

# RÜZGÂR ENERJİSİNİN ÖNEMİ, DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Yrd.Doç.Dr. Selçuk HAYLI\*

## ÖZET

Tarih boyunca, rüzgâr gücünden çok çeşitli şekillerde faydalanılmıştır. Rüzgâr gücünden, binlerce yıldır, başta tahılların öğütülmesi ve yelkenli gemilerle deniz ulaştırmasında faydalanılmış iken, artık günümüzde, elektrik üretimi şeklinde faydalanılmaktadır. Bu doğal kaynak, 1980'lerden sonra Avrupa ve A.B.D'nde rüzgâr gücü teknolojilerinin daha da geliştirilmesiyle yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar, yol açtıkları kirlilikle çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Ayrıca bu kaynakların sınırlı ve gelecekte tükenecek olmaları, insanları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Nitekim yenilenebilir ve temiz enerji kaynağı denildiğinde ilk akla gelen rüzgâr enerjisi, sonsuz potansiyeli ile göz ardı edilmemesi gereken bir kaynaktır.

Rüzgâr gücü teknolojileri ile Avrupa'da, başta Almanya olmak üzere Danimarka ve İspanya dikkat çekici ülkelerdir. Ayrıca A.B.D. üretim kapasitesi ile Almanya'dan sonra ikinci sırada yer alır. Bu gelişmiş ülkelerin dışında, gelişmekte olan ülkelerde de rüzgâr gücü ile ilgili çalışmalar artmaktadır. Hindistan ve Çin gibi ülkeler buna örneklerdir.

Türkiye'de de rüzgâr gücü ile ilgili adımlar atılmaktadır. Günümüzde, iki adet faaliyete geçmiş rüzgâr santralimiz bulunmaktadır. Ayrıca projeleri çeşitli aşamalarda bulunan 40 civarında rüzgâr santralinin çalışmaları devam etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Kaynakları, Rüzgâr Enerjisi, Rüzgâr Türbini, Rüzgâr Santrali, Rüzgâr Gücü, Temiz Enerji, Alternatif Enerji, Yenilenebilir Enerji.

---

\* Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

# **L'IMPORTANCE DE ENERGIE DU VENT, SON ETAT ACTUEL EN TURQUIE ET DANS LE MONDE**

## **RESUME**

Lors de L'histoire, l'homme a profité de diverses manières de la force du vent. Pendant des milliers d'années elle a été employée dans la broyage des céréales et dans les voiliers pour la transportation maritime. Mais, de nos jour cette source est aussi employée pour la procuration de l'énergie électrique. Cette source naturelle est employée dès 1980 en Europe et aux Etats-Unis beaucoup plus fréquemment, grâce à des technologies offrant l'emploi de la force du vent.

Des carburants primaires tels que le charbon et le pétrole ont donné lieu à la pollution d'environnement. En autre, le fait que ces sources prendront fin un jour dans l'avenir, amène l'homme à chercher d'autres sources d'énergie. De ce point de vue, l'énergie du vent se présente comme un source inépuisable.

En Europe, l'Allemagne, le Danemark et l'Espagne sont des pays qui possèdent des technologies développées de l'énergie du vent. Quant aux Etats-Unis, ce pays occupe le deuxième rang après l'Allemagne dans la capacité de la production de cette source. A part ces pays, dans les pays en voie de développement des recherches en la matière s'augmentent de plus en plus. L'Inde et la Chine en sont les deux pays qu'on peut citer dans cette catégorie.

En Turquie aussi, il y a des démarches dans ce domaine. Il y a actuellement dans notre pays deux central de vent en pleine fonction. D'autre part, il y a à peu près 40 projets de central du vent dont le travail et l'étude continuent.

**Mot-Clé:** Sources d'énergies, L'énergie du Vent, Centrale de Vent, La Force du Vent, la turbine du vent, l'énergie alternative.

## GİRİŞ

Kömür ve petrolün gelecekte tükenecek olması ve çevreyi kirleten atıklar bırakması, yeni enerji kaynakları arayışını gündeme getirmiştir. Bu yeni kaynaklar; güneş, rüzgâr, biyomas, jeotermal, su gücü, deniz dalgası ve gel-git enerjisidir. Bu tür yeni enerji kaynakları, "*tükenmez*", "*alternatif*", "*temiz*", "*yenilenebilir*" gibi adlarla sık sık gündeme gelmektedir.

Rüzgâr gücünden yararlanmanın tarihi oldukça eski dönemlere aittir. M.Ö. 2000 yıllarında Eski Mısır'da, İran'da, Çin'de ve Japonya'da icat edilen yel değirmenlerinin tahıl öğütme işinde başarıyla kullanıldığı bilinmektedir. İnsanoğlu rüzgârı, öncelikle deniz ulaşımında, yelkenli gemilerde ve yoğun olarak M.S. 12.yy'da yaygınlaşan yel değirmenlerinde enerji kaynağı olarak kullanmaya başlamıştır.. Yine M.Ö.17.yy.da, Babil kralı Hammurabi döneminde, Mezopotamya'da sulama amacıyla kullanılmıştır. Türkler ve İranlıların ilk yel değirmenlerini, M.S. 7.yy.da kullanmaya başlamalarına karşın, Avrupalılar yel değirmenlerini ilk olarak Haçlı Seferleri sırasında görmüşler ve Avrupa'daki ilk yel değirmenleri, M.S. 12.yy.da, Fransa, İngiltere ve Hollanda'da olmak üzere, kullanılmaya başlanmıştır (Karabulut,1999,124). Ayrıca, rüzgâr gücünün yelkenliler vasıtasıyla deniz ulaşımında kullanımı da oldukça eskidir. İlk yelkenlilerin, Eski Çağ'da Mısırlılar veya Fenikeliler tarafından sefere konulduğu sanılmaktadır. Buharlı gemilerin icadına kadar yelkenliler, kıtalararası ulaşım ve ticarete en önemli rolü oynamışlardır (Doğanay,1991,189).

Yel değirmenler uzun süre tarım ürünlerinin öğütülmesinde kullanılmıştır. Avrupa'nın Ortaçağ karanlığından sıyrılıp, ekonomik kalkınma süreci içine girmesinde önemli bir katkı olduğu düşünülen, *Romalıların terk ettikleri madenlerin yeniden işletilmeye açılabilmesi*, yel değirmenleri vasıtasıyla, rüzgâr gücünün kullanılarak bu maden galerilerinin diplerinde biriken suların boşaltılması ile mümkün olmuştur. 19. yy'ın sonlarında ve 20. yy'da yel değirmenleri ile kuyudan su çekmek, elektrik elde etmek gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır.

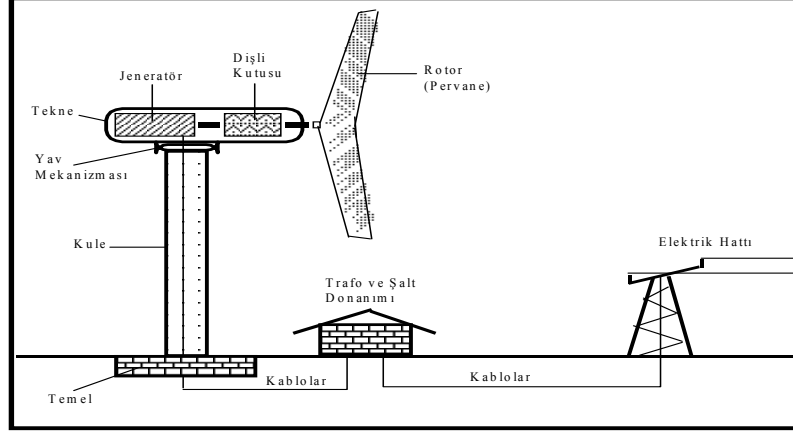
Rüzgâr gücünden, amacına yönelik, uygun bir konuma inşa edilmiş donanım vasıtasıyla mekanik güç olarak yararlanma, iki şekilde olmaktadır. Bunlardan ilki, un ve yağ değirmenlerinin çalıştırılması, bıçkı-hızır makinelerinin çalıştırılması ve ot, saman ve pamuk balyalarının sıkıştırılması şeklinde, *bir makineyi hareketlendirmek*, ikincisi ise su pompalarını çalıştırarak, içme-kullanma ve sulama suyunun çıkarılması, Hollanda'da Polder'lerin kurutulması ve Roma döneminden kalan madenlerin tekrar işleme açılması çabalarında olduğu gibi tarım alanlarında biriken fazla taban suyunun araziden uzaklaştırılması şeklinde *doğrudan kullanım* şeklinde olmaktadır (Doğanay, 1991,188)

Yukarıda bazı örneklerini verdiğimiz faaliyet kollarında, rüzgâr enerjisini mekanik güç olarak kullanan bu tesis ve donanımlara "*Rüzgâr Değirmenleri*" adı verilirken (Foto:1), rüzgâr gücünü dönüştürerek, elektrik enerjisi üreten tesis ve donanımlara ise "*Rüzgâr Türbini*" (aerogeneratör) denmektedir. Rüzgâr türbinlerinin çalışma prensipleri, rüzgâr değirmenlerine benzemekte, fakat çok daha teknik detaylar içermektedir (Şekil:1).



