağlığına zarar vermek, çevreyi katletmek ve iklimin dengesini bozmak” için ödemektedirler. Bu teşvikler aynı zamanda yeni girişimcileri bu pazarın dışında tutmakta, atılımları engellemektedir. Bunun yanında fosil yakıtlara verilen teşvikler pazardaki rekabeti baltalamakta ve yeni kapasite kazanımları için kullanılan değişik enerji kaynaklarını toplam gerçek maliyetinin düşük gösterilmesine neden olmaktadır.

Elektrik sektöründeki planlama ve elektrik üretim yasaları bugüne kadar sabit bir kaynaktan büyük miktarlarda enerji üreten santrallere dayalı olarak oluşturulmuştur. Bu, yenilenebilir enerjiler önünde bulunan modası geçmiş bir engeldir ve eğer rüzgar gücünün yaygınlaşması isteniyorsa bu engeller ortadan kaldırılmalıdır. Bunun için gerekenler şunlardır:

1. Verimliliği artırıcı ve düzenli bir planlama; proje, planlar ve elektrik şebekelerine erişim sağlamaya yardımcı olacak homojen sistemler.
2. Tek tek yenilenebilir enerji projeleri yerine, şebeke altyapısının geliştirilmesi ve güçlendirilmesi maliyetlerini şebeke yönetiminden sorumlu kurumun üstlenmesi.
3. Bir şebeke içinde “gömülü” maliyetlerin yararlarını hesaba katarak elektriğin adil ve saydam fiyatlandırılması.
4. Fosil yakıtlara ve nükleer enerjiye verilen dolaylı veya dolaysız tüm teşviklerin kaldırılması
5. Elektrik sektörüne “kirleten öder” sisteminin yerleştirilmesi. Bu şekilde ilgili projenin çevresel, sosyal ve sağlıkla ilgili etkileri, vergi mükellefine değil bu etkilerden sorumlu olan kuruma ödetilmiş olacaktır.

5. RÜZGAR ENERJİSİ ve GELİŞİMİ

Dünyada ilk yel değirmeni, MS 644 yılında İran-Afganistan sınırındaki Seistan'da kurulmuştur. MS 750-850 yıllarında Çin'de pirinç tarlalarının sulamasında da yel değirmenleri kullanılmıştır. Rüzgarın elektrik enerjisinde ilk kullanımı ise 1882 yılında Amerika'da New York'da gerçekleştirilmiştir. Rüzgar enerjisi Avrupalılar tarafından önceleri daha çok tahıl öğütme işlemlerinde kullanılmakta idi. Hollanda, İspanya, Danimarka, Ege Adaları'nda bunların örneklerini görmekteyiz. (Şekil 5.1) 19. yy.ın sonlarına doğru da kuyulardan su çekme amacına yönelik olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Ayrıca İran, Suriye ve Türkiye'de de 12.yy.dan itibaren yaygın bir şekilde kullanılmıştır.



Şekil 5.1 Geleneksel olarak kullanılan rüzgar milleri

Yeraltından su çekmek için kullanılan rüzgar türbinleri elektrik üretim amaçlı kullanılan rüzgar türbinlerinden daha basit yapıdadır. Rüzgar tarafından oluşturulan enerji, pervane şaftına gelerek doğrudan su çekmek için yapılan tulumba mekanizmasına verilmektedir. Su çekme ve sulama amacına yönelik kullanılan rüzgar türbinler 12-24 kanatlı, 2-5 m pervane çaplı ve 10-30 m yüksekliğinde tasarlanmaktadır. Zeminden çekilen su, borularla dışarıda bulunan ve biraz yüksekçe bir su deposunda toplanmaktadır. Su deposunun yüksek olmasının nedeni suya yükseklik enerjisinin kazandırılarak tarlaya dağıtımı için ek bir enerjiye ihtiyaç duyulmasını engellemektir. 1980'li yıllarda 55 kW gücünde rüzgar türbinleri piyasada satılırken, bugün 1,5 MW büyüklüğünde bir rüzgar türbini tesis ederek , örneğin 850 yataklı bir otelin tüm gereksinimini karşılayacak elektriği üretmek mümkün hale gelmiştir. 1990'larda rüzgar enerjisi dünyanın en hızlı gelişen enerji kolu oldu.Dünyadaki rüzgar enerji santrallerindeki son üç senenin ortalama yıllık artış hızı %35.7 iken, kurulu güç 3 senede 2.5 katına ulaştı. Dünyada rüzgar enerjisini kullanan ilk on ülke sırasıyla; Almanya, İspanya, ABD, Danimarka, Hindistan, İtalya, Hollanda, İngiltere, Çin ve İsveç'tir.Çevreci politikaların

da etkin hale gelmesiyle 1998 yılında dünya genelinde kullanılan rüzgar enerjisine 2100 MW'lık yeni bir kapasite eklenmiştir. Bu bir rekordur; fakat yeni bir rekor olmasının yanı sıra bir önceki seneden %35 daha fazla rüzgar enerjisi kapasitesi demektir. Yine de yaşanan bütün gelişmelere karşın dünya çapında kullanılan rüzgar enerjisi, enerji gereksiniminin yalnızca %1'ini karşılamaktadır. Bununla birlikte hızla artan kapasitesiyle rüzgardan elde edilecek enerji yakın gelecekte enerji gereksinimini karşılayacak ciddi bir kaynak halini alabilir. Günümüzde rüzgar santralleri karalarda olduğu kadar denizlerde de kurulmaktadır. Karadan denize geçiş ilk uygulamalarla teknik alanda başarılmış ve ticari uygulamaları da gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte daha gelişkin sistemler için AR-GE çalışmaları sürmektedir. Deniz üstü rüzgar enerjisi ile ilgili ilk çalışmalar 1970'li yılların sonuna doğru Danimarka, Hollanda, İsveç ve ABD'de başlamıştır. 1980'li yılların başında bu çalışmalar Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) bünyesinde yürütülmüştür. İlk deniz üstü "rüzgar çiftliği" Danimarka'da Loland adası yanında kurulan Vindeby rüzgar çiftliğiydi. Bu çiftlikte 5 MW'lık enerji üretilabiliyordu. 1991 yılı ortalarında işletmeye açılan çiftlik, Danimarka Enerji Bakanlığı'nın 100 MW'lık projesinin bir bölümünü oluşturuyordu. Avrupa'da 1995-1997 yılları arasında kapasitesi 12 MW olan rüzgar santralleri kurulmuş olup günümüzde bu santrallerin kapasitesi arttırılmaktadır. Sözgelimi İngiltere'de deniz üstü tesisler için 50-120 metre rotor çapı olan türbinler tasarlamışlardır. İngiltere'nin doğu kıyısında, Inner Dowsing adı verilen bölgede karaya 5 km uzaklıkta yapılması planlanan bu santralde hedef 1.4 MW gücünde 9 türbin kurup 12.6 MW enerji üretmektir.⁷

5.1 Danimarka Örneği⁸

Hangi açıdan bakarsanız bakın, Danimarka insanının şaşırtıcı bir yönünü yoktur. Dünya üzerindeki birçok şehirden daha az olan 5 milyonluk toplam nüfusu ve Avrupa'nın on birinci sırasındaki ekonomisi ile ne ekonomik ne de siyasi bir güce sahiptir. Enerji açısından ise yakınındaki Kuzey Denizi'nde bulunan sınırlı petrol ve doğal gaz kendisine önemli bir avantaj sağlamaz. Petrole bağımlı olan birçok devlet gibi Danimarka da yetmişli yıllarda ciddi şoklar yaşamış ve artan fiyatlar karşısında duramayan ekonomisi durgunluk batağına saplanmıştı. Yalnız diğer ülkeler kurtuluşu nükleer santrallerde veya sentetik yakıtlarda ararlarken Danimarka birçoklarına geri gitmek gibi gelen bir adım atmış ve Kuzey Avrupa

⁷ M. Ö. Ültanır, "Denizde Kurulan Rüzgar Santralleri", *Uzman Enerji*, Eylül, 1998, s.24.

⁸ C. Flavin, A Force to be Reckoned With, *Renewable Energy World*, March, 1999, p.36.

kıyıların ekonomisinde on ikinci yüzyılın ortalarından günümüze kadar son derece önemli bir rol oynamış olan bir kaynağa, rüzgar gücüne dönmüştü.

Diğer sanayileşmiş ülkelerin tersine Danimarka'nın enerji açığına verdiği yanıt yukarılardan aşağıya empoze edilen bir çözüm olmadı. Siyasi olarak merkezîyetçilikten uzak ve kooperatiflere dayalı bir tutumu benimseyen bu ülke kendi kendine yetebilecek ve herkesin eşit bir şekilde yararlanabileceği bir seçenek aradı. Birçok tartışmalardan sonra ülke kendi kaynaklarına ve kendi halkının tasarımlarına dayanmayı tercih etti ve rüzgar enerjisine dönme kararı aldı. Bu alanda ülke belirli deneyimlere sahipti.

Danimarka'da rüzgar enerjisine karşı olan tutku yetmişli senelerde uyanmaya başladı. Kesin bir sonuca ulaşmak isteyen uzmanlar eski rüzgar türbinlerinin planlarını gözden geçirdiler. Aktarma organları yeniden ele alındı. Hatta kamyonlardan çıkartılma eski aktarma elemanlarından bile medet umuldu. Kullanılacak parçaların kendi ürettiklerine çok benzediğini ve gelecekte bugün yapacakları yatırımın kat kat fazlasını çıkarabileceklerini hesaplayan tarım makineleri üreticileri bu araştırmaları desteklemeye başladılar. Kısa sürede önceleri ilkel bir görünüme sahip modeller Danimarka tepelerinde görülmeye başlandı. Kamunun büyük desteğini kazanan bu türbinleri geliştirmek amacı ile devlet yönetimi, önceleri nükleer güç denemeleri için etkinlik göstermiş olan Riso'daki enerji araştırma laboratuvarını bu konuda çalışmaya sevk etti. Eskiden yapılmış incelemeler üzerine kendi görüşlerini ekleyen tasarımcılar birkaç sene içinde bugünkü rüzgar gücü sanayi tarafından kullanılan teknolojiyi geliştirdiler. Temel yapısına bakıldığında fiberglastan yapılma üç kanadı olan bir pervanenin, elektrik nakil hatlarını taşıyanlara benzeyen çelikten bir kule üzerinde döndüğü görülür. Dönmekte olan pervane bilinen bir dişli kutusu aracılığıyla bir jeneratörü çevirir.

Diğer ülkelerde çalışmakta olan araştırmacılar, bu teknolojiyi belki daha ileri götürmekte başarılı oldular. Fakat Danimarka'nın kırsal kesiminin sağladığı yaygın destek diğer ülkelerde yoktu. Seksenli yılların başlarından itibaren rüzgar gücü kooperatifleri kurulmaya başlandı. Bu kooperatifler sayesinde kuleleri dikecek arazi satın alındı veya çoğunlukla üyelerden birinin arazisi üzerine türbinler ve çiftlikler kuruldu. Türbinler için gerekli malzemeler sağlandı. Daha olumlu bir yer bulunması veya daha az gürültü yapan bir pervane tasarımının geliştirilmesi amacıyla herkes el ele verdi. Hatta türbinleri uzaktan göze hoş gözükmeleri için gereken estetik üzerinde bile çalışmalar yapıldı. Ülke yönetimi ilk dokuz çalışma yılının maliyetlerinin %30'unu bağışlayarak önemli bir destek sağladı. Ayrıca elektrik kurumlarının çalışan türbinlerin sağladığı enerjiyi devreye sokmalarını zorunlu kılarak en

önemli adımı atmış oldu.

Yapılan bu çalışmaların sonuçları Danimarka'daki bütün kırsal bölgelerde çıplak gözle görülebilir-bazen tek başına, bazen de birkaç tanesi bir arada 20-30 metre çapında binlerce beyaz türbin yeşil kırlara dayanmış, devasa uçak pervaneleri gibi dönmektedir. Danimarka'da 1994 yılı itibariyle 3600 rüzgar türbini çalışmaktaydı. Toplam kapasite 500 MW dolayındaydı. Rüzgar gücünden elektrik sağlayan ülkeler arasında Danimarka, dünyada dördüncü sıradadır. 1994 yılında ülkenin toplam gereksiniminin %3'ü türbinlerden geliyordu. Bu oranın 2005 yılında %10'a yükselmesi beklenmektedir.

Danimarkalıların ürettikleri rüzgar türbinleri bütün dünyada dayanıklılıkları ile tanınmaktadır. Danimarka'da tasarımlanan ve üretilen türbinlere Kaliforniya'daki devasa merkezlerden Galler, İspanya, Hindistan, Çin ve diğer birçok ülkedeki daha küçük birimlere varana kadar her yerde rastlanmaktadır. Danimarka, yenilenebilir enerji teknolojilerinin mevcut elektrik üretim sistemlerine belirgin ölçüde entegre edilmesini sağlayan ilk ülke olmuştur.

5.2 California Örneği⁹

Her yıl kurulmakta olan tesislere baktığımız zaman California rüzgar sanayinin çok erken yükselmeye başladığını görebiliriz. Makinelerin güvenilirliğinin artırıldığı ve her türbinden daha fazla enerji elde edildiği seksenli ve doksanlı yıllarda bu tesisler daha da olgunlaşmıştır. İlk başlarda sağlanan vergi muafiyetleri ve kredilerle ayakta duran atılımcılar zamanla devre dışı bırakılmışlar ve onların yerlerini Aetna ve John Hancock gibi sigorta şirketlerinin de dahil olduğu büyük firmalar almıştır. Seksenli yılların ortalarında 1-580 numaralı otoyol üzerinde San Fransisco Körfezinden doğuya giden herkes, kahverengi tepelerin önlerinde dönmekte olan binlerce beyaz türbinle karşılaşlıyordu. Kaliforniya'daki "rüzgar çiftlikleri" 1993 yılında 3 milyar kWh'lik elektrik ürettiyordu. Bu da bütün eyaletin elektrik talebinin %1.2'si demekti, ki bu da San Fransisco'nun tüm meskenlerinin gereksiniminin türbinler aracılığıyla karşılanması anlamına geliyordu.

California'nın rüzgar fırtınası başladığı zaman buraya yatırım yapanlar, kazanılan devlet ihaleleri doğrultusunda Boeing ve Westinghouse gibi firmalar tarafından uzay teknolojisinin

⁹ P. Jamieson, D. Quarton, Technology Development for Offshore Wind, Renewable Energy World, May, 1999, p.30.

en son sistemlerini kullanarak geliştirilen devasa türbinlerden yararlanmayı düşünmüşlerdi. Büyük rüzgar makinelerinin küçüklerden daha ekonomik olduğunu gösteren mühendislik çalışmalarına göre hazırlanan bu uzun ve zarif türbinlerin kanat uçları arasındaki mesafe, Boeing 747'lerin kanat açımından daha fazla idi. Ama, bu makinelerin hiçbirinin ticari uygulamalar bakımından güvenilirliği veya ekonomikliği kanıtlanamadı. Maliyeti çok yüksek bazı deneylerden sonra, yatırım yapanlar iki ve üç kanatlı pervanelerden aynı anda yararlanabilen daha küçük modellere döndüler. Kullanılan ünitelerden bazıları devasa yumurta çırpıcılarına benziyorlardı.

Türbin yapısında sağlanan gelişmeler üzerine bazı küçük üreticiler kendi türbin modellerini piyasaya sürdüler. Bunların hepsi belirli bazı başarılar sağladıysa da çok azı kendilerini kanıtlayabildi. Hatta bazen bakımlarının son derece pahalıya çıkacağı anlaşıldığından içlerinde yüzlerce türbin bulunan bazı "rüzgar çiftlikleri" oldukları gibi terk edildi. Bu "rüzgardan mezarlıkların" bazıları doksanlı yılların ortalarında bile hala duruyorlardı. Danimarkalı rüzgar türbini üreticileri, Amerikalıları kurtarmaya geldiler ve Danimarka'da sattıklarının iki katı demek olan 7500 türbini yerine bağladılar.

O zamandan beri rüzgardan yararlanma teknolojisinde Danimarkalı ve Amerikalı üreticilerin ortak çabaları ve sürdürülen devlet desteği ile sürekli bir gelişme sağlandı. Rüzgar gücünün ABD'nde kuvvetlenmesine karşın bu konuda Avrupa ancak doksanlı senelerde kendisini toplamaya başladı. Avrupa'nın Kuzey ve Baltık Denizlerinin çevrelediği kıyılarında son derece kuvvetli bir rüzgar potansiyeli vardır. Bu potansiyel Polonya'ya kadar uzanır. Güney Avrupa'da ise Akdeniz rüzgarları bulunur. Çevre koruma çabalarının bir sonucu olarak bazı Avrupa ülkeleri seksenli yılların sonlarında araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile teşvik olanaklarını arttırarak karbon ve kükürt içermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirme çabalarını güçlendirmişlerdir.

Rüzgar gücünün hızla gelişmekte olduğu Almanya'da yüksek elektrik fiyatları ve devletin cömert desteği sayesinde rüzgar gücü ile elektrik üreten özel işletmeler kilowattsaat başına 13 cent gibi bir fiyat alabiliyorlardı. Hollanda'da entegre bir rüzgar gücü geliştirme programı Ulusal Çevre Koruma Planı'nın (National Environmental Policy Plan) bir parçası olarak düşünülmüştü. İngiltere'de ise yeni özelleştirilen elektrik kurumu, kurulacak ek elektrik üretiminin bir bölümünü yenilenebilir kaynaklardan sağlamak zorunda kalıyordu. Eskiden nükleer güç ile bağlantılı olarak düşünülmüş olan bu kural bugün rüzgar gücü için geçerli kılınmıştır.

Bir enerji şebekesinin güvenilir şekilde beslenmesinde en önemli ilke rüzgar hızının yüksek olduğu yörelerde büyük rüzgar türbinleri kurarak, gerekli gücü en ekonomik biçimde elde etmektir. Bu nedenle bazı bilim adamları, deniz rüzgarı enerjisi kümelerini savunmaktadır. Bu öneriye göre kıyı sularında denizden esen bütün rüzgarları alacak rüzgar türbini kümeleri kurmak gereklidir. Yapılan hesaplar 1 MW'lık 400 türbin alacak 100 metrekarelik bir deniz alanının, 420 000 kişilik bir kentin elektrik gereksinimini karşılayabileceğini göstermektedir. Ne var ki bu alanda rüzgarın esmediği günler için enerji depolama sorunu vardır. Sorun için en iyi çözüm olaraksa suyun büyük çapta elektrolizi önerilmiştir. Suyun elektrolizi yoluyla elde edilen hidrojen depolanabilir ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu yolla elde edilecek enerji ise denizden karaya enerjiyi iletecek kablolar yerine, gemilerle taşınmaya gereksinimi vardır. Elektroliz gerek karada gerekse denizde kullanılan rüzgar türbinlerinin enerjiyi kesikli üretmesinden kaynaklanan depolama sorununa getirilen çözümlerden yalnızca biridir. Enerji fazlasını akümülatörlerde depolamak, doldurmak ya da ana şebekeyi rüzgar estiği sürece beslemek diğer yollardır.

