

79119

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RÜZGAR ENERJİSİ VE RÜZGAR ENERJİSİNİN
TÜRKİYE'DEKİ POTANSİYELİ

Elek.Müh. Okan SARIKAYALAR


F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ



Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ferit ATTAR

79119



Prof. Dr. Selim AY



Y. Doç. Dr. Zehra Yumurtacı

İSTANBUL, 1998

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
1998

İÇİNDEKİLER		Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....		i
TABLO LİSTESİ.....		ii
ÖZET.....		iii
ABSTRACT.....		iv
GİRİŞ.....		1
1	DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ KAYNAKLARI.....	2
1.1.	Dünya'da Enerji Kaynakları.....	2
1.1.1.	Fosil yakıtlar.....	2
1.1.1.1.	Petrol.....	2
1.1.1.2.	Taşkömürü ve linyit.....	3
1.1.1.3.	Odun.....	3
1.1.1.4.	Doğal gaz.....	4
1.1.1.5.	LPG.....	4
1.1.1.6.	Diğer organik yakacaklar.....	5
1.1.2.	Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları.....	5
1.1.2.1.	Hidrolik enerji.....	5
1.1.2.2.	Jeotermal enerji.....	6
1.1.2.3.	Güneş enerjisi.....	6
1.1.2.4.	Rüzgar enerjisi.....	7
1.1.2.5.	Dalga ve gel-git enerjisi.....	7
1.1.2.6.	Nükleer enerji.....	7
1.1.2.7.	Füzyon enerjisi.....	8
1.2.	Türkiye'de enerji üretim ve tüketimi.....	8
1.2.1.	Fosil yakıtlar.....	8
1.2.1.1.	Petrol.....	8
1.2.1.2.	LPG.....	9
1.2.1.3.	Taşkömürü ve linyit.....	9
1.2.1.4.	Asfaltit.....	10
1.2.1.5.	Odun.....	10
1.2.1.6.	Doğal gaz.....	10
1.2.1.7.	Biyomas.....	11
1.2.2.	Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarımız.....	11
1.2.2.1.	Hidrolik enerji.....	11
1.2.2.2.	Jeotermal enerji.....	12
1.2.2.3.	Güneş enerjisi.....	12
1.2.2.4.	Rüzgar enerjisi.....	13
1.2.2.5.	Dalga ve gel-git enerjisi.....	13
1.2.2.6.	Nükleer enerji.....	14
2.	YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE POLİTİKASINDAKİ YERİ.....	15
2.1.	Dünya ve Türkiye'deki Durum.....	16
2.1.1.	Rüzgar enerjisi.....	17
2.1.2.	Güneş enerjisi.....	20
2.1.3.	Biyokütle (biyomas) enerjisi.....	25

2.1.4.	Yer ısı (jeotermal) enerjisi.....	26
2.1.5.	Küçük / Mini Mikro-Su enerjisi.....	26
2.2.	Avrupa Topluluğunda durum.....	27
2.3.	Türkiye'ye ilişkin hedef ve öneriler.....	27
3.	RÜZGAR ENERJİSİ.....	30
3.1.	Rüzgar Enerjisinin Alan-Zaman.....	30
	Davranışlarının İncelenmesi.....	30
3.1.1.	Rüzgar enerjisini etkileyen faktörler.....	31
3.1.2.	Rüzgar enerjisi formülasyonu.....	31
3.1.3.	Enerji oranları.....	32
3.1.4.	Düşey rüzgar hızı değişimi.....	34
3.1.5.	Meteorolojik rüzgar enerjisi dinamiği.....	36
3.2.	Rüzgar hızı için ortalama alma periyotlarının karşılaştırılması.....	39
3.2.2.	Kullanılan veri ve yöntem.....	43
3.3.	Rüzgar değişkenlerinin alansal normal dağılım grafik modelleri.....	44
3.3.1.	Kullanılan veriler.....	45
3.3.2.	Önerilen yöntem.....	51
3.4.	Marmara Bölgesi rüzgar enerjisi planlaması.....	51
3.4.1.	Kullanılan veri ve yöntem.....	55
3.5.	Rüzgar enerjisi.....	55
3.5.1.	Rüzgar tarlalarının çevresel etkisi.....	55
3.5.2.	Görüntü ve estetik etki	56
3.5.3.	Gölge titreşimi/parıltı	56
3.5.4.	Gürültü.....	56
3.5.5.	Arazi kullanımı	56
3.5.6.	Enerji kullanımı ve emisyonlar	56
3.5.7.	Rüzgar enerjisi ve kuşlar	56
3.5.8.	Dönen yapıların oluşturduğu elektromagnetik girişim	57
3.6.	EİE Rüzgar enerjisi ve Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli belirleme çalışmaları.....	57
3.6.1.	Rüzgar enerjisi potansiyeli belirleme	58
3.6.2.	Rüzgar enerjisi ile mekanik su pompajı	59
3.7.	Devam eden bazı projeler.....	60
3.8.	Örnek çalışma.....	60
4.	TÜRKİYE'DE ENERJİ KULLANIMI İLE İLGİLİ SONUÇLAR	66
4.1.	1995-1996 yıllarına ait sonuçlar.....	66
4.2.	1997 yılı birinci dönem (Ocak, Şubat, Mart) sonuçları.....	71
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
	KAYNAKLAR	75
	ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının yıllık ortalaması.....22
Şekil 2.2	Ankara , Rize ve Van illerindeki güneş ışınları günlük kalori toplamının aylık ortalamaları.....23
Şekil 2.3	kw/m2 cinsinden Ankara , Rize ve Van illerindeki güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının aylık ortalamaları.....24
Şekil 2.4	kW/m2 cinsinden Ankara , Rize ve Van illerindeki güneş ışınları şiddetinin aylık en yüksek değerleri.....25
Şekil 3.1	Danimarka'da 30 m yükseklikte ve düz bir arazide ölçülen rüzgar şiddeti değerleri ,(Troen ve Petersen , 1989)37
Şekil 3.2	Brookhaven National Laboratory'de ölçülen rüzgar şiddeti spektrumu ,(Fresis , 1990).....38
Şekil 3.3	Kandilli Rasathanesi ölçümleri.....41
Şekil 3.4	Bağlı hata ve peryot43
Şekil 3.5	İstasyonların genel dağılımı44
Şekil 3.6	Rüzgar hızının alansal dağılımı46
Şekil 3.7	Rüzgar enerjisinin alansal dağılımı47
Şekil 3.8	Weibull şekil değişkeni dağılımı47
Şekil 3.9	Weibull ölçek değişkeninin alansal dağılımı48
Şekil 3.10	Edirne'nin coğrafi konumu51
Şekil 3.11	Rüzgar hızının zamanla değişimi52
Şekil 3.12	Saat 14:00'de hız-frekans dağılımı ,(a) Lognormal; (b) Weibull53
Şekil 3.13	Saat 16:00'da hız-frekans dağılımı ,(a) Lognormal; (b) Weibull.....53
Şekil 3.14	Logaritmik ve aritmetik ortalamalar54
Şekil 3.15	Logaritmik ve aritmetik sapma54
Şekil 3.16	Maliyet , vergi , vergiden sonraki nakit akışı64
Şekil 3.17	Yatırımın bugünkü değeri64
Şekil 3.18	Geri ödeme diyagramı65
Şekil 3.19	Vergi parametreleri65
Şekil 4.1	Coğrafi bölgelere göre elektrik tüketimi67
Şekil 4.2	Üretici kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi68
Şekil 4.3	Kullanım yerlerine göre elektrik üretimi (1995)69
Şekil 4.4	Kullanım yerlerine göre elektrik üretimi(1996)69
Şekil 4.5	Kullanım yerlerine göre elektrik enerjisi kullanımı70
Şekil 4.6	Kullanım yerlerine göre 1996-1997.....73
Şekil 4.7	Kullanım yerlerine göre 199773