**Foto 1:** Almanya'da., klasik örneklerinden farklı olarak pervaneleri binanın duvarlarında bulunan bir yel değirmeni. (<http://www.rotor.fb12.tu-berlin.de/picture.rotortypes.html>)

Şekil:1- Bir Rüzgâr Türbininin Ana Unsurları



Kaynak: ÜLTANIR,1996,60

Rüzgâr türbinleri veya birçok türbini bulunan rüzgâr santralleri, uygun şartlar sunması kaydıyla, kara içleri, deniz kıyıları ve deniz üzerinde (açıklarında) kurulmaktadır. Bunlardan deniz üstü rüzgâr santralleri, gerek donanım inşası gerekse üretilen enerjinin taşınması için daha yüksek maliyetler hatta bazen daha farklı teknolojiler gerektirmektedir.



Foto 2: Belçika'da modern bir rüzgâr türbini (<http://www.turbowinds.com/homepage/zeebrugge.htm>)



**Foto 3:** Danimarka'da Nibe yakınlarında, 2X630 kW kurulu gücündeki rüzgar santrali. Türbinlerin, rüzgârların elverişli şartlar sunduğu kıyı kesiminde kurulduğu görülmektedir. (<http://www.afm.dtu.dk/wind/turbines/gallery.htm>)

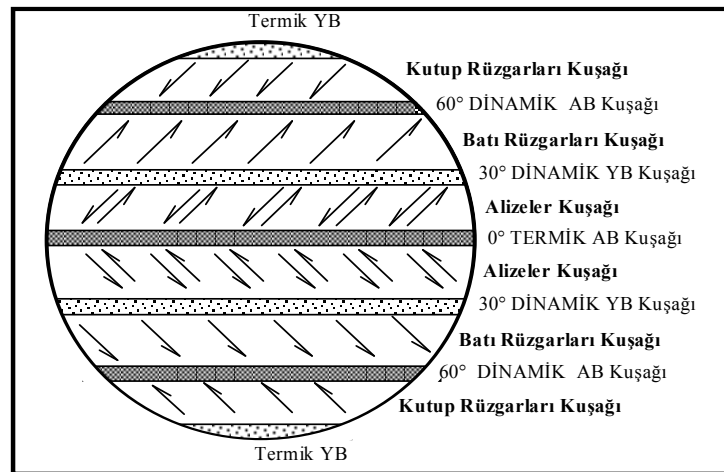


**Foto 4:** Kıyılarda kurulan rüzgâr çiftlikleri, denizlerden esen sürekli rüzgârların yanında, dağlar ile denizler arasında esen yerel rüzgârlar bakımından da çok elverişli şartlara sahiptir. Fotoğrafta, ABD-California-Palm Springs'de yüzlerce türbinin yer aldığı bir rüzgâr çiftliği görülmektedir. (<http://www.windpower.dk/pictures/windrush.htm>)

## COĞRAFI ESASLAR

Rüzgâr gücü, bilindiği üzere güneş enerjisinin dolaylı bir etki şeklidir. Güneş, dünyaya yılda ortalama, 200 milyar ton kömüre eşdeğer enerji göndermektedir. Bu miktar, insanoğlunun dünyada kullanmakta olduğu toplam enerjinin yirmi bin katıdır. Rüzgâr gücü, yeryüzünün her bölgesinin eşit bir şekilde ısınmayışı ve buna bağlı olarak oluşan, alçak ve yüksek basınç merkezlerinin karşılıklı ilişkisinden doğmaktadır (Doğanay,1991,184). Enerji üretimi bakımından, Kutuplar ile Ekvator arasında ve dinamik yüksek basınç kuşaklarından, dinamik alçak basınç kuşaklarına doğru gerçekleşen hava akımları (*sürekli rüzgârlar*) önemli rol oynuyorsa da, karalarla denizler ve dağlarla vadiler arasındaki (*devirli ve yerel rüzgârlar*) hava akımlarına dayalı rüzgârlar da rüzgâr enerjisi bakımından önemlidir (Şekil:2). Yüksek basınç alanlarından, alçak basınç alanlarına doğru yönelen hava hareketi veya hava kütlesi değişen potansiyelde kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgârın bu kinetik enerjisinden, çeşitli boyuttaki pervanelerin döndürülmesiyle, direkt mekanik güç veya dönüştürülmüş güç, yani elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Şekil: 2- Yeryüzünün Basınç ve Rüzgâr Kuşakları



Kaynak: EROL,1988,123.

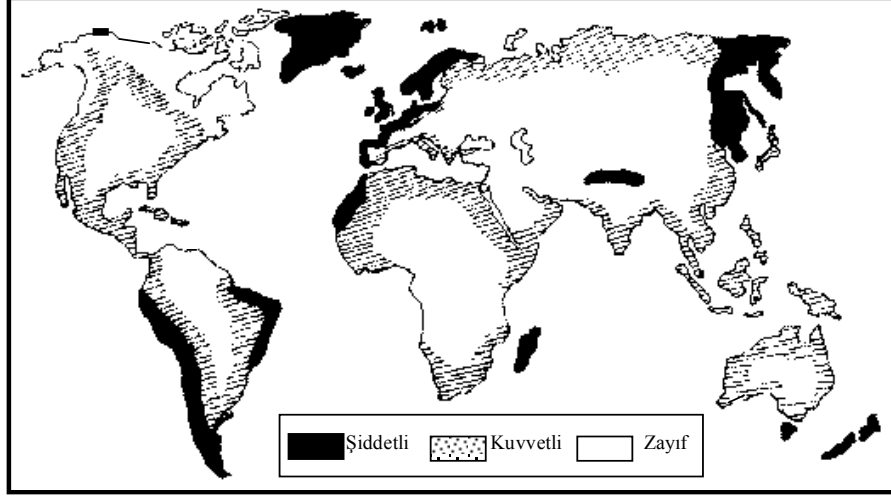
Rüzgârın kinetik enerjisinden, rüzgâr türbinleri aracılığıyla elektrik enerjisi elde etmek için, *rüzgârın hızı, esme sıklığı (frekansı) ve yönü* gibi bazı coğrafi özelliklerin mevcut olması gerekmektedir. Rüzgâr şartları elverişli olmayan bölgelerde, hızı 3 m/sn yani 8-10 km/h dolayında olan, hafif rüzgârlardan bile enerji üretilebilmesine rağmen, yapılan çalışmalar, hızı 5-6 m/sn yani 18-19 km/h olan rüzgârların, elektrik üretimi için ekonomik olabilmenin alt sınırını oluşturduğunu göstermiştir. Rüzgârın hızı arttıkça, türbin kanatları üzerine daha fazla basınç olacağından, daha hızlı dönmesi ve daha yüksek miktarda enerji elde edilebilmesi mümkün olmaktadır (Doğanay,1991,185). Geliştirilen türbin teknolojisi, türbinin, rüzgârın geliş yönüne göre ayarlanmasını mümkün kılan yav sistemi sayesinde, değişken rüzgâr bölgelerindeki santrallerde, hakim rüzgâr yönünün tespiti unsurunu hafifletmişse de, tamamen ortadan kaldıramamıştır.

Meteoroloji istasyonlarının, yeryüzündeki ve 10 m. yükseklikteki, ortalama ve saatlik rüzgâr ölçümleri ve değerlendirmeleri sonucunda hazırlanan rüzgâr atlasları, rüzgâr santrallerinin yer seçiminde kullanılan temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Bunun dışında ayrıca, rüzgâr santrallerinin kuruluş yerinin tespitinde, çevrenin doğal yapısının da çok iyi etüt edilerek (bitki formasyonu üzerindeki rüzgâr etkileri veya rüzgârın oluşturduğu aşındırma ve biriktirme şekilleri incelenerek) verilerin daha sağlamlaştırılması gereklidir. Yani, meteorolojik ve coğrafik incelemeler neticesinde, sürekli rüzgâr alan uzun vadiler, şiddetli jeostrofik rüzgâr alanlarındaki yüksek, fazla engebeli olmayan tepelik alanlar ve platolar ile şiddetli rüzgâr alan kıyıları tespit edilmelidir.