Rüzgar gücü bütün memleketlerde eşit bir şekilde dağılmamıştır. Rüzgar gücü ile elektrik elde edebilme potansiyeli bakımından ABD ile boy ölçüşebilecek ülkeler arasında Arjantin, Kanada, Şili, Çin, Rusya ve İngiltere sayılabilir. Mısır, Hindistan, Meksika, Tunus ve Güney Afrika gibi devletler rüzgarla elde ettikleri gücü rahatlıkla %20 dolayında arttırabilirler. Bir bütün olarak Avrupa, estetik ve çevre koruma bakımından kenara ayırdığı alana göre gereksinimi olan elektriğin %7-26'sını rüzgar gücünden sağlayabilir. Rüzgardan ancak kısıtlı bir şekilde yararlanabilen birçok yer, sahil şeritlerinden açıklara giderek daha fazla olanak sağlayabileceklerini görebilirler. İngiltere ve Polonya sığ sularda kuracakları rüzgar çiftlikleri ile gereksinimleri olan elektriğin büyük bir kısmını sağlayabilirler. Tropik kuşak dolayında yer alan ve adalardan oluşan 20 kadar devlet, sürekli esmekte olan batı rüzgarları aracılığıyla elektrik gereksinimlerinin büyük bir bölümünü karşılayabilir. Bu ülkeler elektriği dizel jeneratörleri ile pahalı bir şekilde ürettiklerini kabul ederek başka arayışlara dönecek olurlarsa, rüzgar gücü onlar için son derece çekici bir kaynak durumuna gelecektir.

6. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ GELİŞİMİ ¹⁰

Ülkemizde rüzgar ölçümlerini diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) yapmaktadır. Ancak bu ölçümler elektrik üretimine yönelik olarak yapılmamaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılan bir çalışmada, DMİ'nin 114 ölçüm istasyonundan 1970-80 yılları arasında aldığı rüzgar verileri esas alınarak ülkemizin rüzgar enerjisi potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre ortalama rüzgar hızı 2.5 m/s ve rüzgar gücü yoğunluğu ise 24 W/ m² olarak bulunmuştur. Yine bu çalışmada, ülkemizin brüt rüzgar potansiyelinin 400 Twh, teknik rüzgar potansiyelinin ise 124 Twh/yıl olduğu açıklanmıştır. Rüzgar enerjisi, zamana ve bölgenin coğrafik yapısına bağlıdır. Dolayısıyla ülke genelindeki sınırlı sayıdaki ölçüm istasyonlarının verilerine ve genel bir ortalama dayanarak belirlenen bu potansiyel çoğunlukla kabul görmemektedir. Bu belirsizliği ortadan kaldırmak, Türkiye'nin rüzgar potansiyelini belirlemek ve buna göre yatırım çalışmalarında yol gösterici olmak için "Rüzgar Atlası" hazırlanmasına dönük çalışmalara başlanmıştır. Bu çalışma Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından ortaklaşa yürütülmektedir. Ancak 1998 yılında başlatılan bu projede, batı bölgesine ait verilerin önemli bölümü değerlendirilmiş olmakla birlikte, tüm Türkiye için henüz tamamlanmamıştır. Bu proje kapsamında ilk istasyon Bandırma'da kurulmuştur. Daha sonra sırasıyla Karabiga (Çanakkale), Nurdağı (Gaziantep), Gökçeada (Çanakkale), Kocadağ (Çeşme), Şenköy (Hatay), Karaburun (İzmir), Didim (Söke), Akhisar (Manisa), Belen (İskenderun), Datça (Muğla), Yalıkavak (Bodrum), Gelendost (Isparta), Foça (İzmir), Bababurnu (Çanakkale), Gelibolu ve Fethiye'ye bilgisayar destekli rüzgar enerjisi gözlem istasyonu kurularak veri toplanmaktadır. ¹¹ Mevcut gözlem istasyonlarına ait yıllık ortalama hızlar Tablo-6.1'de verilmiştir. [3]

¹⁰ Tanay Sıtkı Uyar, "Türkiye'de ve Dünya'da Rüzgar Enerjisi Kullanımındaki Gelişmeler", *Kaynak Elektrik*, Kasım 1998, Sayı 116, s.38.

¹¹ Mutlu Boztepe, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ülkemiz", *TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI İzmir Şubesi Bülteni*, Yıl 12, Sayı 122, Haziran 2000, s.21

Tablo 6.1 Mevcut Gözlem İstasyonlarında Aylık Ortalama Hızlar

İstasyon	Yıl	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	7.ay	8.ay	9.ay	10.ay	11.ay	12.ay
		M/s	M/s	M/s	M/s	M/s	M/s	M/s	M/s	m/s	m/s	m/s	M/s
Nurdağı	95	3.0	4.4	5.0	6.3	----	11.4	13.7	13.7	10.7	4.8	3.3	3.2
Nurdağı	96	4.5	5.0	4.0	5.6	(*)							
Belen	95	4.5	4.9	5.5	5.7	6.1	9.4	10.4	11.3	9.0	5.1	4.7	4.4
	96	6.1	5.6	4.4	5.6	7.3	8.1	11.5	10.4	7.6	5.4	5.2	4.5
	97	5.6	3.4	4.1	4.1								
Akhisar	95	6.3	6.7	6.9	4.9	6.9	4.4	10.4	8.1	5.4	8.1	5.0	6.6
	96	----	6.3	8.5	5.8	4.5	8.6	9.5	8.6	4.3	5.4	4.6	6.8
	97	5.4	6.6	8.4	5.3								
Didim	95	6.1	5.1	5.6	4.0	3.8	3.4	5.7	4.5	4.1	4.3	5.3	5.7
	96	4.9	5.0	6.0	5.1	3.6	5.1	4.8	4.5	3.9	3.8	4.4	5.3
	97	5.1	5.6	5.5	5.1								
Kocadağ	95	10.1	9.4	9.8	6.4	8.5	4.9	10.7	8.0	6.4	9.2	8.3	11.1
	96	9.1	10	9.8	7.2	6.2	9.4	9.9	8.5	6.4	7.3	8.3	10.1
	97	9.2	8.8	10.3	7.8								
Datça	95	5.1	5.8	5.6	5.4	5.2	5.1	7.5	8.3	6.2	5.9	5.0	4.9
	96	5.6	----	----	5.5	5.1	6.7	8.0					
Bandırma	95	----	----	----	----	----	----	6.9	5.4	4.1	6.4	3.8	5.7
	96	5.5	5.6	6.9	(*)								
Karabiga	95	8.4	6.0	7.0	5.1	6.2	4.8	7.1	6.7	5.7	8.7	5.6	8.9
	96	8.1	7.5	8.7	(*)								

Gökçeada	95	9.3	7.5	7.7	5.7	6.9	4.6	7.4	6.6	6.3	8.4	6.7	8.3
	96	8.6	8.6	8.1	4.5	5.5	6.0	7.3	6.4	5.2	6.2	6.9	8.2
	97	7.4	7.7	7.7	6.1								
Söke	96					3.8	6.4	6.7	6.5	3.0	3.6	3.2	3.5
	97	4.2	4.4	4.5	3.4								
Sinop	96				5.7	4.4	4.9	5.3	3.8	4.6	4.4	4.5	4.4
	97	5.7	4.8	4.6	5.3								
Yalıkavak	96							7.1	6.6	5.5	5.2	5.3	7.0
	97	6.0	7.7	6.8	7.8								

(*) Ölçüm süresi tamamlanmıştır.

Tablodaki üç yıllık ortalama rüzgar hızlarına göre, Kocadağ 8.5 m/s ile en yüksek ortalama hıza sahiptir. Bunu surasıyla Gökçeada (6.83 m/s), Akhisar (6.78 m/s) ve Belen (6.5 m/s) izlemektedir. Kocadağ için yıllık rüzgar güç yoğunluğu 1995 yılında 775 W/m²'dir. Bu değer Gökçeada'da 457 W/m², Akhisar'da 450 W/m² ve Belen'de 343 W/m²'dir. [3]

Bu güne kadar yapılan çalışmaların sonucundan, ülkemizin doğal rüzgar potansiyeli hakkında bir fikir vermesi bakımından; Çanakkale Boğazı civarı, Bozcaada, Gökçeada, Sinop, İnebolu, Bozkurt, Samsun, Bandırma, Balıkesir, Çorlu, Edremit, Ayvalık, Dikili, Çeşme, Bodrum, Bergama, Antakya, Anamur, Silifke, Mardin, Malatya, Erzurum, Seydişehir, Karaman ve Afyon yöreleri rüzgar enerjisinden yararlanılabilir alanlardır. EİE, AREB-TŞ (Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi) ile Türkiye'de rüzgar enerjisini kullanımını özendirmek ve sistem tasarımı için metodoloji oluşturmak amacıyla Türkiye'nin batı bölgesinde belirlenecek bir yerde "Rüzgar Enerjisi Fizibilite Projesi" yapacaktır. Bu amaçla AREB-TŞ (Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi) ile bir ortak girişim protokolü yapılmıştır. Proje Avrupa Yatırım Bankası METAP Programından desteklenecektir. [3]

Türkiye'de genel kullanıma dönük ilk rüzgar elektriği 1986 yılında Çeşme Altinyunus tesislerinde kurulan 55 kw nominal güçlü (Vesta marka) rüzgar türbininden elde edilmiştir. Nominal gücüne 12 m/s'lik rüzgar hızında erişen bu türbinde, Çeşme koşullarında yılda

ortalama 100000 kwh elektrik enerjisi üretilmektedir. Yine İzmir-Çeşme'de, Germiyan mevkiinde kurulan Türkiye'nin ilk rüzgar santrali her biri 500 kw nominal güce sahip Alman firmasından (Enercon) satın alınan 3 adet rüzgar türbininden oluşan ve 21 Şubat 1998'de işletmeye alınan DELTA plastik otoprodüktör santralidir. Bu santralde türbinlerde nominal gücün elde edilmesi rüzgar hızının 14 m/s olmasına bağlıdır. Türkiye'deki Yap-İşlet-Devret modeli ile 28 Kasım 1998 tarihinde işletmeye açılan ilk rüzgar enerjisi tesisi ise Çeşme-Alaçatı'daki ARES adlı 12 türbinden oluşan rüzgar çiftliğidir. Burada kullanılan rüzgar türbinleri 600 kw güçlüdür. (Danimarka üretimi-Vestaş), ikinci Yap-İşlet-Devret modelindeki rüzgar santrali 17 adet 600 kw gücünde (Enercon marka) türbinden oluşan 10.2 MW kurulu güçlü Bozcaada'da kurulmuş ve 25 Haziran 2000'de devreye alınmıştır. Sonuçta şu anda işletmede bulunan rüzgar santrali kurulu gücü 19 MW olmuştur. 2001 yılında tüketime sunulan üretimin 61.6 milyon kwh'ı rüzgar kaynağından karşılanmıştır.

Türkiye'nin ekonomik rüzgar gücü potansiyeli hakkında farklı değerler belirtilmektedir. Bu potansiyel 10 bin MW'tan 20 bin MW'a kadar değişmektedir. Böylesine büyük farklılık, Türkiye'de bu konuda geniş ve yeterli ölçüde bir araştırmanın henüz yapılmadığını göstermektedir. 20 bin MW'ı Türkiye'nin ekonomik rüzgar gücü potansiyeli olarak kabul ettiğimizde ve bir rüzgar santralinin yıllık işleyiş süresini 2500 saat aldığımızda 50 milyar kwh'lık bir üretim kapasitesi bulunur.

Rüzgar türbin uygulamalarının ülkemizde yaygınlaşabilmesi için kamu elektrik şirketince atılabilecek en önemli adımlardan biri rüzgar türbinleriyle üretilen elektriğin satın alışı fiyatının kamuoyuna açıklanmasıdır.

Rüzgar enerjisi ekonomisi giderek iyileşmiştir. Bugün rüzgar enerjisi kömür ve nükleerden daha ucuza mal olmaktadır. Rüzgardan üretilen elektriğin maliyeti rüzgar türbininin kurulduğu konumun ortalama rüzgar hızına bağlıdır. İngiltere ve Danimarka'da rüzgarlı bölgelerde büyük rüzgar çiftlikleri için, finans koşullarına ve altyapı maliyetlerine de bağlı olarak bir kwh'ın maliyeti 4 cent mertebesinde. Rüzgar türbinlerinin tasarım ömrü 20 yıl olup, işletme ve bakım maliyetleri, yatırım maliyetlerinin %2-3'ü kadardır. En önemlisi rüzgar türbinlerinin yakıt maliyeti sıfırdır. Bu maliyetin doğalgaz, petrol ve uranyuma benzer temin veya fiyat artışı riskleri yoktur.

Türkiye'nin rüzgar enerjisinden yararlanması için bir master plan kapsamında planlı bir politika oluşturması gerekir. Bu politikanın taşınması gereken bazı temel ilkeler aşağıda sıralanmıştır.

- Ülkemizde var olan rüzgar potansiyelinden elektrik enerjisi üretilmesi, bu enerjinin rüzgar enerjisi çevrim sistemleri ve rüzgar çiftlikleri ile mevcut elektrik ağına ekonomik ölçüler içinde aktarılması ve böylece mevcut enerji sektörüne rasyonel bir destek sağlanması temel politika olmalıdır.
- Ülkemizin rüzgarlı yörelerine en az 2 yıl süreli ve bir veya daha fazla alanda farklı yüksekliklerde rüzgar hızı ölçümleri yapılmalı ve yöresel rüzgar potansiyelleri belirlenmelidir.
- Türkiye'nin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi için rüzgar ölçümlerinin yapılması, standart bir veri tabanı geliştirilmesi ve rüzgar atlasının hazırlanması gerekmektedir.
- Elektrik üretimine uygun rüzgar kaynak potansiyelinin kesin belirlenmesi yapılmalıdır.
- Yap-işlet-devret veya yap-işlet modeli kapsamında gerçekleştirilecek rüzgar santrallerinin kurulmasına ilişkin izinlerin alınmasındaki bürokratik işlemler kolaylaştırılmalı, ancak fizibilite raporları ve projelerin ulusal master plana uygunlukları sıkı biçimde denetlenmelidir.
- Bu tür santrallerden üretilecek elektriğin ilk 5-9 yıllık bir süreçte yatırımcıya subvansiyon tanıyacak bir fiyatla dağıtım şirketlerince satın alınması garantisi getirilmelidir.
- Yenilenebilir kaynaklar enerji dışalımına dayanmadıklarından, başlangıçta alışlagelmiş kaynaklardan pahalı olsa bile, ulusal ekonomi açısından kazançlı kaynaklardır. Rüzgar santrallerine yeni adım atılırken ilk adım maliyeti denilen subvansiyonlu maliyet uygulaması devlet desteği olarak biçimlendirilmelidir.
- Teknolojinin ilk kazanımı aşamasında santral kuruluş maliyeti ve birim enerji maliyeti batı örneklerinden yüksek olabilir. Bu aşamada uygulanacak subvansiyonlu fiyatın ilk beş yıldan sonra kademe kademe azaltılarak 10. yılda konvansiyonel santrallerden sağlanan enerji maliyeti ortalamasına getirilmesi ilke edinilmelidir.
- İç ve dış yatırımcıları destekleyecek ve yatırımcıya cazip gelecek ancak ülke çıkarlarını da korutacak ve zaman içinde koşullara göre değiştirilebilir teşvikler uygulanmalıdır.
- Rüzgar çiftliklerinin kurulması için uluslararası finansman kuruluşları kredi açmakla birlikte gerek dış kredi sağlanmasında ve gerekse düşük faizli iç kredi

temininde devlet özel kuruluşlara destek olmalıdır. Ayrıca bu tür çiftlikler için vergi kolaylıkları da getirilmelidir.

- Rüzgar santrali ve çiftliği kurulacak alanlar seçilirken alanda olabilecek diğer kullanım imkanlarıyla sıkı bir ekonomik faydalılık karşılaştırması ve çevre etki değerlendirmesi yapılmalıdır. Rüzgar çiftlikleri yer seçiminde yönergeleri içeren fiziksel planlama stratejileri geliştirilmelidir.
- Rüzgar enerjisi santrallerinden üretilecek elektriğin sisteme aktarılması ile ilgili iletim hatlarındaki kısıtlar engelini planlama yoluyla aşılmasına çalışılmalıdır.
- Rüzgar santralleri dönemine adım atılırken Avrupa ülkelerinin rüzgar çiftliklerini yenilemek için söküp satacakları küçük güçlü eski makinelere pazar olmaktan ve rüzgar çöplüğü olmaktan özenle kaçınılmalıdır.
- Rüzgar türbinlerinin yerli üretilmesi konusu bir sanayi politikası olarak ele alınmalıdır. Bu sanayinin Orta Doğu ve Orta Asya ülkelerine ihracat olanakları da araştırılmalıdır.
- Ulusal rüzgar sanayinin oluşumu için ilk kurulacak santrallerde bile paket ithal projelerden kaçınılmalı, Türkiye’de yapılabilecek parçaların yerli teknoloji ile üretilmesi üzerinde durulmalıdır.
- Rüzgar sanayine girecek özel sektör yatırımcılarına kolaylık ve özendirmeler getirilmelidir. Özellikle vergi kolaylıkları ve düşük faizli kredi sağlanmalıdır. Rüzgar türbini imalat ve inşa sanayinin onbini aşkın kişiye yeni iş olanağı sağlayacağı unutulmamalıdır.
- Rüzgar enerjisi ile ilgili Ar-Ge çalışmaları devletçe desteklenmelidir. Kamu, üniversiteler ve özel sektör tarafından yürütülen çalışmalar kişi, kuruluş ve projeler bazında belirli norma göre sınıflandırılmalı, bu konuda bilgi alış verişini sağlayacak rüzgar enerjisi veri bankası oluşturulmalıdır.
- Rüzgar enerjisi ile ilgili Ar-Ge çalışmaları için Türkiye’deki araştırma kurumlarının Uluslararası Enerji Ajansı programlarına katılımı sağlanmalıdır.
- Rüzgar türbinleri , santral donanımları, bağlantı biçimleri, rüzgar çiftliklerinin tasarımı konularında ulusal standartlar oluşturulmalıdır.

Rüzgarlı alanların yağmalanmasına ve kötü kullanılmasına olanak tanımamak için devlet arazisi içinde bulunan rüzgarlı alanlar sınırlandırılıp, belirli koşullarla rüzgar girişimcilerine açılmalıdır. Söz konusu alanlar rüzgar gücü potansiyelinin tespit edilmiş

olması ve ne kadar güçte kaç türbin kurulacağını belirlenmesi, etkin yararlanmaların yanı sıra girişimcilere de kolaylık sağlayacaktır. Bu tür devlet arazileri santral yapımçılarına amortisman ömrü boyunca ve cari fiyatlarla kiralanmalıdır. Aynı alanların tarım için değerlendirilmesi de entegre bir proje olarak geliştirilmelidir.