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1	Dünya fosil yakıt rezervleri,(1992)	2
Tablo 1.2	Dünya hidrolik enerji tüketimleri.....	5
Tablo 2.1	1994 yılı sonu itibarı ile Türkiye'deki termik santrallerde üretilen elektrik gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı.....	16
Tablo 2.2	Bazı ülkelerde tahmini rüzgar enerjisi potansiyelleri ve hedefleri.....	18
Tablo 2.3	Rüzgar enerjisinde ilk on	19
Tablo 2.4	Türkiye'de bazı merkezlerde güneş ışınlar şiddetinin kalori toplamının aylık ve yıllık ortalaması (Cal/cm ² gün).....	21
Tablo 2.5	Bazı merkezlerde güneş ışınları şiddetinin aylık en yüksek değerleri (cal/cm ² dk)	24
Tablo 3.1	Çeşitli ortalama alma peryotlarına göre hesaplanmış istatistikler (Kandilli)	42
Tablo 3.2	Çeşitli ortalama alma peryotlarına göre hesaplanmış istatistikler (Kandilli)	42
Tablo 3.3	Yıllık ortalama rüzgar değişkenleri,sıralı değerleri ve ihtimalleri.....	45
Tablo 3.4	Alansal olarak ortalama ve standart sapmanın değişimi	48
Tablo 3.5	Dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü ve enerji üretimi	50
Tablo 3.6	Rüzgar enerjisi tahmini potansiyelleri ve hedef kapasiteleri	50
Tablo 3.7	Edirne rüzgar değişkenlerinin ortalama değerleri	52
Tablo 3.8	Rüzgar türbini maliyet dataları	61
Tablo 3.9	Ayrıntılı bütçe	62
Tablo 3.10	Finans hesapları	63
Tablo 4.1	Santral niteliklerine göre elektrik enerjisi tüketimi	66
Tablo 4.2	Coğrafi bölgelere göre elektrik tüketimi	67
Tablo 4.3	Üretici kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi	68
Tablo 4.4	Kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi	70
Tablo 4.5	Santrallerin niteliklerine göre 1996-1997 yılı 1.dönem.....	71
Tablo 4.6	Üretici kuruluşlara göre 1. Dönem elektrik enerjisi üretimi (1996-1997)....	72
Tablo 4.7	Enerji kaynaklarına göre 1996-1997	73

ÖZET

Dünya da konvensiyonel kaynaklardan elektrik enerjisi üretmenin yarattığı çevre sorunları üzerinde artan hassasiyet , bu soruların en aza indirilmesi için uygulanan teknolojilerin getirdiği maliyetler ve kullanılan kaynakların yenilenemez oluşu; çevre dostu sıfır yakıt maaliyetli yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimini arttırmıştır.

Bu amaçla, Dünyada ve Türkiye’de enerji kaynakları incelenmiştir. Rüzgar Enerjiside dahil olmak üzere, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının Dünya’da ve Türkiye’de kullanımları ve çeşitli ülkelerin bu kaynakların kullanımı ile ilgili hedeflerine yer verilmiştir. Türkiye’de dahil olmak üzere potansiyeller belirlenmiştir.

Rüzgar Enerjisi ile ilgili formüller incelenmiştir. Marmara Bölgesi Rüzgar Enerjisi planlama çalışması, EİE’nin Rüzgar enerjisi potansiyeli belirleme çalışmaları, Rüzgar tarlalarının çevresel etkisi yine bu bölümde incelenmiştir. Ayrıca Çanakkale bölgesinde 15MW bir rüzgar santralinin kurulum ve yatırım fizibiliteleri gerçek değerler kullanılarak hesap edilmiştir..

Teze Türkiye’de üretilen ve tüketilen enerji ile ilgili istatiksels veriler, Türkiye’nin her sene yaklaşık %10 artan enerji ihtiyacını gösterebilmek amacı ile dahil edilmiştir.



ABSTRACT.

Due to increase conventional sources usage in production of electricity, sensitiveness increased to environmental problems, as because of the cost for the usage of new technologies to reduce the environmental problems and this sources can not be renewed, renewable energy sources usage in electricity production increased.

For this aim, energy sources in World and in Turkey is taken under scope. Including Wind power , usage of renewable energy in World and in Turkey is investigated and countries targets for using this renewable energy is discussed. Potentials of countries is given including Turkey.

Formulas that are related with wind energy is investigated. Marmara region wind energy planning studies, Potential defining studies which are made by EİE and wind warms environment affects are investigated. Besides, construction and investment feasibility studies is included for a real datas for Çanakkale.

Production and consumption statistics for Turkey are included for in order to prove power consumption is increases %10 percent every year.



GİRİŞ.

Gelişen sanayi, nüfus artışı, sınırlı olan doğal kaynakların ziyan edilmeden ve zarar verilmeden en iyi bir şekilde kullanılmaları artık insanoğlunun gündeminde en baş sıraları işgal eder hale gelmiştir. Özellikle medeniyetlerin ortaya çıkmasında vazgeçilmez unsurlar olan su ve enerji doğal ve sınırlı kaynakların en önemlilerini teşkil ederler. Suların kirlenmesi ve canlıların hayatlarını sürdürdükleri atmosfer, biyosfer, litosfer ve hidrosfer katmanlarının temiz tutulması ancak yüksek verimli ve temiz enerjiyle mümkün olacaktır.

Sınırlılık ve kirleticilik özellikleri nedeni ile fosil enerji kaynaklarından vazgeçilerek çevre dostu temiz enerji kullanılması yönünde dünyada idareci, teknisyen, mühendis, sanayici ve bilim adamları ortaklaşa ve biliçli bir şekilde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bu yöneliştebaş görev araştırmacı ve bilim adamlarına düştüğü kadar yatırımcılara da düşmektedir. Yeni kaynakların bilimsel süzgeçlerden geçtikten sonra teknolojiye dönüştürülmesi sürecinde konuya ilgi duyan diğer kişilerle tartışılarak fikir ve görüşlerin alınıp kararların oluşturulması sağlanmalıdır.

Günümüzde rüzgar enerjisi enerji açığını kapatabilecek miktarlarda üretilemese bile, gün geçtikçe daha yaygın hale gelmektedir. Bunun esas sebebi rüzgar enerjisi kaynağının bedava olması, hiç yatırım gerektirmemesi, hava kirliliğine neden olmaması ve çevre dostu enerji kaynağı olmasıdır. İnsanlar, Milat'tan önceki devirlerde bile rüzgar enerjisinden yararlanarak düşük seviyelerdeki suların daha yükseklere çıkarılmasında, buğday öğütülmesi için yel değirmenlerinde, gemilerin yüzmesi ile ulaştırmada kullanıla gelmiştir. Bilhassa İran yörelerinde çok eski devirlerde yaygın olan rüzgar enerjisinden fırladıklar, daha sonraları yavaş yavaş batıya doğru kaymış ve özellikle on üçüncü asırdan sonra batı Avrupa ülkelerine kadar ulaşmıştır. İlk zamanlarda rüzgar enerjisi hesabı için hiç bilimsel yaklaşımlar yapılmamıştır. Zaten az olan enerji ihtiyacı hesapların yapılmasını gerektirmemekte idi. Böylece ilk faydalanmalara sadece teknolojik gelişmelerin yön verdiğini görebiliriz.

Bilimsel olarak incelemeler daha sonraki yıllarda başlamış ve on dördüncü asırdan sonra ağırlık kazanarak günümüze kadar gelmiştir. İlk defa rüzgar enerjisinden elektrik üretilmesine Hollan'da da başlanmıştır. Bugün ABD'de elektrik enerjisinin % 20'ye yakın bir kısmı atmosferdeki hava kütlelerinin hareketi sonucunda ortaya çıkan rüzgar enerjisinden faydalanmak sureti ile karşılanmaktadır. Ayrıca, Clarke (1988) rüzgar enerjisinin kullanımının artması ile elektrik enerjisi üretmekte kullanılan fosil yakıt miktarının azalması dolayısı ile çevrede kirlenmenin azalacağı hususlarını detaylı olarak incelemiştir. Rüzgar enerjisi özellikle 1993 yılında ortaya çıkan dünya enerji dar boğazından sonra önem kazanmıştır. Bu tarihten sonra Avrupa'nın değişik ülkelerinde rüzgar-çiftliklerinin kurulması yönüne gidilmiştir (Anderson, 1992; EWEA, 1991; Troen and Peterson, 1989).

Yüksek Lisans Tez çalışmasında Dünya'daki ve Türkiye'deki enerji kaynakları incelenmiş ve aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde durulmuştur. Rüzgar enerjisinin Türkiye'deki değişik bölgelerde potansiyellerine değinilmiştir.

1. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ KAYNAKLARI

1.1 Dünya'da Enerji Kaynakları

Enerji, yıllardır ülkelerin gündeminde yer almakta ve ekonomik gelişmelerinde etkinliğini sürdürmektedir. 1982 - 1990 yılları arasında yılda ortalama % 2.6 oranında artan Dünya enerji tüketimi 1990-1991 yıllarında ortaya çıkan Körfez Krizi ile diğer siyasi ve ekonomik gelişmeler sonucu 1991 yılında % 0.9 oranında bir artış göstermiştir.