Dünya ölçeğinde, rüzgâr türbinlerinin ekonomik olabilme bakımından en avantajlı şartlara sahip olduğu alanlar; büyük rüzgâr kuşakları üzerinde bulunan ve özellikle okyanus kıyılarında yer alan konumlar olduğunu görmekteyiz (Şekil:3).



Şekil:3- Yeryüzünde Güçlerine Göre Farklı Rüzgâr Bölgeleri



Kaynak: WILLIAMS,1980'e atfen, DOĞANAY,1991,187.

## RÜZGÂR ENERJİSİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Rüzgâr enerjisinin *avantajlarını* şu şekilde sıralayabiliriz:

- *Temiz bir enerji kaynağıdır.* Diğer bazı enerji kaynaklarında olduğu gibi radyoaktif atık (hatta hiç bir atık) içermez, sera gazları, dolayısıyla da asit yağmurları oluşturmaz. Hatta bunların oluşumunda dolaylı bir azalmaya yol açar. Çünkü, ürettikleri enerjiye eşdeğer üretim yapabilmek için harcanacak olan fosil yakıtların kullanılmasını, ve böylece ortaya çıkacak olan atıkları azaltır. Örneğin yapılan hesaplamalara göre, A.B.D'ndeki Altamount Pass rüzgâr çiftliği, atmosfere yılda 461000 ton karbondioksit ve 423 ton azot oksit karışmasını engellemektedir. İngiltere'de ise, yılda yaklaşık 350000 ton karbondioksit atılmasının, rüzgâr enerjisi kullanımı sayesinde engellendiği hesaplanmıştır. Avrupa Birliği'nin 2005 yılı için planladığı 12000 MW kurulu güce ulaşıldığında da, bu miktarın 30 milyon ton karbondioksit, 2 milyon ton uçucu kül, 80000 ton kükürt dioksit ve 40000 ton azot oksitin atmosfere saçılmasının

engelleneceği tahmin edilmiştir. Bu yönüyle rüzgâr enerjisi, küresel ısınma sürecinin yavaşlatılması bakımından çok önemli bir rol oynamaktadır.

- *Fosil yakıtlar üzerindeki baskıyı ve yükü azalttığı* için bu kaynakların kullanılabilirlik ömrünü uzatmaktadır.

- *Maliyeti düşük bir enerji kaynağıdır.* Yenilenebilen yani tükenmeyen bir enerji kaynağı olduğundan, hammadde maliyeti sıfırdır. Ancak türbin olmadan kullanılamayacağı için elbette ki rüzgâr enerjisinin de bir maliyeti vardır. Bir türbinin fiyatı A.B.D iç piyasasında en az 750 \$/kW, Avrupa'da ise, 1000-1500 \$/kW civarındadır. 1981 yılında, karada kurulan bir rüzgâr türbininin birim kurulu güç maliyeti, 4000 \$/kW iken günümüzde bu rakam, 1000 \$/kW civarına düşmüştür. Dünya piyasasında rekabetin artmakta olması sebebiyle, özellikle Avrupa'da bu fiyatların 1000 \$/kW'ın altına düşeceği tahmin edilmektedir. Türbin fiyatlarının düşmesi ve gelişen teknolojiye bağlı olarak, birim enerji maliyetinde de bir azalma görülmektedir. Örneğin, Avrupa'da 1 kWh rüzgâr enerjisinin maliyeti, 6-8 cent iken, rüzgâr enerjisi teknolojisi bakımından üstün özellikler gösteren A.B.D.'nde 1 kWh rüzgâr enerjisinin maliyeti, 4 cent civarındadır. Rüzgâr enerjisi, hammadde bakımından dışarıya bağlı olmadığı için, geleneksel kaynaklara göre daha pahalıya da elde edilse, ulusal ekonomi bakımından bir kazançtır. Ulusal ekonomiye katkısı, sadece enerji dışalımını azaltması ve alışlagelmiş enerji kaynaklarına destek olması ile sınırlı değildir. Ayrıca, yeni iş alanlarıyla istihdam imkanlarını da artırmaktadır. Örneğin Danimarka'da 1995 yılında rüzgâr endüstrisinde yaklaşık 12000 kişi çalışmaktadır. Bunun yanı sıra, *diğer birçok enerji kaynağına göre, rüzgâr elektriğinin maliyeti daha düşüktür.* Örneğin, A.B.D.'nde rüzgâr elektriğinin maliyeti, nükleer enerji ve güneş enerjisinin %50'si kadar, doğalgaz, petrol ve kömürle çalışan termik santrallerden elde edilen elektriğin ise, %25-30'u kadardır.

- Büyük rüzgâr çiftlikleri enterkonnekte sisteme bağlanmaları, küçük ve münferit rüzgâr türbinlerinde ise özellikle, enterkonnekte sisteme

uzak kırsal yerleşme merkezleri, deniz fenerleri, yüksek ve ulaşılması zor bölgelerdeki sosyo-ekonomik amaçlı tesislere, bu yolla elektrik enerjisi sağlamaları bakımından da çok avantajlıdırlar (Foto 5).



**Foto 5:** A.B.D'nin. Colorado Eyaletinin kuzeydoğusundaki bir çiftlik yerleşmesinde, su çıkarmak için kullanılan rüzgar değirmeni ile, elektrik enerjisi sağlamak amacıyla kullanılan rüzgar türbini birlikte görülüyor. (Foto: Brain Parsons. <http://www.cogreenpower.org/photosCO.htm>)

Yukarıda belirtilen avantajların yanında, temiz bir enerji kaynağı olsa bile rüzgâr teknolojisinin çevrede birtakım olumsuzluklar oluşturması gibi bazı dezavantajlarının olması kaçınılmazdır. Ancak bunların çok büyük sorunlar olmadığı ve tam anlamıyla ortadan kaldırılamasa bile boyutlarının azaltılabilmesi mümkündür. Bu **dezavantajları** şöyle belirtebiliriz.

- Rüzgârların düzenli olmaması sebebiyle, *enerji üretiminde kesikli bir düzen görülür*. Yani rüzgârın yeterli hızda veya esmediği dönemlerde enerji üretimi gerçekleştirilemez. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için, üretilen elektriğin dev akülerde depolanması ve suyun elektroliz edilmesiyle elde edilen hidrojenin depolanarak, rüzgârın esmediği dönemlerde enerji ihtiyacının karşılanabilmesine yönelik önemli çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle deniz üstü rüzgâr santrallerinde, suyun elektrolizi yoluyla elde edilen hidrojen, tanker gemileriyle taşınacağından, yüksek maliyetli denizaltı iletim kablolarına gerek kalmayacaktır. Elektroliz metodu, gerek denizde, gerekse karada kullanılan rüzgâr türbinlerinin,

enerjiyi kesikli üretmesinden kaynaklanan dezavantajının ortadan kaldırılmasında ve üretilen elektriğin dev akülerde depolanması gibi önerilen çözüm yolları içinde, en önemlilerinden biridir.

- *Rüzgâr türbinlerinin gürültülü çalışmaları*, çoğu kimse tarafından bir dezavantaj olarak belirtilse de, gürültü kirliliği bakımından çok büyük etkileri yoktur. Bu etki, sadece rüzgâr santrallerinin kuruldukları lokasyonlarda, çok dar alanlarda gözlenmektedir. Bu olumsuzluğun ortadan kaldırılması amacıyla, bazı teknolojik önlemler alınmakta ve santrallerin coğrafi konumlarının seçiminde daha dikkatli davranılmaktadır. Rüzgâr santrallerinde, duymanın zor olduğu 80-85 dB civarında gürültü olmaktadır. Bu sebeple, rüzgâr santralleri ile yerleşim birimleri arasında 400-500 m.lik bir mesafenin bulunması gereklidir. Nitekim türbinlerden 400 m. uzaklıkta ise 37 dB gürültü ölçülmüştür ki, bu da gürültü kirliliği bakımından limitlerin altında bir değerdir. Ayrıca gürültünün azaltılması için, teknik bir işlem olarak pervane, titreşimi emen, salınımlı bir yatak kullanılarak dişli kutusundan, izole edilmekte ve dişli kutusu ve jeneratörü içinde bulunduran tekne, lastik ile yalıtılmaktadır.