Ülkemizde rüzgar enerjisi alanında yeterli sayıda uzman personel bulunmamaktadır. Bu alanda çalışan personel, diğer mühendislik disiplinlerinde yetişmiş elemanlardır. Bu kişiler, rüzgar enerjisi ile ilgili doğrudan bir eğitim programından mezun olmadıkları için, konuyla ilgili uzmanlık çalışarak kazanılmaktadır. Kamu ve özel sektörde uzman personel yetiştirilmesi ile ilgili eğitim programları başlatılmalıdır. Üniversitelerin Fen Bilimleri Enstitüleri kapsamında, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ve rüzgar enerjisine ilişkin özel programlar açılmalıdır.



7. RÜZGAR ENERJİSİ UYGULAMALARI ¹²

Gelişmiş ülkeler, alternatif enerji kaynaklarına, her geçen gün, daha çok önem vermektedir. Örneğin, rüzgar enerjisi kullanımı, son on yılda, yaklaşık %25 oranında artarken, güneş pili kullanımı %300'den fazla artmıştır.Önümüzdeki on yıl için artış oranları, rüzgar için %45, güneş için ise %800 olarak tahmin edilmektedir. Ülkemizde, cumhuriyetin ilk yıllarında, pek çok konuda olduğu gibi, bu konuda da çeşitli araştırma ve çalışmalar yapılmış olmasına karşılık, sonraki yıllarda, bu sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle, çalışmalar yavaşlatılmış, yalnızca üniversitelerde laboratuvar kapsamında kalmıştır. Ancak 1970'li yıllarda baş gösteren petrol krizleri ve petrol, kömür gibi mevcut kaynakların tükenme olasılıkları, yenilenebilir enerjilerin gündeme gelmesine neden olmuştur. Dünya enerji üretiminde, ana kaynak olarak seçilen petrolün, fiyatının giderek artması ve yakın bir gelecekte (yaklaşık olarak 50 yıl) tükeneceğinin biliniyor olmasının yanı sıra, atıklarının çevreye verdiği zararın artık önlenabilir olmaktan çıkması, bütün dünyada, başta petrol olmak üzere, tüm konvansiyonel yakıtların yerine kullanılabilecek yeni enerji kaynakları aranmasına neden olmuştur. Temiz yakıt olarak kullanıma sunulan ve çevre kirliliği dahil birçok konuda çözüm olduğu savunulan doğalgaz da petrolün ardından, yaklaşık olarak 10-15 yıl sonra tükenecektir. Birçok ülkede, kirliliğe geçici çözüm olarak düşünülerek, konvansiyonel yakıtların yerine bulunacak alternatif yakıtlar dönemine geçinceye kadar kullanılması planlanan doğalgaz kaynakları , ülkemizde de tükenmiş olacaktır. Bu arayışlar sonucu; hem enerji gereksinimlerini çözmek , hem de bu konuda dışa bağımlılıklarını azaltmak amacıyla, her ülke kendi kaynaklarına yönelmiştir. Brezilya gibi geniş tarım alanlarına sahip olan ülkeler, tarımsal ürünlerin fermantasyonu sonucu elde edilen etilalkolü, otomobil yakıtı olarak kullanmaktadırlar. Deniz kıyısında bulunan ve bol rüzgar alan Kuzey Avrupa ülkeleri, kıyı ötesi rüzgar çiftlikleri kurarak, enerjilerini karşılamaktadır. Danimarka'nın hedefi; 2005 yılında tüm elektrik üretiminin %10'unun rüzgardan sağlanması yolundadır. Hollanda'da güneş pili pazarının 2010 yılına kadar 250 MWp değerine ulaşması hedeflenmektedir. Almanya'da Yeni Münih Ticaret Fuarı Merkezi'nin çatısı, Siemens Solar tarafından, dünyanın en geniş alanlı güneş pili çatısı olarak düzenlenmiştir.Çatı üzerindeki 7916 m² alana yerleştirilen 7812 adet güneş pili, yılda 1 milyon kWh elektrik üretmektedir.

¹² AES Alternatif Sistemleri Enerji Sistemleri San.ve Tic.Ltd.Şti., "Türkiye'de ve Diğer Ülkelerde Alternatif Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi", *Kaynak Elektrik*, Şubat 2001, Sayı 143, s.79.

Ülkemizde yenilenebilir kaynaklar açısından iyi bir potansiyel bulunmaktadır. Son birkaç yıla kadar, bu konu, daha çok üniversitelerin araştırma konusu olarak kalmışken, günümüzde, giderek yaygınlık kazanmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de çevre bilincinin kazanılmaya başlanması ve yaşanmakta olan enerji darboğazı nedeniyle, alternatif enerji kaynakları daha bilinçli kullanılmaya başlanmıştır; ancak, pek çok konuda olduğu gibi, alternatif enerji kaynakları konusunda da, gerekli düzenlemelerin yapılmasında gecikilmiştir. Rüzgar enerjisinden yararlanmak için kurulan rüzgar çiftliklerinin fizibilite ve proje çalışmalarının denetlenmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılabilmesi için, 10 Şubat 1992 tarih ve 92/2752 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile, Elektrik İşleri Etüt idaresi (EİE) kapsamında, Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği (European Wind Energy Association – EWEA) Türkiye Şubesi (AREB-TŞ) kurulmuştur. Ülkemizin rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, rüzgar haritasının hazırlanması, rüzgar enerjisi alanındaki teknolojik gelişmelerin izlenmesi, konuyla ilgili ar-ge çalışmalarının yapılması AREB-TŞ’nin faaliyet konuları arasındadır. Alternatif enerji kaynakları konusundaki Hükümet uygulamaları, maalesef, yalnızca rüzgar enerjisi ile sınırlı kalmıştır. Ülkemizde “Yap-İşlet” modeli ile Ege Bölgemizde, rüzgar çiftlikleri kurulmuş olup, bunlardan ilki Demirer Holding tarafından Alaçatı’nın Germiyen Köyü’nde 1.74 MW kapasite ile 1998 yılında üretime geçmiştir. AREB-TŞ tarafından Ekim 1999 tarihinde yayımlanan bültende, dönemin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Cumhur ERSÜMER tarafından açıklandığına göre, çeşitli aşamalarda çalışmaları süren güç santralleri ile kurulu gücümüz, 2005 yılından önce, yaklaşık olarak 1700 MW değerine ulaşacaktır. Ancak, rüzgar dışında diğer alternatif enerji kaynakları konusunda hükümetler düzeyinde bir çalışma, henüz yapılmamıştır.

TEAŞ, Avrupa Birliği’ne üye Akdeniz ülkeleriyle (İspanya, Portekiz, Fransa, İtalya, Yunanistan) birliğe üye olmayan Güney Akdeniz ülkelerinin (Fas, Cezayir, Tunus, Mısır, Filistin, Türkiye) ortaklaşa yürüteceği INTERSUD-MED projesine katılmıştır. Projenin amacı Güney Akdeniz ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimine entegrasyonunu sağlamak üzere ön fizibilite çalışmaları yapmaktır. Türkiye’nin öncelikli seçimi; maliyet ve potansiyel yönünden konvansiyonel enerji kaynaklarıyla en fazla rekabet edebilecek düzeyde olduğu görülen rüzgar enerjisiyle elektrik üretimi olmuştur.

Bu projenin sonucunda projeye katılan her ülkede, rüzgar türbini, güneş santrali, fotovoltaik, biyokütle santralleri ile jeotermal santrallerin kurulabilme potansiyeli, ülkelerin elektrik enerjisi ihtiyacı, altyapısı, yer bilgileri, teknolojiye yönelik imalat

kapasitesi, mevcut iş kaynağı vb. göz önüne alınarak tesbit edilecektir. Proje çerçevesinde gerçekleştirilecek iş programı, altı ayrı görevden meydana gelmektedir. Bunlar ana hatları itibarı ile aşağıda sıralanmıştır.

- Verilen yerel şartlarda yer ve teknoloji seçimi
- Güney Akdeniz ülkelerinin, elektrik üretimi açısından kurumsal yapılanmalarının analizi
- Yenilenebilir enerji kaynaklı üretim tesisleri için sisteme bağlantılarını da içeren temel mühendislik ve tekno ekonomik çalışmalar
- Ülkenin üretim tesisi imalatı ve teknoloji transferi açısından yerel endüstriyel kapasitenin saptanması
- Sosyal ve ekonomik etkilerin belirlenmesi
- Finans modellerinin geliştirilmesi

EİE İdaresi Genel Müdürlüğü'nden mevcut ölçüm istasyonlarına ait rüzgar hız ve yön değerleri satın alınmış ve temin edilen harita ve yer bilgileriyle birlikte, ilgili proje kuruluşu olan ENDESA'ya (İSPANYA) gönderilmiştir. Çalışmalar sonucu aday bölgeler arasında rüzgar çiftliği kurmaya en uygun yerlerden biri İzmir-Kocadağ seçilmiştir. TEAŞ, bu proje kapsamında yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere WASP'ı (Wind Atlas Analysis and Application Program), Danimarka'dan satın almıştır.

Gelişmiş ülkelerde devlet, alternatif enerji kullanımı özendirici teşviklerde bulunmaktadır. Örneğin ABD, Japonya, Almanya, İtalya, Hollanda vb. ülkede roof-top projeleri ile güneş pili kullanımı yaygınlaştırılmaktadır. Bireyler, evlerinin çatılarına kuracağı güneş pilleri ile ürettiği elektriği şebekeye geri vermektedir. Üstelik kullandığı elektrik enerjisi, birim fiyatının üstünde bir fiyatla kendi üretmiş olduğu elektriği devlete geri satabilmektedir. Bu uygulamaların bir önemli sonucu ise, bu sistemle elektrik üreten ailelerin enerji tasarrufu yapmaları ve bir süre sonra, ürettiği enerji ile şebekeden kullandığı elektrik ihtiyaçlarının birbirlerini dengelediğinin saptanmasıdır.

Türkiye bu gelişmelerin dışında yer alamaz. Eninde sonunda, bu sistemlere vermesi gereken önemin farkına varacaktır. Türkiye'de yapılan ve ihale edilen rüzgar enerji santralleri sanki tek alternatifmiş gibi değerlendirilmektedir. Bu da bir başka yanıltır. Türkiye bir güneş ülkesidir. Jeotermalleri şu an yararlanılabilen birkaç uygulama dışında çok yaygındır. Mikro-hidro elektrik santralleri kurulabilecek binlerce çayı, deresi, nehri bulunmaktadır. Bio-enerjinin kullanılabileceği tarım alanlarımız çok geniştir. Yeter ki, sadece önümüzdeki 3-5 yılı

kurtarmak için değil, geleceğimizi garantiye almak için bu kaynaklarımızın farkına varalım.

Önemli bir konu, Türkiye’de hükümetler düzeyinde, en üst düzeydeki yöneticiler dahil olmak üzere alternatif enerjiler konusundaki bilgi eksikliğidir. Ekonomisi giderek gelişmekte olan ve dünya ile bağları giderek güçlenen bir ülke olarak, yenilenebilir enerjiler konusunda belirlenecek devlet politikalarına gereksinimimiz vardır. Rüzgar enerjisinde bu yapılmakla birlikte, yararlanılabilecek daha çok kaynağımız bulunmaktadır.

1-11 Aralık 1997 tarihlerinde, Japonya/Kyoto’da yapılan ve 150 ülkeden gelen delegelerin katıldığı “Küresel Isınma” başlıklı toplantıda, imzalanan ortak bildirgeye göre, gelişmiş ülkeler, 2008 – 2012 yılları arasında atmosfere salacakları sera gazı düzeylerini, 1990 yılı değerlerinin %5 altına indirmiş olacaklardır. Türkiye, söz konusu toplantıya bakan düzeyinde katılan ülkelerden olup, gelişmiş ülkeler sınıfına sokulduğundan, belirtilen tarihlere kadar, sera gazı atılımını azaltmış olması gerekmektedir. Çevre bilincinin, ortak dünya bilincine dönüşmekte olduğu günümüzde, bu kararlara uymamamız, ambargo, dış ülkelere yapılan ihracata kota getirilmesi gibi ekonomik yaptırımlara neden olabilecektir. Gerek enerji sıkıntısı, gerekse çevre kaygısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına bir an önce gereken önem verilerek geç kalınmadan, devlet ve özel sektör bazında yatırımlara girilmesi gerekmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının caydırıcı olabilecek özellikleri ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşudur; ancak, karşılaştırma yapılırken dikkat edilecek değerler, çevre ve uzun vadede çözülen enerji sıkıntısı olmalıdır.

Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin, çeşitli ülkelerde kişi başına tüketimini ortaya koyan sıralamada, kişi başına 18117 kWh enerji tüketen Kanada ilk sırada gelmektedir. Sonuncu sırada kişi başına 24 kWh enerji tüketimi ile Etiyopya bulunmaktadır. Bu sıralamada, Türkiye’de kişi başına tüketilen elektrik enerjisinin, dünya ortalamasının yarısına, komşumuz Yunanistan’ın tüketiminin üçte birine eşit olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisi talebiyle ilgili yapılan çalışmalarda, 2010 yılında, Türkiye’nin talebinin karşılanabilmesi için 60 GW kurulu güç kapasitesine gerek olacağı, TMMOB Fizik Mühendisleri Odası tarafından 1996 yılında yayımlanan Nükleer Enerji Raporu’nda belirtilmektedir. Ülkenin enerji gereksiniminin karşılanmasıyla ilgili politikalar belirlenirken; dışa en az bağımlı, temiz ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılmasına öncelik verilmesi, kurulacak tesislerin çevre etkilerinin mutlaka dikkate alınması, bunların insan sağlığına ve çevreye verecekleri zararlar ve bu zararların giderilmesi maliyetlerinin değerlendirmesi gerekir.

Tablo 7.1 Rüzgar Enerjisi Santralleri

[illegible]

d) FİZİBİLİTE RAPORU DEĞERLENDİRİLEN, SÖZLEŞME GÖRÜŞMELERİ İÇİN MAKAM ONAYI ALINACAK VE DPT GÖRÜŞÜ BEKLENEN PROJELER

10	YALIKAVAK RES	ATLANTİS TİC.	MUĞLA	MUĞLA	BODRUM	7,92	7,92	GÖRÜŞ BEKL..
11	KARABURUN RES	ATLANTİS TİC.	İZMİR	İZMİR	KARABURUN	22,5	22,5	GÖRÜŞ BEKL..
12	KOCADAĞ RES	MAGE A.Ş.	İZMİR	İZMİR	ÇEŞME	26,25	26,25	GÖRÜŞ BEKL..
13	KUMKALE RES	DEMİRER HOLDİNG	ÇANAKKALE	ÇANAKKALE	KUMKALE	12,6	12,6	GÖRÜŞ BEKL..
14	MAZIDAĞ-2 RES	DEMİRER HOLDİNG	İZMİR	İZMİR	ÇEŞME	90	90	GÖRÜŞ BEKL..
15	MAZIDAĞ-3 RES	YAPISAN LTD.	İZMİR	İZMİR	ÇEŞME	39,6	39,6	GÖRÜŞ BEKL..
16	AKHİSAR RES	AK-EN A.Ş.	MANİSA	MANİSA	AKHİSAR	12	12	GÖRÜŞ BEKL..
17	AKHİSAR RES	ENDA A.Ş.	MANİSA	MANİSA	AKHİSAR	30	30	GÖRÜŞ BEKL..
18	GÖKÇEADA RES	SİMELKO A.Ş.	ÇANAKKALE	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	5	5	GÖRÜŞ BEKL..
19	BELEN RES	TEKNİK TİC.	HATY-K.MARAŞ	HATAY	BELEN	33,75	33,75	GÖRÜŞ BEKL..
20	KAPIDAĞ RES	AS MAKİNSAN A.Ş.	BURSA-BALİKE	BALİKEŞİR	ERDEK	35,25	35,25	GÖRÜŞ BEKL..
21	LAPSEKİ RES	ATLANTİS TİC.	ÇANAKKALE	ÇANAKKALE	LAPSEKİ	15	15	GÖRÜŞ BEKL..
	Toplam					329,9	329,9	
						MW	MW	

e) FİZİBİLİTE RAPORU BEKLENEN PROJELER

22	YAYLAKÖY RES	MAGE A.Ş.	İZMİR	İZMİR	KARABURUN	15	15	GÖRÜŞ BEKL..
23	ŞENKÖY RES	AKFIRAT A.Ş.	HATY-K.MARAŞ	HATAY	ŞENKÖY	12	12	GÖRÜŞ BEKL..
	Toplam					27	27	

Rüzgar enerjisinin kullanım alanları;

- Çiftlikler, villalar, dağ evleri
- Sanayi tesisleri
- Tarım sulama/pompalama sistemleri
- GSM santralleri
- Telekomünikasyon, radyo ve tv istasyonları
- Yatlar ve deniz fenerleri
- Tüm turistik işletmeler [2]

Ülkemizin enerji sorununa bir çare bulmanın diğer bir yolu da enerji üretiminin yanında enterkonnekte şebekeden talep edilen enerji miktarının azaltılmasıdır. Bu da bazı kesimlerin kendi enerjilerini kendilerinin üretmeleri ile mümkün olabilir. Sanayi kesiminin yanında tarımsal kesim de bunlardan biridir.

Rüzgar enerjisinin tarımsal amaçlı olarak kullanımı da mümkündür. Ancak büyük rüzgar türbinlerinin kuruluş maliyetinin yüksek olması nedeniyle tarım kesiminin bunları bireysel olarak kurmaları olanaklı değildir. Toplu olarak da büyük rüzgar türbinleri kurulması için henüz bir bilinçlendirme de ortaya konulmamıştır. Büyük rüzgar türbinlerinin tarım kesimine girmesinin daha uzun yıllar alacağı tahmin edilmektedir. Ancak daha küçük çaplı türbinlerin tarımsal amaçlı kullanılması ile tarımsal kesimde rüzgar enerjisi kullanımı başlatılabilir. Hem bir başlangıç hem de bir özendirme olarak bu konu ele alınmalıdır. Küçük türbinlerin maliyetinin de az olması hatta yerel atölyelerde dahi imal edilebilmesi yaygınlaştırılmasını kolaylaştıracaktır.

Rüzgar türbinine yapılan yatırımın ekonomik olabilmesi için, tesisin kurulacağı bölgenin rüzgar potansiyeli açısından uygun özellikte olması gerekir. İşletmelerin talep ettikleri toplam enerjiyi rüzgar türbininden enerji üreterek sağlayabilmeleri için bölgenin aşağıda bildirilen özellikler açısından gözden geçirilmesi gerekir.