Ülkelerin ekonomik kalkınma düzeylerine göre enerji tüketim miktarları incelendiğinde; gelişmiş ülkelerdeki fert başına enerji tüketiminin, gelişmekte olan ülkelerdeki tüketimin on katından fazla olduğu tesbit edilmiştir. Bugün ABD'de bir kişinin tükettiği enerjiyi, 3 Fransız/İtalyan/Japon, 4 Yugoslav, 7 Türk, 13 Çinli, 35 Hintli, 38 Pakistanlı tüketmektedir.

Bugün yaklaşık 5.5 milyar olan dünya nüfusunun 21. yy.da 10-12 milyar olacağı tahmin edilmektedir. İnsanların yaşam düzeylerini sürekli yükseltmeleri dünyanın enerji gereksinimini de sürekli arttırmaktadır.

1.1.1 Fosil yakıtlar

Bölge	Petrol Milyar Ton	Taşkömürü Milyar Ton	Linyit Milyar Ton	Doğal Gaz Trilyonm ³
Kuzey Amerika	5.0	117.177	132.006	7.4
Latin Amerika	17.5	6.900	4.530	7.3
OECD Üyesi Avrupa	2.2	29.333	67.591	5.3
OECD Dışı Avrupa	8.1	136.167	179.282	55.6
Orta Doğu	89.5	193	-	43.1
Afrika	8.3	60.811	1.267	9.7
Asya ve Okyanusya	5.9	170.832	133.093	9.5
TOPLAM DÜNYA	136.5	521.413	517.769	137.9

Tablo 1.1: Dünya fosil yakıt rezervleri, (1992)

Kaynak: Dünya Enerji Konseyi, Türk Millî Komitesi, 1992 Yılı Enerji Raporu, Ankara, Aralık 1993

1.1.1.1 Petrol

Enerji üretimi dünyada hızla artmakta ve bu üretimin % 45'i petrolden karşılanmaktadır. 1991 yılında 135.4 milyar ton olarak saptanan Dünya petrol rezervi 1992 yılında 1.1 milyar ton artarak 136.5 milyar ton'a yükselmiştir.

1992 yılında 1991 yılına göre Dünya petrol rezervlerindeki % 0.8'lik artış ile üretimdeki % 0.9'luk artışın birbirini dengelemesi sonucunda rezervlerin ömrü çok az bir düşüşle 43.4 yıldan 43.1 yıla gerilemiştir.

Petrol, coğrafi ve jeopolitik dağılımının düzgün olmaması nedeni ile kolayca politik bir silah olarak kullanılabilir. Körfez bölgesinde yaşanan olaylar enerji güvenliğinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

1990 yılı istatistiklerine göre, dünya petrol üretiminin % 76'sını gerçekleştiren ülkeler arasında ilk sırayı % 26.4'lük pay ile Orta Doğu ülkeleri almaktadır. Ülkeler bazında ise, eski SSCB %19.1'lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. Bu ülkeyi ABD Suudi Arabistan, Çin, Meksika, İran ve İngiltere izlemektedir. AT ülkelerinin dünya petrol üretimindeki payı ise % 3.8'dir.

1992 yılında petrol üretimi 427.9 milyon ton ile en fazla Suudi Arabistanda gerçekleşmiştir. Bu miktar Dünya petrol üretiminin % 13.5'ini teşkil etmektedir. Bunu sırasıyla % 13.1 ile ABD, %12.5 ile Rusya takip etmektedir.

1991 yılında körfez krizi nedeniyle 1990 yılına oranla Irak ve Kuveyt'in petrol üretimlerinde %88 ila % 91 oranlarında düşmeler olmuştur. Ancak, 1992 yılında Kuveyt petrol üretimini arttırarak geçmiş yıllardaki üretim düzeyine yaklaşmıştır. Irak ise petrol üretiminde % 104'lük artışa rağmen geçmiş yıllardaki üretim düzeyinin çok altında üretim gerçekleştirmiştir.

1.1.1.2 Taşkömürü ve linyit

Kömür, dünyada en büyük rezerve sahip fosil yakıttır. Bugün ürettikleri toplam enerjinin ABD % 80, İngiltere % 70, Rusya % 50 ve Ortak Pazar Ülkeleri ise % 40'ını kömürden elde etmektedirler.

1992 yılında 3178.8 milyon ton taşkömürü, 1308.1 milyon ton linyit üretilmiştir. En büyük taşkömürü üreticisi ülkelerin başında % 32.1 ile Çin gelmektedir. Bu ülkeyi % 19.1 ile ABD ve % 6.8 ile Rusya takip etmektedir. Linyit üretiminde ise % 22.5 ile ABD ilk sırayı almakta, bunu % 18.5 ile Almanya ve % 9 ile Rusya takip etmektedir.

Dünya konvansiyonel enerji varlığının en büyük bölümü taşkömürüdür. Dünyanın en önemli taşkömürü rezervleri Çin, ABD ve eski SSCB'nde (Bağımsız Devletler Topluluğu) bulunmaktadır. En büyük linyit rezervleri ise eski SSCB ve ABD'ndedir.

Dünyanın görünür taşkömürü rezervleri 521.41 milyar ton, Linyit rezervleri ise 517.77 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Dünya kömür rezervlerinin % 23.2'si eski SSCB'nde, % 23.1'i ise ABD'nde bulunmaktadır. Bu ülkeleri %11 rezerv oranı ile Çin takip etmektedir.

1.1.1.3. Odun

Odun, binlerce yıl insanlığın hemen hemen tek ısı ve enerji kaynağı olmuştur. Bugün az gelişmiş ülkelerde tüketilen enerjinin büyük kısmı halen geleneksel kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu kaynaklar arasında odun büyük bir paya sahiptir. Gelişmiş ülkelerde odunun yakıt olarak değil sanayi girdisi olarak değerlendirilmesi esas alınmıştır.

1.1.1.4. Doğal gaz

Son yıllarda özellikle enerji, kullanımına bağlı olarak hızla artan çevre, atmosfer kirliliği, dünya temiz yakıt arayışlarını zorunlu hale getirmiş, bunun sonucu da yeni doğal gaz rezervi saptanmış ve toplam rezerv 137.9 trilyon m³'e ulaşmıştır. (Tablo 1)

Doğal gaz, uzun yıllardır insanların ve teknolojinin hizmetindedir. Dünya enerji talebinin %20'sini karşılamakta ve enerji kaynağı olarak kullanımı giderek artmaktadır. Dünya doğal gaz rezervlerinde 1991 yılına göre 1992 yılında %11.2'lik bir artış gerçekleşmiştir. Bu artış özellikle eski SSCB'nde ve Orta Doğu da bulunan rezervlerden kaynaklanmıştır. Eski SSCB dünya doğal gaz rezervlerinin % 39.8'ine sahiptir. Bunu % 14.3'lük pay ile İran takip etmektedir.

Dünyanın en büyük doğal gaz rezervine sahip olan diğer ülkeler ise Birleşik Arap Emirlikleri, ABD, Suudi Arabistan, Katar, Cezayir, Venezüella, Kanada, Nijerya, Endonezya ve Libya'dır.

Doğal gaz, 21. yüzyılda da diğer enerji kaynaklarının yanında alternatif enerji kaynağı olma özelliğini sürdürecektir. 1992 yılı üretim/tüketim seviyesine göre dünya kömür rezervi 232 yıl, petrol rezervi 43 yıl, doğal gaz rezervi ise 65 yıl dünya talebini karşılayabilecek düzeydedir. Dünya kömür varlığı ise diğer konvansiyonel kaynaklara nazaran dünya ihtiyacını uzun yıllar karşılayabilecek düzeydedir.

1991 yılı itibariyle, dünya genelinde doğal gaz rezerv/üretim (R/Ü) oranı %1.59'dur. Bu oran 2.200 milyar m³'lük dünya doğal gaz üretimine karşılık gelmektedir.

1992 yılında 1838 milyon TEP olan Dünya doğal gaz üretiminin %29.2'si Rusya tarafından karşılanmış, bunu % 24.6 ile ABD takip etmiştir. 1991 yılına göre 1992 yılında fosil yakıtların tüketim oranlarında önemli değişiklikler olmamıştır. Dünya fosil yakıt tüketimleri içerisinde petrol % 44.2, kömür % 30.6 ve doğal gaz % 25.2'lik bir paya sahiptir.

Doğal gazın 1960 yılında, dünya enerji tüketimi içindeki payı % 16 iken 1982 yılında % 22.5 olmuştur. Aynı dönemde katı yakıtların kullanım payı % 52'den % 32'ye düşerken sıvı yakıtların kullanım payı ise % 32'den % 42'ye yükselmiştir

1.1.1.5 LPG

Likit Petrol Gazları bugün petrol endüstrisinin önemli ürünlerinden biridir. Çevre bilincinin hızla geliştiği günümüzde, özellikle evsel kullanımda vazgeçilmez bir ürün olmuştur.