- Rüzgâr santralinin büyüklüğüne göre değişmekle beraber, 2-3 km çapındaki bir alan içinde, radyo, tv ve diğer *haberleşme dalgalarını olumsuz etkilemektedir.*

- *Rüzgâr santralleri, diğer enerji santrallerinden daha fazla yer kaplayabilir.* Bu durum türbinlerin, birbirlerinin rüzgârını kesmemesi amacıyla seyrek yerleştirilmesinden kaynaklanır. Örneğin, büyük sayılabilecek 20 adet türbin, yaklaşık 1 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplar. Ancak bu alanın gerçekte, sadece %1-1,5'lik bir bölümü türbinlerin oturduğu alandır. Türbinlerin oturduğu alanların dışında kalan çok büyük bir saha, rüzgârı engellemeyecek yapılar inşa etmemek kaydıyla, tarım arazisi olarak veya hayvancılık faaliyetlerine çeşitli şekillerde (mera-çayır) hizmet edecek şekilde rahatlıkla kullanılabilir (Foto 6-7)



**Foto 6:** Rüzgâr çiftlikleri geniş alanlar kaplamalarına rağmen, türbinler arasındaki boşluklar tarım arazisi olarak da kullanılmaktadır. (İsveç) (<http://www.windpowerphotos.com/>)



**Foto 7:** Rüzgâr çiftliği alanları, hayvancılık amacıyla da kullanılabilir. (Hollanda) (<http://home.wxs.nl/~windsh/foto.html>)

▪ Bazılarına göre, *doğaya uyumsuz şekilleri* itibariyle, doğal ortam şartlarında garip ve çirkin görüntüler sergilemekte, görüntü kirliliği oluşturmaktadır. Örneğin İngiltere'de 10 türbinden fazla ve 5 MW'tan büyük güçte rüzgâr çiftlikleri, milli park alanlarında kurulmamaktadır.

▪ Yüksek hızla dönen rotorları (pervaneleri) ile, *kuşların ölümlerine* sebep olmaktadırlar.

## ÇEŞİTLİ ÜLKELERDEKİ RÜZGÂR ENERJİSİ UYGULAMALARI VE SON GELİŞMELER

Yel değirmenlerinin modern şekli olan ve onun prensiplerine göre çalışan ilk rüzgâr türbininin, 1890 yılında *Danimarka*'da yapıldığı kabul edilmektedir. Bunu takip eden yıllarda, *Almanya*'nın rüzgâr türbinlerini geliştirme çabalarını görmekteyiz. Ancak 19. yy.da üretilen bu türbinlerin enerji üretim kapasiteleri oldukça düşüktü. Dünya'da ve özellikle de Avrupa'da rüzgâr enerjisi, 1960 yılından sonra dikkat çeken bir kaynak olmaya başlamıştır. 1961 yılında Roma'da Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen "*Enerjinin Yeni Kaynakları Konferansı*"nda, ele alınan üç enerji kaynağından biri rüzgâr enerjisi olmuştur. 1970'li yıllara gelinceye kadarki ucuz petrol dönemlerinde, bazı çalışmalar yapılmış ise de, bu dönemde rüzgâr enerjisine gerekli önem verilmemiştir. Ancak, 1974-1978 yılları arasındaki petrol bunalımının yaşandığı dönemde, rüzgâr enerjisi tekrar dikkatleri üzerinde toplamaya başlamıştır. Özellikle 1980'li yıllarda "*Uluslararası Enerji Ajansı*" güdümünde yürütülen araştırma ve geliştirme çabaları, rüzgâr enerjisinin gelişmesinde önemli rol oynamıştır. Bu dönemden sonra, tek bir tüketiciyi besleyen münferit türbinlerden ziyade, pek çok türbini bünyesinde toplayan, rüzgâr çiftlikleri kurulmaya başlanmıştır.

Modern rüzgâr enerjisi çalışmaları bakımından dünyada iki bölge dikkati çekmektedir. Bunlardan biri., Batı Avrupa ülkeleri., diğeri ise A.B:D. dir.

**Danimarka**'da, 1918 yılında başlatılan bir çalışma ile, yaklaşık 120 kırsal yerleşmede elektrik üretimi amacıyla, 20-35 kW'lık rüzgâr türbinleri kurulmuştur. 1959 yılında ise, 200 kW gücünde *Gedser Türbini* (Foto 8) işletmeye sokulmuş ve bu türbin, 1970 yılında 650 kW'lık bir türbin ile değiştirilmiştir. Avrupa rüzgâr enerjisi toplam kurulu gücü içinde Danimarka, 1994 yılına kadar birinci sırada yer almakta iken, bu yıldan sonra liderliği Almanya'ya kaptırmıştır. Fakat yine de rüzgâr enerjisi konusunda çalışmalarını sürdürmüş ve kurulu güç bakımından önemli gelişmeler göstermiştir. 1996-1999 yılları arasında kurulu güç, iki katından fazla artırılarak, 614 MW'tan 1560 MW'a çıkarılmıştır. Gerçekleştirilen bu artışla, günümüzde Danimarka'nın elektrik enerjisi ihtiyacının %8'i, rüzgâr enerjisi yoluyla sağlanmaktadır. Ayrıca, 1800'lü yılların ikinci yarısından itibaren, rüzgâr gücü ile ilgilenmenin sağladığı avantaj ve oluşan bilgi birikimi sayesinde, dünya rüzgâr jeneratörü üretimi ve rüzgâr türbini teknolojisi bakımından da söz sahibi bir ülke durumundadır.



**Foto 8:** Danimarka'da 1959 yılında faaliyete geçirilen ve ilk modern uygulama olarak kabul edilen Gedser Türbini (<http://www.windpower.dk/pictures/windrush.htm>)

**Fransa'da**, 1950'den sonra, yüksek güçlü türbinler inşa edilmeye başlanmıştır. Bunlar içinde, *Nogent Le Roi*'de kurulan 300 kW'lık türbin, modern uygulamalar içeren ve yüksek kapasiteli ilk türbin olma özelliğindedir. Fransa'da, 1958 yılında yapılan ve o yıllarda Avrupa'nın en yüksek kurulu gücüne sahip olan rüzgâr türbini 800 kW gücünde idi.,

**Rusya'da** ise ilk rüzgâr türbini, 1931 yılında 100 kW olarak kurulmuş, 1952 yılında ise *Yalta*'da, 1000 kW kurulu güce sahip diğer bir türbin bunu izlemiştir. Sovyetler Birliği dağılmadan önce, 500 000 kırsal yerleşmeye rüzgâr türbinleri ile elektrik sağlayacak bir proje başlatılmış olmasına rağmen, son durum hakkında bir bilgiye sahip bulunmamaktayız.

**Almanya'da** yıllarca devam eden çalışmalar, ülkenin *Aşağı Saksonya* eyaletinin özellikle kuzey kıyılarında potansiyelin yüksek düzeyde olduğu ortaya çıkarmış, 1960 yılından sonra bu bölgede, toplam kurulu gücü 8265 kW olan, üç adet rüzgâr santrali kurulmuştur. Almanya, 1961-1966 yılları arasında bu husustaki teknik çalışmalarını artırarak, araştırmalarını 100 kW'lık türbinler üzerinde yoğunlaştırmıştır. Bu gelişmeler neticesinde, Almanya'nın kurulu rüzgâr gücü, 1987 yılında 50 MW'a, 1994 yılında 632 MW'a çıkarak, Danimarka'yı %17 oranında geçmiş ve Avrupa birinciliğine yükselmiştir.. Almanya'nın kurulu rüzgâr gücü, 1996'da 932 MW'iken, 1999 yılında 3000 MW'ı aşmıştır. Bu gelişmelerle Almanya, 1996 yılına kadar, toplam kurulu güç bakımından dünyada birinci sırada olan A.B.D.'nin sahip olduğu miktar kadar artış gerçekleştirilerek, dünya birinciliğine yükselmiştir.. (Tablo:1, Şekil:4, Şekil:5) Almanlar, ayrıca 1993 yılında ülke toprakları dışında, Ortadoğu'da *Golan Tepeleri* üzerinde, 6 MW'lık bir rüzgâr tesisi de inşa etmişlerdir.

**İngiltere'de** ise rüzgâr gücü ile ilgili ilk çalışmalar, II. Dünya Savaşı'ndan sonra, 1945 yılında başlanmış ve ilk kez *Enfeild* kentinde 100 kW kurulu güce sahip bir türbin inşa edilmiştir. İngiltere, rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından, etüdlerini tamamlamış bir ülkedir. Tespitlere göre ülkede, her biri 2000-3000 kW gücünde, çok sayıda rüzgâr santrali



kurulabilecek yüksek bir potansiyel vardır. Nitekim Scottish Adası üzerindeki *Orkney Türbini*, 3 MW'lık gücüyle, dünyadaki dev türbinlerin başında gelmektedir. İngiltere'de 1993 yılında, rüzgârdan 202000 MWh elektrik enerjisi üretilmiş, bu miktar 1994 yılında ise, 317000 MWh'a çıkarılarak, 290000 kişinin elektrik ihtiyacı karşılanmıştır. 1995 yılındaki 171 MW'lık kurulu güç, bir yıl sonra yaklaşık olarak 20 MW artırılarak, 1996'da 190 MW'a ve nihayet 1999 yılında, 341 MW'a çıkarılmıştır (Tablo:1, Şekil:4, Şekil:5).

