

1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun yaradılışından bu yana ihtiyaç duyduğu ve farklı şekillerde elde etmeye çalıştığı, vazgeçilmez bir gereksinimdir. İhtiyaç duyulan bu enerjinin, elde edildiği kaynaklar, geçmişten günümüze farklılıklar göstermiş olsada, insanlar her zaman en uzun vadeli ve en kaliteli enerji kaynağını bulma arayışına içine girmişlerdir. Geçmişte olduğu gibi, günümüzde de var olan enerjinin sürekli, kaliteli ve güvenli olarak elde edilmesi ve kullanılması, toplumsal yaşamın önceliklerinin başında gelmektedir.

Dünya genelinde fosil kaynaklar, gerek ısınmada gerekse yakıt olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak bu fosil kaynak rezervlerinin, gelecek için yeterli görülmemesi, ayrıca büyük ölçüde ileri teknoloji ve finans kaynağı gerektirmesi, ülkemizi olduğu gibi tüm dünya ülkelerinin de mevcut enerji programlarını tekrar gözden geçirmelerine neden olmuştur.

Son yıllarda ki, en az maliyetli ve uzun vadeli enerji kaynağı arayışı sonrasında, ülkeler, alternatif bir kaynak olarak rüzgar enerjisine yönelmiş ve bu yönde enerji stratejileri geliştirmişlerdir. Buna göre fosil kaynaklı enerji hammaddelerinin yakın bir gelecekte tükeneceği ve bunun yerini, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin alacağı düşünülmektedir.

1.1. Yenilenebilir Enerji

Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı oluşu, hava kirliliği, asit yağmurları, sera etkisi ve küresel ısınma şeklinde ortaya çıkan çevresel sorunlar nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları, tüm dünyada giderek artan bir ilgi ile karşılanmakta ve enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynak olarak görülmektedir. Dünya'da artan nüfusa bağlı olarak, enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık % 4-5 arasında artmaktadır. Buna karşılık fosil yakıt rezervleri ise hızla azalmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre en geç 2030-2050 yılları arasında petrol, kömür, doğal gaz rezervleri tükenme aşamasına gelecek ve ihtiyacı karşılayamayacaktır. Fosil yakıtların kullanımı dünya ortalama sıcaklığını 500 bin yılın en yüksek seviyesine ulaştırmıştır. Bu durum son yıllarda yoğun hava kirliliğine, sel, fırtına ve doğal afetlerin hızla artmasına sebep olmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi ile deniz seviyesinde bulunan birçok adada yerleşim alanları, buzulların erimesi ve su seviyesinin yükselmesinden dolayı boşaltılmıştır. Önlem alınmaması durumunda yakın gelecekte, deniz kenarlarındaki birçok şehir sular altında kalacaktır. Yakın gelecekte alternatif enerji kaynaklarına geçilmemesi durumunda birçok bitki ve hayvan soyu tükenecektir. Bu durumda doğal denge bozulacak ve yaşam şartları ağırlaşacaktır. Egzoz gazlarındaki kurşun nedeniyle doğan zihinsel özürlü çocuk sayısı hızla artmaktadır. Asit yağmurları nedeniyle birçok doğal eko sistemler tamamen ölmüş, doğadaki gıda ve madde zinciri ile ağır metaller insan vücuduna besinlerle girmeye başlamıştır. Bu olumsuz yönlerden dolayı alternatif enerji kaynakları çok önem kazanmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarına geçilmesiyle, daha değişik dünya görüşü hayatımıza girecektir. Sınırsız ve sorumsuz harcanan enerji tüketiminin yerini bilinçli, çevreye saygılı ve ihtiyacı karşılamaya yönelik enerji tüketimi alacaktır. Böyle bir ortamda refah düzeyini, en fazla enerji tüketen yerine, enerjiyi en verimli kullanan belirleyecektir. Fosil yakıtları bitmeden temiz enerji dediğimiz alternatif enerji kaynaklarına yönelmek son çare olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları;

1.Hidrolik(Su) Enerjisi

2.Güneş Enerjisi

3.Rüzgar Enerjisi

4.Jeotermal Enerji

5.Biyokütle(Biomass) Enerjisi

6.Hidrojen Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisi gerek üretim ve yatırım maliyeti, gerekse kullanılabilirliği açısından diğer kaynaklara oranla günümüzde daha fazla tercih edilmektedir. Bu bağlamda pek çok ülke, 2010 yılında elektrik enerjisi gereksinimlerinin %10'unu rüzgar enerjisinden karşılamayı planlamaktadır. Çünkü; rüzgar enerjisi, güneş, jeotermal, biyokütle ve dalga gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında, elektrik üretimi konusunda en fazla ümit veren yenilenebilir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Dünya genelinde uygulanan enerji politikalarının belirlenmesinde, yenilenebilir enerji kaynakları ilk sırayı almaya başlamış ve bu maksatla enerji programları planlanırken, ülkeler bir takım önlemler almaya başlamışlardır.

Bu önlemlerin başında, enerji talebinde, petrolün payının giderek azaltılması, enerji tasarrufunun sıkı bir şekilde yapılması ve kaynakların verimli kullanılmasının yanı sıra, yukarıda da bahsedildiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğu kadar yararlanılmaya yönelik teknolojilerin hızla geliştirilip, uygulamaya konulması gelmektedir. Pek çok ülke, ulusal programlar ve teşvikler uygulayarak rüzgar enerjisi teknolojisini geliştirmeye çalışmaktadırlar.

1.1.1. Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında rüzgar enerjisi gelmektedir. Günümüzde alternatif bir enerji üretim kaynağı olarak görülen rüzgar enerjisi, aslında insanoğlunun M.Ö. 2800'lerden beri, farklı şekillerde kullandığı, en eski enerji kaynaklarından biridir. Günümüzde ise, rüzgar enerjisi su pompalanması, elektrik üretilmesi, bataryaların şarj edilmesi gibi alanlarda kullanım alanı bulmaktadır.

Rüzgar enerjisinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde özdeş ısıtmamasından dolayı oluşan sıcaklık ve buna bağlı basınç farkları rüzgarı yaratmaktadır.

Rüzgar, yüksek basınç alanından alçak basınç alanına yer değiştiren havanın Dünya yüzeyine göre bağlı hareketidir. Burada, yüksek basınçtan alçak basınca doğru bir hareket söz konusudur. Buradaki basınç farklılıklarından kaynaklanan hareket rüzgarı meydana getirmektedir.

Rüzgar, olumsuz yanları az olan, atmosferde serbest olarak dolaşan, kararlı, güvenilir ve sürekli bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi, kinetik bir enerjidir. Yeryüzünün aldığı toplam güneş enerjisinin, yaklaşık olarak %2'sinin rüzgarın kinetik enerjisine dönüştüğü tahmin edilmektedir.

Dünya'ya ulaşan güneş enerjisinin, çok küçük bir kısmı rüzgar enerjisine çevrilebilmektedir. Bu enerji, yerel coğrafi farklılık ve homojen olmayan ısınmaya bağlı olarak zamansal ve yöresel değişiklikler göstermektedir.

Rüzgar enerjisinde; rüzgarın hızı, yönü ve esme saat sayısı gibi özellikleri değerlendirilir. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpü ile orantılı biçimde artar. Rüzgarın yönü, günlük hava şartlarına ve iklim özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Meteorolojik ve topoğrafik açıdan rüzgarın olabileceği yerler aşağıda sıralanmıştır:

- Basınç gradyanının yüksek olduğu yerler,
- Yağışların sürekli esen rüzgara paralel olduğu vadiler,
- Yüksek, engebesiz tepe ve platolar,
- Yüksek basınç gradyanlı düzlükler ve sürekli rüzgar alan az eğimli vadiler,
- Güçlü jeostrofik rüzgar alanlarının etkisinde kalan tepe ve zirveler,
- Jeostrofik rüzgar ve termal gradyan alanına sahip kıyı şeritleri,

1.1.1.1. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgar enerjisini, her şeyden önce üstün kılan yanı, yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasıdır. Fosil yakıtlardan oluşan enerji kaynakları ve petrol gibi geçmişten bu yana kullanılan yenilenemez enerji kaynaklarının rezervlerinin, petrol savaşlarının yaşandığı günümüzde giderek azalması, özellikle rüzgar enerjisinin önemini vurgulamaktadır.

Enerji ihtiyacının karşılamasında, en önemli parametre, üretilen enerjinin maliyeti ve bunun sağladığı marjial faydadır. Değişik enerji kaynaklarının, birim yatırım maliyetleri karşılaştırılırken, çevresel ve toplumsal etkileri de dikkate alınmalıdır. Bunun için, üretim maliyetlerinde marjinal maliyet yerine, alternatif maliyetlerin göz önüne alınması daha doğru olacaktır. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının lehine bir durum yaratacaktır.

Rüzgar enerjisinin diğer enerji kaynaklarına oranla sağlamış olduğu başlıca avantajlar;

- Rüzgar enerjisi, kirlilik yaratmayan ve çevreye çok az zarar veren, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yeryüzünde %95 gibi bir alanda, rüzgar enerjisi elde edilebilir ve bu alanlarda aynı zamanda ziraat, ormancılık gibi faaliyetler de sürdürülebilir.
- Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yapmaz.
- Fosil yakıtlar ile enerji üretmede, her 1kw/h üretim için yaklaşık olarak, 0.7 kg karbondioksit gazı ortaya çıkar. Buna göre, rüzgar santrali ile ürettiğimiz her 1kw enerji ile dünyamızı 0.7 kg karbondioksit gazı salınışından kurtarıyoruz.¹
- Geleneksel metotlarla enerji üretilirken, oluşan su kayıpları ve CO₂, CO zararları rüzgar enerji santrallerinde olmamaktadır.
- Rüzgar enerji santralleri, diğer enerji santralleri gibi çevreyi kirletecek kimyasal ve benzeri atıklar yaymaz. Dolayısıyla, santralin bulunduğu çevre her zaman temiz ve doğal kalır. (600 KW'lık bir rüzgar türbini gücünde olan bir kömür santrali yılda yaklaşık 1200 ton CO₂ üretir. Buna karşın rüzgar enerji santrali ise CO₂ emisyonuna neden olmaz. Bu maddeler atmosferi kirlettiği gibi sera etkisi sebebiyle küresel ısınmalara yol açmaktadır.
- Rüzgar türbinleri güvenlik açısından başarılı bir geçmişe sahiptirler. Kullanım sonrasında tasfiye edilmeleri diğerlerine göre çok daha kolaydır.
- Rüzgar bir local enerji kaynağıdır ve dünya enerji pazarında büyük ölçüde bağımsız olma özelliğine sahiptir.
- Rüzgar teknolojisinin tesisi diğerlerine göre daha basittir. Rüzgar türbinleri modüler olup, herhangi bir büyüklükte imal edilebilmekte ve tek olarak yada gruplar halinde kullanılabilirlerdir.
- Rüzgar türbininin işletmeye alınması, inşaata başlamasından, ticari üretime geçişine kadar üç ay gibi kısa sürede gerçekleştirilebilir.
- Rüzgar enerjisi, gerçek anlamda yenilenebilir(renewable) enerjidir. Yani hiç bitmez. (Fosil yakıt rezervleri ise sınırlıdır. Yapılan araştırmalar bu rezervlerin 2030 yılında tükeneceğini göstermektedir.
- Gelişen teknoloji ile birlikte enerji birim maliyetleri düşmektedir. Dünya enerji rezervlerinin ömürlerine bakarsak, rüzgar enerjisinin sonsuz olan kaynağı ile en önemli avantajını görebiliriz.

¹ UYAR Tanay Sıdkı Doç. Dr. "Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme Ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu."

- Nükleer enerji→ 200 yıl, Kömür→ 200 yıl, Gaz→ 65 yıl, Petrol→ 40 yıl, Rüzgar→ sonsuz.
Rüzgar enerji santrallerinin dezavantajları ise;
- Türbinlerin sesli çalışmaları, yakın çevrelerinde yaşayan insanlar için rahatsız edicidir. Bu nedenle yerleşim merkezlerinden ve hassas vahşi yaşam alanlarından uzakta kurulmaları gerekmektedir.
- Rüzgar türbinleri yalnızca rüzgar estiği zaman enerji üretir. Enerji üretimi rüzgara göre değişir. Rüzgar türbinleri endüstriyel standartlara göre dikilirse, modern bir rüzgar türbini yılın %98 inde çalışır halde bulunur. Buda demektir ki; iyi rüzgar alan bir bölgede modern bir türbin 6 aylık kontroller dahilinde güvenilir bir şekilde sürekli enerji üretir.
- Kuş ölümlerine neden olur, radyo ve TV alıcılarında parazitleşme yapar. Bu nedenle İngiltere başta olmak üzere, bir çok Avrupa ülkesinde, büyük rüzgar türbinlerinin yarattığı çevre sorunları nedeniyle, milli park alanlarının sınırları içine ve çok yakınlarına kurulması yasaklanmıştır. (Türbinlerin haberleşmede parazit oluşturması ise 2-3 km alanda sınırlı kalmaktadır.)