Dünya LPG tüketiminin 1995'de 157 milyon ton, 2000 yılında 167 mi;yon ton olacağı tahmin edilmektedir. Bugün Dünya birincil enerji tüketimi içinde önemli bir yeri olan LPG'nin , çevre dostu yakıt olarak gelecek yıllarda da enerjinin yapısını teşkil edecek ana girdilerden biri olacağı kabul edilmektedir.

1.1.1.6 Diğer organik yakacaklar

Biyomas, hayvansal ve bitkisel atıklar ile çöplerin değerlendirilmesi sonucunda elektrik enerjisi elde edilmesi Dünyada gittikçe yaygın hale gelmektedir.

Biyomasın (odun hariç) diğer türleri Dünya birincil enerjisinin %14 gibi bir bölümünü karşılamaktadır. Kuzey ülkelerinin pek çoğunda ve bunun yanısıra Pakistan, Tayland, Singapur, Malezya, Sri Lanka, Filipinler ve Tayvan gibi bazı ülkelerde çöp santralleri faaliyettedir ve Hollanda'nın Amsterdam şehrinde günlük yakma kapasitesi 3000 ton olan iki adet 45 Megawattlık elektrik santrali da kurulmaktadır. Hollanda gibi hayvancılığın yaygın olduğu bazı gelişmiş ülkelerde biogaz üretim tesislerinin kurulması devlet tarafından desteklenmektedir. 1990 yılında gelişmekte olan ülkelerde enerji üretiminin % 35'i (bazı bölgelerde % 90'ı) biyomastan karşılanmıştır.

ABD biyomas kaynaklı elektrik üretimi ile enerji tüketiminin yaklaşık % 4'ünü, İsveç %14'ünü, Avusturya yaklaşık % 10'unu 70 adet küçük ölçekli biyomas bileşik ısı güç santrali ile sağlamaktadır. Biyomas'ın yıllık ekonomik potansiyelinin gelecek yüzyıl için Avrupa Topluluğu ülkelerinde yaklaşık 100 milyon TEP (mevcut toplam enerjinin % 10 nu) olacağı tahmin edilmektedir.

1.1.2. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1.1.2.1. Hidrolik enerji

Belirlenmiş teknik hidrolik potansiyel 13974 milyar kwh/yıldır. Bugün dünyada en güvenilir bir enerji kaynağıdır. Hidrolik enerjinin yeri ve tüketim bölgelerinin ayrı ayrı yerlerde olması bazen hidrolik enerji santrallerindeki enerji kayıplarının fazla olmasına neden olmaktadır. Ancak, yenilenebilir enerji olması nedeni ile hidrolik santraller en verimli üretim unsurları olarak önemlerini korumaktadırlar. Avrupa ve Kuzey Amerika'da değerlendirilebilecek kapasitenin % 60'ı kullanırken dünyanın geri kalan kısmında bu potansiyelin henüz % 9-10'nu kullanılmaktadır. Asyanın birçok ülkesinde ise büyük miktarda hidroelektrik potansiyel mevcuttur. Dünya potansiyelinin hemen hemen beşte biri değerlendirilmiş bulunmaktadır.

BÖLGE	1990 Yılı Tüketimleri Milyon TEP	1991 Yılı Tüketimleri Milyon TEP	1992 Yılı Tüketimleri Milyon TEP
Kuzey Amerika	50.2	52.7	50.5
Latin Amerika	30.7	32.5	33.6
OECD Üyesi Avrupa	34.7	36.5	38.1
OECD Dışı Avrupa	24.7	24.7	23.0
Orta Doğu	1.2	1.1	1.2
Afrika	5.9	6.2	6.2
Asya ve Okyanusya	35.7	37.1	36.0
TOPLAM DÜNYA	183.1	190.8	188.6

Tablo 1.2 : Dünya Hidrolik Enerji Tüketimleri

Dünya hidrolik enerji tüketiminde 1990 yılı baz alınıp 1991 ve 1992 yıllarının rakamları incelendiğinde 1991 yılında % 4.2 oranında bir artış meydana gelirken 1992 yılında % 3 oranında bir artış meydana gelmiştir.

1.1.2.2 Jeotermal enerji

Bugün dünyanın bir çok ülkesinde jeotermal enerji ile şehir, ev ve seranın ısıtılması yapılmaktadır. Dünyada ilk jeotermal ısıtma sistemi ABD'nde inşa edilmiştir. Dünyada jeotermal enerji ile ısıtılan konut sayısı 1.000.000'u aşmıştır. Jeotermal enerjiden elektrik ve ısı enerjisi olarak yararlanılmasının yanında, hayvan çiftlikleri, termal tedavi merkezleri, diğer turistik tesislerin ısıtılmasında, yiyeceklerin kurutulmasında ve sterilazasyonunda, konservecilikte, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayinde vb. tesislerde kullanılmaktadır.

Jeotermal enerjiden yararlanma imkanları hızla arttırılmaktadır. Jeotermal kapasite kullanımının yıllık ortalama artış hızı II. Dünya savaşından 1978 yılına kadar % 7.5 olmuştur. 2. Petrol krizinden sonra, Dünya jeotermal kapasite kullanımı büyük bir artış göstererek % 17.2'ye yükselmiştir.

Kurulu güç ve üretimi gerçekleştiren ülkeler ile Türkiye'nin gerçekleştirdiği üretim düzeyi karşılaştırıldığı zaman, ülkemizde jeotermal enerjiden istenildiği düzeyde yararlanılmadığı görülebilmektedir.

Jeotermal enerji ile ilgilenen ve kullanımını yaygınlaştırmaya dönük olarak araştırmalar yapan ülkelerin sayısında son yıllarda büyük artış olmuştur.

1.1.2.3. Güneş enerjisi

Yoğun bir şekilde kullanılmakta olan birincil enerji kaynaklarının giderek azalması, diğer enerji kaynaklarına göre üretim ve ulaştırma sorunu olmayan güneş enerjisinden yararlanmaya yönelik çalışmalara hız kazandırmıştır. Gelişmiş ülkelerde de güneş enerjisi teknolojileri konusunda araştırmalar sürdürülmektedir.

Güneşin dünyaya aktardığı güç 178000 Tw (milyar kilowatt)'dır. Ancak gücün 6200 Tw'lık bölümü dünya yüzeyinden geriye yansımakta, 42000 Tw'lık bölümü suların buharlaşmasına neden olmakta ve 76000 Tw'lık bölümü ise Dünya'nın yayınladığı ısı olarak uzaya dağılmaktadır.

Güneş enerjisinin dünyadaki uygulamaları doğrudan veya dolaylı olarak elektrik üretimi ve termal uygulamalar olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Güneş enerjisinden yararlanılan sistemler içerisinde en yaygın kullanılan ve en ekonomik olanı ise sıcak su sistemleridir.

Güneş enerjisi ile elektrik üretim sistemlerinin götürülmesinin ekonomik olmadığı uzak yerleşim birimlerinde, yangın gözetleme kulelerinde, radyolink ve TV aktarıcılarında, deniz fenerlerinde ve küçük ölçekli zirai sulamada vb. alanlarda kullanılmaktadır.

1.1.2.4. Rüzgar Enerjisi

Özellikle sanayinin devamını sağlamak için yeni enerji kaynaklarından ucuz ve bol olan rüzgar enerjisine yönelilmektedir. Devamlı mevcudiyeti mümkün olmamakla birlikte , hidroelektrik kaynaklara göre yapılan hesaplar rüzgar enerjisinin 15-20 misli daha fazla olduğunu göstermiştir. Ancak, rüzgar kesildiği zaman yerine başka bir enerji kaynağı ikame etmek zorunluluğu vardır.

Avrupa Topluluğu içerisinde, İspanya, Danimarka, Hollanda ve Almanya rüzgar enerjisinden elektrik üretimi alanında yararlanmaktadır. Dünyada rüzgar enerjisinden istifade oldukça artmış ve bu enerjinin 1989 yılı itibarı ile işletme maliyeti kwh başına 5 cente kadar indirilerek çok cazip hale getirilmiştir.

Dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü ve elektrik üretimi yönünden 1990 yılında 1557.0 MW kurulu güç ile en yüksek elektrik üretimi 2500 Gigawat saat ile ABD tarafından gerçekleştirilmiştir.

1.1.2.5. Dalga ve gel-git enerjisi

Denizlerdeki faydalanılabilir, yenilebilir enerji, dalga ve gel-git enerjisidir. Gel-git santrallerinde özellikle, gel-git olayının meydana geldiği koylara barajlar kurulmakta ve gel-git olayı nedeniyle oluşan iki taraflı akıntı, barajdaki çift yönlü çalışan özel su türbinlerini çevirmektedir.