Avrupa'da, rüzgâr enerjisi ve kurulu gücü bakımından, dikkat çekici diğer ülkeler olarak, İspanya ve Hollanda'yı görmekteyiz. **İspanya**, 1996 yılında 163 MW olan rüzgâr enerjisi kurulu güç miktarını, 1999 yılında yaklaşık beş kat artırarak, 834 MW'a yükseltme başarısını göstermiştir. Avrupa'da rüzgâr değirmenleri vasıtasıyla, rüzgâr gücünden mekanik olarak ilk faydalanan ülke olan **Hollanda** ise, aynı dönemde rüzgâr santralleri kurulu gücünü, 202 MW'tan, 369 MW'a çıkarmıştır (Foto 9). Hollanda'da, dünyanın en büyük rüzgâr santrali olmaya aday, 1000 MW'lık dev bir santralin yapımına, 1994 yılından itibaren Spijk'te başlamıştır.



**Foto 9:** Hollanda'daki Lelystad Rüzgâr Parkı. Rüzgârın yeterli olduğu yerlerde çok sayıda türbin yapılabilir. (Foto:Michiel Wijnbergh, <http://www.wijnbergh.demon.nl/divpags/pag2fs.htm>)

*A.B.D'*nde, ilk kez 1940 yılında Vermont Eyaleti'ndeki Montpelier kenti yakınlarında (Grandpa's Knob) dönemin en büyük rüzgâr santrali olan ve 1250 kW kurulu güce sahip *Putnam rüzgâr santrali* kurulmuştur (Doğanay,1991,190). Günümüzde Dünya'nın en büyük rüzgâr çiftliği, A.B.D'nin California bölgesinde 370 MW gücündeki, *Altamount Pass Rüzgâr Çiftliği*'dir (Foto 10). Kapladığı alan 81600 dekarı aşmakta ve 3540 adet rüzgâr türbini bulunmaktadır ( 3500 adedi 100 kW, 40 adedi 300-405 kW'lıktır). Bu rüzgâr çiftliği ile birlikte California bölgesindeki rüzgâr türbinlerinin sayısı, 15000 civarındadır. Bu bölgedeki türbinlerden, 1987 yılı itibariyle 750000 civarında nüfusa sahip olan San Francisco şehrinin bir yıllık tüketimine eşit miktarda (3 milyar kWh) elektrik üretmiştir. Bu türbinlerden, elektrik üretiminin yanında, California bölgesindeki portakal bahçelerinin sulanması şeklinde de faydalanılmaktadır. A.B.D'nde rüzgârdan elde edilen toplam elektriğin % 90'ı California bölgesinden sağlanmaktadır (Tümertekin-Özgüç, 1997, 446). Bu bölgedeki santrallerin, 1991 yılı itibariyle, A.B.D.'nde yılda 4,8 milyon varil petrole eşdeğer miktarda, enerji tasarrufu sağladığı hesaplanmıştır.



**Foto 10:** ABD'nin California Eyaletinde Altamount Pass rüzgâr çiftliğindeki türbinlerden bir kısmı. (<http://telosnet.com/wind/20th.html>)

Gelişmiş ülkelerin yıllık elektrik gereksinimlerinin yılda %2 oranında, gelişmekte olan ülkelerde ise bu oranın %7 civarında arttığı günümüz dünyasında, rüzgâr gücü potansiyeli yüksek, Meksika, Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde, bu potansiyeli kullanmaya yönelik önemli çalışmalar görmektediriz. **Meksika**'da, enterkonnekte sisteme bağlanabilmesi için milyarlarca dolarlık yatırım gerektiren, ülkenin ücra köşelerindeki kırsal yerleşmelerin elektriğe kavuşturulması programı, ülkenin sahip olduğu yaklaşık 4000 MW'lık rüzgâr gücü potansiyeline dayanmaktadır. Benzer gelişmeleri gösteren **Çin** ise, günümüzde rüzgâr enerjisi kurulu gücünü 233 MW'a çıkarmıştır. Gelişmekte olan ülkeler içinde en önemli gelişmeyi gösteren ülke, **Hindistan**'dır. 20000 MW'lık potansiyelin kullanımıyla, 1994 yılına kadar 100 MW civarında olan rüzgâr kurulu gücü, 1996'da 601 MW'a, 1999 yılında ise 1004 MW'a yükselmiştir. Hindistan, son yıllarda gösterdiği bu gelişmelerle, rüzgâr kurulu gücü bakımından Asya kıtasında ilk sırada, dünya sıralamasında ise dördüncü sırada yer alır (Tablo:1, Şekil:5).

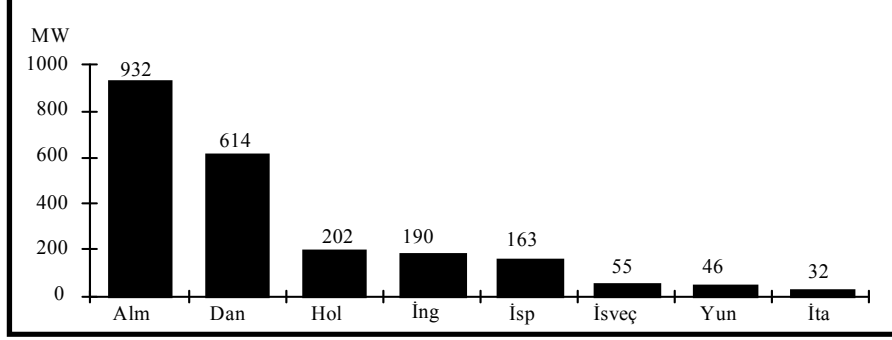
Yukarıda belirtilen ülkelerden başka, **İtalya**, **İsveç**, ve **Yunanistan**'da da bu konuda çeşitli uygulamalar görmektediriz. 1999 yılı itibariyle sırasıyla, 223, 197 ve 63 MW'lık kurulu güçleriyle, elektrik üretmişlerdir. Özellikle Yunanistan, adalardaki yerleşmelerin elektrik ihtiyacının karşılanması ve meskun olmayan adalarda da telekomünikasyon hizmetlerinin yürütülmesi amacıyla, rüzgâr enerjisinden faydalanmaktadır.

Tablo:1- Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü Bakımından Önde Gelen Bazı Ülkelerdeki Gelişmeler

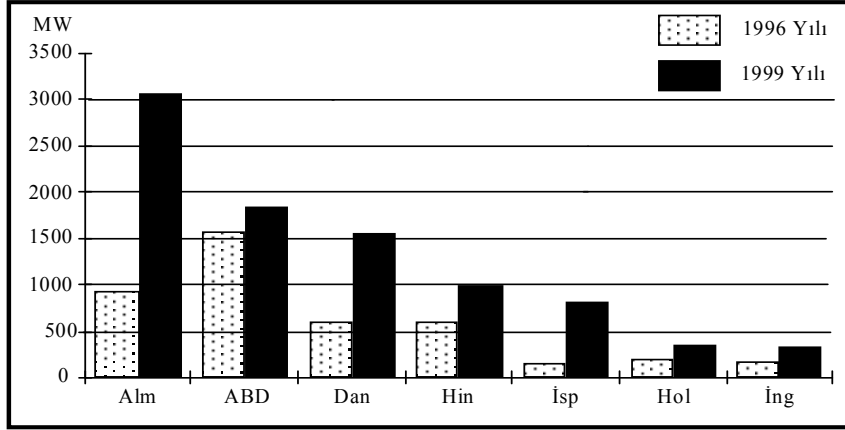
ÜLKELER	KURULU GÜÇ (MW)		DÜNYADAKİ PAYI (%)	
	1996	1999	1996	1999
Almanya	932	3068	19	30
ABD	1587	1856	32	18
Danimarka	614	1560	12	15
Hindistan	601	1004	12	10
İspanya	163	834	3	8
Hollanda	202	369	4	4
İngiltere	190	341	4	3
Diğer Ülkeler	702	1222	14	12
DÜNYA TOP.	4991	10254	100	100

Kaynak: KARABULUT,1999,130'dan geliştirilmiştir.