- Bölgede, devlet meteoroloji istasyonları tarafından belirlenen yıllık ortalama rüzgar hızı değerleri de dikkate alınarak, en az 6 ay süreyle farklı yüksekliklerde yapılacak rüzgar ölçüm istasyonları
- Rüzgar türbini kurulacak arazinin topoğrafik özelliklerinin rüzgar türbini kurulmasına elverişliliği

- Yukarıdaki maddelerde belirtilenler göz önünde tutularak, belirli bir rüzgar türbininden beklenen enerji veriminin hesabı yapılmalı ve hesaplanarak bulunan enerji veriminin işletmenin toplam enerji talebini karşılayıp karşılayamayacağı değerlendirilmelidir.¹³

Seracılık gece ve gündüz aralıksız olarak enerji gerektiren bir uğraştır. Seralarda rüzgarın mevcut olduğu her zaman rüzgar enerjisinden faydalanılabilir. Rüzgarın esmediği zamanlarda diğer enerji kaynaklarından yararlanmak gerekir. Seracılıkta en fazla enerji tüketimini ısıtma uygulamaları gerektirmektedir. Isıtma uygulamaları elektriksel sistemlerle sağlanabilir. Bu durumda elektrik enerjisi ulusal şebekeden sağlanabileceği gibi rüzgar türbininden elektrik üretilerek ısıtma sisteminin çalıştırılması yoluna da gidilebilir. Rüzgar enerjisinden yararlanılabilmesi için öncelikle yörede rüzgar türbininin yerleştirilmesine uygun yerin belirlenmesi gerekmektedir. Rüzgar türbininin yerleştirileceği yer elde edilecek enerji açısından son derece önem taşımaktadır. Seranın bulunduğu yerin de göz ardı edilmemesi gerekir. Çünkü sera ile rüzgar türbini arasındaki mesafe arttıkça rüzgar türbini tarafından üretilen enerjinin nakil sorunu ortaya çıkacaktır. Seralarda ısı pompası kullanılması düşünüldüğünde ise ek bir sermaye gerekecektir. Bununla birlikte rüzgar türbininden elektrik üretilerek ısı pompasının çalıştırılması için gerekli olan elektrik enerjisinin bir kısmı temin edilebilir. Seralarda ayrıca aydınlatma, otomatik sistemlerin çalıştırılması gibi amaçlarla da rüzgar enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bu amaçlara yönelik olarak rüzgar türbininden sağlanan elektrik enerjisinin akümülatörlerde depolanması yoluna gidilebilir. Böylece rüzgarın esmediği zamanlarda da rüzgar enerjisinden yararlanmak mümkün olacaktır.¹⁴

Rüzgar enerjisinden mekanik enerji üretimi konusunda ise su pompaj sistemleri, özellikle Batı Anadolu Bölgemizde çok sayıda küçük uygulamalar şeklinde bulunmaktadır. İhtiyaç sahipleri tarafından yerel imkanlarla tasarım ve imal ettirilen bu sistemler, çok kanatlı, yatay eksenli, pistonlu, pompalı ve düşük verimlidir. Bunlar küçük ölçekli sulama işlerinde kullanılmaktadır. Çok küçük atelye imkanları ile ilkel bir şekilde imal olunan ve bazı tasarım hataları da bulunan bu sistemler, çoğu kez kısa süre işletildikten sonra devre dışı kalmaktadır.

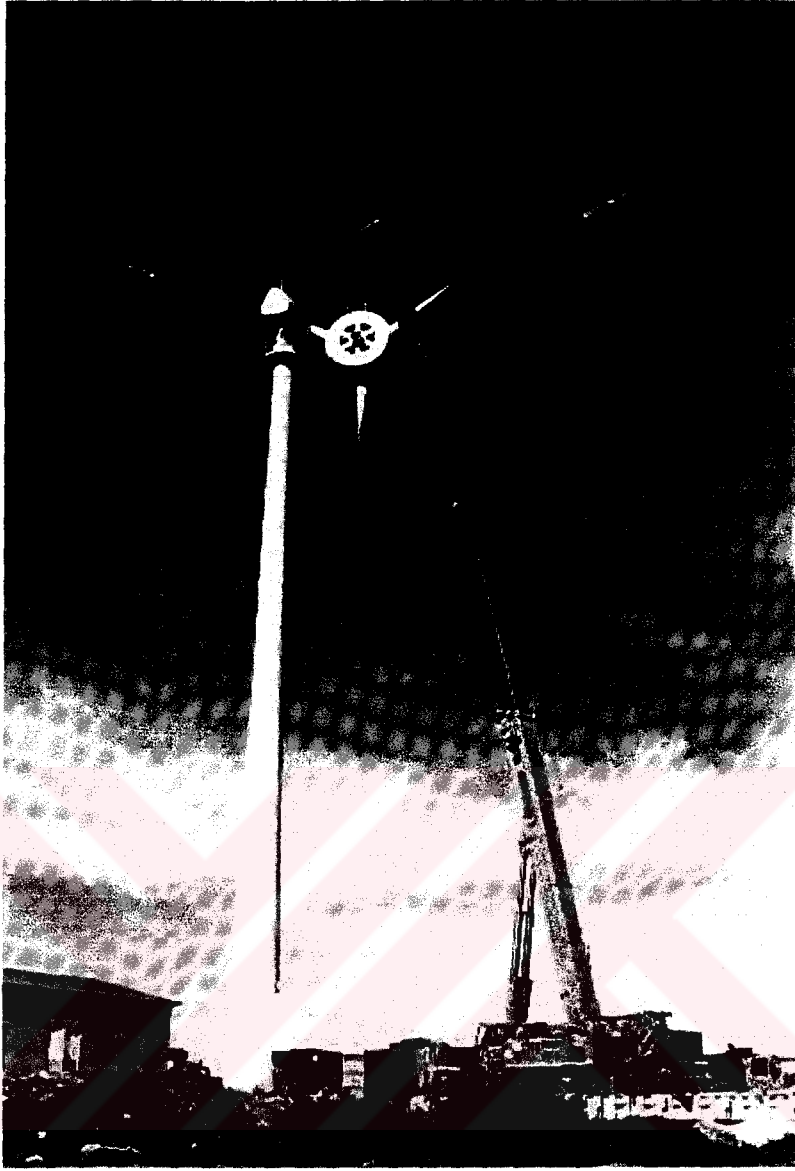
¹³ İ. Becenen ve B. Beken, "Rüzgar Türbinin Yer Seçiminde Etkili Olan Faktörler", *3eElectrotech*, 2001, s.66-69.

¹⁴ M. Durak ve B. Çaldaş, "Rüzgar Enerjisinin Tarımda Kullanımı", III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Cilt I, [İstanbul: 2000], s.365-374.

Ege ve Marmara Bölgesinde rüzgar enerjisinden küçük ölçekli sulama için, mekanik rüzgar su pompaj sistemlerine önemli oranda talep olacağı EİE Genel Müdürlüğü'nce yapılan etüt çalışmalarında saptanmıştır. Dizel su pompaj motorlarının , yakıt gerektirmesi, yakıt maliyeti ve taşıma sorunları gibi dezavantajları nedeniyle, rüzgar potansiyeli yeterli olan bölgelerde küçük çiftçilerce giderek artan bir talep beklenmektedir. Ayrıca, küçük güçlü rüzgar jeneratörleri için de talep olduğu gözlenmektedir.

Rüzgar enerjisinin su çıkarma ve drenaj işlerinde kullanıldığı tesislerin çarklarında genellikle çelik sac malzeme kullanılmaktadır. Çelik sac malzeme dışında bez ve tahta malzemeler de rüzgar türbini kanatları için kullanılabilir. Kanatlar, genellikle bükük sac palli olarak yapılmaktadır.

Su çıkarmada kullanılan rüzgar türbin tesisleri için çeşitli araçlar söz konusudur. Bunlar arasında en çok kullanılan su çıkarma aracı pistonlu pompalardır. Santrifüj pompalara, su helezonlarına ve zincirli su çıkarma araçlarına ise bu tip tesislerde daha az rastlanmaktadır. Ayrıca daha az kanadı bulunan yatay eksenli rüzgar türbin tesisleri de imal edilmektedir. 7.1 nolu şekilde su çıkarma ve drenaj işlerinde kullanılan bir rüzgar türbininin kurulumu gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Kanatlı, su çıkarma ve drenaj işlerinde kullanılan bir rüzgar türbininin tesis edilmesi

Rüzgar enerjisi, değişken özellikte bir enerji çeşididir. Bu değişken özellik nedeniyle, rüzgar türbin tesislerinde, rüzgar enerjisinin yeterli olduğu zamanlarda suyun depolanıp diğer zamanlarda kullanılması sağlanmaktadır. Bu amaçla, doğal ya da yapay depo veya havuzlar kullanılmaktadır. Bu depo veya havuzlar araziye göre yüksek bir yerde bulunmakta, böylece arazinin kolayca sulanması da sağlanabilmektedir. Bu tarzda çalışan büyük tesislerde ise, depodaki suyun yeterli olmadığı ve rüzgarın da esmediği zamanlarda, elektrik motoruyla veya termik motorla çalıştırılan pompaların kullanılması gerekmektedir.

Rüzgar potansiyeli yeterli olan yörelerde kurulan ve küçük arazi parçalarını sulamada kullanılan rüzgar türbinleri ile küçük arazilerin drenajında kullanılan rüzgar türbinleri

uygulamada tek başına kullanılabilir.

Su çıkarmada kullanılan rüzgar türbinleriyle uygun bir işletme sağlayabilmek için, bu tesislerin kurulacakları yörelerde rüzgarların yılın en az %60'ında minimum 2,2 m/s rüzgar hızı ile esmesi gerekmektedir.

Tarımsal amaçlı olarak elektrik üretimine yönelik rüzgar türbinleri 2-3 veya 4 kanatlı olarak yapılmaktadır. Kanat yapımında, son yıllarda fiberglas malzeme kullanılmaktadır. Ayrıca tahta bazen de alüminyum malzeme de kullanılabilir.

Bu rüzgar türbinleri, çoğunlukla doğru akım jeneratörlü olarak yapılmaktadır. Rüzgar enerjisinin değişkenlik özelliğinin sakıncasını ortadan kaldırabilmek için, rüzgar enerjisinden yararlanarak çalışan ve doğru akım veren tesislerde, doğru akım jeneratöründen üretilen elektrik enerjisinin depo edilmesi yoluna gidilmektedir. Böylelikle, normalden az olan güçlerin neden olduğu verim fazlalığıyla karşılaşılmaktadır. Uygulamada, daha çok, elektrik enerjisinin depolanması için akümülatör bataryalarından yararlanılmaktadır.

Rüzgar enerjisinden yararlanılarak bir yerin ısıtılması ve sıcak su hazırlanması mümkündür. Bu amaçla, ısı pompalarını çalıştırabilmek için rüzgar türbinleri kurulabilmektedir. Bu tip tesislerde, rüzgar türbinleri ısı pompasının devresinde bulunan kompresör için gerekli olan işletme enerjisini sağlamaktadır.¹⁵

İş makineleri dışında kalan ve sabit olarak işleyen yem kıyma, yem kırma, odun kesme vb. makinelerin çalıştırılmasında kullanılan rüzgar türbin tesisleri de mevcuttur. Bu amaçla kullanılan rüzgar türbin tesisleri, fazla yaygın değildir. Modern makine ve tesislerin geliştirilmesiyle, bunların gerçekte az olan kullanım alanları daha da azalmıştır.

¹⁵ A. Aybek, S. Arslan, K. Atik ve E.Yıldız, "Isı Enerjisi Üretimi İçin Bir Rüzgar Türbini-Isı Pompası Prototipinin Geliştirilmesi", Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı[Erzurum: 2000],s.412-418.

8. RÜZGAR ENERJİSİ İLE DİĞER ENERJİ KAYNAKLARININ MALİYET ANALİZİ

Yeryüzünde mevcut bütün enerji kaynaklarının kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesi o kaynağın kendine özgü niteliği, zenginliği ve cinsine göre değişmektedir. Bu kaynakların kimine ulaşmak için çok büyük masrafları göz önüne almak gerektiği gibi hiçbir maliyet gerekmeden ulaşılabilen kaynaklar da mevcuttur ancak bu kaynakların her birini işlemek için ayrı bir yol ve bu yolun da ayrı bir maliyeti mevcuttur.

Dışa kapalı, planlı ekonomilerde enerji üretimi çoğu zaman “Olmazsa olmaz” zihniyeti ile çok fazla derinlemesine inilip maliyet/fayda analizleri yapılmadan hemen erişilebilir ve üretim teknolojisi hazır kaynaklara dayandırılabilir. Ancak dünya genelinde bütün ülke ekonomilerinin ister istemez liberalleşmeye (serbest piyasa ekonomisine) doğru gittikleri 1990’lı yıllardan beri elektrik üretimi için kullanılan enerji kaynaklarının çok detaylı fiyat/maliyet analizleri yapılarak toplam maliyeti en düşük olan enerji kaynaklarına doğru bir yönelme olmuştur.

Bu gelişim içinde devletlerin rolü hangi enerji türünün kullanılacağından ziyade, hangi enerji türünün kullanımının desteklenmesi ve hangi üretim enerjisi türünün teknolojisinin hükümet destekli bilimsel araştırma ve geliştirme çalışmaları ile ilerletilmesi yönünde olmuştur.

Liberal ekonomilerde mevcut risklerden biri de ticari şirketlerin yalnızca kendi gelir ve giderleri ile ilgilenmesi, dolayısıyla çevrelerine veya bulundukları sektöre verdikleri zararları göz önüne almamalarıdır. Bu bağlamda hükümetlerin üstlendikleri rolün getirdiği sorumluluk kesinlikle geçmişteki karar verip, uygulayan taraf rolünden daha az değildir. Liberal ekonomilerdeki bu başıboşluk riskini, tarafsız ve objektif bir oyuncu olarak devletin bertaraf etmesi, diğer bir deyişle ekonomik faaliyetlerdeki bütün ilgili tarafların ne oran ve ne şekilde zarar veya fayda gördüğünün belirlenerek maksimum fayda sağlayacak faaliyetlerin desteklenmesi ve bu faaliyetlerin kurallarının koyulması beklenmektedir. Devletin bu rolü üstlenmek istememesi veya bu rolünü layıkıyla yerine getirememesi durumunda liberal ekonomilerin o toplumun insanlarına fayda getirmesi mümkün olamamaktadır.

Mevcut kaynakların elektrik enerjisine dönüştürülmesi için gereken masrafları dört ana başlık altında toplayabiliriz.

- **Sermaye ve Sermayenin Maliyeti:** Mevcut teknolojiye göre tesis edilmesi gereken santralin ve bu santralin inşaatı için gerekli olan finansmanın fiyatı (faizi, geri

ödeme planı, vadesi v.s.)

- **İşlenecek Kaynağın Maliyeti:** Enerji kaynağının erişebilirliğine, kullanıma uygun hale getirilebilmesine bağlı olarak değişen giderler.
- **İşletme Maliyeti:** Mevcut tesislerin bakım, onarım ve işletmesi için karşılanacak giderler.
- **Dış Maliyetler:** Direk olarak üretim veya tesisle ilgisi olmayıp çevreye ve/veya enerji sektörüne veya diğer sektörler verilecek zararlar ile ilgili masraflar.

8.1 Muhtelif Enerji Kaynaklarının Maliyet Analizleri ¹⁶

Maliyet analizlerinin ekonomik istikrarın sağlandığı ve dolayısıyla finansman paketlerinin tutarlı ve istikrarlı olduğu ülkeler dikkate alınarak yapılmasında büyük fayda vardır. Aksi takdirde bugün için yapılan maliyet analizinin ileriye dönük bir planlama için kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda Avrupa Birliği üyesi ülkelerdeki maliyet analizlerinin dikkate alınması daha sağlıklı neticeler verecektir.

Avrupa Birliği genelinde kömür, gaz, hidrolik, linyit ve petrolden elde edilen elektrik enerjisi üretim fiyatları çok çeşitlilik arz etmektedir. Herhangi bir enerji kaynağı için tek bir fiyat verebilmek mümkün değildir. Termik ve hidrolik kaynaklardan elde edilen enerji fiyatlarını sıkça belirleyen en önemli faktörler olan faiz oranları ve amortisman süreleri kurumsal oluşumlara göre değişmesine rağmen tesis ve kullanılacak yakıtın maliyeti de önemli bir rol oynamaktadır. Nükleer ve kömür endüstrilerine sağlanan devlet desteği gerçek üretim maliyetlerinin gözüktüğünden daha fazla olduğunu göstermektedir.

Örneğin, Almanya’da kömürün ocak çıkış fiyatı dünya piyasasındaki fiyatın üç katıdır. Dolayısıyla kömürden sağlanan enerji üretiminin gerçek fiyatı kilowatt saat başına 9cECU daha fazladır. (Esasen üretim tesisleri bu yüksek fiyatı ödemiyecekler ancak kömür endüstrisine vergi mükelleflerinin parasıyla yıllık 7400 milyon EUR’luk destek yapılmaktadır. Bu klasik bir “gizli” veya “dış” maliyet örneğidir.) Büyük kombine-dönüşümlü gaz türbinleri maliyetleri İngiltere ve diğer yerlerde yoğun rekabet sonucu düşmektedir. Ancak gaz fiyatları artmaktadır. İleride bütün kömür santralleri desülfürizasyon gaz bacası santralleri ile

¹⁶ “Wind Energy in Europe-The Facts” Volume II, Price, Cost and Values, European Comission Directorate General for Energy, 1999, p.12-13

donatılacak ve emisyonlar üzerine getirilen artan orandaki kısıtlamalar tesis maliyetlerini artıracaktır. “Temiz kömür” teknolojisi ilerlemektedir ancak kısa vadede üretim fiyatlarında büyük değişiklikler beklenmemektedir.

Nükleer enerji fiyatı ve maliyeti eskiden beri bir tartışma konusudur. Burada önemli bir husus, bir seri Basınçlı Su Reaktörüyle “olgun” tesis (en popüler tesis seçeneği) maliyeti ile çok yüksek bedeli olan “ilk defalık” maliyet ile aradaki farktır. Fransa dışında, nükleer santral “üretim akışları” pek görülmemektedir. Dolayısıyla nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretim fiyatları çok büyük farklılıklar göstermekte ve 1995 yılındaki İngiliz Hükümeti verilerine göre 5.2-8.5 cECU/kWh olmaktadır.(1990 yılı fiyat seviyesine göre)

8.1.1 Rüzgar Enerjisi Maliyet Analizi¹⁷

Rüzgar enerjisi mevcut üretim teknolojileri ile kilowatt başına yüksek sermaye gerektiren ancak yakıt ve işletme maliyeti en düşük olan bir enerji kaynağıdır. Yoğun sermaye gerektiren her yatırımda olduğu gibi Rüzgar Enerjisi Santrallerinin karlılığı sermayenin fiyatına, yani tesislerin özsermaye ve kredi finansman koşullarına çok duyarlıdır. Örneğin faiz, geri ödeme planı ve vade gibi unsurlar kredi finansmanının maliyetini belirlediği gibi tesis amortisman dönemi ile özsermaye geri ödeme süresi de özsermaye finansmanının maliyetini etkilemektedir. Avrupa Komisyonunun hazırladığı rapora göre Avrupa Birliğine üye ülkelerin Rüzgar Enerjisi için finansman koşulları kimi zaman uygulamaya konan kanunlar ile çok büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Örneğin tesislerin amortisman dönemi İngiltere’de Fosil Yakıt Olmayan Yakıtlar Yükümlülüğünün (Non Fossil Fuel Obligation-NFFO) kabulünden sonra uzatılmıştır. Dolayısıyla özsermaye maliyeti önemli ölçüde düşürülmüştür. Bu rapora göre Tablo 8.1’deki finansman koşullarına göre oluşan rüzgar enerjisi maliyetleri Tablo 8.2’de verilmiştir.