Dalga enerjisinden yararlanmak amacıyla geliştirilen sistemler, kıyılara ve açık denize kurulabilmekte, deniz tabanına yerleştirilmekle birlikte yüzer sistemlerde de olabilmektedir.

Dalga enerjisinden dünyada en çok istifade etmekte olan ülkelerin başında Japonya, İngiltere, ABD ve Norveç gelmektedir.

1.1.2.6 Nükleer enerji

Hızla tüketilmekte olan petrole karşı alternatif olarak gösterilen Nükleer Enerji günümüzde üzerinde en çok konuşulan bir enerji türüdür. 1986 yılında meydana gelen Chernobyl nükleer reaktör kazası dikkatleri yeniden nükleer santrallerin güvenilirliği üzerine yoğunlaştırmıştır. Bu kazadan sonra nükleer endüstri bir duraklaşma devri geçirmiştir.

Bugün nükleer santrallerin Dünya elektrik enerjisi üretimindeki payı oldukça yüksektir. 1992 yılı itibarı ile çeşitli ülkelerde 433 adet nükleer santral faaliyettedir. ABD 113, Fransa 56, Japonya 43, İngiltere 37, Rusya 36, Kanada ve Almanya 20 adet nükleer santral'a sahiptir. Ayrıca, 68 inşa halinde, 62 nükleer santralin yapımı ise planlanmıştır.

1960'lı yılların ortalanndan itibaren sabit bir hızla yükselme gösteren enerji kullanımı 1992'de durgun hale gelmiştir. Söz konusu durum OECD'ye üye olmayan Avrupa ülkelerinin tüketim miktarlarındaki düşüşler nedeniyle meydana gelmiştir.

1992 yılında Nükleer santraller ile Dünya elektrik üretiminin altıda birinden fazlası sağlanmıştır. 1990 yılında 510.8 Milyon TEP olarak gerçekleşen Nükleer Enerji tüketimi 1991 yılında 535.0, Milyon TEP, 1992 yılında 531.9 Milyon TEP olarak gerçekleşmiştir.

Bugün radyoaktif sızıntılar ve atıklar dışında, nükleer enerjinin ortaya koyduğu siyasal ve askeri sorunlar nükleer güce sahip ülkelerle, diğer ülkeler arasında siyasal anlaşmazlıklara yol açmaktadır.

1.1.2.7. Füzyon enerjisi

Bilim ve teknoloji, bugünkü nükleer enerji tekniği yerine, hammadde bakımından daha bağımsız ve radyoaktif kalıntılar veya sızıntılar yaratmayacak yeni bir tekniği geliştirme çabasıdır. Bu çalışmalar ile bugünkü nükleer enerji yerine yakın bir gelecekte, 2000'li yıllara doğru füzyona (birleşmeye) dayanan yeni bir teknolojinin uygulamaya konulması amaçlanmaktadır.

1.2. Türkiye'de Enerji Üretim ve Tüketimi

1950 yılında ülkemizde üretilen enerji miktarı 6.430.000 ton petrole eşdeğer, tüketilen enerji miktarı ise 6.922.000 ton petrole eşdeğer olmuştur. Bu da göstermektedir ki, ülkemiz ihtiyacı olan enerjinin /0.93 ü kendi öz varlıklarımızdan üretilmiştir., ancak buna karşılık üretimimiz aynı miktarda artmadığı için üretimimizin tüketimi karşılama oranı gittikçe azalmıştır.

Bunun sonucunda ülkemizin enerjii ihtiyacını karşılamak için her yıl gittikçe artan miktarlarda enerji ithal etmek zorunda olduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizin mümkün olduğunca bağılıktan kurtulması için enerjinin temin edildiği ülkeler ve enerji kaynağının cinsi çeşitlendirilmelidir.

1992 yılında ülkemizde, toplam 57.066.000 ton enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin kaynak dağılımı aşağıdaki gibidir.

1.2.1 Fosil Kaynaklar

1.2.1.1 Petrol

Ülkemiz önemli petrol kuşaklarının geçtiği bir coğrafi konumda bulunmamaktadır. Yeni keşifler yapılmaması ve bugünkü üretim seviyesinin aynı kaldığı varsayıldığında rezervler yaklaşık on yıl sonra tükenecektir.

Ülkemizin bugün en önemli hammadde ihtiyacının başında petrol ve petrol ürünleri gelmektedir. İthal edilen hampetrol Türkiye'deki rafinerilerde işlendiğinden petrol ürünleri talebi genellikle yurtiçi üretim ile karşılanmaktadır. Bugün kaynak varlığını ve üretimi arttırıcı çalışmalar sürdürülmektedir.

Ham petrol üretimi 1992 yılında 4.3 milyon tona ulaşmış ve ülke petrol tüketiminin % 19'unu karşılar hale gelmiştir. Bu üretimin % 76. 3'ü TPAO, % 23.5'i yabancı petrol şirketlerince, % 0.2'si diğer yerli şirketlerce gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde halen petrol ürünleri Orta Anadolu, Batman, Ataş, İzmit ve İzmirAliğa rafinerilerinde üretilmektedir. Bu rafineri tesislerinin toplam kapasitesi 1993 yılı sonu itibariyle 32 milyon ton/yıldır.

1.2.1.2 LPG

Ülkemizde, doğal gazın olmadığı bölgelerde, doğal gazın sahip olduğu tüm avantajlara sahip bir yakıt olan LPG, konut ısıtma, mutfak, sıcak su ihtiyacını karşılamada oluşturulan merkezi bir gaz temin sistemiyle binanın tüm enerji ihtiyacını sağlamaktadır.

Gaz yağına alternatif olarak kullanılmaya başlanan Likit Petrol Gaz tüketimi 1962 yılında 1750 ton iken, 1972 yılında 15 şirketin faaliyet gösterdiği bir sektör haline gelerek 400.000 ton'a , 1982 yılında ise 840.000 ton'a yükselmiştir. Aynı yıl şirket sayısı 21'e ulaşmıştır. Son on yıllık dönemde ise artış daha da hızlanarak 1992 yılında şirket sayısı 43'e, tüketim miktarı da yaklaşık 1.900.000 ton'a yükselmiştir. 1992 yılında gerçekleşen 21.871.000 tonluk petrol tüketiminin 1.900.000'nu LPG tüketimidir.

1.2.1.3 Taşkömürü ve linyit

Kömür, sanayileşme aşamasında ve petrol kaynakları sınırlı olan ülkemizde kullanımı yaygın bir enerji kaynağımız olmakla birlikte kimya sanayinin de en önemli girdilerinden biridir. Taşkömürü kaynakları Zonguldak ve çevresinde, Ereğli'den Amasra'ya kadar uzanan bir sahil şeridini kapsamaktadır. Taşkömürü üretiminin tamamı Türkiye Taşkömürü Kurumu tarafından yapılmaktadır.

Taşkömürü ülkemizde, demir-çelik sektöründe, sanayide, ısınma sektöründe, elektrik santrallerinde ve ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. 1992 yılında 2.830.000 ton taşkömürü enerji ve demir-çelik sektöründe kullanılmıştır. Aynı yıl üretimin ülke ihtiyacını karşılayamaması nedeniyle ABD, Avustralya, Kanada ve Güney Afrika' dan yaklaşık 6,000.000 ton taşkömürü ithal edilmiştir.

Linyit üretimi, kamu ve özel sektör tarafından yapılmaktadır ve linyit tüketimimizin iç üretimle karşılanabilmesi mümkün olabilmektedir. Bilinen linyit varlığının en önemlileri ise Afşin-Elbistan, Muğla, Soma, Tunçbilek, Seyitömer, Çan, Beypazarı, Bursa, Sivas ve Erzurum havzalarıdır. Görünür 7.3 milyar ton rezervin 3.4 milyar tonunu Afşin-Elbistan linyitleri oluşturmaktadır.

Linyit kömürü, konut sektöründe, termik santrallarda ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. düşük ısı değerli linyitlerin santrallarda, daha kaliteli kömürlerin ise konut ve sanayi sektörlerinde tüketilmesi esas alınmaktadır.

Ayrıca, önümüzdeki yıllarda elektrik enerjisi talebinin artması ve buna bağlı olarak linyite dayalı termik santrallerin devreye girmesi ve mevcut santrallerin kapasite kullanım oranlarının yükseltilmesi ile linyit üretiminde artışlar olacaktır.