Şekil:4- Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Bakımından Avrupa'da Önde Gelen Ülkeler (1996)



Şekil:5- Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü Bakımından Önde Gelen Bazı Ülkelerdeki Gelişmeler

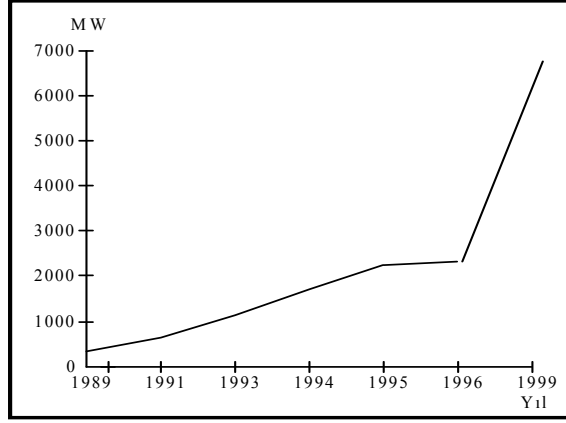


Tablo:2- Avrupa Kurulu Rüzgâr Gücündeki Gelişme

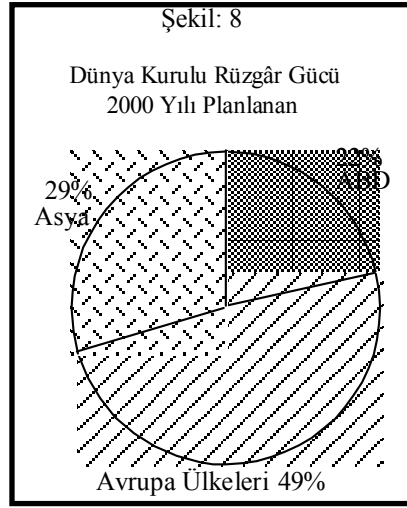
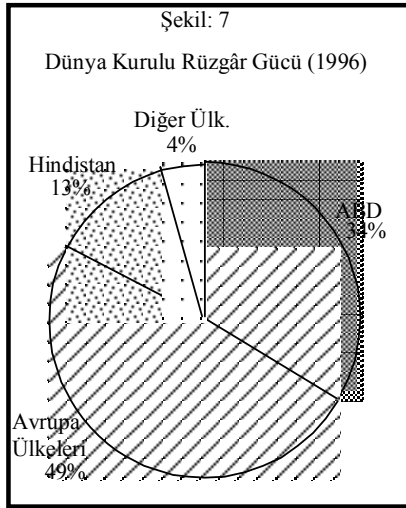
Yıllar	Kurulu Güç (MW)
1989	320
1991	643
1993	1123
1994	1723
1995	2234
1996	2311
1999	6915
2005(*)	12000
2030(*)	100000

(\*) Avrupa Birliğince Planlanan miktarlardır.

Şekil:6- Avrupa Kurulu Rüzgâr Gücündeki Gelişmenin Seyri



Avrupa toplam kurulu rüzgâr gücünün yıllara göre seyrine baktığımızda sürekli bir artışın gerçekleştiği gözlenmektedir. Bu artış miktarında, Almanya, Danimarka, Hollanda ve İngiltere önemli paylara sahiptirler. 1999 yılında 6915 MW'a ulaşmış olan Avrupa kurulu gücünün, 2005 yılında 12000 MW'a ve 2030 yılında ise 100000 MW'a çıkarılması planlanmıştır.



Günümüzde rüzgâr santralleri, karalarda olduğu kadar, denizlerde de inşa edilmektedir. *Deniz rüzgâr santralleri uygulaması*, teknik olarak başarılı ve ticari uygulamalar da gerçekleştirilmiştir (Foto 11). Deniz üstü rüzgâr enerjisi ile ilgili ilk çalışmalar, 1970'li yıllardan itibaren, Danimarka, Hollanda, İsveç, İngiltere ve A.B.D'nde başlatılmıştır. İlk deniz üstü rüzgâr türbini; İsveç'te 1990 yılında kurulan 220 kW'lık *Nogersund Türbini'dir*. İlk deniz üstü rüzgâr çiftliği ise, Danimarka'da Loland Adası yakınında kurulan *Vindeby rüzgâr çiftliği'dir*. 1991 yılı ortalarında işletmeye açılan bu rüzgâr çiftliği, 450 kW gücündeki 11 adet türbinden oluşmakta ve 5 MW kurulu güce sahip bulunmaktadır. Danimarka, gelecek 30 yıl içinde, 500 Deniz üstü rüzgâr türbini daha kurarak, Deniz üstü rüzgâr santrallerinin kurulu gücünü, 4000 MW'ın üzerine çıkarmayı planlamaktadır.



**Foto 11:** Almanya'da bir deniz üstü rüzgar çiftliği. (<http://home.wxs.nl/~windsh/inhoud.html>)

Deniz üstü rüzgâr santrallerini cazip kılan şartların yanında, yatırım masraflarını artıran bazı olumsuz şartlar da bulunmaktadır. Bu olumlu ve olumsuz yönleri şöyle sıralayabiliriz:

- Rüzgârın hızı denizlerde, karalara göre genelde daha yüksek olduğundan, üretilen enerji miktarı da fazla olmaktadır.
- Denizlerde rüzgârlar, bir morfolojik engelle karşılaşmadığı ve çok sayıda -farklı karakterde- basınç merkezleri oluşmadığı için, düzgün ve

türbülans yapmayacak şekilde esmektedir. Bu nedenle, santrallerdeki türbin motorları daha uzun ömürlü olmaktadır.

- Denizler, yerleşmelere sahip olmadığından, pervanelerin çıkardığı gürültüyü azaltmak için maliyeti artıran ek masrafları yapmaya gerek yoktur.

- Fırtınalar ve güçlü dalgalara karşı, kule temellerini sağlamlaştırıcı ve koruyucu ek masraflar gereklidir.

- Üretilen elektrik deniz altından kablolarla karaya iletileceğinden, deniz suyuna karşı özel izolasyonlu kabloların kullanılması gerekmektedir. Aynı şekilde, santralleri de denizin tuzundan ve paslanmadan korumak için ek önlemler alınmaktadır. Bunlar ise, maliyeti artırmaktadır

## **TÜRKİYE'DEKİ RÜZGÂR ENERJİSİ UYGULAMALARI**

Türkiye'de rüzgâr enerjisiyle ilgili ilk bilimsel çalışmalar; 1960'larda Ankara Üniversitesi, 1970'lerde ise Ege Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi ve Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, 1981 yılından sonra ise EİEİ tarafından yürütülmüş ve 1989 yılında bu kuruluş bünyesinde *Rüzgâr Enerjisi Şube Müdürlüğü* kurulmuştur. 1992 yılında, *AREB(Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği) Türkiye Şubesi* açılmıştır. 1993 yılından itibaren ise, DMİGM tarafından, 43 meteoroloji istasyonunun rüzgâr değerleri, topoğrafik veriler ile genişletilerek, *Türkiye Rüzgâr Atlası'nın* çıkarılmasına başlanmıştır. AREB Türkiye Şubesi, rüzgâr enerjisi ile ilgili çalışmaların ve uygulamaların gelişmesine katkıda bulunmak ve bu enerji kaynağını tanıtmak amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir. Bu kuruluş tarafından gerçekleştirilen bir organizasyonla, 1-2 Haziran 1995 tarihlerinde İstanbul'da, "*1. Ulusal Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu*" yapılmıştır.

Tarım Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen *Tarım ve Enerji Anketlerine* göre ülkemizde, belirtilen bilimsel çalışmalardan önce de, çok küçük ve modern olmayan şekillerde bile olsa, rüzgâr enerjisinden

faaydalanıldığını görmekteyiz. Bu uygulamaların çoğunluğu su çıkarma amacıyla kullanılırken, az bir kısmı ise kurulu güçleri 1 kW'tan düşük olan türbinleriyle, elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktaydı (Tablo: 3)

Tablo: 3- 1960-1980 Arasında Türkiyede Rüzgâr Gücü Tesis Durumu

YILLAR	Su Çıkarma	Elektrik Üretimi	Toplam
1960-61	718	41	759
1966-67	307	2	309
1978-79	871	23	894

Kaynak: Tarım Bakanlığı, Tarım ve Enerji istatistikleri

DMİ'nin uzun dönemli rüzgar ölçümlerine dayalı istatistiki veriler, EİEİ tarafından 1984 yılında tamamlanan "*Türkiye Rüzgâr Enerjisi Doğal Potansiyeli*" çalışmalarında değerlendirilmiş, bu çalışmanın sonucuna göre, 10 m. yükseklikteki yıllık ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğu açısından coğrafi bölge olarak, en yüksek değer 3,29 m/sn ve 51,91 W/m<sup>2</sup> ile Marmara Bölgesi'ne ait olduğu tesbit edilmiştir. Ancak bu bölgesel ortalamanın çok daha üzerinde değerlere sahip başka yerler de bulunmaktadır (Tablo:4 ve Tablo:5).