¹⁷ “Comparative Air Emissions of Wind and Other Fuels”, American Wind Energy Association, 2000,p.35.

Tablo 8.1 Rüzgar Enerjisi İçin Kredi Finansman Koşulları

Ülke	Faiz Oranı	Vade
Danimarka	%7	20 yıl
Almanya	Değişken %5üstü	10 yıl
Hollanda	%5	
Portekiz	%10	
İngiltere	Girişimci belirliyor	15 yıl

Tablo 8.2 Rüzgar Santrali Maliyeti

Santral	Sermaye Maliyeti ECU/Kw	Yakıt Maliyeti cECU/kWh	İşletme Maliyeti cECU/kWh
Rüzgar	1000	0	1

Amerikan Rüzgar Enerjisi Birliğine göre bir çalışmada rüzgar santralleri gaz santralleriyle aynı koşullarda finanse edilebilse maliyetlerin %40 düşebileceği hesaplanmıştır.

Ülkemizde kullandırılan kredi faizleri ve vadelerinin dış kaynaklı kredi bile olsa hem ABD’de kullandırılan ve hem de Avrupa Birliğine üye ülkelerde kullandırılan kredilerden daha kötü koşullarla sağlandığı, dolayısıyla Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Sermaye Maliyetinin daha yüksek olacağı bir gerçektir.

Yukarıdaki açıklamalardan da görüldüğü gibi iyi finansman koşullarıyla Rüzgar Enerjisi Santralleri, Gaz, Hidrolik, Kömür, Biomas ve Nükleer Enerji Santrallerine göre dış maliyetler göz önüne alınmasa bile çok daha ucuzdur.

Rüzgar enerjisi sektöründeki teknolojik gelişmelerin mevcut hızıyla devam etmesi halinde ileride Rüzgar Enerjisi Santrallerinin maliyetlerinin önemli ölçüde düşmesi beklenmektedir.

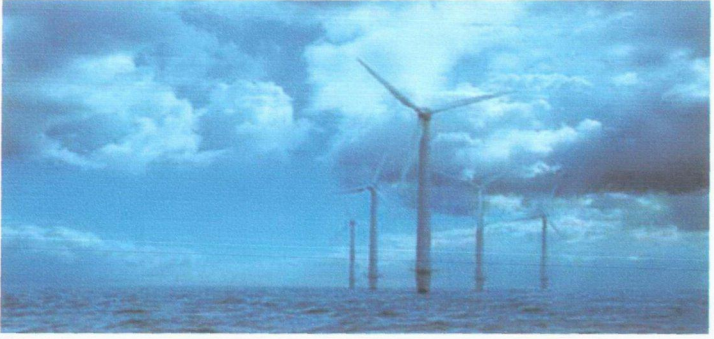
Dış maliyetler direk olarak üretim veya tesisle ilgili olmayıp, çevreye, enerji sektörüne veya diğer sektörler verilen zararların maliyetidir. Bu bağlamda enerji santrallerinin mevcut dış maliyetlerini iki ana başlık altında toplayabiliriz:

- **İnşaat Alanı:** Her enerji santralinin işgal edeceği bir toprak parçası vardır. Bu alanın diğer amaçlarla kullanımının, enerji santrali olarak kullanımından daha faydalı olması durumunda bir dış maliyet oluşmuş demektir. Aynı şekilde enerji santraline tahsis edilecek alan üzerinde daha önceden yapılan faaliyetlerin iptal edilmesi de çok ciddi bir dış maliyet unsurudur.

Genellikle Rüzgar Enerjisi santralleri, rüzgarın çokluğu sebebiyle çıplak ve yüksek tepe ve tepeciklere kurulmaktadır. Bu tepeler ancak küçük ekonomik faaliyetle, hayvancılık veya tarımsal faaliyetler için kullanılabilen yerlerdir. Genel olarak rüzgar enerjisi santralleri için dikilen türbinlerin her biri en fazla 100 m²'lik bir alan kaplamaktadırlar. Her bir türbinin birbirlerinden uzaklıkları ise kanat çapına ve rüzgar rejimine bağlı olarak 50 ile 200 metre arasında değişmektedir. Rüzgar türbinleri arasında kalan arazinin ise başka faaliyetler için kullanılmasında hiçbir sakınca yoktur. Nitekim bu alanların tarımsal ve hayvancılık faaliyetleri için sıkça kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca dünya genelinde Rüzgar Santrallerinin faaliyetleri için Offshore tabir edilen deniz üstünde kurulan tipleri oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu durumda santral inşaatı için alan kaybı söz konusu bile olmamaktadır.



Şekil 8.1 Rüzgar Türbinleri Arazisi Üzerinde Hayvancılık Faaliyetleri



Şekil 8.2 Offshore Rüzgar Santrali Tipi

Hidroelektrik Santrallerin barajlı tiplerinde ise gövde önünde oluşturulan yapay göl yüzünden ne kadar büyük bir alanın kaybedildiği herkesçe bilinmektedir. Bu alanda daha önceden yapılan ekonomik faaliyetler ve varsa yerleşim yerleri hatta tarihi değeri sebebiyle paha biçilemeyen arkeolojik varlıklar da tamamen baraj gölünün altında kalmakta ve çok büyük bir dış maliyet ile karşılaşmaktadır. Bu alanların başkaca ekonomik faaliyetler için kullanılması gibi bir alternatif de ortadan kalkmaktadır. Maalesef hidroelektrik santrallerin inşaat maliyetinde bu husus genellikle dikkate alınmamaktadır.

Termik veya nükleer enerji santrallerinde ise genellikle inşaat alanının kaynağın bulunduğu yere yakın olmasına veya inşaat konusunda kolaylık sağlayabilecek alanların seçimine dikkat edilmektedir. Bu aşamada da söz konusu yerlerde daha önceden yapılan faaliyetler ile bu alanların başka amaçlarla daha faydalı kullanımı olabileceği konusu pek dikkate alınmamaktadır.

- **Çevresel Etkiler:** Kimi enerji santrallerinde kullanılan yakıtlar, atmosfere veya çevresine düzenli olarak atık maddeler bırakmaktadır. Bu maddelerin santralin yakın ve uzak çevresine verebileceği olumsuz etkiler birer dış maliyet unsurudur. Ayrıca enerji santralinde olabilecek doğal felaketler veya arızalar sebebiyle çevreye verilebilecek zararların da riskini çevredeki doğal yaşam veya tesisler taşımak zorundadır. Bu riskin sigorta şirketlerince taşınması durumunda belirli bir prim ödenmesi gerekmektedir. Bu risk primi de diğer bir dış maliyet unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kömürü çıkarmak için yapılan madencilik çevreyi tahrip eder, toprak kaymalarına neden olabilir ve suları kirletir.

Petrol çıkarma sırasında ise yer altı suları kirlenebilir. Tankerlerden akan petrol, deniz yaşamı ve kıyılara büyük zararlar vermektedir.

Büyük hidrolik santrallerin altında çürüyen bitkiler sera gazlarının artmasına neden olmaktadır. Bunlardan çıkan metan gazı, dünya sıcaklığının artması açısından karbondioksitten 50 kat daha etkilidir.

Nükleer santrallerin işletmesi sırasında ve santralin ömrünün sonunda ortaya çıkan nükleer atıkların saklanması büyük sorun yaratmaktadır.

Klasik bir termik santral için çevre maliyetinin en az 1-2 cent/kWh olduğu hesaplanmaktadır.

Rüzgar enerjisi santrallerinde oluşabilecek tek çevresel etki olarak gürültü gösterilmektedir. Ancak rüzgar enerjisi santralleri, rüzgar rejimine bağlı olarak, genelde yerleşimin olmadığı veya rakım farklılıkları sebebiyle gürültünün etkilerinin daha az hissedildiği yerlerde kurulmaktadır. Diğer yandan türbin teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda gürültü emisyonları gün geçtikçe düşürülmekte ve hatta türbinlerden 150-200 metre uzaklıkta 40dB (Fısıltı seviyesi)'nin altına inilmektedir. Dolayısıyla gürültü etkisiyle oluşacak bir çevresel kirlenme Rüzgar Enerjisi Santralleri için göz ardı edilebilecek orandadır.

Rüzgar santralleri dışındaki santrallerin emisyon miktarları ile risk primlerinin toplamının kilowatt saat başına ne kadarlık bir maliyet getireceğinin hesaplanması oldukça zordur. Örneğin Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde kömür santrallerinden kWh başına 1.6 cECU, gaz ile çalışanların 0.8 cECU ve nükleer enerji ile çalışan santrallerden de 0.7 cECU ek vergi toplanması düşünülmektedir.

Dolayısıyla rüzgar enerjisi hariç diğer enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin maliyeti göz önüne alınırken en azından 0.7 ile 1.6 cECU/kWh'lık bir dış maliyetin varlığı göz önüne alınmalı ve yukarıdaki bölümlerde verilen enerji maliyetlerine eklenmelidir. Türkiye şartları dikkate alındığında (yakıt kalitesi ve teknoloji düzeyi) bu dış maliyetin 2-2.5 cECU/kWh'dan az olmaması beklenmelidir.

8.2 Rüzgar ve Kömür Santrallerinin Maliyet Karşılaştırması (Gökçeada Örneği)¹⁸

Rüzgardan enerji üretme konusunda geniş tecrübeleri olan ülkelerde, uygun yerlere inşa edilen rüzgar çiftlikleriyle elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti, kömür kaynaklı termik santrallerle aynı mertebededir. Yıllar ilerledikçe rüzgar enerjisinin daha yaygın ve sürekli kullanımı ile kazanılacak tecrübeler sonucunda, üretilen enerjinin birim fiyatlarının daha da azalması beklenmektedir.¹⁹

Alternatif enerji kaynağı olarak kavramsal bir rüzgar çiftliğinin kurulması düşünülen Gökçeada, Türkiye'nin kuzey-batı sahilinde Çanakkale ili sınırları içerisinde yer alan bir adadır. Adanın boyutları kuzey güney yönünde 12 km, doğu-batı yönünde ise 29 km olup, kapladığı toplam alan yaklaşık 289 km² 'dir. Adada yapılan başlıca ekonomik aktiviteler balıkçılık, hayvancılık, tarım (özellikle bağcılık) ve turizmdir. Bu nedenle, adanın bazı bölümleri özel koruma alanı olarak ilan edilmiştir. Örneğin; Kilitbahir yerleşim yeri olarak, Aydıncık limanı doğal güzelliklerin korunması amacı ile, Kaleköy Kalesi, Necropolis ve Pirgoz manastırları ise arkeolojik değerlerinden ötürü koruma altına alınmışlardır.²⁰

1 yıl içinde Gökçeada'da ölçülen ortalama saatlik rüzgar hızı 6,7 m/s'dir. Bu değer, rüzgar çiftlikleri için gerekli olan yıllık ortalama hızdan (5.0 m/s) daha yüksektir. Aynı şekilde, rüzgar hızının 3 m/s'ye eşit veya daha az ölçüldüğü günler olarak tanımlanan durgun hava, adada yaşanmazken; 5 m/s'ye eşit veya daha az rüzgar hızları ise yılda sadece 20 saat ile sınırlı kalmıştır. Ek olarak, bu adada fırtına veya don olayına rastlanmamıştır. Bu bağlamda, Gökçeada'da hüküm süren iklim şartları, rüzgarın elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanımını elverişli kılmaktadır.

Önerilen rüzgar çiftliği sisteminde her biri 400kW'lık nominal güce sahip 100 adet ünite olacaktır. Böyle bir sistemden elde edilecek tahmini enerji, değişik yaklaşımlarla hesaplanabilmektedir. Bu çalışma çerçevesinde iki basit yaklaşım kullanılmıştır. İlk metodla bulunacak yıllık enerji üretimi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır;

¹⁸ N. Tokinan, "A Study on the Feasibility of Wind Electricity Generation: The Case of Gökçeada", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara, 1996, s.67.

¹⁹ A. Garrad, "A plan of Action – Wind Energy in Europe", Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği, Roma, 1991, s.38.

²⁰ T.C. Orman Bakanlığı, "Milli Parklar ve Yaban Hayatı", Ankara, 1993, s.19

$$E = 8.760 \times P \times [V/V_R]^3 \times C \quad (1)$$

P : Ünite başına düşen nominal güç

V : Saatlik veriler sonucunda elde edilen yıllık ortalama rüzgar hızı

V_R : Nominal güç için gerekli en uygun rüzgar hızı

C : 1,0-1,6 arasında değerler alabilen bir sabit değer

Bu formülde sözü edilen değişkenlerin değerleri yerleştirilip ($V = 6,7$ m/s, $P = 400$ kW, $V_R = 13$ m/s) C sabiti 1,5 alındığında, türbin başına düşen yıllık enerji üretimi yaklaşık 720 MW saat/yıl bulunur.

İkinci yaklaşım, ortalama yük faktörleri üzerine kurulmuştur. Bu yaklaşımda, bir rüzgar türbininin ortalama %20 yük faktörü ile çalıştığı ve çalıştığı zamanın %20'sinde tam kapasite ile enerji ürettiği kabul edilmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda, türbin başına düşen yıllık enerji üretimi, türbinin nominal gücünün ($P = 400$ kW) 1.752 saat/yıl olarak bulunmuştur. Bu değer ilk yaklaşım sonucunda elde edilen 720 MW saat/yıl ile karşılaştırılabilir düzeydedir.

Türbinlerin enerji üretimleri başka yaklaşımlarla da hesaplanabilmektedir. Ancak, kullanılan yaklaşımdan bağımsız olarak dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, rüzgar hızı ölçümleri esnasında yapılması muhtemel hatalardır.

100 adet türbini olan bir rüzgar çiftliği sistemi için, yıllık toplam enerji üretimi 70000 MW saat/yıl'dır. Bu değer, adanın bir yıl içindeki enerji ihtiyacının yaklaşık olarak 5 katına eşittir. Bu değerlerden yola çıkarak, söz konusu rüzgar çiftliğinin Çanakkale iline ait enerji ihtiyacının 2015'te %5'ini karşılayabileceği görülmektedir. Böyle bir kullanım durumunda, rüzgardan üretilen elektrik enerjisinin değişken yapısından doğabilecek enerji dalgalanmaları, enterkonnekte sistem aracılığıyla giderilebilecektir.

Enerji kaynağı olarak işletilen her sistem, kendine has yararların yanı sıra, dolaylı ve dolaysız maliyetleri de beraberinde getirmektedir. Rüzgar ve kömür gibi iki farklı enerji kaynağının maliyet karşılaştırması yapılırken meydana gelebilecek tüm fayda ve maliyetler hesaba katılmalıdır. Çevresel ve sosyal maliyetler günümüzde yapılan birçok maliyet analizine dahil edilmediklerinden enerji kaynaklarına ait net değer hesaplarında kullanılamamaktadır. Bu da, çevre dostu olan rüzgar enerjisi gibi kaynakların maliyetlerinin tam ve doğru olarak yansıtılmasına engel teşkil etmektedir.

Rüzgar enerjisi, yerel ve küresel çevresel etkiler yaratabilecek (asit yağmurları ve küresel

ısıtma gibi) kirletici emisyonlardan uzaktır. Rüzgar alternatifi aynı zamanda, ülkenin ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltıp, sınırlı olan fosil yakıt kaynaklarının da korunumunu sağlar. Kömüre dayalı elektrik üretimi, neden olduğu sosyal ve çevresel maliyetlerin (örneğin hava kirliliği ve yabancı ülkelere olan bağımlılık) hesaba katılması suretiyle rüzgar enerjisi ile karşılaştırıldığında daha pahalıdır. Bir örnek olarak, bu tür maliyetler dikkate alındığında, kömür alternatifinde, toplam maliyet en fazla 4,1 c/kWsaat iken, bu değer rüzgar enerjisi tercih edildiğinde 0,2 c/kWsaat'e kadar düşmektedir.

8.2.1 Enerji İçin Üretim Maliyeti ²¹

Burada, Gökçeada'da kurulan rüzgar çiftliğiyle, Çan-Lapseki'ye kurulan termik santralin maliyet ve çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Çan-Lapseki'deki santral, yöredeki kömür rezervlerini kullanarak 2x150 MW'lık kapasite ile elektrik üretir.

Sözü edilen iki sistemin karşılaştırılması, iskonto edilmiş bugünkü değer (NPV) bazında yapılmıştır. 1 kWsaat'lik enerjinin sabit üretim maliyeti değerini (LPC) hesaplamak amacıyla ise her iki sistemdeki enerji üretim maliyetlerinin iskonto edilmiş bugünkü değerleri, ürettikleri enerji miktarlarının iskonto edilmiş bugünkü değerlerine oranlanmıştır. Bu oran hesaplanırken sistemlerin ekonomik ömürleri dikkate alınmıştır. ²²

1 kWsaat'lik elektriğin LPC değeri, toplam maliyetlerin iskonto edilmiş bugünkü değerinin (NPV), net olarak kullanılabilen enerji değerine (NUE) oranıdır.

$$LPC = NPV/NUE \quad (2)$$

NPV Değerinin Hesaplanması: Ön yatırım maliyeti ile yıllık maliyetlerin toplamının iskonto edilmiş bugünkü net değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$NPV = I + \sum (OM_t + SC_t EC_t FC_t RC_t) \times (1+r)^{-1} - SV_x(1+r)^n \quad (3)$$

I : Sistem çalışmaya başlamadan önce yapılması gereken ön yatırım

OM_t : t yılındaki işletim ve onarım maliyetleri

²¹ N. Tokinan, "A Study on the Feasibility of Wind Electricity Generation: The Case of Gökçeada", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara, 1996, s.55

²² J.O. Tande and R. Hunter, " Estimation of Cost of Energy from Wind Energy Conversion Systems", Dünya Enerji Konseyi, Washington DC, ABD, 1994, p. 56

SC_t : t yılındaki sosyal maliyetler

EC_t : t yılındaki çevresel maliyetler

FC_t : t yılındaki yakıt maliyeti

RC_t : t yılındaki retrofit değeri

SV : Sistemin ömründen sonraki hurda değeri

r : Uygun iskonto oranı

n : Sistemin ömrü

İskonto oranı, r , ödenen miktar oranı (l) olan değerin enflasyon oranını (i) geçtiği değer olarak belirlenir.

$$+ r = (1+l/1+i) \quad (4)$$

NUE Değerinin Hesaplanması:

$$NUE = \sum AUE_t \times (1+r)^{-1} \quad (5)$$

AUE_t : t yılında sistemde üretilen enerjinin kullanılabilen bölümü

$$AUE_t = \sum ANE_t \times K_{lost} \times K_{util} \quad (6)$$

ANE_t : t yılında net enerji üretimi

K_{lost} : t yılında oluşabilecek dağıtım kayıpları

K_{util} : t yılında kullanılan enerji miktarı

Rüzgar Enerjisi ve Kömür İçin LPC Hesabı: Rüzgar enerjisi ve kömür için LPC değerleri hesaplanırken yukarıda belirtilen formüller uygun değerlerle kullanılmıştır.