Ülkemiz elektrik enerjisi üretiminin % 60'ının termik santrallardan sağlandığı ve üretilen linyitin yaklaşık %70'inin termik santrallarda tüketildiği gözönüne alındığında elektrik enerjisi sektöründe linyitin önemi açıkça görülebilmektedir.

1.2.1.4 Asfaltit

Asfaltit kömürlerimiz Siirt-Şırnak ve Mardin-Silopi havzalarında bulunmakta olup, halen 83 milyon ton rezerv tesbit edilmiştir. 1992 yılında 213 bin ton olarak gerçekleşen üretimin önümüzdeki yıllarda 500 bin tonun üzerine çıkarılması programlanmıştır.

Linyite nazaran ısı değeri daha yüksek olan bu kömürler, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerimizin ısınma gereksinimini karşılamaktadır.

Ülkemizde TKİ Genel Müdürlüğü'ne bağlı Şırnak ve Silopi sahalarında açık ocak yöntemleriyle üretilen asfaltitler teshin ve sanayi sektöründe doğrudan yakılarak kullanılmaktadır. Yöredeki şartların iyileştirilmesi sonucunda, verilen üretim hedeflerinin üstünde üretim yapma imkanlarının mevcut olduğu tesbit edilmiştir.

Kömür türlerinden bitümlü şist daha çok Trakya ve Orta Anadolu bölgelerimizde bulunmaktadır. Isıl değeri düşük olan bu kömürlerin işletme sorunları bulunmaktadır.

1.2.1.5 Odun

Ülke yüzölçümünün % 26'sını kaplayan 20 milyon hektar ormanlık alanımızın % 44'ü orman vasfında olup, yakacak odun üretimi büyük oranda bozuk, normal koru ve bataklıklardan, ayrıca enkaz ve ağaçlandırmadan sağlanan odun üretimlerinden elde edilmektedir. Diğer yakıtlara oranla daha kısa zamanda yanma ve ısı verme özellikleri yanında kolay sağlanması nedeniyle çok kullanılan ev yakıtı durumundadır.

Ormanlarımızın yakacak odun üretim potansiyelinin çok üstünde bir oranı, orman varlığını tehlikeye düşürücü şekilde kaçak kesilerek yakılmaktadır. Böylece, kağıt ve orman ürünleri sanayinin hammadde olan odun., kaçak kesimler sonucu, resmi olarak müsaade edilenin çok üstünde üretilmekte ve tüketilmektedir.

Yakıt sorununun çözümü için dünya ülkelerinde giderek yaygınlaşan ve ülkemizde de uygulama olanağı bulunan kısa sürede büyüyen "Enerji Ormanları"nın üretime katkıda bulunmaya başlayacakları ve ileriki yıllarda kaçak kesimi tamamen ikame edecekleri öngörülmektedir.

1.2.1.6 Doğal Gaz

Doğal gaz ülkemizde ilk kez 1965-1970 yılları arasında Trakya Bölgesindeki bazı sanayi kuruluşları tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de doğal gazın aranması, bulunması ve kullanıma sunulması için yaklaşık 25 yıldır yoğun bir çaba gösterilmektedir.

Yapılan ilk araştırmalar sonucunda Kuzeybatı Anadolu Bölgesi potansiyeli yönünden elverişli görülerek Bağımsız Devletler Topluluğu'ndan (eski SSCB) gelen hattın Bulgaristan sınırından., Türkiye'ye girerek Hamidabat. Ambarlı, İzmit, Bursa, Eskişehir güzergahını takip ederek Ankara'ya ulaşması uygun bulunmuştur.

Doğal gaz kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalar sonucunda pazar potansiyelinin yüksek olduğu üç bölge tesbit edilmiştir.. Bunlar Bursa'dan başlayıp, Balıkesir ve Manisa

güzergahını izleyerek İzmir'e ulaşacak olan Ege Doğal Gaz iletim Hattı, Ankara'dan başlayarak; Kırıkkale, Kırşehir; Seydişehir, Konya, Aksaray, Nevşehir, Avanos, Kayseri, Mersin, Adana. Ceyhan üzerinden İskenderun'a uzatılacak Güney Doğal Gaz İletim Hattı, İzmit-Pazarcık'tan Karadeniz Ereğli'sine ulaşacak olan Karadeniz Doğal Gaz İletim Hattı güzergahlarıdır.

Doğal gaz, ülkemizde kent içi ısıtma sektöründe ilk kez 1988 yılında Ankara'da kullanılmaya başlanılmıştır.

1.2.1.7 Biomas

Ülkemiz biogaz potansiyeli (ortalama toprak sıcaklığında) petrol eşdeğeri olarak 5.020.000 tondur. Diğer taraftan hayvan gübrelere biogaz tesislerinde değerlendirilmesi sonucu elde edilecek bio gübre kimyevi gübre karşılığı toplam 2.792.000 ton/yıl'a ulaşmaktadır. Bunun elektrik enerjisi cinsinden değeri ise yaklaşık olarak yılda 24.5 milyon kilowatt saattir.

Tarım girdisi olan hayvan gübresinin yakılarak yok edilmesi yerine biogaz tesislerinde gaz üretiminde değerlendirilmesi ve kalan zengin atık maddenin tekrar toprağa gübre olarak verilmesi, dünya ülkelerinde giderek yaygınlaşmaktadır. Oysa ülkemizde biogaz üretimi ile ilgili çaptaki çalışmalar sürdürülmektedir.

Tezek ve bitki artıkları üretim-tüketim gelişimi incelenerek hayvan gübresinin yakacak olarak tüketiminin, halkın ekonomik ve sosyal yaşam düzeylerindeki gelişme ile düşeceği öngörülmektedir.

1.2.2. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarımız

1.2.2.1. Hidrolik enerji

Hidrolik potansiyelimizin 13974 milyar kWh/yıl olarak tespit edilen dünya hidrolik potansiyelinin içindeki payı yaklaşık %2'dir. Hidrolik potansiyelimiz 433 milyar kWh/yıl, teknik yönden değerlendirilebilecek su potansiyeli ise 216 milyar kWh/yıl olarak belirlenmiştir.

Son yapılan çalışmalara göre Türkiye'nin yararlanılabilir, ekonomik hidrolik potansiyeli 122 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Halen bu potansiyelin beşte birinden yararlanılmaktadır.

Ülkemizde hidrolik santrallerin yapımları devam etmektedir. Ancak, büyük hidrolik santrallerimizin hemen hemen hepsi yapılmış veya yapım aşamasındadır. Bundan sonrakiler daha küçük çapta olanlardır.

Hidrolik santraller, potansiyel su kaynakları gözönüne alındığında, ihtiyacı sınırlı olarak karşılayabilmektedir. Öyleki Türkiye'deki bütün su kaynakları kullanıldığında toplam enerji ihtiyacının ancak %35'i karşılanabilecektir.

Hidrolik enerji üretim ve güç hedefleri, halen Yap-İşlet-Devret ve özel sektör tarafından ele alınan santrallerle birlikte, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün inşaat programları ve fizibilite çalışmaları ile TEK Genel Müdürlüğü'nün orta ve uzun dönemli programlarında yer alan santraller dikkate alınarak TEK Genel Müdürlüğü'nce tespit edilmiştir.

1.2.2.2 Jeotermal enerji

Türkiye'de Jeotermal Enerji ile merkezi olarak ısıtma imkanı bulunan yerler; Afyon (Bolvadin, Sandıklı, Güre, Ömer-Gecek, Hisaralan) Kütahya, (Simav, Gediz, Yenice, Emet), İzmir Balçova, Seferihisar, Bademli, Dikili) Nevşehir (Kozaklı), Samsun (Havza), Yozgat (Sorgun) Çanakkale (Yenice), Sakarya (Akyazı), Sivas, Erzurum, İstanbul (Tuzla), Balıkesir, Manisa (Turgutlu, Saitli), Denizli (Buldan, Sarayköy), Isparta (Havran), Balıkesir (Susurluk, Sarayköy, Sakarya, Pamukçu, Sındırgı, Balya, Edremit), Erzurum (Ilica, Pasinler), Bolu (Seben), Ankara (Kızılcahamam). Tokat (Reşadiye), Kırşehir, Bursa, Aydın (Germencik, Karacasu, Salvatlı, Nazilli) Konya (İlgın), Çanakkale (Bigadiç), Van (Erciş)'dir.