Tablo: 4- Türkiye'de Bazı İstasyonların Rüzgâr Enerjisi Verileri

İSTASYON	10m'de ort.hız m/sn	10m'de max.hız m/sn	10m'de W/m <sup>2</sup>	50m'de W/m <sup>2</sup>	50m'de enerji ort. kWh /m <sup>2</sup>
Afyon	2,7	36,0	36	76	666
Antalya	2,7	38,7	39	80	701
Samsun	2,7	34,5	40	81	710
Sarıyer	2,9	41,2	42	94	823
Akhisar	2,7	32,5	44	96	841
Malatya	2,7	33,4	51	108	946
Anamur	3,1	42,2	52	111	972
Bergama	3,5	38,8	61	134	1174
İnebolu	3,7	41,8	63	145	1270
Gökçeada	3,5	35,2	69	193	1700
Sinop	3,6	40,5	84	182	1594
Bodrum	3,7	41,7	85	183	1603
Antakya	4,0	28,4	85	202	2000
Çanakkale	3,9	35,4	92	205	1800
Çorlu	3,8	30,2	96	222	1900
Mardin	4,3	38,1	186	321	3000
Bandırma	5,8	39,9	300	474	4100



Bozcaada	6,2	43,3	317	675	5900
----------	-----	------	-----	-----	------

Kaynak: DMI

Tablo: 5- Ülkemizde Coğrafi Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

BÖLGE	Yıllık Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)	Yıllık Ort. Rüzg. Gücü Yoğ. (W/m <sup>2</sup> )
Doğu Anadolu	2,12	13,19
Karadeniz	2,38	21,31
Akdeniz	2,45	21,36
İç Anadolu	2,46	20,14
Ege	2,65	23,47
Güneydoğu Anadolu	2,69	29,33
<b>Marmara</b>	<b>3,29</b>	<b>51,91</b>
Türkiye Ortalaması	2,50	24,00

Kaynak: ŞİRİN,1986,141

Türkiye, rüzgâr bakımından zengin yöreleri olan bir ülkedir. Mevcut bilgiler ışığında ülkemizde rüzgâr enerjisi potansiyelinin 120 milyar kWh civarında olduğu tahmin edilmektedir. (Türkiye'nin termik ve hidrolik kaynaklı, mevcut toplam elektrik enerjisi üretimi 60-70 milyar kWh'tir). En güvenilir rüzgârlar esas alındığı ve teknolojik imkansızlıklar göz önünde bulundurulduğu zaman bile, Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyelinin, yılda 12 milyar kWh civarında olduğu belirtilmektedir (Ültanır,1996,59). Şüphesiz ayrıntılı ölçümler ve yeni verilerle bu değer artırılması da mümkündür.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, Türkiye kurulu rüzgâr gücünün 2000 yılında 10 MW'a, 2005 yılında 20 MW'a 2010 yılında ise 50 MW'a çıkarılması düşünülmekte ise de, 7.Beş Yıllık Kalkınma planına rüzgâr enerjisi alınmamıştır.

Ülkemizde sayıları 10 civarında olan özel firma, rüzgâr gücü kullanarak elektrik enerjisi üretiminde faaliyet göstermektedir. Türkiye'de rüzgâr türbini veya rüzgâr çiftliği kurarak elektrik üretimi, belirlenmiş yasa ve yönetmeliklerin kontrolündedir. Rüzgâr enerjisi üretme yetkisi alabilmek için, çiftliğin kurulacağı yerde en az 6 aylık ölçümler yapılarak, bu verilerle Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na başvuru yapmak gerekmektedir.

Bakanlık, TEAŞ, TEDAŞ ve EİE'nin uygun görmesi halinde, daha önce 6 aylık yapılan rüzgâr ölçümleri en az bir yıllık ölçümlere tamamlanarak, girişimci firmadan fizibilite raporu istenmektedir. Firmalarca yapılan rüzgâr ölçümlerinin denetlenmesi çalışmaları, EİE Genel Müdürlüğü ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Söz konusu kurumların olumlu görüşlerinden sonra, son aşamada, bakanlığın firma ile yapacağı imtiyaz sözleşmesinin Danıştay'dan geçmesi ile faaliyet resmî bir nitelik kazanmaktadır.

16/08/1985 tarih ve 85/9799 sayılı "Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Dışındaki Kuruluşlara Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen Yönetmelik"de değişiklik yapan 98/11982 sayılı Yönetmelik, 1 Aralık 1998 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yeni Yönetmelik ile ülkemizde rüzgâr ve güneş enerjisi ile çalışan elektrik üretim tesislerinin yapımının temin ve teşvik edilmesi de amaçlanmıştır.

Bu çerçevede, özellikle rüzgâr enerjisi üretim tesisleri kurmak için kapsam genişletilmiş, sanayi tesislerinin yanı sıra uydu kent yerleşim birimleri, hastaneler, oteller ve tatil köyleri, organize sanayi bölgeleri, üniversite kampüsleri, kültür balıkçılığı tesisleri, kümes hayvanları üretim çiftlikleri, besicilik tesisleri ve tarımsal sulama tesisleri ile belediyelere elektrik enerjisi ihtiyaçlarının tamamını veya bir kısmını, kendi rüzgâr enerjisi üretim tesislerinden karşılama imkanı sağlanmıştır. Ayrıca, rüzgâr enerjisi üretim tesisi kuracak şirketlere inşa aşamasında kullanacakları elektriği ucuza alma imkanı sağlanmış, elektrik üretimi gerçekleştirildikten sonra da ilk beş yıl süreyle TEAŞ TEDAŞ veya, görevli şirkete ait iletim ve dağıtım hatlarını kullanmalarına ve nakil bedeli olarak öngörülen nakil bedellerinin %50'sini ödemelerine imkan sağlanmıştır.

3096 sayılı Kanun kapsamında, Yap-İşlet-Devret modeli ile özel sektör tarafından gerçekleştirilmek üzere, Enerji ve Tabii Kaynaklar

Bakanlığı'nda değerlendirilmekte olan rüzgâr enerjisi santrali başvurularının toplam sayısı, 1999 yılı sonlarında yaklaşık 40 adet ve söz konusu başvuruların toplam kurulu gücü de 1400 MW civarındadır.

Rüzgâr enerjisi santrali için bakanlığa yapılan başvurularının illere göre dağılımı incelendiğinde, değerlendirilmekte olan projelerin 15 tanesi İzmir (Çeşme, Kocadağ, Alaçatı, Karaburun, Hacıömerli, Yenişakran), 7 tanesi Çanakkale (Çanakkale, İntepe, Lapseki, Bozcaada, Gökçeada, Kumkale), 3 tanesi Manisa-Akhisar-Soma, 2 tanesi Muğla (Yalıkavak, Datça), 2 tanesi Hatay (Şenköy, Belen), 7 tanesi Balıkesir (Bandırma, Erdek, Kapıdağ), 1 tanesi Sinop (Topdağ), 1 tanesi Tekirdağ (Şarköy) ve 2 tanesi Bursa'da (Zeytinbağı, Ekinli) yer almaktadır (Tablo: 6 ve Şekil: 9).

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin kullanımına yönelik ciddi anlamda ilk adımlar 1996 yılında atılmış, ilk rüzgâr santrali olan *Çeşme-Germiyan Rüzgâr Santrali*, 1.5 MW (yaklaşık 5000 hanelik bir yerleşmenin ihtiyacını karşılayacak) gücü ile 21 Şubat 1998'de açılmıştır. Bu ilk rüzgâr santrali, 3 adet 500 kW'lık türbinden oluşmaktadır. İkinci rüzgâr santrali olan *Çeşme-Alaçatı Rüzgâr Santrali* ise, yap-işlet-devret modeli ile kurulmuş, 600 kW gücündeki 12 adet türbinden oluşmakta ve toplam 7.2 MW kurulu güce sahiptir. Bu santral, 45'er m. yüksekliğindeki kuleleri ve 44 m. çapındaki rotorları ile ülkemizde bu konudaki ilk modern uygulamaya güzel bir örnektir. Çeşme-Alaçatı Rüzgâr Santrali, 28 Kasım 1998'da üretime başlamıştır. İki ünite halinde ve toplam 50.4 MW gücünde planlanmış olan *Çeşme-Kocadağ Rüzgâr Santrali* ise yakın bir zamanda tamamlandığı takdirde, mevcut projeler içinde, ülkemizin en büyük rüzgâr santrali olacaktır\*.