Tablo 1-1, 1-2 ve 1-3'yeryüzünde bulunan yeraltı ve yerüstü enerji kaynaklarının farklı parametrelere göre kıyaslanması gösterilmiştir. Rüzgar enerjisinin sağlamış olduğu avantajlar açıkça görülebilmektedir.(<http://web.gyte.edu.tr/enerji>)

Tablo 1.1 Enerji Üretim Sistemlerinin Çevresel Etkileri Açısından Kıyaslaması

	Enerji İklim Değişikliği	Asit Yağmuru	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	X	X	X	X	X	-
Kömür	X	X	X	X	X	X
Doğal Gaz	X	X	X	-	X	-
Nükleer	-	-	X	X	-	X
Hidrolik	X	-	-	-	-	-
* Rüzgar	-	-	-	-	X	-
Güneş	-	-	-	-	-	-
Jeotermal	-					

Tablo 1.2 Enerji Üretim Metotlarının Maliyet Ömür İlişkisi

Enerji Türü	Dışa Bağımlı / Yerel	Kalan Ömür (yıl)	Yatırım Maliyeti (\$/KW)	Üretim Maliyeti (Cent/KW)
Petrol	Dış	40-45	1500-2000	6.0
Kömür	Yerel/Dış	200-250	1400-1600	2.5-3.0
Doğal Gaz	Dış	60-65	600-700	3.0
Nükleer	Dış	-	3000-4000	7.5
Hidrolik	Yerel	-	750-1200	0.5-2.0
* Rüzgar	Yerel	-	1000-1200	3.5-4.5
Güneş	Yerel	-	Yüksek	10.0-20.0
Jeotermal	Yerel			

Tablo1.3 Enerji Üretim Sistemlerinin Birim Maliyetleri

Güç Kaynağı	1 KW Enerjinin Maliyeti		
	Min	Max	Ort.
Solar Termal Hibrit	6.0	7.8	6.9
Nükleer	5.3	9.3	7.3
Doğalgaz	4.4	5.0	4.7
Hidrolik	5.2	18.9	12.1
Rüzgar	4.7	7.2	6.0
Kömür	4.5	7.0	5.8
Jeotermal	4.3	6.8	5.6
Biyomass	4.2	7.9	6.1

1.1.1.2. Rüzgar Enerjisinin Tarihsel Gelişimi ve Dünyada Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, aslında yeni bir alternatif kaynak değildir. Önceleri rüzgar ve yel değirmenleri ile elde edilen enerjinin, yerini günümüzde türbinlerden elde edilen enerji almıştır. Yel değirmenlerinin en modern hali olan ve onun prensiplerine göre çalışan rüzgar türbinleri, günümüzde enerji üretimini sağlamaktadır.

Rüzgar enerjisinden faydalanma, ilk olarak 1891 yılında Danimarka'da gerçekleştirilmiştir. Her biri 500 KW'dan oluşan bu çiftliğin toplam gücü 5 MW olup, yaklaşık 4000 evin elektrik gereksinimini karşılayacak düzeydedir. Bu çiftlikten elde edilen elektrikle, 6000 ton kömürün yakılması ve 12.500 ton CO₂'in salımı önlenmektedir.

(http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2003/kasim/makale_enerji.htm)

18.yy. sonlarında başlayan endüstri devrimi sonrası, makineleşmeye olan ilgi, rüzgar enerjisinden faydalanma düşüncesinin önüne geçmiş ve insanların farklı enerji kaynaklarına yönelmelerine neden olmuştur. Ancak endüstri devrimi sonrası, özellikle Amerika ve Avrupa'da rüzgar enerjisi üretimi için çalışmalar başlamıştır.

Rüzgar enerjisinden en yoğun yararlanan ülke olan ABD'de, ilk kez rüzgar enerjisinden yararlanma çalışmaları, 1944 yılında gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi üreten ilk rüzgar santrali ise, ABD'de, Montpelier kenti yakınlarında 1940 yılında General Elektrik firması tarafından inşa edilmiştir. ABD'de de başlayan bu rüzgar enerjisinden yararlanma durumunu, zamanla Danimarka, Hollanda, İsveç, Almanya izlemiştir. Rusya federasyonunda ilk deneme rüzgar türbinleri istasyonu 1952'de Yalta' da kurulmuştur. Kule yüksekliği 50m olan rüzgar türbinlerinin kurulu gücü, 1000 KW civarındadır. İngiltere'de, ülkenin sahip olduğu rüzgar enerjisi potansiyeli etüt edilmiş ve kurulu gücü 2000 KW - 3000 KW dolayında olabilecek çok sayıda santral kurulabileceğini ortaya koymuştur. Bu ülkelerden başka Arjantin, Mısır, İspanya, Hollanda, Danimarka, İsveç, Avustralya da bu konuda çalışmalar yapmışlar ve yapmaya devam etmektedirler. 1987'de Kaliforniya'da uygulamaya konulan bir vergi indirimi sistemi, rüzgar endüstrisine yönelik bir atılımın öncüsü olmuştur

1973-1974 yıllarında ortaya çıkan petrol krizleri, uzak bölgelerin beslenmesi amacıyla elektrik üretimi ve suyun pompalanması için bu teknolojiye gösterilen ilgiyi daha da arttırmıştır.. Halen dünyada, otuz kadar ciddi rüzgar türbini yapımcısı mevcuttur. Bunların çoğu Avrupa Birliğine üye ülkelerde bulunmaktadır.

Rüzgar enerjisinden elektrik elde edilmesinin, yaygınlaşmaya başlamasının başlıca nedeni; dönüşüm sistemlerinin ve elektrik enerjisi üretim maliyetlerinin yeni fosil-yakıtlı güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye inmiş olmasıdır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, enerji ihtiyacının her an arttığı dünyada, özellikle rüzgar enerji potansiyelinin etkin şekilde kullanıldığı Avrupa'da, enerji üretimiyle ilgili son yönelim, lokal güç üretim çözümleridir. Bunun anlamı, her yerleşim bölgesinin kendi enerjisini kendisinin üretmesidir. Böylece, elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan kaçak ve kayıpların önlenmesi sağlanacak ve her bölgenin enerji üretim bağımsızlığını kazanmasına yardımcı olunacaktır.

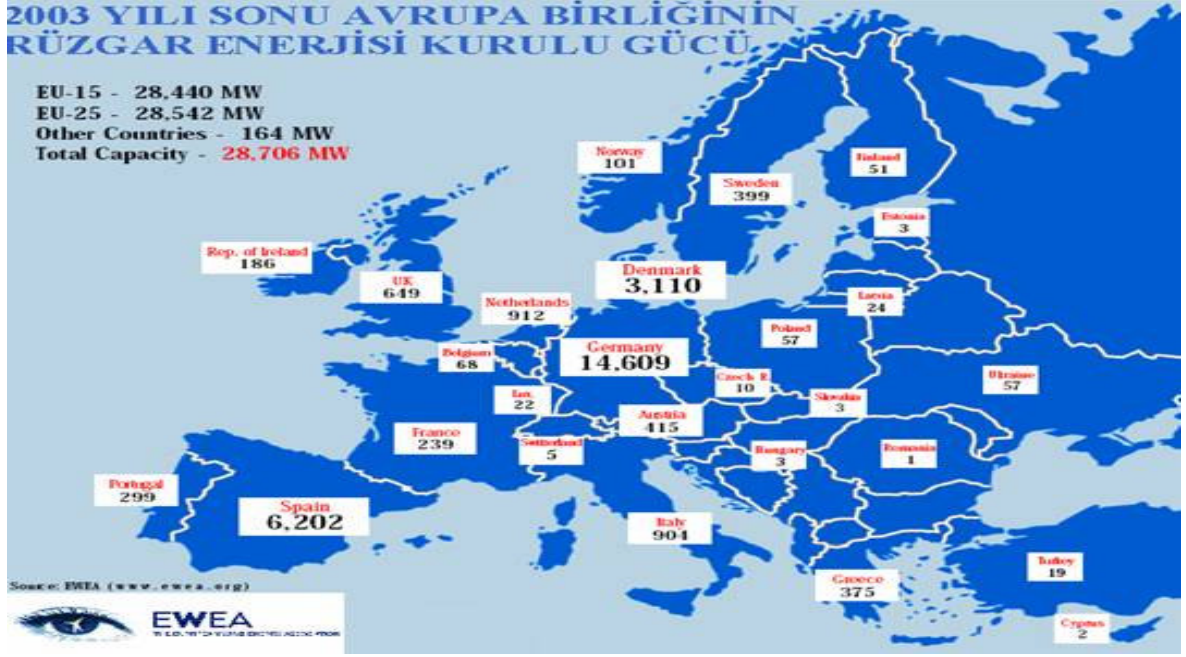
Tüm dünyada, çevrenin korunmasına olan ilginin artması, kirliliğe yol açmayacak enerji kaynaklarının kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Özellikle, tarım sektöründeki önemli girdilerden biri olan tarımsal işletmelerdeki faaliyetlerde, kullanılan enerjinin sağlanmasında rüzgar enerjisinden yararlanmanın gelecekte daha da arttırılması sağlanmalıdır.

Bazı ülkelerde, rüzgar enerjisi şimdiden fosil ve nükleer enerji kaynaklarını geride bırakmıştır. Avrupa'da en büyük kurulu güç (rüzgar enerjisi)Almanya'dadır. Almanya'yı; Danimarka, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, İtalya ve Yunanistan izlemektedir.

Tablo 1.4 EİKT Verilerine Göre Avrupa Ülkelerinde Rüzgar İçin Teknik Potansiyel Durumu

Ülke	Toplam Yüzölçümü	Potansiyel Rüzgar Sınıfı>3	Teknik Potansiyel	
	1000 km ²	1000 km ²	GW	TWh/yıl
Belçika	31	7	2	5
Danimarka	43	43	14	29
Finlandiya	337	17	4	7
Fransa	547	216	42	85
Almanya	357	39	12	24
İngiltere	244	171	57	114
Yunanistan	132	73	22	44
İrlanda	70	67	22	44
İtalya	301	194	35	69
Hollanda	41	10	3	7
Norveç	324	217	38	76
Portekiz	92	31	7	15
İspanya	505	200	43	86
İsveç	450	119	20	41
* Türkiye	781	418	83	166

EİKT Verilerine Göre Avrupa Ülkelerinde Rüzgar İçin Teknik Potansiyel Durumu Tablo 1.4 de gösterilmiştir.(<http://web.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/index.html>)



Şekil 1.1 EİKT Verilerine Göre Avrupa Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi İçin Teknik Potansiyel

EİKT Verilerine Göre Avrupa Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi İçin Teknik Potansiyel Şekil 1.1 de gösterilmiştir. (<http://web.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/index.html>)

Yapılan araştırmalar, rüzgar gücünün şu anda dünyada en hızlı yayılan enerji kaynağı olduğunu göstermektedir.

1.1.1.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

Son yıllarda izlenen enerji politikalarının ilk sırasında yer alan rüzgar enerjisi, mevcut potansiyel açısından, Türkiye coğrafyasında önemli bir yere sahiptir. Türkiye, özellikle rüzgar ve güneş enerjisi yönünden, Avrupa’da en iyi potansiyele sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Fakat, bu enerji potansiyellerini kullanabilen ülkeler sıralamasında ise, maalesef son sıralarda olduğu görülmektedir.

Ülkemizde, rüzgardan elektrik üretilmesi, gecikme ile 1998 yılında başlamıştır. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları politikalarında belirsizlikler yaşamaktadır. Bu tür politikalarda, planlamalar yapılırken temel verilerin doğru olarak saptanması gerekmektedir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle de elektrik enerjisi alanında rüzgar enerjisi kaynakları, kullanımını özendirerek teşvik uygulamaları, dünyadaki örnekleri incelenerek ve toplumsal fayda ön planda tutularak, yasal düzenlemelere yansıtılmalıdır.

Bu süreçte, bu politikaların yeniden yaşama geçirilmesi yönünde üniversiteler ile ilgili meslek odalarının da içinde olacağı katılımcı bir ortam yaratılmalıdır.

Rüzgar potansiyeli bu denli yüksek olan ülkemizde, rüzgar enerjisinden faydalanma bilincinin artırılması, özellikle tarım ve sanayi sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması sağlanmalıdır. Günlük kullanım alanlarında da uygulamaya konması, enerji tüketim masraflarının büyük oranda azalmasına yardımcı olacaktır.

Enerjiye bağımlı olarak yaşadığımız dünyada, güneş ve rüzgar enerjisi gibi çevre dostu olarak adlandırılan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için, yeni tekniklerin geliştirilmesine olan gereksinim artmaktadır. Çok yakın geçmişe kadar bu konu, daha çok sadece üniversitelerin araştırma konusu olarak kalmışken, günümüzde özellikle uygulama bazında giderek yaygınlık kazanmaktadır.

Rüzgardan enerji elde edilmesi ve kullanılması diğer enerji kaynaklarından faydalanmaya oranla, daha az maliyetli bir üretim olsada, rüzgar enerjisi üretimi, sistemli bir çok araştırma, gözlem ve analiz gerektirmektedir. Ancak yapılan analizlerin ardından, üretilecek enerjinin marjinal etkinliği, üretim için yeterli olursa rüzgar enerjisi için gerekli altyapı kurulabilir.

Yapılan fizibilite çalışmaları, Türkiye'nin - özellikle Marmara ve Ege Bölgeleri'nin - rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri için uygun olduğunu göstermiştir.

Tablo 1.5 Bölgelerin Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunlukları

Bölge adı	Ort. Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m ²)
Akdeniz Bölgesi	21.36
İç Anadolu Bölgesi	20.14
Ege Bölgesi	23.47
Karadeniz Bölgesi	21.31
Doğu Anadolu Bölgesi	13.19
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	29.33
Marmara Bölgesi	51.91

Bölgelerin Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunlukları Tablo 1.5
dedir.(<http://www.melikedemir.com>)

Türkiye, kendi enerji ihtiyacını rüzgar enerjisi üretimiyle karşılayacak bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin rüzgar enerji potansiyelini şu şekilde hesaplayabiliriz.