Rüzgar enerjisi için oranlar ABD Doları (\$) bazında alınmış; iskonto oranı ' r ' %2, enflasyon oranı ' i ' yaklaşık %8 ve ödenen miktar oranı ' l ' ise %10 olarak kabul edilmiştir. Ancak, kömürdeki birim artış fiyatının ($i' = \%15$) enflasyon oranından farklı olması sebebiyle, kömür alternatifinin yakıt maliyetlerine ait bugünkü net değerler hesabında kullanılan iskonto oranı (r'),-(%4)'e ayarlanmalıdır.

Rüzgara dayalı elektrik enerji üretimi alternatifi için hesaplanan değerler değişik kaynakların yanı sıra, kişisel değerlendirmelere ve uzman görüşlerine de başvurularak elde edilmiştir. LPC hesabında kullanılan değerler Tablo 8.3'te verilmiştir.

Tablo 8.3 LPC Hesabında Kullanılan Değerler

Parametre	Rüzgar Çiftliği	Kömür Kaynaklı Termik Snt.
i (%)	4	4
i' (%)	-	5
l (%)	8	8
r (%)	3,8	3,8
r' (%)	-	2,9
n (yıl)	20	30
K_{lost}	0,95	0,95
K_{util}	1,00	1,00
ANE (MWsaat/yıl)	220.000	360.000
AUE (MWsaat/yıl)	209.000	342.000
NUE (MWsaat/yıl)	2.891.348	6.060.172
I (M\$)	113,07	128,89
OM (M\$/yıl)	3,37	3,58
FC (M\$/yıl)	-	6,23
RC (M\$)	16,92	-
SV (M\$)	2,79	-
NPV (M\$)	170,02	316,03
LPC (c/kWsaat)	5,88	5,21

Her iki maliyet için elde edilen maliyet dökümü Tablo 8.4'te görülmektedir. Bu tablodan da anlaşılacağı gibi, kömür kaynaklı termik santralin ön yatırım maliyeti 352 M\$, işletim ve onarım maliyeti 10,6 M\$/yıl, yakıt maliyeti de 36 M\$/yıl olarak kabul edilmiştir.

Retrofit ve hurda maliyetleri ise kayda değer bulunmamıştır. Rüzgara dayalı sistem için net olarak kullanılabilen enerji (NUE) değeri, yıllık enerji üretimi 220000 MW saat ve muhtemel çalışma ömrü 20 yıl kabul edilerek, 2891348 MWsaat olarak hesaplanmıştır. Aynı değer kömür sistemli alternatif için, 6000 saat/yıl'lık bir çalışma periyodu, 360000 MWsaat/yıl'lık enerji üretimi ve 30 yıllık bir çalışma ömrü olduğu varsayılarak, 6060172 MWsaat bulunmuştur.

Tablo 8.4 İki Alternatif için Hesaplanan Maliyet Dökümü

Maliyet	Rüzgar Çiftliği	Kömür Kaynaklı Termik Santral
Ön Yatırım Maliyeti	40 M\$	352 M\$
İşletim ve Onarım Maliyeti	1,2 M\$	10,6 M\$
Rehabilitasyon Maliyeti(10 yılın sonunda)	6 M\$	-
Hurda Değer(20 yılın sonunda)	1 M\$	-
Çevresel ve Sosyal Maliyetler	-	5 c/kWsaat
Yakıt Maliyeti	-	36 M\$/yıl

9. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİ SANTRALLARININ YASAL ve EKONOMİK YAPISI²³

Halihazırda rüzgar enerjisi santralleri için (RES) ilgili özel bir yasal yapı mevcut değildir. Ancak Aralık 1984'de yayımlanan 3096 sayılı yasa ve bununla ilgili Ağustos 1995'te yayımlanan 85/9799 numaralı yönetmelik (düzenleme Nisan 1996) çerçevesinde özel şirketler elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım projelerini gerçekleştirebilmektedir. 85/9799 numaralı yönetmelik ETKB'nin 3096 sayılı yasanın 4.maddesine göre yatırımcı şirketlere sağladığı santral kurma ve belli bir süre için işletme izinlerinin detaylarını vermektedir. Böylece YİD modeline göre gerçekleştirilecek projelerin yasal temelleri oluşturulmuştur. Bu; hidro, termik, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi projelerini de kapsamaktadır.

Bu yönetmelik aynı zamanda otoprodüktör veya otoprodüktör gruplarının kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve fazla üretimlerini TEAŞ veya TEDAŞ'a satmak üzere santral kurmalarına izin vermektedir.

Bu durumda, özel sektör tarafından gerçekleştirilecek rüzgar enerjisi projeleri YİD veya otoprodüktör şeklinde olabilmektedir.

Otoprodüktör RES'lerde yatırımcı genellikle yatırım tutarının tamamını özkaynaktan finanse etmektedir. YİD modelinde ise, projenin bir kısmının finansmanı özkaynaktan; kalan kısmı da kredi olarak finanse edilmektedir.

YİD modelinde yüksek yatırım maliyeti ve gelişmiş teknoloji gerektiren belli başlı yatırım ve servislerin gerçekleştirilebilmesi için Haziran 1994'te 3996 sayılı yasa çıkarılmıştır. Bu yasa enerji projelerini de kapsadığından ortaya enerji projelerinde uygulanabilecek iki yasa çıkmıştır. Bu ikilemi ortadan kaldırmak için Kasım 1994'te 4047 sayılı yasayla enerji projeleri 3996 sayılı yasa kapsamından çıkartılmış ancak 3096 sayılı yasaya göre yapılacak projelerin ETKB'nin izniyle 3996 sayılı yasanın belli koşullarından yararlanması sağlanmıştır.

3996 ve 4047 sayılı yasaların enerji projelerine sağladığı avantajla bazı gümrük ve benzer giderlerin muafiyeti, servis alımlarında maliye garantisi ve YİD projelerinin taviz kategorisinden çıkarılmasıdır.

²³ 3096 sayılı Kanun ve İlgili Yönetmelikler

Ancak Mart 1996'da Anayasa Mahkemesi tavizlerle ilgili koşulu iptal etmiştir. Bu, YİD çatısı altında yapılacak projelerin taviz olarak kabul edildiğini ve devlet kurumlarınca Anayasa'ya uygunlukları bakımından inceleneceklerini göstermektedir. Anayasa Mahkemesi'nin kararına göre, gerekleri yerine getirilmiş, görüşmeleri yapılmış ve ETKB ile şirket arasında hazırlanmış sözleşme; imzalanmadan önce incelenmek üzere devlet kurumlarına gönderilecektir.

9.1 YİD Enerji Projelerinin Yapısal Prensipleri

YİD modeli, yerli, ve yabancı özel şirketlerin finansal kaynaklarını ve yapabileceklerini kullanan bir finansman metodudur. ETKB'nin verdiği izin uyarınca yerli ve yabancı şirketler, santral tasarımı yapar, finanse eder, kurar, yönetir ve borcunu kapatacak ve adil bir kazanç sağlamaya yetecek bir süre için işletir. Bu süre zarfında üretilen elektriği TEAŞ/TEDAŞ veya bölgesel otoriteye satar. İşletim süresi sonunda santrali hiçbir ücret talep etmeksizin devlete teslim eder.

Genellikle tesisin kurulma süresine ilaveten 10-20 yıllık bir işletim süresi için anlaşma yapılır. İşletim süresi sonunda tesis, devletin olur. Hükümet al veya öde bazında satın alma garantisi vermektedir. Şirket, ETKB ile taahhüt sözleşmesi, üretilen elektriği satın alacak şirketle bir Enerji Satış Anlaşması ile, diğer kişi/kurumlarla projenin gerçekleşmesi için gerekli diğer anlaşmaları yapar.

9.1.1 Proje Şirketlerinin Kurulması

Yerli ve yabancı yatırımcılar Türk kanunlarına göre projeyi yapacak ve işletecek bir **Proje Şirketi** kurarlar.

9.1.2 Süre

YİD şirketlerine Bakanlık tarafından verilen izin 3096 sayılı yasaya göre 99 yıla kadar olabilir. Ancak, rüzgar enerjisi projelerinde yetki süresi bir yıllık inşa süresine ek olarak rüzgar türbinlerinin ekonomik ömrüyle sınırlı bir işletme süresini kapsamaktadır. Bununla beraber, işletme süresi sonunda taraflar arasında anlaşma sağlanması durumunda yetki süresi uzatılabilir. RES'lerinde işletme süresi 20 yıl olarak uygulanmaktadır.

9.1.3 Mülkiyet

YİD modeli proje şirketince mülkiyeti içermemektedir. Tesisin kurulacağı yer özel mülkiyet altındaysa ya şirket tarafından satın alınır ya da parası şirket tarafından ödenmek kaydıyla

Bakanlık tarafından kamulaştırılır. Her iki durumda da işletme süresi sonunda arazi ve üzerinde kurulmuş olan tesisler devlete (hazineye) kalır. Şirkete sadece araziye özel olarak kullanmak hakkı verilir. Eğer tesisin kurulacağı arazi hazineye ve/veya Orman Bakanlığı'na aitse arazi Bakanlığa tahsis edilir ve araziye kullanma hakkı, ilgili kanunlar çerçevesinde peşin ve/veya yıllık taksitler ödemek kaydıyla şirkete verilir. Eğer arazi kamu kuruluşlarına aitse Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına başvuru sonrasında arazi 2942 sayılı İstimlak Kanunu'nun 30. maddesi uyarınca anlaşılan belli bir fiyatın üzerinden hazineye transfer edilebilir ve kullanım hakkı diğer hazine arazilerinde olduğu şekliyle şirkete verilir. Arazinin elde edilmesi için gerekli prosedür şirketin başvurusu halinde Bakanlık kanalıyla yürütülür.

Proje dokümanları 3096 sayılı yasaya göre Enerji Satış Sözleşmesi 20 yıllık süre için imzalanabilir. Daha uzun bir enerji satış sözleşmesi için Bakanlar Kurulu Kararı gerekmektedir.

9.1.4 Satın Alma Garantisi

Satın alma garantisi al veya öde temeline göre verilmektedir.

9.1.5 Hazine Garantisi Olanağı

Projeler sınırlı finans kaynaklarına dayalı projelerdir ve dolayısıyla finansman için herhangi bir bağımsız garanti yoktur. Ancak TEAŞ/TEDAŞ gibi Hükümet çatısı altındaki kuruluşların ödeme yükümlülükleri Hazine tarafından garanti edilebilir.

9.1.6 Şirkete Sağlanan Teşvikler

Yönetim ve YİD şirketi arasındaki işlemlerin 488 sayılı kanunun getirdiği damga vergisinden ve 492 sayılı kanunun getirdiği ödemelerden muaf tutulmasını sağlamaktadır. Ayrıca yabancı ve yerli yatırım şirketleri Hazine Sekreterliğinden, Yabancı Yatırım ve Teşvik Genel Müdürlüğü'nden sırasıyla Yatırım İzni ve Teşvik Belgesi alabilirler. Sağlanan teşvik olanakları yabancı sermaye ve yerli şirketler için aynıdır.

9.1.7 Şirketin Yükümlülükleri

Şirket sözleşme süresince tesisin tasarım, mühendislik, finansman, inşa, devreye sokma, çalıştırma, bakım, idare ve yenilenmesinden Bakanlığa karşı sorumludur.

9.1.8 Finanse Etme

YİD modeli proje finanse etmeye dayalıdır. Tüm ticari işlemler için gerekli finansman Proje Şirketi tarafından, kredi ve özsermaye şeklinde sağlanır. Genellikle en az 15/85'lik bir özsermaye/borç oranı gerekir. Ancak bu oran proje bazında değişebilir. Projelerin finansmanı için birçok farklı model bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; İhraç Kredisi, Eximbank Kredisi, Sendikasyon Kredisi, Ticari Kredi, Proje Kredisi vb gibi birçok farklı model verilebilir. Fakat bunlar içinde en avantajlı olanı ve ülkemizdeki yatırımcıların en çok tercih ettiği kredi modeli, Proje Kredisidir.

9.1.8.1 Proje Kredisi

Proje Kredisi, finansmanı sağlayan kuruluşun, kredi geri ödemelerinin proje gelirleriyle ve nakit akışıyla sağlanabileceğine inanması ile mümkündür. Burada teminat projenin kendisidir. Herhangi bir projenin finanse edilebilmesi iki temel şarta bağlıdır;

- Proje bağımsız olarak borcunu ödeyebiliyor ve yatırımcıya makul bir temettü (divident) sağlıyorsa,
- Proje teknik olarak fizibl

ise, proje kendi kendini kurtarmaktadır. Proje finansmanını diğer finansman çeşitlerinden ayıran temel unsur ise, garantinin projenin kendisinin olmasıdır.

Yatırımcının herhangi bir özvarlığını ipotek etmesine gerek yoktur. Proje finansmanı için bütün taraflar birbirlerinden çeşitli garanti ve taahhütler olarak mevcut riskleri ortadan kaldırmaktadırlar.

Proje finansmanında 4 ana risk bulunmaktadır:

1. Proje Realizasyon Öncesi Risk (Pre-Completion Risk)

Burada projeyi finanse eden kuruluş projenin fizibl olup olmadığına bakmaktadır. Bu amaçla bağımsız müşavir şirketlerden yararlanılır. Projenin teknik açıdan öngörülen hedeflerin tutup tutmadığı ile ilgili genel bir durum değerlendirmesi yapılır. RES projelerinde bu genel durum tespitine örnek olarak tahmini yıllık üretimin tutup tutmayacağı, seçilen rüzgar türbinin uygunluğu vb sayılabilir. Bu bağımsız kuruluşlara örnek olarak Garrad Hassan, DECON, RISO verilebilir.

2. Proje Realizasyon Sonrası Risk (Post-Completion Risk)

Bu safhada finansman kuruluşu, finanse ettiği projede işlerin yolunda gittiğini görmek için kontroller yapmaktadır. Rüzgar elektrik santrali içindeki ekipmanların bakım ve onarımının zamanında yapılıp yapılmadığı, hammadde gereksinimlerinde herhangi bir sorun yaşanmadığını kontrol etmektedir.

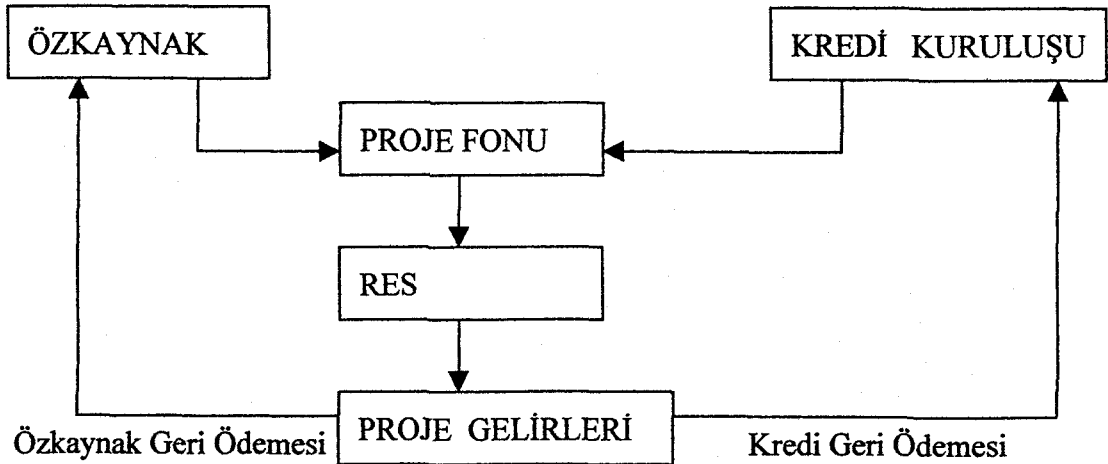
3. Finansal Risk

Aslında proje riski dendiği zaman akla ilk gelmesi gereken şey finansal risktir. Projenin mali analiz ve nakit akış tablolarına bakılarak proje ile ilgili karar verilebilir. Projenin nakit getirisi finansör için çok önemlidir. Proje kredi ve faiz geri ödemelerinden sonra makul bir kar bırakmıyor ise, finansör için tatmin edici bulunmaz. Finansal risklerin içerisinde ayrıca öngörülemeyen maliyetler, döviz kur değişimleri, faiz oranı değişimleri ve ülkenin enflasyon durumu da bulunmaktadır.

4. Politik Risk

Finansörler tarafından dikkate alınan diğer önemli risk unsurudur. Ülkenin politik bakımdan stabil bir yapıda olması şartı aranmaktadır.

Proje finansmanının işleyişi ile ilgili basit bir akış diyagramı vardır. Bu diyagramda, yatırımcı %20-30 civarında bir özkaynak koymakta dolayısıyla geriye kalan %70-80 finansörden gelmektedir. Proje gerçekleştirildikten sonra da, proje gelirlerinden özkaynak ve kredi geri ödemeleri yapılmaktadır.



Şekil 9.1 Rüzgar Elektrik Santrallerinin Finansmanı

Enerji projelerinde proje finansmanının birçok avantajı bulunmaktadır, bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Proje finansmanında, temel garanti projenin kendisidir. Dolayısıyla, yatırımcıdan birçok taahhüt ve garanti alınmasına gerek kalmaz.
- Yatırımcının kredi bulamayacağı bir ortamda proje için kredi bulunabilir.
- Özkaynak/kredi oranı daha büyüktür.
- Ülke ve politik riskleri azaltmak amacı ile, yatırımcılar yabancı ortaklarla işbirliği yaparak (joint venture) finansman bulmak kolaylaşabilir.

Ülkemizde gerçekleştirilen RES projelerinde kreditorler özellikle aşağıdaki hususları istemektedirler.

- Projenin makul bir kar bırakması
- TEDAŞ/TEAŞ enerji alım garantisi
- Hazine garantisi
- Uluslar arası tahkim

Proje kredisi veren birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bunları küresel ve bölgesel olarak iki ana başlıkta değerlendirebiliriz. Özellikle kalkınma bankaları altyapı projelerini desteklemektedir. Aşağıda verilen tablo uluslar arası projelere mali destek veren yarı kamu yarı özel kuruluşları göstermektedir. Özellikle Avrupa'da birçok özel banka ve finansman kuruluşu da projelere finansman temin etmektedir.

Ülkemizde yatırımcıların önünde bulunan en önemli problem olan finansman hala çözülememiştir. Altyapı projelerinin çok büyük maliyetlere yapılması ve ayrıca yatırımcıların nakit sıkıntılarından dolayı projelerin gerçekleştirilebilmesi için yabancı sermayeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden projelerin gerçekleştirilmesi de gecikmektedir. Çünkü yabancı kreditor projeyi detaylı olarak inceleyerek kararını vermektedir. 2002 yılından sonraki projelere Hazine garantisinin verilmediği bilinmektedir. Bu durum, yerli yatırımcının projesine kredi bulmasını güçleştirmiştir.