---

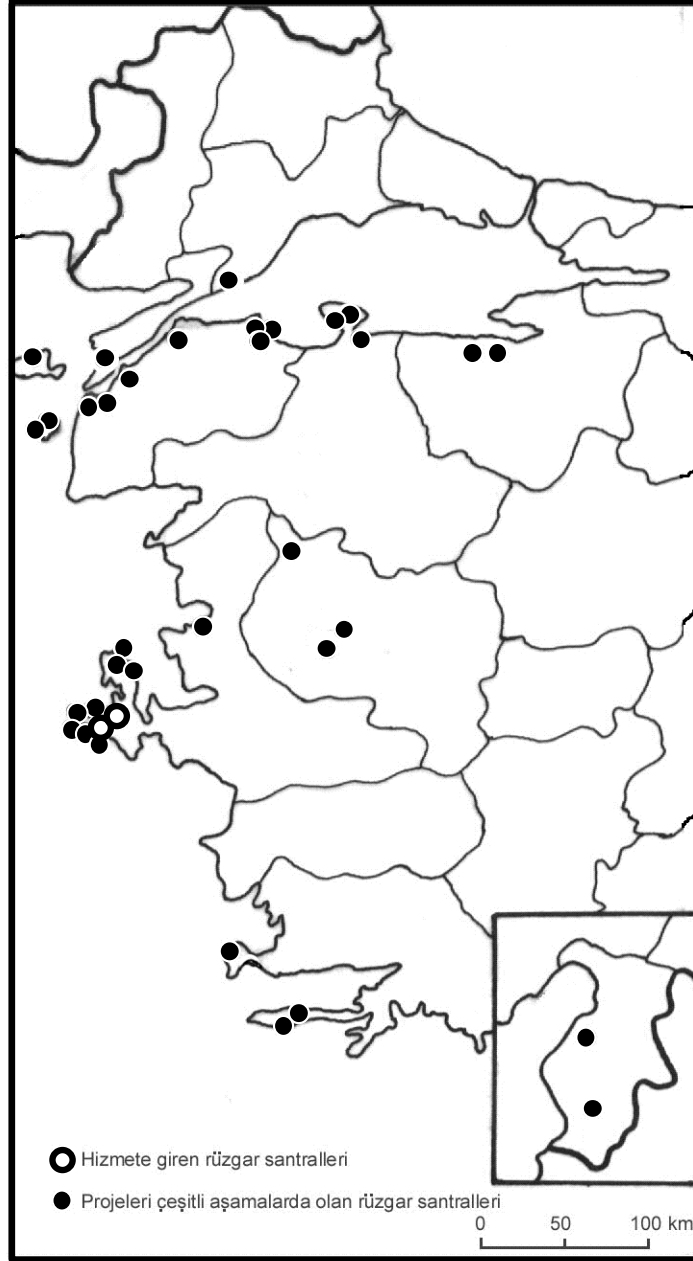
\* Ülkemizin 3. rüzgâr santrali, bu makale hazırlandıktan sonra, 25.06.2000'de Bozcaada'da faaliyete geçmiştir.

Tablo: 6- Türkiye'nin Çeşitli Aşamalarda Rüzgâr Santralleri (1999)

PROJE ADI	UYGULAMA YERİ	GÜCÜ (MW)
<b>Hizmete Giren Santraller</b>		
Çeşme-Germiyan Rüzgâr Santrali	İzmir-Çeşme	1.5
Çeşme Alaçatı Rüzgâr Santrali	İzmir-Çeşme-Alaçatı	7.2
<b>Sözleşme Aşamasında Olan Projeler</b>		
Çeşme-Kocadağ Rüzgar Santrali	İzmir-Çeşme-Kocadağ	50.4
<b>Fizibilite Raporları Değerlendirilen Projeler</b>		
Bozcaada Rüzgâr Santrali	Çanakkale -Bozcaada	5
Çanakkale Rüzgâr Santrali	Çanakkale	30
Bozcaada Rüzgâr Santrali	Çanakkale -Bozcaada	10.2
<b>Revize Fizibilite Raporu Beklenen Projeler</b>		
Akhisar Rüzgâr Santrali	Manisa-Akhisar	12
Gökçeada Rüzgâr Santrali	Çanakkale-Gökçeada	1.6
<b>Fizibilite Raporu Beklenen Projeler</b>		
Akhisar Rüzgâr Santrali	Manisa-Akhisar	30
Datça Rüzgâr Santrali	Muğla-Datça	30
Mazıdağı Rüzgâr Santrali	İzmir-Çeşme-Alaçatı	39
Hacıömerli Rüzgâr Santrali	İzmir-Aliaga	45
Kocadağ Rüzgâr Santrali	İzmir-Çeşme-Kocadağ	43.6
Yaylaköy Rüzgâr Santrali	İzmir-Karaburun	15
Şenköy Rüzgâr Santrali	Hatay-Şenköy	12
Çeşme Rüzgâr Santrali	İzmir-Çeşme	12
Yalıkavak Rüzgâr Santrali	Muğla-Bodrum-Yalıkavak	15
Beyoba Rüzgâr Santrali	Manisa-Akhisar-Beyoba	15
Lapseki Rüzgâr Santrali	Çanakkale-Lapseki	15
Bandırma Rüzgâr Santrali	Balıkesir-Bandırma	15
Datça Rüzgâr Santrali	Muğla-Datça	15
Karaburun Rüzgâr Santrali	İzmir-Karaburun	22.5
<b>Başvuru Raporları Değerlendirilen Projeler</b>		
Bodrum Rüzgâr Santrali	Muğla-Bodrum	
Karabiga Rüzgâr Santrali	Çanakkale-Karabiga	
Kapıdağ Rüzgâr Santrali	Balıkesir-Erdek	
Belen Rüzgâr Santrali	Hatay-Belen	
İntepe Rüzgâr Santrali I	Çanakkale-İntepe	
İntepe Rüzgâr Santrali II	Çanakkale-İntepe	
<b>Ölçümleri Devam Eden Projeler</b>		
Karabiga Rüzgâr Santrali I	Çanakkale-Karabiga	
Karabiga Rüzgâr Santrali II	Çanakkale-Karabiga	
Yellice Rüzgâr Santrali	İzmir-Karaburun	

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.

Şekil: 9- Türkiye'de Çeşitli Aşamalarda Rüzgâr Santrallerinin Dağılışı (1999)



SONUÇ

Dünya nüfusunun ve sanayileşmenin gelişimine bağlı olarak artan enerji ihtiyacı yanında, fosil yakıtların tükenme riskleri ve artan çevre bilincinin oluşturduğu baskılarla, temiz ve tükenmeyen (yenilenebilir) enerji kaynaklarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Rüzgâr enerjisi, sadece gelişmiş ülkelerin değil, gelişmekte olan ülkelerin de sıcak baktıkları bir enerji kaynağı olmuştur. Bu nedenle, rüzgâr enerjisinden faydalanma ve rüzgâr türbinleri veya çiftlikleri kurma düşüncesi dünyada gittikçe yaygınlaşmaktadır. Geleceğe yönelik rüzgâr enerjisi santralleri projelerinin de sayıları hızla artmaktadır.

Yapılan hesaplamalara göre 21.yüzyıl; tüm yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte rüzgâr enerjisinin tahmin edilenden daha fazla kullanılacağı ve yenilenebilen enerji kaynaklarının sıçrama yapacağı bir yüzyıl olacaktır.

#### **YARARLANILAN KAYNAKLAR**

**DOĞANAY, H., 1991, *Enerji Kaynakları*, Atatürk Üniv. Yay. No:707, Kazım Karabekir Eğitim Fak. Yay. No:18, Ders Kitapları Serisi No:13, ERZURUM.**

**EROL, O., 1988, *Genel Klimatoloji*, İ.Ü.Yay. No: 3526, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enst. Yay.No:9, İSTANBUL.**

**KARABULUT, Y., 1999, *Enerji Kaynakları*, Ankara Üniv. Basımevi, ANKARA.**

**ŞİRİN, G., 1986, "Enerji İstatistikleri", Türkiye 4.Enerji Kongresi Bildirileri, İZMİR.**

**TOK, G., 1999, "Elektrik Üreten Değirmenler, Rüzgâr Santralleri", Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, sayı:381, s:74-77, ANKARA.**

**TÜMERTEKİN, E.- ÖZGÜÇ,N., 1997, *Ekonomik Coğrafya- Küreselleşme ve Kalkınma*, Çantay Yayınevi, İSTANBUL.**

**ÜLTANIR, M. Ö., 1996, "Yel Değirmenlerinden Günümüze Rüzgâr Enerjisi", Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, sayı:341, s:56-61, ANKARA.**

**WILLIAMS, J. R., 1980, *Solar Energy Technology and Applications*, MICHIGAN.**