Türkiye'nin yüzölçümü yaklaşık 77600000 hektardır. Ülkenin sadece %1 alanı (uluslar arası standart, Avrupa için %0.5) rüzgar enerjisi için kullanılırsa, 776 000 hektar alan kullanılacak demektir. 10 hektar arazi için bir rüzgar türbini düşünüldüğünde (teknik standart) toplam 77 600 türbin olduğu hesaba katılırsa, 1 MW kapasiteli bir türbin yılda yaklaşık 2500-3000 MW/saat enerji üretmektedir. Toplam yılda yaklaşık 200 milyar KW enerji üretimi olacaktır. TEİAŞ verilerine göre ülkemizin 2006 yılı için elektrik üretimi 173,1 milyar KW olduğu göz önüne alınırsa ne kadar büyük bir potansiyele sahip olduğumuz anlaşılır. Ayrıca TEİAŞ verilerinden 2006 için rüzgar kaynaklı elektrik üretim miktarının 0,1731 milyar KW olduğu da düşünülürse. Hammaddede maliyeti 0 olan bir kaynağın sadece 1155 de birini kullandığımız görülür (TÜRKİYE RÜZGAR ATLASI Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektrik İşleri Etüt İdaresi 2002)

Yıl içerisinde yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen verilere göre, rüzgar potansiyelinin en çok olduğu aylar ve en yoğun olduğu saatler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1.6 Rüzgar Santrali Kurulu Bölgelerde Rüzgar Potansiyelinin En Yoğun Olduğu Ay ve Saat Dilimleri

Bölge	30m.' de ortalama rüzgar hızı (m/s)	Rüzgar bakımından en zengin aylar	Gün içinde rüzgar bakımından en zengin saatler
Çanakkale, Balıkesir	7 - 7,5	Kasım-Şubat, Mayıs-Eylül	16.00 - 03.00
İzmir	7,5 - 9	Kasım-Şubat, Mayıs-Eylül	12.00 - 21.00
Bodrum	7 - 7,5	Aralık, Mayıs-Eylül	09.00 - 22.00
Datça	7 - 7,5	Aralık, Mayıs-Eylül	09.00 - 22.00

Rüzgar Santrali Kurulu Bölgelerde Rüzgar Potansiyelinin En Yoğun Olduğu Ay ve Saat Dilimleri Tablo 1.6 da gösterilmiştir.(<http://mutlucar1.blogcu.com>)

Tablo 1.7 2006 verilerine göre Türkiye’de Kurulu Bulunan Rüzgar Santralleri

Elektrik Üretimine Başlama Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Firma	Yer
Şubat 1998	1.5	Demirer	Çeşme İzmir
Kasım 1998	7.2	Güçbirliği	Çeşme İzmir
Haziran 2000	10.2	Demirer- Enercon	Çanakkale
Kasım 2003	1.2	Sunjut-Demirer	Hadımköy İstanbul
Mayıs 2006	30	Bares-Bilgin	Bandırma
Ağustos 2006	39.2	Demirer-Enercon	Çeşme İzmir

Türkiye’de, halihazırda faaliyet gösteren rüzgar enerjisi santralleri tablo 1-7’ de gösterilmiştir. Dikkat edilecek olursa kurulu santrallerin tamamı Marmara ve Ege Bölgesi’nde bulunmaktadır. Bu da bu bölgelerin rüzgar enerji potansiyelinin ne derece yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 1.8 Türkiye' nin rüzgar enerjisi gücü ve kurulu santraller

Projenin Adı	Yer	Bölge	İşletmeye Başlangıcı	Türbin Kapasitesi	Türbin Sayısı	Kurulu Güç	Rotor Çapı
Çeşme Germiyan	İzmir Çeşme	Ege	Şubat 1998	500	3	1,5 mw	40,3m
Çeşme Alaçatı	İzmir Alaçatı	Ege	Kasım 1998	600	12	7,2mw	44m
Bozcaada	Çanakkale Bozcaada	Marmara	Temmuz 2000	600	17	10,2mw	44m
İstanbul	İstanbul Hadımköy	Marmara	Yapım Aşamasında	600	2	1,2mw	44m
Toplam					34	20,1mw	

Türkiye'nin rüzgar enerjisi gücü ve kurulu santralleri Tablo 1.8 de gösterilmiştir. (<http://www.turkelektrik.com/T-Ruzgar>)

Türkiye’de, halen fizibilite raporları EPDK tarafından değerlendirilen rüzgar enerji santralleri proje sayısı ise 105 ‘dir

Rüzgar enerjisi bilincinin yaygınlaşması amacıyla, gerek kamu, kurum ve kuruluşlarında, gerekse özel sektörde konferanslar verilmeli ve firmalar teşvik edilmelidir. Bunlara ek olarak rüzgar değirmenlerinin parçalarını yerli üretecek firmalara AR-GE teşviki sağlanmalı ve üniversitelerimizin bu alandaki araştırma, geliştirme çalışmaları desteklenmelidir. Büyük çoğunluğu ithal edilen türbinlerin, öncelikle belli donanımlarının ulusal olanaklarla yapılması için bu gereklidir. Oluşturulacak teknolojik bilgi birikimi ve arttırılacak istihdam, rüzgar enerjisinin gelişmesini sağlayacaktır.

Almanya, İngiltere, Danimarka'da, on binlerce insan rüzgar değirmenleri ile ilgili işlerde doğrudan yada dolaylı olarak çalışmaktadır. Dünyadaki değişik ülkelerde, rüzgar enerjisini desteklemek için uygulanan çeşitli modeller vardır. Bunlar; rüzgardan elde edilen elektriğe sabit fiyat vermek, rüzgar elektriği üretenlere vergi indirimi sağlamak, rüzgar elektriği yatırımcılarına ithalat ve yatırım kolaylıkları sağlamak, elektrik üreticilerine rüzgar enerjisi kotası koymak olarak sıralanabilir.(Cihan DÜNDAR,"Rüzgar Enerjisi ve Türkiye Rüzgar Atlası",2003,İstanbul)

Türkiye kendi sistemine uygun bir rüzgar enerjisi politikası belirlemelidir. Ayrıca sektörle ilgili yurtdışındaki politikalar, teknolojik gelişmeler ve uygulamalar yakından izlenmeli ve ülkemiz açısından olumlu olabileceklerin ulusal rüzgar enerjisi politikamıza katkısı sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde rüzgar enerjisi kullanımı yaygınlaştırabilir ve enerji tüketim maliyetlerimiz azaltılabilir.

Tablo 1.9 TÜSİAD Raporuna Göre Türkiye’de Gelecek 25 yıl içinde Oluşturulması Planlanan Kurulu Güç ve Rüzgar Enerjisi Üretim

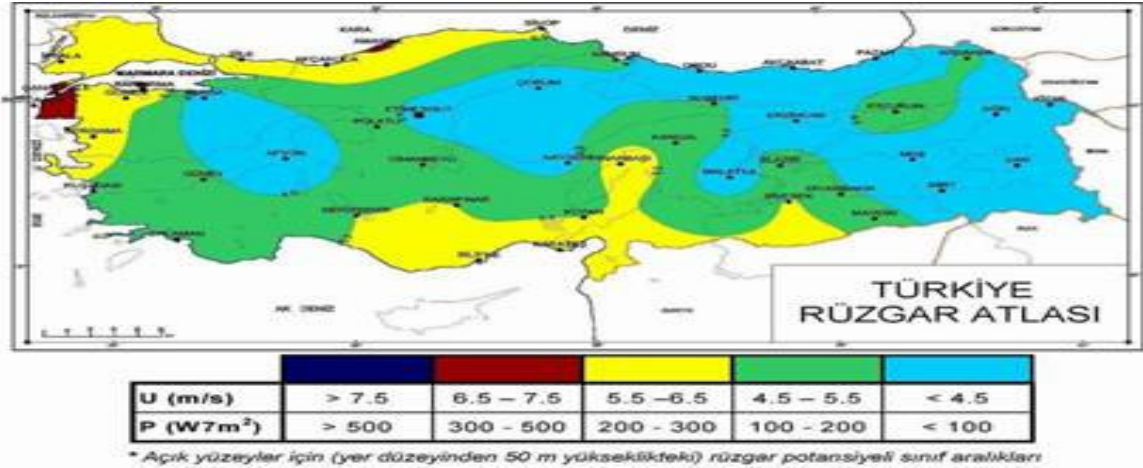
YIL	KURULU GÜÇ(MW)	ORTALAMA ÜRETİM(GWH)	ARZDAKİ PAYI(%)
2000	300	675	0.5
2005	1359	3058	1.53
2010	2979	6703	2.31
2015	5142	11570	2.91
2020	7849	17660	3.23
2023	9733	21900	3.43
2025	11200	25200	3.55

TÜSİAD Raporuna Göre Türkiye’de Gelecek 25 yıl içinde Oluşturulması Planlanan Kurulu Güç ve Rüzgar Enerjisi Üretimi Tablo 1.9 da gösterilmiştir. (<http://www.melikedemir.com/rekd.htm>)

Rüzgar enerjisi elde edilmesi planlanan bölgenin, rüzgar potansiyelinin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Sadece bu analizin yapılması maksadıyla, bölgede rüzgar enerjisi gözlem istasyonları kurulmalı ve bölgenin rüzgar rejimi hakkında veriler elde edilmelidir. Rüzgar enerjisi santralleri kurulmasının ilk aşaması olan, uzun dönemli rüzgar değerleri ölçümü, tüm projeyi etkilemesi açısından çok büyük bir öneme sahiptir. Standartlara uygun ölçüm cihazları ile uygun şartlarda veri toplama ve değerlendirme işlemlerinin yapılması kapasite tahminlerindeki hatayı en aza indirecektir. Bu nedenle, ölçümlerin uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Bu konuda Meteoroloji Genel Müdürlüğü, rüzgar tahmin işlerinden de sorumlu olmalıdır ve eğitim konusunda ilgili meslek odaları ve üniversiteler görevlendirilmelidir. Bu şekilde hassas olarak elde edilen verilerin bir araya getirilmesi ile oluşturulacak, Türkiye Rüzgar Atlası, kullanılabilir rüzgar potansiyelimizi belirlememizi sağlayacaktır.

Türkiye Rüzgar Atlası çalışması kapsamında, toplam 45 adet istasyonda, 1989-1998 yılları arasında, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü ve Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü işbirliği ile ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerden yola çıkılarak Türkiye Rüzgar Atlası oluşturulmuştur.

Buna göre ülkemizin toplam rüzgar enerjisi potansiyeli 40.000 – 80.000 MW arasındadır. (Cihan DÜNDAR,"Rüzgar Enerjisi ve Türkiye Rüzgar Atlası",2003,İstanbul)



Şekil 1.2 Türkiye Rüzgar Atlası[www.meteor.gov.tr]

1.1.2. Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları

Rüzgar enerji santralının projelendirilmesi ve ekonomisi, temel olarak seçilen santral sahasından üretililecek enerji miktarına bağlı olmaktadır. Bu enerji miktarının tespiti için seçilen proje sahasına ait arazinin topoğrafik yapısı da göz önüne alınarak, uygun nokta veya noktalara rüzgar gözlem istasyonu (RGİ) kurulmalıdır. RGİ' larındaki bir ölçüm direği üzerine yerleştirilmiş, ölçüm aletleri ile standartlara uygun olarak yapılan rüzgar hızı, rüzgar yönü gibi ölçümler rüzgar enerji santrali projesinin daha sonraki aşamaları olan verilerin değerlendirilmesi, enerji üretim miktarının belirlenmesi ve rüzgar türbini seçiminde yol gösterici olacaktır. (<http://web.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/d3.html>)

RGİ' larının yerlerinin belirlenmesi, hayati öneme sahiptir. RGİ'nun kurulacağı nokta veya noktalar, her şeyden önce o alanı temsil edebilecek bir yer olmalıdır. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) standartlarına göre, temsil mesafesi arazinin topografik yapısına bağlı olarak 500m. ile 100km. arasında değişmektedir. Ayrıca seçim yapılan nokta, topoğrafik açıdan son derece uygun olmakla birlikte bu alanda, engel yüksekliğinin 10 katı mesafeden daha yakında başka yüksek engeller bulunabilir. Bu şekilde seçilmiş yerler amaca uygun olmamaktadır. Tepe arkalarında yer seçimi tercih edilmemelidir. Bu durumda, rüzgar hızı gerçek değerinden türbülanslar nedeniyle çok fazla uzaklaşabilir.

Ayrıca RGİ'nın kurulacağı noktadaki rüzgar akışları, daima birbirine paralel olmalı, bozulmuş rüzgar akışları ve türbülanslar bulunmamalıdır. Özellikle enerji amaçlı rüzgar hız ve yön ölçümlerinde, hassasiyetin çok düşük olması istenmektedir. Zira, ölçümlerde yapılabilecek küçük bir hata enerji üretimine önemli oranda hata ve belirsizlik olarak yansır.

Bu kapsamda yapılacak ölçümler için;

Ölçüm istasyonu; yerden en az 30 metre yükseklikteki bir direk üzerinde tespit edilmiş olarak, 2nci metrede sıcaklık sensörü, 10uncu metrede ve direğin en üst seviyesinde rüzgâr hızı sensörü, yine direğin en üst seviyesinde rüzgâr yönü sensörü ile ölçüm kayıt cihazından oluşur. Ölçüm direği üzerindeki sensörler, direk tarafından oluşturulacak türbülans ve direğin fizikî konumundan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilir.

11/10/2002 Tarihli 24903 sayılı resmi gazete yayınlanan Rüzgar ölçümlerine ilişkin tebliğinin 7. maddesine göre rüzgâr temel ölçüm parametreleri;

Rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve sıcaklıktır. Bu parametrelerden;

- Rüzgâr hızı, 10 uncu metrede direğin en üst seviyesinde metre/saniye cinsinden,
- Rüzgâr yönü, direğin en üst seviyesinde derece cinsinden,
- Sıcaklık, 2 nci metrede derece santigrat cinsinden,

Rüzgâr ölçüm istasyonunda, en az bir yıllık ölçüm yapılması zorunludur.



Şekil 1.3 Rüzgar Verileri Ölçüm Direği

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler, analiz edilmek üzere, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'ne bildirilir. Elde edilen veriler, çeşitli bilgisayar programları vasıtasıyla analiz edilerek bölgenin rüzgar potansiyeli belirlenir ve kurulacak tesisin, fizibilite çalışması yapılır.

1.1.2.1. Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi

Çeşitli ülkelerce hazırlanıp kullanıma sunulan ve bir alandaki rüzgar ölçüm parametrelerini kullanarak, rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesine yardımcı olan bilgisayar programları mevcuttur. Bu bilgisayar programların başında Danimarka RISO Ulusal Laboratuvarında geliştirilmiş olan ve Avrupa kıtasının rüzgar atlasının hazırlanmasında kullanılan, WASP (Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı) bilgisayar programı gelmektedir. WASP bilgisayar programı rüzgar hız ve yön bilgileri ile rüzgar gözlem istasyonu çevresindeki engellerden, arazi yüzey pürüzlülüğü ve arazinin topoğrafik özelliklerinden yola çıkarak bölgesel rüzgar atlas istatistiklerinin ve enerji potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

WasP yazılımı ile bir bölgenin rüzgar enerji potansiyelini belirleyebilmek için aşağıda sıralanan işlem basamakları takip edilir:

a. Rüzgar Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi: Rüzgar enerji gözlem istasyonlarından, belli bir yükseklikten alınan, en az bir yıllık rüzgar hızı ve rüzgar yönü ölçüm kayıtlarının bilgisayar ortamında düzenlenmiş hali ve bu istasyonlara ait 1/25 000 ölçekli harita üzerindeki UTM ile derece - dakika cinsinden belirlenmiş koordinatları WAsP ortamına aktarılıp değerlendirilir. İlk etapta, ölçüm yüksekliğine ait frekans dağılım tablosu elde edilir. Bu tablo yardımıyla ölçüm yüksekliğindeki rüzgarın sektörlere (yönler) göre esme sıklığı, hakim rüzgar yönü, ortalama rüzgar hızı, ortalama enerji yoğunluğu ve rüzgar hız verilerine ait Weibull parametreleri gibi istatistiksel değerler belirlenmiş olur.