Tablo 9.1 Küresel ve Bölgesel Olarak Projelere Kredi Sağlayan Kuruluşlar

Küresel	Bölgesel
International Bank for Reconstruction and Development (IBDR)	Inter-American Development Bank(IADB)
World Bank	European Investment Bank
Multilateral Investment Guarantee Agency(MIGA)	Asia Development Bank (ADB)
International Finance Corporation (IFC)	European Development Fund (EDF)

9.1.8.2 Enerji Tarifesi

YİD kavramının genel amacı proje giderlerinin tamamının proje gelirlerinden karşılanmasıdır. Bu sebeple, üretilen enerjiyi satın alacak kuruluşun ödeyeceği tarife, Proje Şirketinin projeyi gerçekleştirmek amacıyla yaptığı tüm harcamalar, garanti edilen veya programlanan yıllık net üretim dikkate alınarak belirlenir. Rüzgar enerjisi projelerinde yıllık net üretim rüzgar verisi belirlenmektedir.

Rüzgar enerjisi projelerinde tarife aşağıdaki bileşenleri içerir:

- Borç yükümlülükleri
- İşletme ve bakım giderleri
- Sigorta maliyetleri
- Özsermayenin geri ödenmesi
- Özsermaye üzerine kabul edilebilir bir kazanç
- Vergiler

9.1.8.3 Sigorta Paketi

Proje şirketi inşa ve işletim peryotları esnasında tesisin sigorta güvencelerini düzenlemelidir.

İnşaat peryodu için düzenlenen sigorta giderleri Toplam Yatırım Maliyetine, İşletme peryodundaki sigorta maliyetleri ise tarifeye dahil edilir.

9.1.8.4 Ek Finansman

Projenin öngörülen tarihte tamamlanmaması, toplam yatırım maliyetinin artması veya işletme gelirlerinin harcamaları karşılamaması durumunda, borç yükümlülüklerini yerine getirebilmek için, inşa işlemlerini tamamlarken artan fiyatları, ve/veya işletme ve bakım maliyetlerini karşılamak için şirket ek finansman kaynaklarına sahip olmalıdır.

9.1.9 Devretme

İşletme süresi dolduğu zaman tesis çalışır durumda ve tamamen borçsuz, ipoteksiz olarak 3096 sayılı yasa çerçevesinde hazırlanmış imtiyaz (Özel Hukuk Hükümleri) sözleşmesi uyarınca bakanlığa teslim edilecektir.

Erken teslim aşağıdaki koşullarda gerçekleşebilir;

- Şirket hatası olması durumunda
- Belli bir süre devam eden askeri manevraların olması durumunda

9.1.10 YİD Rüzgar Enerjisi Uygulamaları İçin Prosedür²⁴

3096 sayılı yasanın 4. maddesine göre uygun olarak yayınlanmış bulunan 85/9799 sayılı Yönetmeliğin 5. maddesi gereği YİD Rüzgar Enerjisi uygulamaları ön başvurusu, söz konusu Yönetmeliğin 5. maddesine istinaden yeterli bilgileri kapsayan başvuru raporunun 14 kopya olarak ETKB'na verilmesi ile yapılır. Başvuru, TEAŞ, TEDAŞ ve EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) gibi ilgili kuruluşların başvuruya ait resmi görüşleri ile birlikte ETKB'ce değerlendirilir ve şayet Bakan tarafından onaylanırsa, ilgili yönetmeliğin Ek.1(d) maddesinde belirtilmiş prensip ve başlıklar gereği hazırlanmış olan Fizibilite Raporu'nun (14 kopya olarak) sunulması başvuruda bulunan şirketten istenir.

Rüzgar enerjisi sahadaki rüzgar hızının yıllık ortalamasına bağlı olarak rüzgar türbini tarafından elde edilen enerjidir. Bu nedenle, belirlenmiş olan sahanın elverişli bir meteorolojik geçmişe ve rüzgar donelerine sahip olup olmadığını önceden belirlemek ve netice olarak projenin teknik fizibilite yapılmasına uygun olup olmadığını kararlaştırmak üzere rüzgar ölçümleri büyük önem arz etmektedir. Bunun dışında enerjinin satış fiyatını tayin eden anahtar faktör durumundaki enerji üretimi kesinlikle rüzgar hızına bağlıdır ve rüzgar doneleri de projenin finansal açıdan yapılabilir olup olmadığını tayinde etki eder. Yukarıda belirtilmiş

²⁴ Rüzgar Elektrik Santralleri Şartnamesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2000

olan faktörler nedeniyle, başvuruda bulunan şirketlerden fizibilite raporu hazırlamak üzere en az bir yıl boyunca o sahada rüzgar ölçümleri yapmaları istenmektedir. Rüzgar hızının mevsimler ve hatta aylar itibari ile değişken olması nedeni ile bir yılın tüm ayları boyunca rüzgar verilerini görebilmek üzere en az bir yıl ölçüm yapılması şarttır. Ancak rüzgar koşulları yıldan yıla değişiklik arz edebildiğinden ölçüm süresi ne kadar uzun olursa verilerin güvenilirliği de o kadar fazla olacaktır. İlgili sahada EİEİ tarafından hali hazırda yapılmış rüzgar ölçümleri varsa söz konusu doneler ilgili kuruluştan, bu kuruluşa yapılacak başvuru ile temin edilebilir. EİEİ'nin tek bir noktadan ve 10 metre yükseklikten yapmış olduğu ölçümleri olsa bile, yine de şirketlerden rüzgar ölçümlerinin bizzat kendileri tarafından yapılması istenir. Şirket verilerin doğruluğundan bağımsız olarak sorumlu olacak ve şirket tarafından fizibilite raporunda öngörülen yıllık üretime ulaşamamış olması halinde üretim riskleri şirket tarafından karşılanacaktır.

9.2 Otoprodüktör Projelerinin Yapısal Prensipleri

Yasal kuruluşlar veya yasal kuruluş grupları 3096 sayılı yasa ve 85/9799 sayılı düzenleme çerçevesinde kendi elektrik enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere otoprodüktör veya otoprodüktör grubu olarak santral kurabilir ve işletebilir.

Otoprodüktör Santral kısaca yüksek enerji tüketimi olan kurum ve kuruluşların öncelikle kendi tükettikleri enerjiyi kendilerinin üretmesi amacıyla kurdukları santraller demektir.

9.2.1 Şirketin Kurulması [4]

Otoprodüktörlerin santrali kurmak ve işletmek için ayrı bir şirket kurmaları gerekmez. Ancak otoprodüktör gruplarının grupta yer alan kuruluşları içeren ayrı bir şirket kurmaları gerekir.

Santralin kurulması aşamasındaki işlemler sırasıyla şunlardır;

1-İstekli şirket Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığına bir dilekçe/yazı ile başvuruda bulunacaktır. Şirketin 10 nüsha (HES ve Rüzgar Santralleri için 15 nüsha) halinde hazırlayarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na sunacağı Fizibilite Raporu'nda bulunması gereken mühendislik hesapları ile bilgi ve belgeler kapsamında aşağıdaki bilgi ve dökümanlar kesin olarak yer alacaktır.

- a) Otoprodüktör santralin gücü (MW) ve yıllık toplam elektrik enerjisi üretim kapasitesi (Milyon kwh).
- b) 1/25000 ölçekli harita üzerinde santralin kurulacağı yer.

- c) Santral kurulmadan önce otoprodüktör şirketi veya otoprodüktör grubu ortağı şirketlerin kurulu gücü (MW) ve yıllık enerji tüketim miktarı. (Gwh/yıl)
 - d) Şirketin ilk 10 yıl boyunca TEAŞ/TEDAŞ'dan yılda ne kadar süre ile kaç MW mertebesinde enerji talep edeceği.
 - e) Yakıt durumu (türü, miktarı, temin yeri, v.s.) ve Kojenerasyon uygulama alanı.
 - f) Otoprodüktör Grubu ise ortaklarının sayısı, açık listesi ve adresi.
 - g) Şirketi temsile yetkili kişilerin imza sirküleri.
 - h) Santral için uygulayacağı teknoloji ve özellikleri.
 - i) Yatırımın tutarı ve tahmini gerçekleşme tarihi.
 - j) Tesisin bağlı olduğu elektrik şebekesini de içeren basitleştirilmiş tek hat şeması.
 - k) Tesisi işletmek istediği süre (ekonomik ömrü).
 - l) Ticari Sicil Gazetesi
 - m) Başka bir otoprodüktör santraline ortak olmadığına ilişkin taahhütname.
 - n) 3613 Sayılı Kanun ve ilgili Yönetmelikler gereği alınmakta olan 1.010.000.000 (Bir Milyar On Milyon) "Elektrik Enerjisi Fonu Katkı Payı"nın T.C. Ziraat Bankası Çarşı Şubesi, Bahçelievler/ANKARA nezdindeki 30447/134925 no'lu Fonu Gelir Hesabına yatırıldığına dair ":Banka Dekontu."
 - o) Şirketin, ilgili yönetmelikler gereği Otoprodüktör veya Otoprodüktör Grubu Şirket olması halinde; amaçları arasında enerji üretimine ilişkin faaliyette bulunacağını içeren ve ayrıca hukuki statüsü içerisinde yer alan, Şirket ortaklarının adları ile hissedarlarını belirten Ticaret Sicil Gazetesi, hisse alım satımı devriyle ilgili noter tasdikli Yönetim Kurulu Kararı'nın aslı.
- 2- Fizibilite Raporu , Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca incelenir ve ilgili kuruluşların görüşleri alınır.
- 3- Fizibilite Raporunun uygun olduğuna ilişkin Bakanlık ve ilgili kuruluşların görüşleri tamamlandıktan sonra, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından şirketten teyit istenir.
- 4- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Şirket arasında "Otoprodüktör Statüsünde Üretim Tesisi Kurulması , İşletilmesi ve Enerji Fazlasının Satışına İzin Verilmesine İlişkin Sözleşme"

imzalamak için Makam Olur'u alınır ve Şirket yetkilileri sözleşme imzalamaya davet edilir. Şirket adına imza atmaya yetkili kişi veya /kişilerin noter tasdikli imza sirküleri ve yetki belgelerinin sözleşmenin imzalanmasından önce Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na iletilmesi gerekmektedir.

5- Sözleşme imzalandıktan sonra ilgili kuruluşlara ve şirkete birer sureti gönderilir.

6- Sözleşme Makam tarafından onaylandığı tarihte yürürlüğe girer. Şirket bu tarihten itibaren 6 ay içinde santralle ilgili projeleri hazırlar ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na teslim eder. Bu projeler Bakanlık tarafından 3 ay içinde incelenerek onaylanır. Aynı süre içinde Şirket ile ilgili Kuruluş arasında ESA (Elektrik Satış Anlaşması) imzalanır.

7- Otoprodüktör santral, Bakanlık tarafından geçici kabulünün yapılmasından sonra ticari üretime başlar.

9.2.2 Mülkiyet

Otoprodüktör tesisleri YİD modelinin aksine otoprodüktör veya otoprodüktör grubuna aittir. Tesisin kurulacağı yer özel mülkiyet altındaysa şirket tarafından satın alınabilir, eğer hazine veya Orman Bakanlığı'na aitse kiralanabilir.

9.2.3 Fazla Üretim

Otoprodüktör veya otoprodüktör grubu kendi ihtiyacı dışında üreteceği fazla enerjiyi TEAŞ, TEDAŞ ve bağlı kuruluşlara veya santrale bağlantısı olan tüzel kişi ve kuruluşlara dayanan elektrik şirketlerine satabilir. Eğer santral ulusal şebekeye bağlı ise elektrik kesintisi durumunda önemli zarara uğrayabilecek Otoprodüktör veya Otoprodüktör Grubuna ait endüstriyel tesisler (kimyasal, petrol, metalurjik, tekstil, maden, elektromekanik endüstriler) elektrik gereksinimlerini ulusal şebekeden veya kendi üretim tesislerinden temin edebilirler.

Otoprodüktör santralde üretilen fazla enerjinin satış fiyatı fonlar ve iştirak ödemeleri çıkarıldıktan sonra elektrik dağıtım şirketinin son kullanıcıya ülke düzeyinde elektrik satış fiyatının %100'ünü geçmeyecek şekilde belirlenir.

10. RÜZGAR JENERATÖRÜ ÇEŞİTLERİ [1]

10.1 Bergey XL.1 Rüzgar Jeneratörü (1 kW)

Bergey XL.1 en yüksek teknoloji ürünü olan küçük ölçekli rüzgar türbinidir. Dünyanın önde gelen küçük ölçekli rüzgar türbini üretici olan Bergey Windpower tarafından üretilmektedir ve 5 yıl üretici garantisi ile desteklenmiştir. Bergey XL.1 rüzgar türbini zorlu hava koşullarında otomatik çalışma, yüksek güvenilirlik ve az sıklıkta bakım için tasarlanmıştır. Bergey XL.1'in hepsi bir yerde güç merkezi isteğe göre sinüs dalga inverter dahil hibrid

sistem integrasyonu sağlar.

Montajı kolay, çok güvenli ve kesintisiz gücü ile Bergey XL.1 Rüzgar jeneratörü konutlar için en temiz çözümdür.

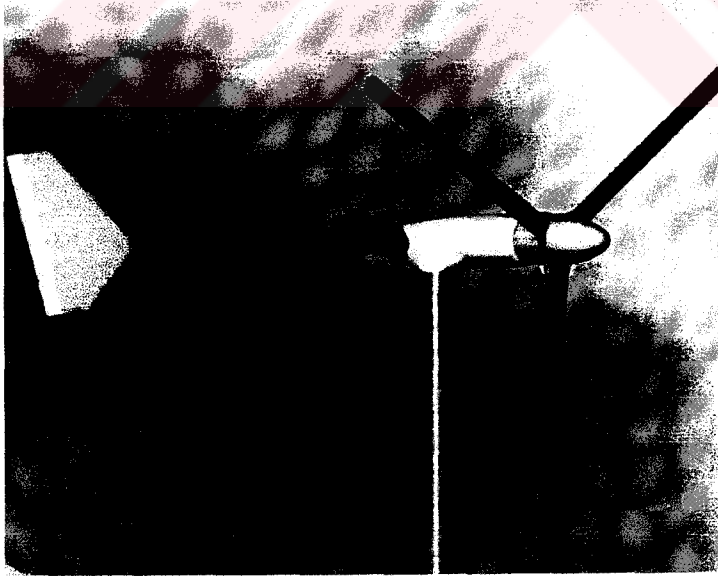
Genel Özellikler

- 5 yıl garanti
- Bakım gerektirmeyen dizayn
- Sesiz çalışma
- Düşük rüzgar hızlarında mükemmel performans
- Autofurl otomatik fırtına koruması
- Direkt sürücülü Neodmium PM alternatör
- Güç merkezli, çok fonksiyonlu kontrolör
- Aküyü koruyan opticharge düzeni
- Boru şeklinde, eğilebilen direk ile sistemi tamamlama
- Plug ve Play sistemleri ile sistem tamamlama

Teknik Özellikler

- Tip: 3 Kanatlı
- Başlangıçtaki rüzgar hızı: 3 m/s
- Kesme rüzgar hızı: 2.5 m/s

- Çıkış rüzgar hızı: 11 m/s
- Çıkış gücü: 1000 Watt
- Maksimum Güç: ~1,600 Watt
- Cut-Out rüzgar hızı: Yok
- Boşta dönme Rüzgar Hızı: 13 m/s
- Max. tasarlanan rüzgar hızı: 54 m/s
- Pervane dış kontrolü: Yok, Sabit güç
- Aşırı hız koruması: AutoFurl
- Vites kutusu: Yok, direkt sürüş
- Isı Aralığı: -40 +60 °C
- Jeneratör: Kalıcı mıknatıs alternatör
- Çıkış formu: 24 VDC Nominal



Şekil 10.1 Bergey XL.1

Tablo 10.1 Direğin Tepesinde Rüzgar Hızına Göre Enerji Üretimi

Yıllık Ort.Rüzgar Hızı(m/sn)	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Günlük Enerji Üretimi (kWh)	1,9	2,8	3,9	5,1	6,4	7,7	8,9
Aylık Enerji Üretimi (kWh)	55	85	115	55	195	235	270
Yıllık Enerji Üretimi (kWh)	680	1.010	1.410	1.850	2.320	2.790	3.260

Tablo 10.2 10 Metre Yükseklikte Yapılan Standart Rüzgar Ölçümlerine Göre Enerji Üretimi

Yıllık Ort.Rüzgar Hızı(m/sn)	4,0	4,8	5,4	5,8	6,2	6,7	8,4
9 Metre Direk ile Günlük Enerji Üretimi (kWh)	2,6	4,3	5,8	6,8	7,8	9,1	12,7
9 Metre Direk ile Aylık Enerji Üretimi (kWh)	80	130	175	205	240	275	385
20 Metre Direk ile Günlük Enerji Üretimi (kWh)	4,1	6,4	8,2	9,3	10,4	11,7	14,7
20 Metre Direk ile Aylık Enerji Üretimi (kWh)	125	195	250	285	320	355	445
32 Metre Direk ile Günlük Enerji Üretimi (kWh)	5,2	7,8	9,7	10,9	12,0	13,1	15,4
32 Metre Direk ile Aylık Enerji Üretimi (kWh)	160	235	295	330	365	400	465

10.2 Bergey Excel

Bergey Excel serisi rüzgar jeneratörleri, sağlam ve güvenilir küçük rüzgar türbinleri sınıfında dünya üzerinde yüzlerce kurulu sistem ile lider durumdadır. Uzun garanti süresi ve yüksek kalitesi ile rüzgar jeneratörü sistemi kurmak isteyenlerin birinci tercihi Bergey BWC Excel

serisi rüzgar jeneratörleridir.

Evinizde mevcut bulunan elektrik şebekesinin seviyesinden ve kalitesinden şikayetçiyseniz Bergey BWC Excel serisi rüzgar jeneratörleri ile en uygun çözümün sunulması mümkündür.

* Excel-S: Şebeke bağlantılı uygulamalar için (10 kW)

* Excel-R: DC ve Akü Şarj uygulamaları için (7,5 kW)

* Excel-P: Su pompalama uygulamaları için (10 kW)

Genel Özellikler

- 5 yıl garanti
- Amerika'nın en çok satan "Kullanıma Elverişli" sistemi
- Periyodik bakım gerektirmeyen dizayn
- California Enerji Komisyonu'ndan onaylı
- Basit yapı, üç hareketli parça
- Patentli PowerFlex® rotor sistemi
- Sessiz çalışma
- Düşük rüzgar hızlarında mükemmel performans
- Autofurl® otomatik fırtına koruması
- Direkt sürücülü Neodmium PM alternatör
- 30 yılın üzerinde ömür
- Hava araçlarında kullanılan Polyurethane boya
- 50 Milyon saatin üzerinde enerji üretme ömrü.