Türkiye sahip olduğu enerji (ısıtma amaçlı potansiyeli ile, dünyaya ilk 7 ülke arasına girmektedir. 600-1200 adet arasında değişen jeotermal kaynağımız vardır. Batı Anadolu'da bulunan yüksek sıcaklıklı kaynaklar, jeotermal enerji potansiyelimizin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

Elektrik enerjisine dönüştürülerek gerek konutlarda, gerekse endüstride değerlendirilmesi, seraların ısıtılması, binalarda sıcak su ihtiyacının karşılanması ve binaların ısıtılması, soğutucu tesislerde, kaplıca, yüzme havuzu ve turistik tesislerde kullanılması ülkemiz için düşünülen jeotermal enerji kullanma alanlarıdır.

Ülkemizde ilk jeotermal santral Denizli-Kızıldere sahasında 1984 yılında üretime başlamıştır. Şu anda Türkiye'de Gönen (Balıkesir) ve Simav (Kütahya)'dan başka merkezi şehir ısıtma sistemi bulunmamaktadır. Jeotermal enerji ile ısınmanın maliyeti kömürle ısınmanın 1/6'ine, doğal gazın 1/8-10'üne mal olmaktadır. Jeotermal enerjiden yararlanılmasında konut başına yatırım maliyetinin yaklaşık 4 milyon (1992 yılı ortalamalarına göre) civarında olduğu tespit edilmiştir.

1.2.2.3. Güneş enerjisi

Ülkemiz, 36-42 derece kuzey enlemleri arasında bulunduğu için güneş enerjisi potansiyeli açısından diğer bir çok ülkeye göre şanslı durumdadır. Bugün, Ege ve Güney Anadolu Bölgelerimizde güneş kolektörleri ile sıcak su üretimi yapılmaktadır.

Güneş enerjisi, taşınım gibi sorunlarının olmaması, çevre kirlenmesine yol açmaması gibi nedenlerle üstünlük taşımaktadır. Güneş enerjisinin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Fakat toplam enerji tüketimimiz gözönüne alındığında, güneş enerjisinin toplam tüketimize katkısının son derece düşük olduğu görülür.

Ülkemizde güneş kolektörleri ile sıcak su üretimi ticari hayata girmiş durumdadır. Bu yönü ile de güneş enerjisi, enerji ihtiyacının karşılanmasına katkı sağlamaya başlamıştır.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi konusunda sürdürülen çalışmalar sonucunda doğal güneş enerjisi potansiyelimiz 87.5 milyar TEP olarak tespit edilmiştir. Isı üretimine elverişli teknik güneş potansiyeli 26.4 milyon TEP, elektrik üretimine elverişli teknik potansiyeli 8.8 milyon TEP olarak belirlenmiştir.

EİE'nce başlatılan projeler kapsamında, 2 watt gücünde bir güneş pili modülü imal edilmiş, 1600 watt gücünde bir güneş pili sistemi kurulmuş, sokak aydınlatılmasında ve küçük ölçekli zirai sulama ile ilgili demonstrasyon projeleri gerçekleştirilmiştir.

Enerji üretimi amacına yönelik olarak yürütülen fizibilite çalışmalarına baz teşkil etmek üzere güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgelere bilgisayar destekli güneş enerjisi istasyonları tesis edilmeye başlanmıştır.

1.2.2.4 Rüzgar enerjisi

Rüzgar enerjisinden ülkemizde istifade hemen hemen hiç yoktur. Marmara, Ege ve Güney Doğu Anadolu bölgelerimizin rüzgar enerjisi potansiyeli açısından ümit verici olduğu, en yüksek potansiyele ise Bozcaada, Bandırma ve Antakya'nın sahip olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizin doğal potansiyelinin 400 milyar kwh/yıl, teknik olarak kullanılabilir potansiyelin ise 120 milyar kwh olduğu tahmin edilmektedir. Ancak kullanım açısından bugünkü hesaplarda güvenilir ve kullanılabilir potansiyel 12.4 milyar kwh/yıl düzeyindedir.

Ülkemizde rüzgardan enerji üretimine yönelik potansiyel belirlenmesi amacıyla, rüzgar potansiyeli açısından elverişli olabileceği beklenen çeşitli yörelerde de, bilgisayar destekli rüzgar enerjisi gözlem istasyonları tesis edilerek işletilmektedir.

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi konusunda Ankara ve Çeşme'de (İzmir) olmak üzere iki sistem mevcuttur.

Batı Avrupa ve ABD gibi gelişmiş ülkelerce, rüzgar enerjisi teknolojileri konusunda sürdürülen araştırma ve uygulama çalışmaları paralelinde, ülkemizde de bu konularda başta EİE İdaresi olmak üzere, TÜBİTAK-MARMARA Araştırma Enstitüsü ve bazı Üniversitelerimizde (ODTÜ, İTÜ ve Çukurova Ün.) çalışmalar sürdürülmektedir.

Rüzgar enerji potansiyelinin enerji üretimi amacına yönelik olarak belirlenmesi gerekmektedir.

1.2.2.5 Dalga ve gel-git enerjisi

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz, dalga enerjisi yönünden önemli potansiyele sahiptir. Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yapılan ölçümler sonucunda toplam 28 Gigawatt saatlik brüt dalga enerjisi potansiyeli olduğu hesaplanmıştır.

Okyanuslara kıyısı olmayan ülkemiz için, gel-git enerjisi sözkonusu değildir ve ülkemizin denizlerinde Gel-git olayı çok az ve yavaştır. Onun için bu yolla enerji elde edilmesi pek mümkün görülmemektedir.

1.2.2.6 Nükleer enerji

Türkiye'de nükleer enerji ile ilgili ilk gelişme, 1956 yılında Başbakanlığa bağlı Atom Enerjisi Komisyonunun kurulması ile olmuştur. Elektrik üretimi amacıyla dönük olarak kurulması düşünülen ilk nükleer santralla ilgili fizibilite etüdü 1967-1970 yıllarında yapılmıştır. 1977 yılında işletilmesi öngörülen nükleer santralla ilgili çalışmalar 1970-1971 yıllarındaki ekonomik ve politik nedenlerden dolayı sonuçsuz kalmıştır.

1970 yılında TEK'nun, 1971 yılında TEK'na bağlı nükleer Santrallar Daire Başkanlığının kurulmasından sonra yapılan çalışmalar "Santral Yeri"nin belirlenmesi ve "İhale" aşaması olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Daha önce yapılan fizibilite ve santralin kuruluş yeriyle ilgili çalışmalar revize edilerek 1976 yılında Silifke'nin 45 km. batısındaki Akkuyu mevki için Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'ndan 'Yer Lisansı' alınmıştır. Santral için yardımcı tesisleri, sosyal tesisleri ve koruma alanını kapsayacak şekilde toplam 8.5 km²'lik alan kamulaştırılmıştır.

Türkiye'nin sahip olduğu uranyum ve özellikle ilerde kullanabileceği zengin toryum kaynakları da düşünülecek olursa nükleer santrallann fosil kaynaklı santrallara göre daha güvenli, çevre sorununun en az ve daha ekonomik olduğu ortaya çıkmaktadır.

Nükleer santralların bugün dünya elektrik enerjisi üretimindeki payı gittikçe artmaktadır. Türkiye'nin elektrik üretiminin % 10-11'ini tek başına karşılayacak olan Silifke-Akkuyu ilk Nükleer Santrali'nin kurulması için TEK tarafından çalışmalar hızlandırılmıştır.. 1994 yılı içinde açılacak reaktör ihalesi, anahtar teslimi esasına göre ve % 100 kredili yapılacaktır. TEK tarafından, ilk tesis masrafının yüksek olmasına rağmen, üretim aşamasında diğer santrallara göre maliyet avantajı taşıyan nükleer santralin çevre etkileri gözönünde bulundurularak kurulacağı belirtilmiştir. Böylece, proje inşaatına başlandıktan 7-8 yıl sonra tamamlanacak ve 2002 yılında santral üretime geçebilecektir.

2. YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ POLİTİKALARINDAKİ YERİ.

Özellikle çevre kirliliği ile ilgili problemler arttıkça yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve bunlarla ilgili projeler de destek görmeye başlamıştır. Tahminlere göre 2025 yılına kadar dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %10-15 kadarlık bir bölümü yenilenebilir/alternatif enerji kaynaklarından karşılanacaktır. Halahazırda, bir çok gelişmiş ülke bu konuda önemli adımlar atmış, kaynakları gittikçe tükenen konvansiyonel enerji kullanımını azaltırken rüzgar ve fotovoltaj güneş enerjisi kullanımını artırmıştır. Bir enerji darboğazına girmekte olduğumuzun sürekli olarak gündeme geldiği bu günlerde Türkiye'de yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarından olan rüzgar ve güneş enerjisinin kullanımı ne durumdadır? Ne tür çalışmalar ve projeler yürütülmektedir? Türkiye rüzgar ve fotovoltaj güneş enerjisi kullanımına uygun mudur, yeterli potansiyele sahip midir? Diğer ülkelerde kullanımı ne durumdadır? Yayınlanmış istatistiklerden ve teknik makalelerden yola çıkarak yapılan bir araştırmanın sonuçları burada verilerek tartışılmaktadır.