Tablo 1.10 Ortalama Rüzgar Hızı ve Enerji Yoğunluğu Tespit Tablosu

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0:	30.8	10	49	77	92	114	156	155	135	90	81	36	4	0	0	6.9	2.67
30:	10.7	27	90	151	165	186	155	84	76	40	21	5	0	0	0	5.1	2.24
60:	1.9	106	199	236	248	151	42	6	0	0	0	0	6	6	0	3.5	1.63
90:	1.6	70	205	249	190	124	59	81	15	0	0	0	0	7	0	3.6	1.50
120:	2.4	63	210	158	200	200	121	37	5	5	0	0	0	0	0	3.9	2.44
150:	4.6	49	128	120	113	115	128	110	108	45	48	18	15	3	3	5.9	1.89
180:	12.0	21	40	85	94	91	145	162	121	79	82	46	25	7	4	7.2	2.21
210:	6.3	34	50	81	112	155	175	153	88	78	58	14	2	0	0	6.2	2.57
240:	1.3	186	199	253	163	54	45	63	27	9	0	0	0	0	0	3.0	1.47
270:	1.6	139	263	270	206	43	43	21	7	0	0	7	0	0	0	2.9	1.60
300:	5.5	47	156	177	220	152	85	60	44	19	42	0	0	0	0	4.3	1.67
330:	21.4	14	49	106	168	189	178	113	77	53	39	13	2	1	0	5.7	2.25
Total	28	76	113	135	141	147	122	95	61	54	22	6	1	1	6.0	2.14	

Ortalama Rüzgar Hızı: 5.19 m/s (2%) Ortalama Enerji Yoğunluğu: 160 W/m² (2%)

Ortalama Rüzgar Hızı ve Enerji Yoğunluğu Tespit Tablosu Tablo 1.10 da gösterilmiştir. (<http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/.doc>)

Frekans dağılım tablosundaki bilgiler kullanılarak, frekans histogramı (rüzgar hızları - esme sıklıkları) ve yön histogramı (rüzgar esme yönü - esme sıklığı) da elde edilebilir. Frekans histogramı yardımıyla, hangi rüzgar hızı değerlerinin sık gözleendiği, yön histogramı yardımıyla ise hangi yönlerde rüzgar hız değerlerinin yüksek olduğu tespit edilebilir. Rüzgar türbinleri seçilirken frekans histogramından, araziye konumlandırılırken ise yön histogramından yararlanılmaktadır.

Rüzgar ölçüm verilerinin incelenmesi sonucu, ölçüm yapılan noktanın türbülans yoğunluğu da ayrıca belirlenmelidir. Türbülans yoğunluğu seviyesinin yüksek olması enerji üretim miktarını düşürür, rüzgar türbini üzerine etkiyen kuvvetlerin şiddetini ve malzeme yorulmasının hızını artırır. Bu durum, rüzgar enerji santrallerinin ekonomik ömürlerinin azalmasına neden olmaktadır.

Türbülans yoğunluğunun belirlenmesi için öncelikle rüzgar hız ölçüm serilerinin ortalama hızı ve standart sapması belirlenmelidir. Standart sapma önemli bir kavram olup rüzgar hızlarındaki dalgalanmaları tanımlamak için kullanılır.

Rüzgar hız verilerinin standart sapması 0 ile 3 m/s, rüzgar yön verilerinin standart sapması ise 3° ile 75° arasında olmalıdır. Herhangi bir alandaki standart sapmanın küçük olması demek o alandaki rüzgar rejiminin son derece düzenli olması anlamına gelmektedir. Rüzgar hız verilerinin standart sapma miktarının bu verilere ait ortalama hız değerine oranı ise türbülans yoğunluğu olarak adlandırılmaktadır. Hesaplanan türbülans yoğunluğu 0.0 – 0.10 değerleri arasında ise düşük yoğunluklu, 0.10 - 0.25 değeri arasında da ise orta yoğunluklu ve 0.25 değerinden büyükse yüksek yoğunluklu olarak sınıflandırılır. Türbülans yoğunluğunun yüksek olduğu alanlara rüzgar enerji santrali kurmaktan kaçınılmalıdır.

b.Yakın Çevresel Engel Bilgileri: Rüzgar gözlem istasyonları civarındaki yakın çevresel engeller, ölçülen rüzgar hız ve yön değerlerini kayda değer ölçüde etkilemektedir. Binalar, ağaçlar gibi yakın çevresel engeller rüzgar hız ve yön profilini oldukça değiştirmekte, engel etrafında türbülansa neden olmakta ve rüzgar verilerinin sağlıklı olmasını engellemektedir. Bu nedenle rüzgar gözlem istasyonlarının yeri, civarda fazla engel olmayacak şekilde seçilmelidir.

Bir nesnenin ölçüm direğine olan uzaklığı, yüksekliğinin 10 katı kadar mesafe içinde ise bu nesne yakın çevresel engel olarak tanımlanır. Daha uzak mesafedeki nesnelere engel sınıfına girmez ve arazi pürüzlülüğü olarak değerlendirilir. WAsP bilgisayar programı ile en fazla 50 adet engel tanımlanabilse de prensip olarak sayıca 5'ten fazla engel içeren noktalara rüzgar gözlem istasyonu kurulması önerilmemektedir.

Rüzgar hızındaki azalma engelin geçirgenliğine bağlıdır. Geçirgenlik, engelin açık alanının toplam alanına oranı şeklinde tanımlanmakta olup tamamen katı sayılabilen bir bina için 0, yapraklarını dökmüş bir ağaç grubu için 0.5 olarak alınabilir. Geçirgenlik ne kadar fazlaysa hız profilinin değişimi ve gölgeleme etkisi de o nispete az olacaktır.

Rüzgar gözlem istasyonları civarındaki mevcut yakın çevresel engelleri tanımlayabilmek için ilgili parametreler belirlenerek WASP formatına uygun “Engel Tanımlama Formu” düzenlenmelidir. Aşağıda rüzgar enerji gözlem istasyonu civarı yakın çevresel engellerin WasP ortamında genel görünümü ve engel tanımlama formu verilmiştir.

Tablo 1.11 Engel Tanımlama Formu

NO	α_1	R ₁	α_2	R ₂	H	D	P
1	35	76	43	78	8	6	0.0
2	96	400	120	400	10	200	0.4
3	120	150	136	150	10	230	0.8
4	203	98	225	104	15	13	0.0
5	230	100	264	175	10	25	0.4
6	286	161	289	158	7	20	0.2
7	290	156	297	148	7	9	0.2

Burada;

α_1 : Engelin ilk köşesinin kuzey doğrultuyla yaptığı açı.

R₁ : Engelin ilk köşesinin RGI'ye olan uzaklığı.

α_2 : Engelin ikinci köşesinin kuzey doğrultuyla yaptığı açı.

R₂ : Engelin ikinci köşesinin RGI'ye olan uzaklığı.

H : Engelin yüksekliği.

D : Engelin derinliği.

P : Engelin tahmini geçirgenliğidir.

Engel tespiti yapılırken α_1 ve α_2 açılarının kuzey doğrultudan (0°) başlayarak saat ibresi yönünü izlemesine dikkat edilmelidir. Rüzgar türbinlerinden üretilebilecek enerji miktarını doğruya yakın bir şekilde hesap edebilmek için özellikle hakim rüzgar yönünde en az 1000 m mesafeye kadar olan engeller net olarak belirlenmelidir. WasP bilgisayar programı yardımıyla santral sahasının rüzgar atlası elde edildiğinde, türbin hub yüksekliğinde engel etkisinin % 40'ı aşmaması gerekmektedir. Aksi halde, seçilen bölgenin rüzgar enerji santrali kurmak için uygun olmadığını düşünmemiz gerekecektir. Ayrıca arazi üzerine türbinler yerleştirilirken, mevcut engellerden mümkün olduğunca uzak yerler tercih edilmelidir.

α pürüzlülük katsayısı değeri, ne kadar fazlaysa hız profiline de o nispette fazla olacaktır. Hız profiline de değişim ancak türbin hub yüksekliğinin artırılması ile azalmakta ve bu durum da maliyeti artırıcı unsur olmaktadır.

c. Topoğrafya Bilgisi: Topoğrafya, rüzgarın yönü ve hızının dağılımında önemli bir rol oynar. Dağ silsileleri, tepeler ve kayalıklar rüzgar hız ve yön profiline büyük ölçüde etkiler. Dağ silsilelerinin denize paralel, hakim rüzgar yönüne dik, orta eğimli (10° - 22°) ve özellikle çıplak olduğu sahalarda enerji üretimi için uygun sahalardır. Zirvede rüzgar hızı, eğim ve dağ grubunun büyüklüğüne bağlı olarak artar. Bu nedenle, tepelerin üst-ön kısmı tesis için uygundur. Fakat tepenin üst-arka kısmı türbülans nedeniyle göz önüne alınmamalıdır.

Rüzgar enerji santrali kurulması düşünülen alanın WAsP bilgisayar programı ile modellenmesi için santral sahasını temsil eden en az 80 km^2 'lik (5 km yarıçapında) alanı gösterebilen paftaların 1/25 000 ölçekli sayısal haritaları hazırlanmalıdır. Sayısal haritanın çok dikkatli hazırlanmış olması rüzgar enerji potansiyelinin de doğruya yakın bir değer olarak elde edilmesini sağlar.

1.1.2.2. Santral Sahası İçin Rüzgar Atlasının Oluşturulması

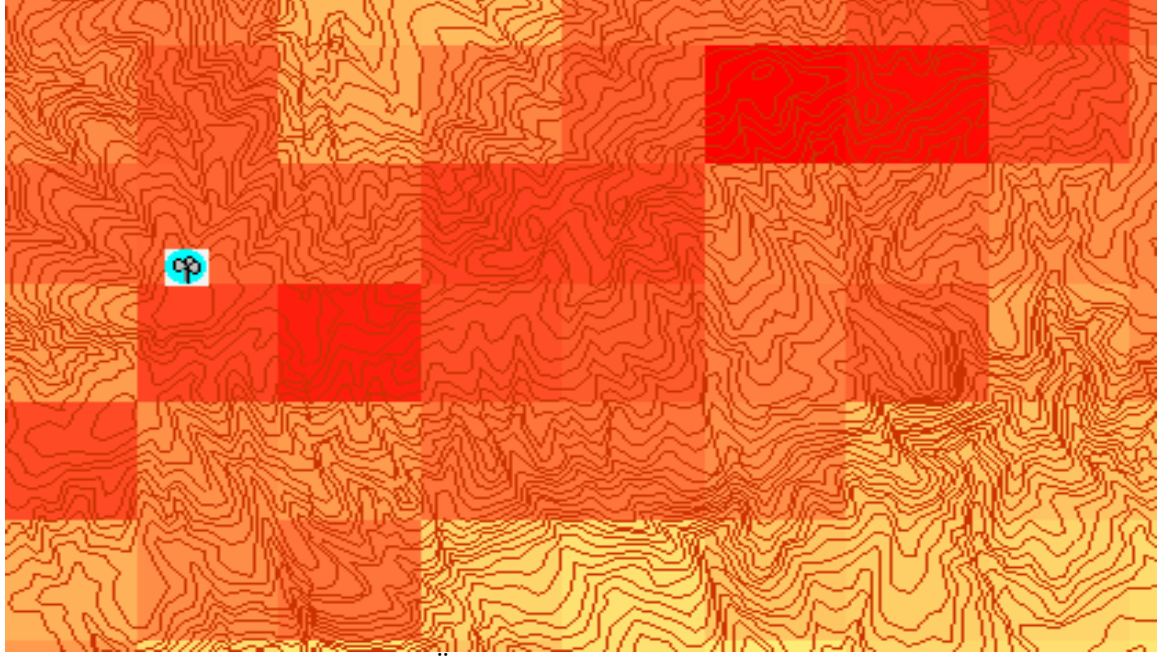
Belirli bir ölçüm yüksekliğine ait yeterli sayıda rüzgar hız ve yön verilerinden elde edilen frekans dağılım tablosu, yakın çevresel engel ve pürüzlülük bilgileri ve santral alanının topoğrafyasını temsil eden 1/25 000 ölçekli sayısallaştırılmış harita kullanılarak WAsP bilgisayar programı yardımıyla santral alanına ait rüzgar atlas istatistikleri çıkarılır. Rüzgar atlası, yer seviyesinden belli bir yükseklikte (10 m, 30 m vb) ölçülmüş rüzgar verilerinin, yakın çevresel engeller, arazi pürüzlülüğü ve arazinin topoğrafik yapısı ile birlikte değerlendirilmesi sonucu istenilen bir yükseklik için (türbin hub yüksekliği vb) elde edilen istatistiksel sonuçlardır.

Rüzgar atlas istatistiklerinin elde edilmesi ile istenilen herhangi bir yükseklikteki ortalama rüzgar hızı, sektörlere göre rüzgar esme sıklığı, hakim rüzgar yönü, ortalama enerji yoğunluğu, enerji yoğunluğunun hakim olduğu sektör gibi parametreler ile yakın çevresel engeller ve arazi pürüzlülüğünün etkileri belirlenmiş olur.