Teknik Özellikler

- Tip: 3 Kanatlı
- Kanat Çapı: 7.0 m
- Başlangıçtaki rüzgar hızı: 3.4 m/s

- Kesme rüzgar hızı: 3.1 m/s
- Çıkış rüzgar hızı: 13.8 m/s
- Çıkış gücü: 10 kW & 7.5 kW
- Cut-Out rüzgar hızı: Yok
- Boşta dönme rüzgar hızı: 15.6 m/s
- Max. tasarlanan rüzgar hızı: 54 m/s
- Pervane dış kontrolü: PowerFlex
- Aşırı hız koruması: AutoFurl
- Vites kutusu: Yok, direkt sürüş
- Isı Aralığı: -40 +60 °C
- Jeneratör: Kalıcı mıknatıs alternatör
- Çıkış formu: 3 Faz AC & 48-240 VDC



Şekil 10.2 Bergey Excel

Tablo 10.3 Direğin Tepesinde Rüzgar Hızına Göre Enerji Üretimi

Yıllık Ort.Rüzgar Hızı(m/sn)	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Excel-S Aylık Enerji Üretimi (kWh)	240	370	520	700	900	1.130	1.370
Excel-R Aylık Enerji Üretimi (kWh)	340	500	680	880	1.090	1.320	1.550

Tablo 10.4 10 Metre Yükseklikte Yapılan Standart Rüzgar Ölçümlerine Göre Enerji Üretimi

Yıllık Ort.Rüzgar Hızı(m/sn)		3,6	4,1	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4
18 Metre Direk	Excel-S 10kW	330	480	670	870	1.110	1.350	1.610
	Enerji Üretimi (kWh)							
	Excel-R 7.5 kW	440	620	830	1.050	1.280	1.510	1.740
	Enerji Üretimi (kWh)							
24 Metre Direk	Excel-S 10kW	430	620	840	1.100	1.370	1.670	1.960
	Enerji Üretimi (kWh)							
	Excel-R 7.5 kW	560	780	1.030	1.290	1.550	1.820	2.060
	Enerji Üretimi (kWh)							
30 Metre Direk	Excel-S 10kW	490	700	950	1.220	1.510	1.820	2.130
	Enerji Üretimi (kWh)							
	Excel-R 7.5 kW	630	870	1.140	1.410	1.680	1.950	2.200
	Enerji Üretimi (kWh)							
36 Metre Direk	Excel-S 10kW	550	780	1.050	1.340	1.650	1.970	2.280
	Enerji Üretimi (kWh)							
	Excel-R 7.5 kW	700	960	1.240	1.530	1.800	2.070	2.320
	Enerji Üretimi (kWh)							

10.3 Fortis Rüzgar Jeneratörleri

Fortis, küçük ölçekli rüzgar jeneratörleri ve ekipmanlarının üretim ve dizaynında uzmanlaşmış bir şirkettir. Ürünleri arasında 800 W 'tan 10 kW 'a kadar değişik güç çıkışlarına sahip rüzgar jeneratörleri bulunmaktadır. İdeal uygulama koşulları, şebeke geriliminin bulunmadığı ve rüzgar jeneratörünün tek başına veya güneş pili sistemi ile destekli çalışacağı yerlerdir. Jeneratörden gelen 3 fazlı AC gerilimi, şarj kontrol cihazında DC haline dönüştürülerek 12, 24 veya 120 V DC olarak akülerde depolanır. Aydınlatma, ısıtma ve su pompalama gibi uygulamalarda ve 12, 24 veya 120 V DC gerilimle çalışan cihazlarla kullanmak için uygun sistemlerdir. Gerekirse voltaj, bir inverter yardımıyla 110 V veya 220 V, 50/60 Hz değerine çıkartılabilir. Yıllık elektrik üretimi büyük oranda, bölgesel rüzgar hızlarına bağlıdır. Rüzgar hızları belirlendikten sonra, rüzgar jeneratörünün yerleştirileceği ideal yeri ve ekipmanın tipi ve sayısını belirlemek kolaydır. Fortis rüzgar jeneratörleri, polyester veya epoxy ile güçlendirilmiş fiberglas kanatlara sahiptir. Kanatlar, bir parça halinde ve pres-sargı denen üretim yöntemiyle üretilmektedirler. Kenarları özel bir kaplamayla aşınmaya karşı güçlendirilmektedir. Tablo 10.9

Tablo 10.5 Fortis Rüzgar Jeneratörleri Yıllık Üretim Değerleri

Model	Güç	Yıllık Üretim
YellowSand 200	200 Watt	355 kWh
YellowSand 300	300 Watt	535 kWh
YellowSand 500	500 Watt	890 kWh
Espada	800 Watt	1.420 kWh
Passaat	1.400 Watt	4.250 kWh
Montana	5.000 Watt	11.350 kWh
Alize	10.000 Watt	30.000 kWh
Boreas	26.000 Watt	78.000 kWh

Tablo 10.6 Fortis Rüzgar Jeneratörleri Teknik Değerleri

Model	Üretim	Kanat Çapı	Direk Yüksekliği
YellowSand 200	8 m/sn - 200 Watt	2.0	6 – 12 Metre
YellowSand 300	8 m/sn - 300 Watt	2.4	6 – 12 Metre
YellowSand 500	9 m/sn - 500 Watt	2.5	6 – 12 Metre
Espada	12 m/sn - 600 Watt	2.2	12 - 18 Metre
Passaat	12 m/sn - 1.000 Watt	3.0	12 - 18 Metre
Montana	13 m/sn - 5.000 Watt	5.7	18 - 36 Metre
Alize	12 m/sn - 10.000 Watt	6.6	24 - 54 Metre
Boreas	11 m/sn - 30.000 Watt	14	30 - 54 Metre

- Fortis YellowSand (0,2 - 0,3 - 0,5 kW)
- Fortis Espada (0,8 kW)
- Fortis Passaat (1,4 kW)
- Fortis Montana (5 kW)
- Fortis Alize (10 kW)
- Fortis Boreas (30 kW)

10.4 Ampair Rüzgar Jeneratörleri

Ampair rüzgar ve su jeneratörleri, küçük ölçekli olarak kabul edilen ve 100 W 'a kadar elektrik üreten modellerle tüketiciye sunulmaktadırlar. Yatlar, hafta sonu evleri, radyo yansıtıcıları gibi 12 V veya 24 V gerilimle çalışan sistemler için uygundur. Yerin kısıtlı olduğu ve daha büyük boyutlu ünitelerin yerleştirilemeyeceği yerler için uygun boyutlardadır. Özellikle çok sık gidilmeyen uzak bölgelerdeki uygulamalar için kullanımı uygundur. Sessiz ve sakın çalışır. Birbirini dengeleyen 3 çift kanada sahiptir. Tamamen kapalı ve yalıtılmış olması nedeniyle her türlü hava koşullarında güvenle çalışır. Kısa tutulmuş kuyruk dönme yarıçapını küçültmüştür. Mıknatıslı alternatör sayesinde çıkış gücü 100 W 'a kadar çıkar ve

bu gücü rüzgar estiği sürece sürekli olarak karşılar. Maksimum akım değeri, otomatik olarak sabit bir değerde ve ağır yük sargılarını indükleyecek şekilde akar.

Güneş pili sistemlerinin günde 24 saat ve yılın her günü güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için destekleyici ekipman olarak kullanılabilir. Tek gereken, güvenli bir şekilde monte edilebileceği yeri seçmektir. Örneğin, teknelerde, yerden en az 2,6 m yükseğe yerleştirmek gerekmektedir.

Ampair ürünleri arasında, 100 W çıkış gücüne sahip, kara tipi rüzgar jeneratörlerinin yanı sıra suyun içinde kullanılan ve suyun akım gücünü elektrik akımına çeviren Aquair de bulunmaktadır. Bu tip jeneratör, teknelerin yan veya arka tarafından suyun içine bırakılarak, elektrik üretmektedir.

Üstünlükleri:

- Düşük hızla çalışan türbin, dönme zorlanmalarını minimize eder.
- Dengeli çok kanatlı fan, sessizce harekete geçmeyi ve çok düşük vibrasyonla çalışmayı sağlar.
- Çalışma sırasında üreyen ısı, tutuşma sıcaklığının altında tutulur.
- Korozyon çevre koşullarına karşı yalıtılmıştır.
- Normal rüzgar hızlarında (8-18 deniz mili) teorik verime yakın çalışır.
- Sessiz çalışır ve yakıt maliyeti yoktur.
- Akülerle uyum sağlayan özellikleri nedeniyle akünün kullanılabilme süresini uzatır.

Tablo 10.7 Ampair Rüzgar Jeneratörleri Verimlilik Tablosu

Modeller	Voltaj (V)	Üretim (W)
Ampair 100 Marine	12-24	100
Ampair Hawk	12	100
Ampair Dolphin	12	100
Aquair 100	12	100
Aquai U.W.	12	100

10.5 Fiyatlandırma

Tablo 10.8 Rüzgar Jeneratörleri Fiyatları

Marka	Model	Güç (W)	Kanat Çapı (m)	Gerilim (Volt)	Hızı (m/sn)	Ağırlık (Kg)	Fiyatı (€)	Direk Fiyatı (€)
Fortis	Yellow Sand	200	2,0	24	3 - 8	45	2.150 €	950 €
Fortis	Yellow Sand	300	2,4	24	3 - 8	55	2.460 €	950 €
Fortis	Yellow Sand	500	2,5	24	3 - 9	65	2.535 €	950 €
Fortis	Espada	800	2,2	12-24	3 - 16	55	3.200 €	990 €
Fortis	Passaat	1.400	3,1	12-24	3 - 15	75	3.870 €	1.350 €
Fortis	Montana	5.000	5,00	24-48	3 - 17	200	9.590 €	2.650 €
Fortis	Alize	10.000	7,00	120	3 - 13	600	34.600 €	8.750 €
Fortis	Boreas	30.000	14,00	400	3 - 12	1950	84.750 €	24.500 €
Bergey	XL.1	1.000	2,5	24	3 - 11	45	3.400 €	1.350 €
Bergey	Excel-R7.5	7.500	7,0	24-48-120	3 - 15	550	24.450 €	8.500 €
Bergey	Excel-S10	10.000	7,0	230	3 - 15	550	26.200 €	8.500 €
Ampair	Hawk	100	0,95	12-24	3 - 12	13	1.455 €	250 €

Ampair	Pacific	100	0,95	12-24	3 - 12	13	1.465 €	250 €
Ampair	Aquair	100	wave	12-24	wave	--	1.525 €	-- €
Ampair	Aquair	100	wave	12-24	wave	--	1.615 €	-- €
Southwest	Air 403L	400	1,15	12-24-48	3 - 12	6	975 €	350 €
Southwest	Air 403M	400	1,15	12-24-48	3 - 12	6	1.275 €	350 €

Tablo 10.9 Şarj Regülatörü Fiyatları

Marka	Model	Açıklama	Fiyatı(€)
Steca	Solsum 5.0	5 Amper Şarj Regülatörü (12&24 V)	33 €
Steca	Solarix Zeta	8 Amper Şarj Regülatörü (12&24 V)	105 €
Steca	Solarix Jota	12 Amper Şarj Regülatörü (12&24 V)	124 €
Steca	Solarix Delta	20 Amper Şarj Regülatörü (12&24 V)	143 €
Steca	Solarix Theta	30 Amper Şarj Regülatörü (12&24 V)	170 €
Steca	Tarom 235	35 Amper Şarj Kontrolörü (12&24 V)	262 €
Steca	Tarom 245	45 Amper Şarj Kontrolörü (12&24 V)	298 €
Steca	Tarom 430	30 Amper Şarj Kontrolörü (48 V)	339 €
Phocos	PL60	60 Amper Şarj Kontrolörü (12 - 48 V)	480 €

Tablo 10.10 İnverter Fiyatları

Marka	Model	Açıklama	Fiyatı(€)
Steca	Sinüs	550W, 12Vdc-230Vac, Şarj Özellikli İnverter	635 €
Steca	Sinüs	900W, 24Vdc-230Vac, Şarj Özellikli İnverter	755 €
ASP	TC1,5/12	150W, 12Vdc-230Vac, İnverter	185 €
ASP	TC08/12	800W, 12Vdc-230Vac, İnverter	1.055 €
ASP	TC13/12	1300W, 12Vdc-230Vac, İnverter	1.540 €
ASP	TC20/12	2000W, 12Vdc-230Vac, İnverter	1.935 €
ASP	TC2,5/24	250W, 24Vdc-230Vac, İnverter	240 €
ASP	TC07/24	700W, 24Vdc-230Vac, İnverter	650 €
ASP	TC10/24	1000W, 24Vdc-230Vac, İnverter	1.055 €
ASP	TC13/24	1300W, 24Vdc-230Vac, İnverter	1.590 €
ASP	TC20/24	2000W, 24Vdc-230Vac, İnverter	1.935 €
ASP	TC30/24	3000W, 24Vdc-230Vac, İnverter	2.645 €
ASP	TC08/48	800W, 48Vdc-230Vac, İnverter	1.175 €
ASP	TC22/48	2200W, 48Vdc-230Vac, İnverter	2.105 €
ASP	TC35/48	3500W, 48Vdc-230Vac, İnverter	3.160 €
Xantrex	150i	150W, 12Vdc-230Vac, İnverter	95 €
Xantrex	300i	300W, 12Vdc-230Vac, İnverter	115 €

11. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

21. yüzyılda dünyanın karşı karşıya kaldığı en önemli sorunların başında enerji sorunu gelmektedir. Mevcut enerji tüketiminin yaklaşık %90'ının karşılandığı fosil kaynakların gelecekte tükenecek olması, hem toplumların yaşam düzeyinin yükseltilmesi hem de hızlı nüfus artışının doğurduğu yeni gereksinimler, enerji sorununun giderek büyüdüğünü göstermektedir. Bu nedenle, 21. yüzyılın en önemli unsurlarından biri enerji olacak ve ülkelerin gücü, üretebildikleri enerji ile tanımlanabilecek, ülkelerin bağımsızlıkları öz kaynaklarından üretecekleri enerji miktarlarıyla özdeş olacaktır.

Dünyadaki genel duruma paralel olarak yurdumuzda da enerji sorunu, toplumun gündeminden düşmeyen en önemli konulardan birisidir. Yanlış enerji politikalarının sonucu olarak, ülkemizi karanlık günlerin beklediği en yetkili ağızlardan dile getirilmektedir. Tüm dünyada enerji sorununun çözümü için yenilenebilir kaynakların kullanım oranlarının artırılması yoluna gidilirken, yurdumuzda enerji sorunu doğalgaz temini ile çözülmeye çalışılmaktadır. Ülkemizde büyük potansiyele sahip olmamıza karşın kurulu rüzgar enerjisi sadece 18,9 MW düzeyindedir. Enerji üretiminde ulusal kaynaklarımızın payı artırılmalıdır.

Rüzgar enerjisinin kullanımının artırılması için gerekli yasal düzenlemeler en kısa sürede gerçekleştirilmeli, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yeri tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ön plana çıkarılmalıdır.

Bu amaçla, enerji tüketimi yüksek olan kuruluşların taleplerinin bir bölümünün yenilenebilir kaynaklardan sağlamaları istenmeli, yenilenebilir enerji kaynakları kullanan kişi ve kurumlar vergi indirimi ve benzeri mali desteklerle teşvik edilmelidir.

Çok büyük oranlardaki dağıtım kayıplarımız dünya ortalaması seviyelerine düşürülmelidir. Enerji kullanımında verimlilik ve tasarruf ilkeleri ön plana çıkarılmalıdır.

Mevcut enerji üretim tesislerinin neden oldukları çevre kirliliğinin önlenmesi için gerekli teknolojiler acilen devreye sokulmalı, bu yaşananlardan ders alınarak yeni yatırımlarda çevre ve toplumsal maliyet faktörleri proje başlangıçlarında göz önünde tutulmalıdır.

En az 1 yıllık rüzgar verilerine dayanarak alınan rüzgar enerjisi yatırım kararları Türkiye'ye aydınlık gelecek sağlayacak en önemli adımlardandır. Bu çalışmada aynı güçte kömür santraliyle, rüzgar santrali maliyetleri ayrı ayrı kıyaslanmış, rüzgar enerjisinin çevre sorunu yaratmamasının yanı sıra karlılığı da gözler önüne serilmiştir.

KAYNAKLAR

AES Alternatif Sistemleri Enerji Sistemleri San.ve Tic.Ltd.Şti.(2001), “Türkiye’de ve Diğer Ülkelerde Alternatif Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi”, *Kaynak Elektrik*, Sayı 143.

Aybek,A., Arslan, S., Atik, K., ve Yıldız,E., (2000)“Isı Enerjisi Üretimi İçin Bir Rüzgar Türbini-Isı Pompası Prototipinin Geliştirilmesi”, Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı,Erzurum.

Bozok, A., (1999) “Enerji Santralleri,” (Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi),İstanbul.

Boztepe, M., (2000),“Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ülkemiz”, *TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI İzmir Şubesi Bülteni*, Yıl 12, Sayı 122.

“Comparative Air Emissions of Wind and Other Fuels”, (2000),American Wind Energy Association.

Durak, M., ve Çaldaş, B., (2000)“Rüzgar Enerjisinin Tarımda Kullanımı”, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Cilt I,İstanbul.

Flavin, C., (1999), A Force to be Reckored With, Renewable Energy World.

Garrad, A.,(1991), “A plan of Action – Wind Energy in Europe”, Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği, Roma.

Jamieson, P., Quarton, D.,(1999), Technology Development for Offshore Wind, Renewable Energy World.

3096 sayılı Kanun ve İlgili Yönetmelikler

Rüzgar Elektrik Santralleri Şartnamesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2000

Tande, J. O., and Hunter, R.,(1994)“ Estimation of Cost of Energy from Wind Energy Conversion Systems”, Dünya Enerji Konseyi, Washington DC, ABD.

Tokinan, N.,(1996), “A Study on the Feasibility of Wind Electricity Generation: The Case of Gökçeada” , Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.

T.C. Orman Bakanlığı, (1993),“Milli Parklar ve Yaban Hayatı”, Ankara.

Uyar, T. S., (2001) “Enerji Yatırımlarında Doğru ve Taze Bilgi ile Karar Verme”, *TMMOB EMO Elektrik Mühendisliği*, Sayı 407.

Uyar, T. S., (2001) “Güçlenen Rüzgar Gelecek On Yılın Enerjisi”, *TMMOB EMO Elektrik Mühendisliği*, Sayı 407.

Uyar, T. S., (1998), “Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgar Enerjisi Kullanımındaki Gelişmeler”, *Kaynak Elektrik*, Sayı 116.

Ültanır, M. Ö., (1997), “Artık Güneş ve Rüzgar Elektrik Santralleri Planlamaya Alınmalı”, *Kaynak Elektrik*, Sayı 100.

Ültanır, M. Ö., (1998), “Denizde Kurulan Rüzgar Santralleri”, *Uzman Enerji*.

“Wind Energy in Europe-The Facts” (1999),Volume II, Price, Cost and Values, European Comission Directorate General for Energy.

Yücel, B., (2000)“Avrupa’da Yenilenebilir Enerjilerin Bilançosu ve 2010 Hedefi”, *Kaynak Elektrik*, Sayı 141.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]www.aes.com.tr

[2]www.aresenerji.com/pr_wind_windfarms.html

[3]www.eie.gov.tr

[4]www.entropyenergy.com/otopro.htm

[5]www.geocities.com/bulaytekin/ruzgar



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	10.11.1977	
Doğum Yeri	Erzurum	
Lise	1993-1996	Burak Bora Anadolu Lisesi
Lisans	1996-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fak. Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar

2001-2002	Panel Elektro A.Ş.
2002-Devam ediyor	Moeller Elektrik Ltd. Şti.