Tablo 1.12 Örnek Bir Rüzgar Atlası

Sect	Rch	Input	Obstacle	Orography	A	k	%	E%
0:	3	0.0%	0°	0.0%	47.2%	-3°	7.5 3.06 27.5	23.6
30:	3	0.0%	0°	0.0%	37.5%	-3°	6.7 2.60 12.9	8.7
60:	3	0.0%	0°	0.0%	33.3%	0°	4.8 1.97 2.5	0.8
90:	3	0.0%	0°	-0.2%	37.3%	3°	4.3 1.89 1.8	0.4
120:	3	0.0%	0°	-0.3%	46.2%	3°	5.0 2.30 2.5	0.8
150:	3	0.0%	0°	0.0%	49.9%	0°	6.6 2.21 4.7	3.5
180:	3	0.0%	0°	0.0%	46.3%	-3°	8.3 2.37 10.8	14.9
210:	3	0.0%	0°	-0.1%	36.6%	-3°	12.7 2.65 6.7	30.6
240:	2	0.0%	0°	0.0%	32.1%	0°	7.1 1.76 1.9	2.3
270:	3	0.0%	0°	0.0%	37.0%	3°	4.2 1.66 2.2	0.6
300:	3	0.0%	0°	0.0%	45.9%	3°	5.4 2.19 6.3	2.6
330:	3	0.0%	0°	0.0%	49.9%	0°	6.3 2.63 20.2	11.4
M=		6.3 m/s		E=		292. W/m ²		7.2 2.05

Örnek bir rüzgar atlası Tablo 1.12 de gösterilmiştir. (<http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/.doc>) Rüzgar türbinlerinin santral sahasına konumlandırılması planlanırken, rüzgar atlasından yararlanılmaktadır. WASP 6.0 ve üstü versiyonlarındaki bilgisayar programları ve rüzgar atlas istatistikleri kullanılarak, sayısal harita üzerinde enerji üretim miktarının yüksek olacağı konumlar renk dağılımından elde edilebilir. Her bir rüzgar türbininin optimum yeri; arazi yapısı, ulaşım imkanları, hakim rüzgar yönü gibi unsurlar da dikkate alınarak bahsedilen renk dağılımları yardımıyla belirlenebilir. Aşağıdaki sayısal haritada kırmızı boyalı yerler enerji üretiminin yüksek, sarı boyalı yerler ise enerji üretiminin düşük olacağı yerleri göstermektedir.



Şekil 1.4 Enerji Üretim Miktarı Dağılım Haritası

1.1.2.3. Enerji Üretim Miktarının Belirlenmesi

Yeni kurulacak olan rüzgar enerji santralından, üretilecek enerjinin mevcut enerji nakil sistemine entegrasyonunun sağlanması gereklidir. Bu entegrasyonun yapılacağı hat kapasitesi, kısa devre gücü, gerilim oynamaları, reaktif güç vb. gibi bir takım kriterler dikkate alınarak yatırımcı kurmayı düşündüğü rüzgar enerji santralının kurulu güç kapasitesini belirlemelidir. Kaç tane rüzgar türbini kurulacak, bunların birim gücü ne olacak ve arazi üzerine nasıl konumlandırılacak gibi sorulara cevap bulunmalıdır.

Piyasada çeşitli model ve büyüklükte rüzgar türbinleri bulunmaktadır. Yatırımcı amacını da göz önünde bulundurarak fiyat, teknik özellikler, bölgeye ait frekans dağılım tablosu, verim, garanti, hazırda bulunma ve türbin referansları gibi kriterleri dikkate alarak en uygun rüzgar türbinini seçmelidir. Yatırımcı, rüzgar türbini seçimini yaptıktan ve arazi üzerindeki konumlandırmayı frekans dağılım tablosu, ilgili renk dağılımları ve rüzgar türbinine ait teknik kriterleri göz önüne alarak planlandıktan sonra her bir rüzgar türbin yerine ait 1/25 000 ölçekli harita üzerinde UTM koordinatlarını tespit etmelidir. Bu aşamaya kadar elde edilen rüzgar atlas istatistik bilgileri, rüzgar türbinine ait karakteristik değerler ve rüzgar türbinlerinin UTM koordinatlarına ilişkin veriler birlikte kullanılarak rüzgar türbinlerinin tek tek veya bir arada üretebilecekleri yıllık enerji miktarları WAsP bilgisayar programı ile hesap edilir.

Aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi rakım, rüzgar hızı, yoğunluk gibi faktörlere göre elde edilen enerji miktarı değişmektedir.

Tablo 1.13 Örnek Bir Santral Sahasının Verileri ve Enerji Üretim Miktarları

Site no	X Koordinatı (m)	Y Koordinatı (m)	Rakım (m)	Rüzgar Hızı (m/s)	Enerji Yoğunluğu (W/m)	Enerji Miktarı (KW/yıl)
Site 1	... 115	... 308	392	6.41	299.76	1574620
Site 2	... 231	... 308	382	6.37	298.31	1557140
Site 3	... 372	... 313	360	6.10	268.43	1422740
Site 4	... 487	... 321	349	5.94	238.48	1324320
Site 5	... 628	... 333	357	6.13	235.69	1374520
Site 6	... 769	... 333	291	5.98	245.15	1349070

Örnek Bir Santral Sahasının Verileri ve Enerji Üretim Miktarları Tablo 1.13 de gösterilmiştir. (<http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/.doc>)

Bir rüzgar türbin-jeneratör sistemi kurmadan önce, seçilen yörenin rüzgar enerjisi potansiyelinin ve buna ait teorik hesapların yapılması gerekmektedir. Sağlıklı bir hesaplama için; rüzgar hızı ölçümleri, türbin kanat çapı, kanat sayısı, türbinin yerden yüksekliği, kanat ucu hız oranı, ve katılık oranı gibi parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Rotorsuz durumda rüzgarın akış yönüne dik herhangi bir A alanı içinden birim zamanda taşınan güç şu şekilde verilir:

$$P = (A \rho V_o^3) / 2$$

Burada ρ havanın yoğunluğunu, A kanat alanını ve V_o ise rüzgar hızını göstermektedir. Bu gücün tamamı rüzgar türbini tarafından faydalı güce dönüştürülemez. Faydalı rüzgar gücü P_T şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$P_T = (C_p A \rho V_o^3) / 2$$

Burada C_p , güç faktörü veya verim olup maksimum değeri %59.3 dür. Bu değere Lanchester Betz limiti denir. Bu limit değer, rüzgar enerjisi elektrik santrallerinin en fazla %59.3 verime sahip olacaklarını göstermektedir

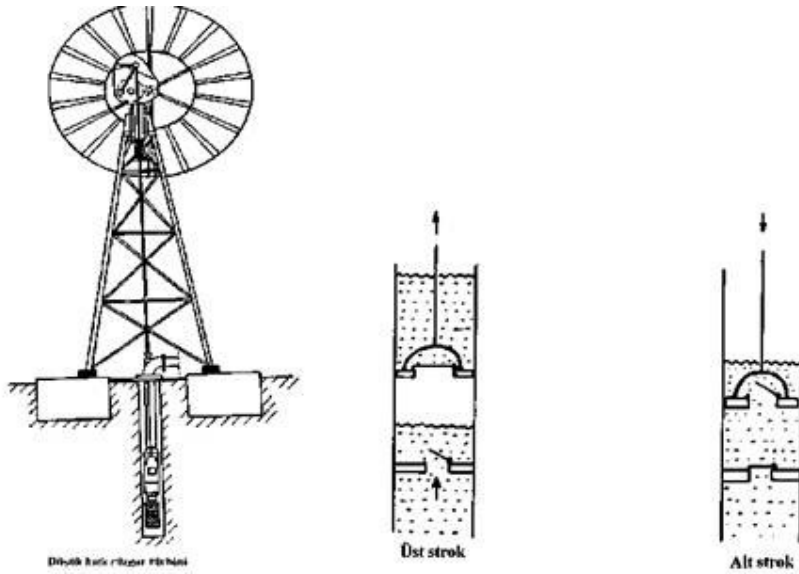
1.1.2.4 Rüzgar Enerjisi Üretim Sistemi,

Rüzgar enerjinin kullanılabilmesi, rüzgar rejimine, rüzgar milinin yerleştirildiği yüksekliğe ve enerji üretim sisteminin boyutlarına bağlıdır. Rüzgar enerjisinin temelinde önceden analizleri yapılan bölgeye yerleştirilen rüzgar türbinleri bulunmaktadır. Rüzgar türbinlerinin, tarihi milattan önceye, rüzgar değirmenlerinin kullanılmasına kadar uzanmaktadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ise 100 yıl önce başlamıştır. 1970'lerdeki petrol krizi rüzgar türbinlerinin gelişimini başlatmıştır.

Modern rüzgar türbinleri 2-3 kanatlı olup, kanat çapları 1m'den 30 m'ye kadar değişmektedir. Rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji o bölgedeki rüzgar hızı ve kanat uzunlukları ile doğru orantılıdır.

Rüzgar enerjisinden genel olarak mekanik enerji üretimi ve elektrik enerjisi üretimi şeklinde yararlanılmaktadır. Rüzgar enerjisinin shaft gücünden faydalanılarak elde edilen mekanik enerji, su pompalama, tahıl öğütme, kesme, sıkıştırma ve yağ çıkarma alanlarında kullanılmaktadır. Rüzgar enerjili pompalama sistemlerinin elektrik veya dizelli pompalara göre bir çok avantajları vardır. Rüzgar enerjili su pompalama sistemlerinde hem düşük hem de yüksek hızlı türbinler kullanılabilir.

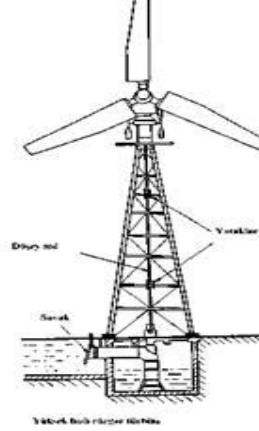
Çok kanatlı rüzgar türbinleri düşük hızda çalışırlar. Şekil 1-5'de düşük hızlı bir su pompalama sistemi görülmektedir. Bu sistemde genellikle tek hareketli pompa kullanılır. Rüzgar türbini milinden hareket alan bir krank sistemiyle pistonun aşağı yukarı hareketiyle su pompalama işlemi gerçekleşir.



Şekil 4.3 Düşük hızlı rüzgar türbini ve su pompalama sistemi

Şekil 1.5 Düşük Hızlı Rüzgar Türbini ve Su Pompalama Sistemi

Şekil 1-6'da ise yüksek hızlı bir sistem görülmektedir. Başlangıç momentinin düşük olması nedeniyle bu sistemlerde direkt olarak pistonlu pompa kullanılmaz. Yüksek dönme hızına sahip oldukları için ya santrifuj ya da helisel pompa kullanılır.



Şekil 4.4 Yüksek hızlı rüzgar türbinine sahip su pompalama sistemi

Şekil 1.6 Yüksek Hızlı Rüzgar Türbini Su Pompalama Sistemi

Gerekli su, arzu edilen zamanda ve yeterli miktarda temin edilemediği takdirde, su depolama tesislerinin yapılması gerekmektedir. Fazla suyun araziden uzaklaştırılması için kurulan rüzgar türbinleri de aynı sisteme dayanmaktadır. Rüzgar enerjisinin değirmenlerde kullanılması da pompalama ve depolama yoluyla olmaktadır.

Yapılan rüzgar türbinleriyle, ancak belirli bir rüzgar hızı aralığında enerji üretilebilmektedir. Bu nedenle, enerji üretim sisteminin kurulacağı yörenin rüzgar rejiminin bilinmesi öncelikli ve önemli bir konudur. Rüzgar enerjisinin miktarı, rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpüyle orantılı olarak artmaktadır. Rüzgarın sağlayacağı enerji, gücüne ve esme süresine bağlıdır. Rüzgar türbini alanında esas gelişme, uçak pervane ve kanatlarının geliştirilmesi ile mümkün olmuştur.

Yüzyıllardır dünyanın bir çok ülkesinde rüzgar enerjisinden rüzgar milleri yardımıyla su pompalama ve tane öğütme işlemlerinde yararlanılmıştır. Rüzgar millerinin bugünkü modern karşılıkları elektrik üretmek için rüzgar enerjisini kullanan rüzgar türbinleridir.

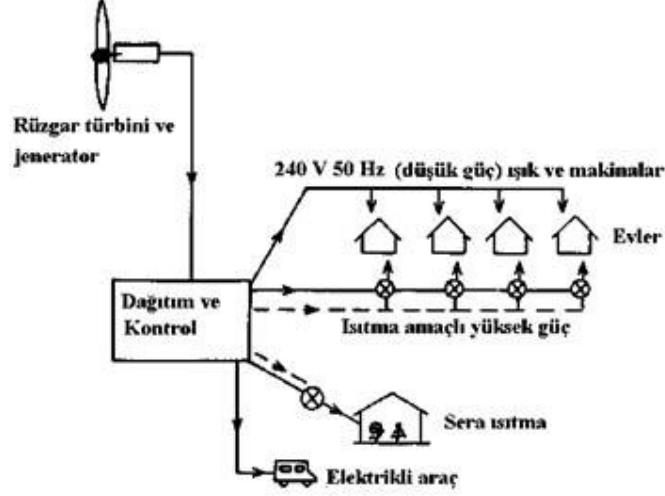
Rüzgar türbinleri de rüzgâr milleri gibi enerjinin çoğunu yakalamak için bir kule üzerine monte edilir. 30m ya da daha fazla yükseklikteki kuleler, daha hızlı ve daha az türbülanslı rüzgâr sağlar. Türbinler rüzgar enerjisini dönen kanatları ile yakalar. Ekseriya bir rotor için bir şaft üzerine iki yada üç kanat monte edilir. Bir kanat bir uçak kanadı gibi davranır. Rüzgar estiği zaman aşağıdaki kanatın alt ucunda düşük basınçlı bir hava paketi oluşur.

Sonra düşük basınçlı hava paketi üst kanadı kendine doğru çeker, böylece rotorun dönmesi gerçekleşir. Buna kaldırma denilir. Kaldırma kuvveti, türbin kanatlarına önden çarpan rüzgâr kuvvetinden daha fazladır. Buna sürüklenme denir. Kaldırma ve sürüklenme birlikte rotorun bir pervane gibi dönmesine sebep olur. Dönen şaft elektrik üretmek için bir jeneratörü döndürür. Rüzgar türbinleri tek başına uygulamalar olarak kullanılır, ya da bir güç noktasına bağlıdır. Rüzgar enerjisinin kaynak kullanım ölçüğü için, çok sayıda rüzgar türbünü bir rüzgar çiftliğini oluşturmak amacıyla birbirine yakın olarak inşa edilir.

Rüzgar enerjisinden faydalanarak üretilen elektrik özellikle; kırsal alanlarda, ormanlık ve dağlık bölgelerde, adalarda, deniz fenerlerinde, çiftliklerde, yangın kulelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde büyük güçlü rüzgar santralleri, elektrik şebekesine bağlı ve birden fazla türbin içeren rüzgar çiftlikleri biçimindedir. Rüzgar santrallinin ana yapı elemanı rüzgar türbinidir.

Bir rüzgar türbini, çevredeki engellerin rüzgarı kesemeyeceği yükseklikte bir kule ve bunun üzerine yerleştirilmiş bir gövde ve rotordan oluşmaktadır. Kulenin yüksek olması, ayrıca yeryüzüne yakın rüzgar profilinin yüksek hızdaki kısmını kullanmaya da yarar. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak, gövdedeki jeneratöre aktarılır.

Elektrik üretim amaçlı modern rüzgar türbinlerinin çoğunluğu yatay eksenli olup rotor kanat sayıları bir ile üç arasında değişmektedir. Rotor çapları 1–75 m arasındadır. Rüzgar doğrultusuna yönelmeyi bir rüzgar gülünün kumanda ettiği bir servo mekanizma sağlar. Jeneratörlerin gücü, 100 W ile birkaç mw arasında değişir. Danimarka başta olmak üzere Japonya, İspanya ve Amerika markalı türbinler 300, 450, 500, 600, 650, 750 KW güçlerinde sıkça kullanılmaktadır. Yüksek rüzgar gücüne sahip vadilerde 1 MW ile 1.5 MW gücünde türbinler kullanılmaktadır. Normal arazi şartlarında ise hem üretim hem de fiyat açısından 600 KW' lık türbinler tercih edilmektedir. Şekil 1-7'de rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi görülmektedir.



Şekil 4.5 Rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi [Twidell, 1990]

Şekil 1.7 Rüzgar Enerjisi Dönüşüm Sistemi

Sistemin Çalışma Prensipleri

Rüzgar türbininden gelen elektrik enerjisi şarj kontrol ünitesinden geçtikten sonra, bir akü grubunda depolanır. Akü grubu çıkışında ise inverter vasıtasıyla alternatif akıma çevrilerek, tüm cihazlar çalıştırılabilir. Akü grubunun olmasının nedeni, elektrik tüketiminiz gün içerisinde değişkendir. Aynı şekilde rüzgar da değişken olduğu için, üretilen elektrik de değişkendir. Kesintisizliği sağlamak için akü grubu kullanılmaktadır.



Şekil 1.8 Rüzgar Enerjisi Üretim Sisteminin Çalışma Prensipleri

1.1.3. Rüzgar Santrali Kurulacak Bölgenin Analizi

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, seçilecek bölgenin meteorolojik özelliklerine ve en önemlisi de kullanılacak türbinin tasarımına bağlıdır. Seçilen bölgeden ekonomik olarak enerji üretebilmek için rüzgar hızı ve yön ölçümleri, topoğrafik yapı ve arazi pürüzlülüğü çok iyi belirlenmelidir. Rüzgar türbinlerinin kurulması tasarlanan bölgede türbin tarafından üretilebilecek elektrik enerjisinin hesaplanabilmesi için, meteorolojik ve bölge verilerinin çok iyi analiz edilmesi gerekir.

En yaygın olarak kullanılan hesaplama yöntemi Danimarka'da RISO Laboratuvarlarında geliştirilmiş bulunan "Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı (WASP)" 'dır. Rüzgar çiftliği kurulmadan önce seçilen araziye en az 10 m veya mümkünse 30 m yüksekliğinde bir çubuk üzerine anemometre yerleştirilerek 6 ay süre ile ölçüm yapılmalıdır. Eğer seçilen alanda yükseklik farkları varsa birden fazla anemometre dikilmesi daha yararlı sonuçlar verecektir.

Arazi seçiminden sonra kapasiteyi belirleyen en önemli unsur üretilen elektriğin nereye verileceğidir. Ulusal dağıtım sistemine verilecekse araziye en yakın iletim hattı belirlenerek gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Bölge seçimini kısıtlayan bir faktör de rüzgar çiftliği için (bir çok rüzgar türbininin bir arada bulunduğu yerler) geniş arazi gerektirmesidir. Bu santral alanlarında türbinlerin birbirlerine çok yakın yerleştirilmesi birbirlerinin rüzgarlarını keseceği için uygun değildir.

Santral alanının efektif olarak kullanıldığı alan %1'i geçmez ve geri kalan arazi tarım ve hayvancılık amacıyla kullanılabilir. Rüzgar santralleri için ileri sürülen gürültü kirliliği de çok yüksek düzeyde değildir. Rüzgar santralinde türbinlerin bulunduğu ortamın gürültü seviyesi 80 db 'dir. Bu değer trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki gürültü düzeyine eşittir. Bundan dolayı rüzgar santralleri ile yerleşim birimleri arasındaki mesafe 500m'den az olmayacak şekilde dizayn edilir.

Yapılan rüzgar türbinleriyle, ancak belirli bir rüzgar hızı aralığında enerji üretilmektedir. Bu nedenle, enerji üretim sisteminin kurulacağı yörenin rüzgar rejiminin bilinmesi öncelikli ve önemli bir konudur Rüzgar enerjisinin miktarı, rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpüyle orantılı olarak artmaktadır. Rüzgarın sağlayacağı enerji, gücüne ve esme süresine bağlıdır. Rüzgar türbini alanında esas gelişme, uçak pervane ve kanatlarının geliştirilmesi ile mümkün olmuştur.

1.1.3.1. Rüzgar Enerjisi Fizibilite Çalışması

Rüzgar enerjisi, diğer enerji kaynaklarına daha ucuz ve kullanılabilirliği daha yüksek bir enerji kaynağı olsa da santral sahasının rüzgar potansiyelinin belirlenmesi, verilerin analiz edilmesi, santralin ve türbinlerin inşaat maliyetleri açısından belirli bir maliyet gerektirmektedir.

Oluşturulması düşünülen projenin temeli olan bölgenin rüzgar verilerin elde edilmesi safhasında bölgenin rüzgar ölçüm değerlerine ihtiyaç vardır. Bu değerler EİE tarafından yapılan değişik zaman ve yükseklik değerlerinde yapılan ölçümlerden sağlanmaktadır. Bölgenin koordinatlarının EİE ye verilerek o bölge için gerekli rüzgar verileri 1000 \$ karşılığında talep eden kişiye verilmektedir.

Bölgenin rüzgar verilerinin elde edilmesinden sonra, rüzgar potansiyeline göre bölgeye projenin kurulup kurulmayacağına karar verilir. Bu safhadan sonra yapılacak faaliyetler kurulum maliyetine dahil olmaktadır.

1.1.3.2. Kurulum Maliyeti

Kurulum maliyetlerinin temel bileşenleri, betonarme temel(kuleyi yerleştirmek için), yol yapımı(ağır ve büyük parçalardan oluşan türbini taşımak için), transformatör(gerilim seviyesini değiştirmek için), iletişim bağlantıları(türbini uzaktan kontrol etmek ve durumunu takip etmek için), kablo maliyetleri(türbinden transformatöre ve transformatörden iletim hattına) şeklinde sıralanır.

Yol ve kulenin dikileceği temelin yapım maliyetleri tümüyle toprağın şartlarına bağlıdır.

Yapılan bu yol veya yollar 30 tonluk kamyonları taşıyacak kapasitede olmalıdır. Maliyeti etkileyecek değişken türbin kurulumu yapılacak yerin yollara olan uzaklığı (montaj için kurulum yerine vinç getirmek gerekir) ve santralde üretilecek enerjiyi iletecek iletim hattına olan uzaklıktır. İletişim bağlantıları ve uzaktan kontrol kurulum için zorunluluk değildir(bu sistemler pahalı değildir). Fakat bu sistemler türbin kurulum maliyetlerinin içinde tutulur. Türbin ekipmanlarının kurulum yerine taşınması, kurulum yapılacak alan çok uzak ise maliyet hesaplamalarına katılır ve bu maliyet genellikle 15000 USD' yi aşmaz. (<http://www.turkelektrik.com/T-Ruzgar>)

Bir rüzgar tarlası oluşturup bir çok türbini kurmak, tek bir türbin kurmaya göre daha ucuza mal olur (burada maliyeti etkileyen faktörler, yıllık bakım için gitme, işletme ve üretim takibi vb). Fakat elektrik şebekesine bağlanmada bir sınır vardır.

Eğer kurulum yapılacak bölgenin şebekesi (veya en yakın şebeke) üretilecek enerjiyi taşıyacak kapasitede de değilse, iletim hatlarının güçlendirilmesi gerekir. Bundan dolayı kurulum yapılacak bölge incelenerek, iletim hatları için bir harcama yapıp yapılmayacağı değerlendirilir.

1.1.3.3. İşletme ve Bakım Maliyeti(O&M)

Modern rüzgar türbinleri 20 yıllık ömür ve 120000 saat işletme süresi esasına göre tasarlanırlar. Türbinin gerçek ömrü, türbinin kalitesine ve bölgenin hava şartlarına bağlıdır. Elde edilen tecrübeler türbinler yeni iken bakım masraflarının çok düşük olduğunu fakat türbinler eskidikçe bakım maliyetlerinin arttığını göstermiştir. Bu tecrübe Danimarka' da 1975 yılından beri kurulan 5000 rüzgar türbininin işletilmesi esnasında elde edilmiştir.

Bu çalışma da aynı yaşa sahip fakat farklı üretim kapasitesine sahip türbinler karşılaştırılmıştır. Eski türbinlerin (25KW-150 KW) yıllık bakım maliyeti ortalama olarak (türbin kurulumunda ki güce göre) 3 Cent/KW dır.

Büyük ve sağlam yeni türbinler, daha az bakım masrafı gerektirir (modern makineler büyüdükçe bakım masrafları aynı oranda artmaz). Yeni makineler, türbin ilk kurulum gücüne göre, yıllık 1.5-2 cent bakım masrafı gerektirir. Türbinin yıllık bakımlarından oluşan masraflar sabittir ve 0.001USD/KW civarındadır.(<http://www.turkelektrik.com/T-Ruzgar>)

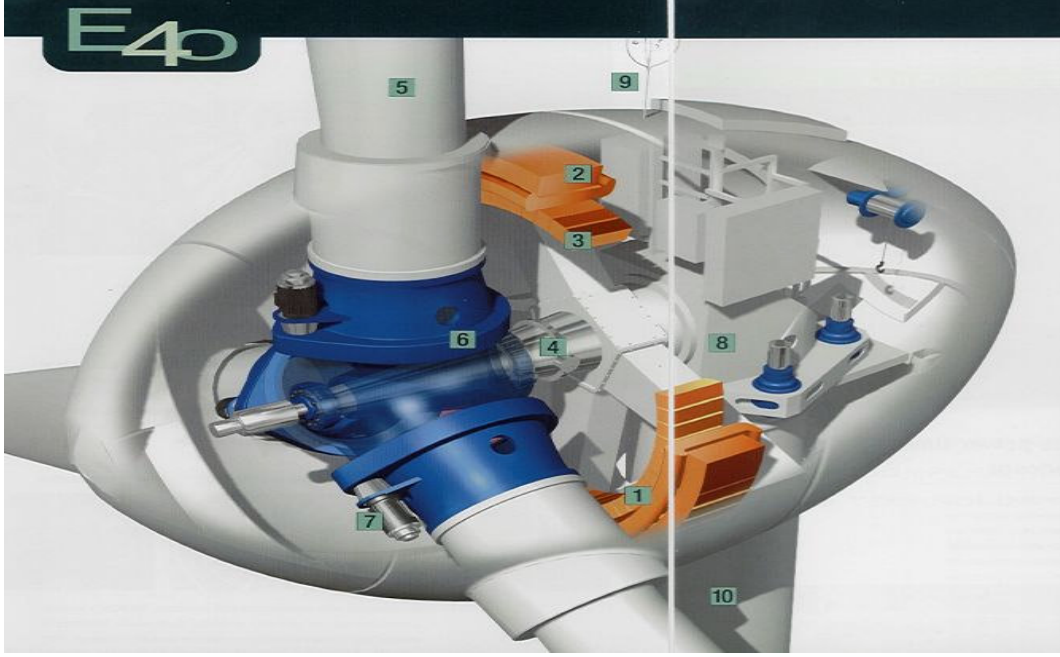
1.1.3.4. Rüzgar Türbinleri

Elektrik üretimini için rüzgar türbinlerinde son 20 yılda büyük ölçüde ilerlemeler sağlanmıştır. Özellikle Danimarka, Hollanda, ABD, Almanya ve diğer batı ülkeleri olmak üzere yaklaşık 3000MW şebeke bağlantılı kurulu güç tesis edilmiş olup üretim yaklaşık 4250 GW düzeyine ulaşmıştır.

Rüzgar türbinleri rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Yenilebilir enerji olması ve devlet teşvikleri sonucu özellikle 1980'lerin ortalarından itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlandı. California (ABD), Danimarka ve Almanya bu teknolojinin en çok uygulandığı yerler.

Bir rüzgar türbini başlıca şu parçalardan meydana gelir:

1. Rotor: Rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çevirir.
2. Dişli Çark: Rotor'un hızını artırır.
3. Jeneratör: Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir.
4. Fren: Türbini yavaşlatır ve durdurur.
5. Yönlendirici: Rüzgar doğrultusuna göre türbini yönlendirir.
6. Transformator: Jeneratör voltajını şebeke voltajına yükseltir



Şekil 1.9 Türbinin Teknik Yapısı

Şekil 1.9'da bir türbin sisteminin parçaları ve çalışma prensibi gösterilmiştir.

1. Jeneratör kanatlardan gelen mekanik enerjiyi 2.stator ve 3. rotor arasında elektrik enerjisine dönüştürür.

4. Ana mil kanatları taşır

5. Kanatlar rüzgarın enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür

6. Kanat flanşı

7. Kanat çevirme motoru kanadın ideal açısını ayarlar

8. Kabin çevirme motoru

9. Rüzgar ölçüm sensöründen gelen bilgilere göre kabin önünü rüzgara çevirir.

10.Kule pervaneyi rüzgarın fazla olduğu yükseklerle taşır

Bugüne kadar başlıca iki tip türbin geliştirilmiştir: Düşey ve yatay eksenli türbinler



Şekil 1.10 Yatay ve Düşey Eksenli Türbinler

Yatay Eksenli Türbinler

Ticari amaçlı türbinlerin çoğu bu gruba girmektedir. Rotoru iki veya üç kanat bağlıdır. Üç kanatlı rotor daha sürekli (değişikliği az, stabil) üretim sağlar ve daha sessiz çalışır, ancak fiyatı daha yüksektir. Eskiden rotorlar genellikle metalden imal edilirken, yenileri hafif kompozit malzemelerden üretilmektedir. Rotor genellikle kulenin önünde yer alır. Rotorun kulenin arkasında kalması halinde kulenin yarattığı türbülans türbin verimini düşürmektedir. Rotorun türbin önünde rüzgar doğrultusuna göre ayarlanabilmesi için elektrikli yönlendirici bulunur ve bu türbin gövdesi ile kule arasında yer alır. Kule genellikle çelikten imal edilir. Eskiden küçük türbinlerin kuleleri yukarıdaki fotoğrafta görüldüğü gibi çelik kafesten yapılırdı. Son yıllarda, çelik borudan kuleler kullanılmaktadır. Büyük türbin kuleleri betondan da olabiliyor. Jeneratörün sabit hızlı olması halinde rotor hızının kontrolü gerekmektedir. Aksi halde aşırı rüzgar hızlarında rotor kontrolsüz hızlanır ve kazaya sebep olur. Rotor kontrolü iki şekilde yapılmakta: Rotor kanatlarının uygun dizaynı ile rüzgar hızı belirli bir değerin üstüne çıksa dahi (örneğin 25 m/s) türbin hızı sabit kalıyor(stall control). Diğer method ise kanatların rüzgar doğrultusu ile açısının bir hidrolik sistemle değiştirilmesi (pitch control). Çok yüksek hızlarda kanatlar rüzgara en az direnç gösterecek şekilde çevrilerek türbin hızı ayarlanabiliyor. Bunun hidroelektrikteki benzeri Kaplan türbinleridir. Açısı değiştirilebilen rotor kanatlarının diğer faydası düşük rüzgar hızlarında da yüksek verimin elde edilebilmesi. Teknolojide diğer bir gelişme değişken hızlı jeneratörler. Böylece yüksek rüzgar hızında da enerjiyi verimli üretmek mümkün olabiliyor. Ancak bu jeneratörler sabit hızlılara göre daha pahalı. Ayrıca elektriğin şebekeye bağlanabilmesi için çıkış frekansının elektronik olarak 50Hz'e sabitlemesi gerekmektedir.

Türbin hızını jeneratörün dizayn hızına çıkartmak için rotor ile jeneratör arasında dişli çark kullanılır. Ancak bu hem maliyeti hem de bakım masraflarını arttırır. Son yıllarda dişli çarkına gerek olmadan rotor şaftının doğrudan özel dizayn edilmiş bir jeneratöre bağlanması mümkün. Jeneratör fiyatı biraz yüksek ancak dişli çarkın ortadan kalkması ve bakım masraflarının azalması bunu fazlasıyla karşılıyor.

Düşey Eksenli Türbinler

Kanatlar bir düşey şafta bağlanmıştır. Yatay eksenli türbinlere göre üstünlükleri şunlardır:

1. Rüzgar doğrultusundan etkilenmez. Dolayısıyla yönlendiriciye ihtiyaç yoktur.
2. Bütün elektromekanik aksam yerde olduğu için yatırım ve bakım masrafları daha azdır.

Buna karşılık düşey eksenli türbinlerinin başlıca iki eksikliği var:

1. Türbin kanatları dizaynı dolayısıyla verimleri düşüktür.
2. Kanatların yere yakınlığı sonucu düşük rüzgar hızına maruz kalırlar, bu ise enerji üretimini azaltır.

Rüzgar Hızı:

Rüzgar türbinin enerji üretmeye başladığı hız "cut-in" hızı, üretim yapılabilen en yüksek rüzgar hızına da "cut-out" hızı deniyor. Cut-in rüzgar hızı 3.5-5 m/s ve cut-out hızı da 25 m/s civarındadır.

Maliyet:

Son yıllarda rüzgar türbinlerinin siparişlerindeki artışlar ve türbin kapasitelerinin artması sonucu \$/KW bazında önemli düşmeler sağlandı. Fiyat düştükçe de türbin santrallerine yatırım arttı. Karada inşa edilen rüzgar santralının maliyeti \$0.7-1 million/MW (= \$700-1000/KW) arasında değişiyor. Deniz ustu santrallerde maliyet \$1.9 million/MW (= \$1900/KW) değerine kadar yükselebiliyor. Senelik işletme ve bakım masrafları toplam yatırımın yaklaşık %2.5'u kadar. Buna göre bazı kabullerle senelik yatırım ve işletme/bakım masraflarını hesaplayabiliriz:

Örnek Proje:

Kapasite	:1 MW
Kapasite faktörü	:%25
Yatırım maliyeti	:\$1 million
Proje finans	:%100 kredi
Kredi faizi	:%10
Amortisman suresi	:15 sene

Senelik enerji üretimi = 1 MW x 365 gün x 24 saat/gün x %.25 = 2190 MW = 2 190 000 KW
KWh başına işletme/bakım masrafı = %2.5 x 1000 KW x \$1000/KW x \$100 cent/\$ / 2 190 000 KWh = 1,1 cent/KW

Senelik yatırım maliyeti = \$130 000 x \$100 cent/\$ / 2 190 000 KW = 5,9 cent/KW

Toplam senelik maliyet: 1,1. + 5,9 = 7 cent/KW

Rüzgar enerjisi sistemlerinin geliştirilmesi üzerindeki araştırmalar; türbin sistemlerinin aerodinamik ve mekanik performanslarının artırılması, dayanıklılıklarının ve yorulma ömürlerinin geliştirilmesi, rüzgar alanlarının modellenmesi ve simule edilmesi ve ayrıca açık denizde kurulması düşünülen türbinler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Kurulan rüzgar türbini, bir yıldan kısa sürede kendi imalatı için harcanan paranın karşılığı olan enerjiyi üretmektedir. Türbinlerin ömrü ortalama 20 yıl olarak tahmin edilmektedir. Kalan 19 yıllık süre net üretim zamanıdır. Ayrıca rüzgar çiftliği kurulduktan sonra yapılan işletme ve bakım harcamaları son derece düşüktür. Gelişen teknolojiye ve gerçekçi fizibilite çalışmalarına bağlı olarak rüzgardan elde edilen enerjinin maliyeti sürekli düşmektedir. Örnek olarak 1980 yılında rüzgardan elde edilen 1 KW enerjinin maliyeti 30 cent iken 1991'de bu değer 6 cent'e düşmüştür.

Rüzgar enerjisinin maliyetinin bu denli düşmesi ve bu kadar hızlı gelişmesinin nedeni, doğada serbest bir halde ve bol olarak bulunması ile enerji kaynağı çeşitliliği yaratması yanında dışa bağımlı olmayan temiz bir enerji kaynağı olmasıdır. Türbin fiyatları jeneratör gücü ile değişmektedir. Çünkü jeneratör gücünün değişimi ile rotor çapı ve kule yüksekliği de değişmektedir.

Kulenin boyunun 1m. artması maliyeti 1500 USD arttırmaktadır. Büyük rotor çapına sahip küçük rüzgar türbini, küçük rotor çapına sahip büyük rüzgar türbinine göre daha pahalıdır.

1000KW gücünde jeneratöre sahip bir türbinin kule uzunluğu 60-80m arasında ve rotor çapı 54m civarındadır. Bir rüzgar santrali kurulumu için ortalama fiyatlandırma her KW için 1000\$ civarındadır. Tek türbin veya az sayıda türbinlerden oluşan rüzgar santrallerin maliyeti, çok sayıda türbinden oluşan santrallere göre daha fazladır.

2. TRAKYA BÖLGESİNİN RÜZGAR ENERJİSİ ANALİZİ

Trakya bölgesi rüzgar potansiyeli ve rüzgar yoğunluğu açısından Türkiye'nin enerji üretme potansiyeli en yüksek bölgesidir. Tablo 1.5'de belirtildiği gibi bölgenin rüzgar yoğunluğu yaklaşık olarak 51.91 W/m^2 olup, bu yoğunluk, rüzgar yoğunluğu en yüksek ikinci bölge olan Ege bölgesinin iki katıdır. Bölgenin yüksek ve engebesiz arazi yapısı ve balkanlara yakın olması, yılın ortalama her mevsimi yüksek bir rüzgar rejimine sahip olmasına neden olmuştur. Bölgenin yüksek rüzgar rejimine karşın bölgede biri Çanakkale'de, diğeri ise İstanbul - Hadımköy'de olmak üzere, halihazırda kurulu iki rüzgar enerjisi santrali bulunmaktadır.

2.1. Kamu kuruluşlarının ve Askeri kışlaların Enerji İhtiyacının Değerlendirilmesi

Dünyanın her yerinde olduğu gibi, ülkemizde de elektrik, su ve diğer ihtiyaç giderlerinin büyük bir kısmının, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektörün yapmış olduğu tüketimler kapsamaktadır. Binlerce kişinin sabahın erken saatlerinden itibaren başlayarak çalıştığı bir ortamda, durmaksızın elektrik tüketildiğini düşünürsek, yapılan bu enerji tüketiminin göz ardı edilemeyecek boyutta olduğunu görürüz.

Sürekli çalışan bilgisayarlar, fotokopi makinaları, aydınlatma sistemleri, güvenlik kameraları, elektriğe bağımlı iş makinaları, ısıtma sistemleri, vb. elektrikli sistemler bu tüketimin temelini oluşturmaktadır. Kamu kurum ve kuruluşları tarafından yapılan bu tüketimler, devlet hazinesinden karşılanmaktadır. Bu tüketimin, ülkenin sahip olduğu potansiyel enerji diliminden ve hazinesinden azaldığı düşünülürse, alınması gereken tasarruf tedbirlerinin yanı sıra, planlanması ve uygulanması gereken enerji politikalarının da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarının gündemde olduğu günümüzde, rüzgar enerjisi alternatif bir kaynak olarak görülmektedir. Tek evden, büyük kuruluşlara, hatta kasaba ve şehirlere kadar geniş bir bölgenin enerji ihtiyacını, rahatlıkla sağlama potansiyeline sahip olan ülkemizde, rüzgar enerjisi üretim sistemlerinin kullanımı hız kazanmaktadır. Özellikle son yıllarda, rüzgar enerjisi üretim sistemleri özel sektörde yoğun bir rağbet görmektedir. Özel sektörün yanı sıra, kamu kurum ve kuruluşlarında da alternatif bir enerji kaynağı olarak rüzgar enerjisinden faydalanılması ve yapılan harcamalardan büyük oranda tasarruf edilmesi sağlanabilir.

Ancak rüzgar enerjisinin, kullanımı açısından bazı tehdit edici unsurlar bulunmaktadır.

Bu kuruluşların büyük çoğunluğu, özellikle büyük şehirlerde merkezlerde bulunmaktadır. Bu da rüzgar enerjisi üretim sistemlerinin kullanılabilirliğine olanak kılmamaktadır.

Yüksek potansiyelli üretimin düşünüldüğü çok sayıda türbinden oluşan rüzgar çiftliklerinin yerleşiminin merkezden uzak rüzgarın hızını engellemeyen açık kırsal sayılabilecek bir bölgede geniş bir arazi gerektirmektedir.

Bunun yanında sadece bir binanın ya da bir bölgenin enerji ihtiyacının karşılanması düşünülen tek bir türbinin dahi inşası, rüzgarın akış hızının çevre binalar tarafından engellenmesi, çevreye vereceği gürültü kirliliği gibi nedenlerden dolayı mümkün olmamaktadır.

Askeri kışlaların durumu ise, kısmen farklılık göstermektedir. Özellikle Türkiye'nin değişik bölgelerinde kurulu bulunan askeri kışlaların, şehirden uzak hakim arazilerde konuşlu olmaları rüzgar enerjisinden faydalanma konusunda avantaj sağlamaktadır.

2.2. Kırklareli Ersun Kışlası Enerji İhtiyacının Değerlendirilmesi

Ersun Kışlası rüzgar potansiyeli oldukça yüksek olan Kırklareli ilinin şehir merkezine 5km uzaklıkta, hakim bir arazide, 30 km²'lik bir alana yayılmış olarak bulunmaktadır. Birliğin ortalama mevcudu 4000 kişi olup yıllık enerji tüketimi 4250 KW/saat tir .

Yıllık tüketilen elektriğin birliğe ortalama maliyeti ise 625.000\$ dır.

Birbirinden bağımsız binaların bulunduğu kışlanın suyu şehir şebekesinden karşılanmaktadır.

Bölgenin suyu şehir merkezine 12km uzaklıktaki Kırklareli barajından karşılanmaktadır.

2.3. Kırklareli Ersun kışlasının Rüzgar Enerjisi Fizibilite Çalışması

Burada kullanılan maliyet ve rüzgar verileri gerçek veriler olup Elektrik İşleri Etüt İdaresi(EİE)'nden ücreti karşılığında alınan Kırklareli'nde konuşlu olan askeri kışlanın bulunduğu bölgeye ait rüzgar verileridir.

Bu projede kurulumu planlanan türbin, jeneratör, türbin makineleri ve ekipmanları İstanbul'dan imalatçı firma tarafından karayolu kullanılarak bölgeye getirilecektir. Taşımının yapılacağı güzergah fotoğrafta gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Marmara Bölgesi Otoyol ve Bölge Haritası

Türbin ve ekipmanların, İstanbul - Hadımköy otopan girişinden otopana girmesini müteakip, haritada kırmızı işaretle gösterilmiş otopanı takip ederek, 170.km'de Babaeski otopan çıkışından çıkarak Kırklareli istikametinde 30km. intikalle kurulumu planlanan bölgeye gelmesi planlanmıştır.

2.3.1.Türbin Kurulması Planlanan Bölgelerin Analizi

Kurulum alanları tespit edilirken, dikkat edilecek kriterler aşağıda sıralanmıştır;

- Rüzgarın teknik özellikleri ve türbin yerleşimi
- Ulaşım yolları
- Kurulacak alanın özel mülkiyet olup olmaması
- Göçmen kuşların göç yolları üzerinde olmaması
- Enerji iletim şebekelerine uzaklığı
- Yapılan rüzgar ölçümleri ile kurulum için tasarlanan yerin rüzgar değerlerinin aynı olması

- Kurulum zeminin temel için nitelikleri
 - Hakim rüzgar yönünün dikkate alınması
 - Yerleşim birimlerine 2km. uzaklıkta olması (radyo,TV sinyallerini etkilememek için.)
- Türbinlerin yerleştirilmesi için 3 bölge planlanmış olup bölgelerin uydu fotoğrafları aşağıda gösterilmiştir;



Şekil 2.2 Türbin Kurulması Planlanan 1. Bölge



Şekil 2.3 Türbin Kurulması Planlanan 2. Bölge



Şekil 2.4 Türbin Kurulması Planlanan 3.Bölge

2.3.2.Kurulacak Türbinlerin Teknik Özellikleri

Bir türbinin kurulumu yaklaşık olarak 30 iş saati içinde tamamlanmaktadır. Türbin kurulacak bölgenin alt yapısının hazırlanması ise 1.5 – 2 aylık bir süre almaktadır.

Türbin modeline karar verilirken dikkat edilmesi gereken 2 kriter bulunmaktadır. Bunlar;

- Türbinin gücü arttıkça türbinin boyutu da artmaktadır. Boyutun artması ise nakliyatta zorluk yaratmakta, nakliyat için daha büyük araçlar ve kurulum için daha büyük vinçler gerektirmektedir. Buda kurulum maliyetinin artmasına neden olmaktadır.
- Meydana gelebilecek bir arıza anında veya bakım aşamasında kayıp güç artmaktadır.

Büyük güçlü türbinlerin birim maliyeti daha yüksek olmasına karşın bu maliyet giderek azalmaktadır. Birim maliyetin azalması ile büyük güçlü türbinlerin kullanımı yaygınlaşacaktır.

Planlanan bölgede kurulacak türbinin gücüne karar verilirken o bölgenin rüzgar potansiyeli dikkate alınmalıdır. Rüzgar potansiyeli yüksek olan bölgelerde daha çok 1 – 1.5MW gücünde türbinler kullanılırken potansiyeli düşük kırsal bölgelerde 600 – 800 KW gücünde türbinler kullanılmaktadır. Türbin kurulması planlanan bölgenin rüzgar potansiyeli ortalamasının üzerinde olduğu için türbinin gücünün 1 MW olması planlanmıştır.

Bölgeye kurulacak türbin sayısına karar verirken bölgenin yıllık enerji ihtiyacı hesaplanmalı ve bu ihtiyacı karşılayacak türbin sayısı bilinerek kurulmalıdır. Yıllık enerji ihtiyacı hesaplanırken kışlanın yıllık tüketilen enerji miktarı baz alınmıştır. Buna göre kışlanın yıllık enerji tüketimi 4.250 MW olup bölgeye kurulacak 2 türbin kışlanın tüm enerji ihtiyacını karşılama potansiyeline sahip olacaktır.

Tek bir türbinlerden elde edilen yıllık enerji miktarı aşağıda hesaplanmıştır;

$$\text{Senelik enerji üretimi} = 1 \text{ MW} \times 365 \text{ gün} \times 24 \text{ saat/gün} \times \% .25 = 2.190 \text{ MW} = 2\ 190\ 000 \text{ KW}$$

2.3.3. Bölgenin Rüzgar Verileri ve Proje Ait Sayısal Veriler

Planlanan bölgenin rüzgar verileri, kurulacak türbinlerin, altyapının, ekipmanların ve makinalara ait ekonomik veriler aşağıda belirtildiği gibidir;

Tek Türbinden elde edilen toplam güç = 2.190 MW

Türbin Modeli (Enercon 1000 KW) türbin fiyatı = 700000 \$

Ortalama Rüzgar Hızını = 7.9769 m/s (türbin göbeği yüksekliğinde)

Çalışma İçin Gerekli Rüzgar Hızı = 14 m/s (tam kapasite)

İnşaat Süresi = Max 2 ay

Planlanan Rüzgar Türbininin Göbek Yüksekliği = 56m

2.3.4. Projenin Maliyet Analizi

Planlanan proje tamamlandıktan sonra ortaya çıkan Fizibilite ve Veri Analiz, Kurulum, Taşıma, Mühendislik, Türbin, İşletme, Bakım ve Yedek Parça Maliyetlerinden oluşan toplam maliyet aşağıda gösterilmiştir

Fizibilite ve Veri Analiz Maliyeti

Rüzgar gözlem istasyonunun kurulması, 30m yüksekliğinde rüzgar ölçüm direğinin dikilmesi ve verilerin toplanarak analizi edilmesinin toplam maliyeti **10.000\$**dir.

Kurulum Maliyeti

Kurulum maliyetinin içinde;

Betonarme temel(kuleyi yerleştirmek için),

Yol yapımı ve türbin sahasının zemininin inşası,

Transformatör(gerilim seviyesini değiştirmek için),

İletişim bağlantıları(türbini uzaktan kumanda etmek ve kontrol etmek için),

Kablo maliyetleri(türbinden transformatöre, transformatörden iletim hattına)Bu maliyetlere göre projenin kurulum maliyeti **30.000\$**.dır

Mühendislik Maliyeti

Projenin planlanması ve santral sahasının mühendislik maliyeti **15.000\$**.dır.

Türbin Maliyeti

Türbin Modeli Enercon E40 modelidir. Türbinin gücü 1000 KW.dır. Rotor çapı 44m., kule yüksekliği ise 44m.dir. Türbin fiyatı = 700.000 \$.dır.(2*700.000=**1.400.000\$**)

Taşıma Maliyeti

2 türbin İstanbul – Edirne otobanı üzerinden tırlar vasıtasıyla Kırklareli’nde planlanan bölgeye getirilecektir. Bunun taşıma maliyeti yaklaşık olarak **10000\$**.dır.

İşletme, Bakım ve Yedek Parça Maliyeti

Türbinler 20 yıllık ömür ve 120000 saat işletme süresi baz alınarak tasarlanmıştır.Tabi tasarlanan bu süre türbinin kalitesi, ve bölgenin hava şartlarına göre değişmektedir.Buna göre 2 türbinin 20 yıllık bakım maliyeti ortalama olarak 12.000 \$.dır. Bu hesaplama yapılırken yıllık bakım maliyeti KW. başına 6 cent olarak hesaplanmıştır.

(1000KW*6cent*2türbin=**12000\$**)

Tablo 2.1 Projenin Maliyet Analiz Tablosu

MALİYET ALANI	MALİYET(EURO)
Fizibilite ve Veri Analiz Maliyeti	10.000 \$
Kurulum Maliyeti	30.000 \$
Mühendislik Maliyeti	15.000 \$
Türbin Maliyeti	1.400.000 \$
Taşıma Maliyeti	10000 \$
İşletme, Bakım ve Yedek Parça Maliyeti	12000 \$
TOPLAM	1.477.000 \$

Maliyet hesabında kullanılan veriler gerçek verilerdir. Faiz oranları ve buna bağlı olarak birim enerji maliyeti değişiklik gösterebilir.

Türbinler kurulduktan sonra;

- Yılda 4.380.000 KW elektrik enerjisi üretilecektir.
- Üretilecek enerjinin birim fiyatı 8.0 Cent/KW. tır.
- Enerji üretimi açısından dışa bağımlılık ortadan kalkacak ve kışla kendi enerjisini üretecektir.
- Hammadde maliyeti ortadan kalkacak ve hammadde sonsuz hale gelecektir.
- Kışlaya 4km. mesafede bulunan, tarım ve hayvancılıkla geçimini sağlayan Kızılcıkdere köyü başta olmak üzere, bölgede bulunan doğal hayata hiçbir zarar verilmemiş olacaktır.

3.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Enerji, insan hücrelerinden başlayarak, en gelişmiş medeniyetlere kadar her birimin gereksinim duyduğu ve duymaya da devam edeceği bir ihtiyaçtır. Günümüzde yaşanan bölgesel ve küresel tüm çatışmaların temelinde, enerji kaynaklarına sahip olma güdüsü bulunmaktadır. Kaynağa sahip olan, enerji pazarına da sahip olacaktır. Enerji kaynağına sahip olamayan ülkeler, için iki alternatif ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki, kaynağına sahip olmadıkları enerjiyi, dışarıdan satın alarak yüksek maliyetli enerji tüketmek, ikincisi ise enerji üretimi için alternatif bir kaynak bulmaktır.

Bu kapsamda, tüm dünya ülkelerinin en önemli hedefi, en az maliyetle enerjiyi üretebilmek ve enerji tüketim maliyetini minimum da tutarak, uzun vadeli enerji elde etmektir. Bu maksatla günümüzde ülkeler, alternatif enerji kaynaklarına yönelmiş ve dışa olan bağımlıklarını en aza indirme çabasına girmişlerdir.

Ülkemiz, zengin yeraltı ve yerüstü enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen, enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunu dış kaynaklardan temin etmektedir. Yıllardır izlenen bu enerji politikası yüzünden Türkiye, dışa bağımlı yaşamak zorunda kalmış ve ana fikir olarak, değişik başlıklar altında küresel ilişkilerin geliştirilmesi görülmüştür.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri başta olmak üzere, birçok bölgemizde petrol kaynakları bulunmaktadır. Halen bunların büyük çoğunluğu işlenmemektedir. Alternatif bir enerji kaynağı olarak dünya genelinde, son yıllarda yoğun rağbet gören rüzgar enerjisi açısından ülkemiz, inanılmaz bir potansiyele sahiptir. Görüldüğü gibi birçok enerji kaynağı açısından zengin potansiyele sahip ülkemiz, aynı zenginliği bu kaynakların etkin kullanımı alanında göstermemektedir. Planlanan yanlış enerji politikaları ve bunların yanlış uygulamaları, şu anda olduğu gibi yıllar sonrada Türkiye'nin enerji dar boğazına girmesine neden olacak ve dışa bağımlılığını daha da arttıracaktır.

Bu maksatla, alınacak önlemler ve doğru enerji politikalarının izlenmesi suretiyle, yerli enerji kaynaklarını kullanılması sağlanmalıdır. Böylece, enerji tüketim maliyetinin düşürülerek, alternatif kaynaklardan güvenilir, kaliteli ve sonsuz enerji temini sağlanabilecektir.

Şuan itibariyle, ülkemiz için en uygun alternatif enerji kaynağı olarak, rüzgar enerjisi görülmektedir. Ülkemizin halihazırda ki rüzgar enerjisi potansiyeli, 200 milyar KW/yıl'dır. Buna karşılık olarak ise, 2006 yılında elektrik enerjisi tüketim miktarımız ise 173 milyar KW dır. Rüzgar potansiyelimizin bu kadar büyük olmasına rağmen, ülkemizde bu potansiyelin sadece %0.9'u kullanılabilir.

Görüldüğü gibi, bu kadar büyük bir potansiyel göz ardı edilerek, dış kaynaklara yönelmesinin önüne kişi, kurum hatta ülke çapında alınacak hiçbir tasarruf tedbiri geçemez. Öncelikle, ülkemizin içinde bulunduğu enerji sorunu ele alınmalı ve bu sorunun kendi kaynaklarımızın kullanılarak çözülebileceği bilincinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- UYAR Tanay Sıdkı Doç. Dr. “Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme Ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu.”
- ATLI Cahit, ÇAKIR Hüseyin Prof. Dr. “Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar enerjisi” YTU Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000
- ACAROĞLU Mustafa Doç Dr “Alternatif Enerji Kaynakları” Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul 2003
- ALTINDIŞ Ahmet, UMURKAN Nurettin Doç. Dr. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisi” YTU Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001
- PEŞİNT M. Adnan, “Elektrik Santralleri Enerji İletimi ve Dağıtım”, MEB İstanbul 2001
- KÖSETORUNU Alev “Türkiye’de Enerji Sektörünün Geleceği” Ekonomik Araştırmalar ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü (TC Başbakanlık ve Dış Ticaret Müsteşarlığı)
- TÜRKİYE RÜZGAR ATLASI Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektrik İşleri Etüt İdaresi 2002
- WIND BLATT “Enercon Magazine for Wind Energy” Şubat 2006
- DÜNDAR Cihan, "Rüzgar Enerjisi ve Türkiye Rüzgar Atlası", 2003, İstanbul
- Ağçay, M., 2007, Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması, Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- <http://www.bilimselkonular.com/ozel-dosyalar/4.-ruzgar-enerjisi.html>
- <http://web.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/d3.html>
- http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2003/kasim/makale_enerji.htm(13.08.2007)
- <http://www.melikedemir.com/rekd.htm>(19.08.2007)
- <http://mutlucar1.blogcu.com/2480330/>(23.08.2007)
- <http://www.turkelektrik.com/T-Ruzgar%20Turbini.htm>(03.10.2007)
- <http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/doc>(03.10.2007)
- http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2003/kasim/makale_enerji.htm
- <http://www.trplatform.org/fizik/156878-ruzgar-enerjisi.html>
- <http://www.tatilium.com/harita/index.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Tolga ATEŞ
Doğum Tarihi :16.03.1982
Doğum Yeri :Ankara
Lise :1997 - 2000 Ankara Atatürk Anadolu Lisesi
Lisans :2000 - 2004 Kara Harp Okulu
Yüksek Lisans :2005 - 2006 İstanbul Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
Uluslar arası İlişkiler Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2004 – 2005 :Etimesgut Zırhlı Birlikler Okulu Eğitim ve Tümen Komutanlığı,
2005 – 2007 :Tank Tabur Komutanlığı,
Subay
Bekar
Yabancı Dil :İngilizce