Petrol fiyatlarının yükselmesi, kaynaklarının sınırlı olması ve çevre problemleri nedeniyle, petrol ve kömüre dayalı klasik yöntemlerle elektrik enerjisi üretimine alternatif olarak yenilenebilir kaynakların kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, su gücü, biyolojik yakıt enerjisi, deniz dalgalarının gücü, geotermik enerji ve benzeri biçimlerde karşımıza çıkar. Ancak yıllarca süren çalışmalar göstermiştir ki, bunlar arasından rüzgar ve güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi daha pratik ve kolaydır

Petrol ve doğal gazın yanısıra, kömür ve nükleer enerji de dünyanın enerji ihtiyacını daha uzun bir süre karşılayabilir . Ancak, hem kömür hem de nükleer enerji ciddi çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Kömür büyük ölçüde madencilik işlemi gerektirdiği gibi, geride kalan alanların başka amaçla kullanımı da güçtür. Ayrıca kömürün yanmasıyla Karbon Dioksit ve Sülfür Dioksit gibi gazlar oluşarak çevre kirliliğine yol açarlar. Nükleer enerjide temel problem ise, artıkların yok edilmesidir. Nükleer artıklar kolayca doğaya karışmamakta ve etkilerini uzun yıllar sonra bile göstermektedirler. Teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde bol miktarda kullanılan bu enerji türüne alternatif olarak rüzgar ve güneş enerjisini kullanma yolları araştırılmaktadır. Ancak stratejik önem taşıdığı için nükleer enerji önemini sürdürmektedir ve daha uzun yıllar da sürdürecektir.

Dünya genelinde, konvansiyonel kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin yarattığı çevre sorunları üzerinde artan hassasiyet, bu sorunların en aza indirilmesi için uygulanan teknolojilerin getirdiği maliyetler ve kullanılan kaynakların yenilenemez oluşu; çevre dostu sıfır yakıt maliyetli yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimini hızlandırmıştır. Bu bağlamda dünyadaki gelişmelerin ülkemize de yansıtılması gereğinden hareketle ; dünyada ve Türkiye'de , Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla ilgili durumun irdelenmesinden sonra, Türkiye Elektrik Kurumu'nun, VII.Beş Yıllık Kalkınma Planı için kaynak bazında belirlediği hedefler ve bu hedeflerin, Türkiye Orta ve Uzun Dönem Üretim-Tüketim İncelemelerine entegrasyonu ile ilgili görüşlerine bu bölümde yer verilmiştir.

Bir çok Kuzey ülkesi ile bazı Güney ülkeleri, orta dönem ve uzun dönem elektrik enerjisi üretimi hedeflerinde Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına(YYEK) doğrudan yada dolaylı olarak yer vermiş bulunmaktadır. En genelde, dünyanın konuya bakışını özetlemek gerekirse bir Kuzey ülkesi olarak İngiltere'yi, bir Güney ülkesi olarak da Ürdün Krallığını örnek verebiliriz. İngiltere'de, 2025 yılına kadar kurulu gücün %20'sinin YYEK'lerden elde edilmesi, 2050 yılına kadar ise, bu oranın en az %50'ye yükseltilmesi düşünülmektedir. İngiltere'de 1991 yılı için elektrik enerjisi üretimine yönelik önerilen YYEK kapasitesi 150-200 MW'tır.

Bu kapasite:

- 25-50 MW'lık rüzgar enerjisi
- 5-10 MW'lık küçük/mini/mikro-su enerjisi,
- 30-60 MW'lık "Landfill" gaz enerjisi,
- 50-100 MW'lık katı atık (çöp) enerjisi,
- 15-30 MW'lık kanalizasyon gazı ve diğer bazı özel çöplerden elde edilecek elektrik enerjisini içermektedir.

Elektrik enerjisi üretiminde, güneş ve rüzgardan az miktarda yararlanan Ürdün Krallığı'nda ise; 5 MW'lık rüzgar turbo-generatörü (rtg), 30 MW'lık güneş santrali projeleri planlanmıştır.

Bilindiği üzere rüzgar, güneş, biyokütle (kırsal, kentsel atıklar-biyogaz), jeotermal ve küçük/ mini/mikro-su enerji kaynaklarının yanı sıra, dalga, gelgit, okyanus enerjisi, hidrojen enerjisi ve diğerleri YYEK kapsamında yer almaktadır. Ancak, Türkiye'nin üzerinde bulunduğu kuşakta yer alan enerji kaynakları ile, her bir kaynak bazında birim maliyet yönünden gelinen nokta dikkate alınarak bildiride sadece, rüzgar, güneş, biyokütle, jeotermal ve küçük/mini/ mikro-su uygulama örneklerine yer verilmiştir.

2.1 Dünya ve Türkiye'de durum

Kaynak	Kurulu Gücü (MW)	%si
Taşkömürü	352.6	3.2
Linyit	5861.2	53.32
Fuel-oil	1532.7	13.94
Motorin	393.5	3.579
Jeotermal	15.0	0.136
Doğal gaz	2823.9	25.688
Diğer	13.8	0.125
Toplam	10.992.7	100.0

Tablo 2.1. 1994 yılı sonu itibari ile Türkiye'deki termik santrallerde üretilen elektrik gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı

Tablo 1'deki istatistik bilgilerine göre yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemiz kurulu gücüne hiçbir katkısı yoktur. Bu kaynakların elektrik üretiminde kullanımına, yönelik çalışmalar henüz sadece Türkiye Elektrik İşleri Etüt (EİE) İdaresi, Genel Müdürlüğü ve

bazı üniversitelerde kişisel gayretlerle sürdürülen küçük projeler seviyesindedir. EİE idaresi, 1990 yılında bir proje başlatarak ülkemizin rüzgar enerjisi potansiyelini tespit etmek için bazı merkezlere gözlem istasyonları kurmuştur. Dünyadaki uygulamalarına bakıldığında, ABD, Danimarka, Hollanda, Almanya, Hindistan, Çin ve Kanada başta olmak üzere yaklaşık 3000 MW'lık bir gücün rüzgar türbinlerinden elektrik şebekesine aktarıldığı görülür. Dünyadaki toplam üretim ise 4250 GW düzeylerine ulaşmıştır.

Özellikle çevre kirliliği ile ilgili problemler arttıkça yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve bunlarla ilgili projeler de destek görmeye başlamıştır. Tahminlere göre 2025 yılına kadar üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %10-15 kadarlık bir bölümü yenilenebilir/alternatif enerji kaynaklarından karşılanacaktır.

2.1.1 Rüzgar enerjisi

Rüzgar enerjisinin kullanımına bir göz atıldığında, yüzyıllar boyunca kullanılan bir enerji türü olduğu görülür. Örneğin, yel değirmenlerinin milini döndürmede, yelkenli gemilerin yözdürülmelerinde, su pompalama sistemlerinde kullanılmıştır. Günümüzde ise, klasik enerji kaynaklarına bir alternatif olarak, elektrik enerjisi üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, rüzgar enerjisi, kararsız yapısı nedeniyle, klasik enerji kaynaklarına ek bir kaynak olarak kullanılmaktadır.

Çalışmalar, ülkelerin mevcut sistemlerinde hiç bir değişiklik yapılmaksızın toplam elektrik üretimlerinin %15' ini rüzgar enerjisinden elde edebileceklerini göstermektedir

Ekim 1990 tarihi itibarıyla dünyada rtg alanında hizmet veren firma sayısı 50 civarındadır. Ünite gücü 3000 kW a kadar rtg' ler üzerinde ar-ge çalışmaları sürdürülmektedir. Ticari işletmedeki rtg gücü ise, 50kW-750kW arasında değişmektedir. Diğer taraftan, 1981' de 25 cent/ kWh olan rtg birim işletme maliyeti, 1989' da 5 cent/kWh' a kadar düşürülmüş bulunmaktadır.

Dünyanın en büyük rüzgar çiftliğine sahip Kaliforniya da (ABD), 225 kW ' lık 15114 adet rtg ile elde edilen 1398 MW'lık güce, haziran 1991 yılı itibarıyla 1175 adet rtg ile 190 MW ilave edilmiş bulunmaktadır

Avrupa Topluluğu Ülkelerinde yüzyılın sonunda 4800MW'lık rtg gücüne ulaşılması hedeflenmektedir. Bu ülkelerden yakın komşumuz Yunanistan'da, 2000 yılına kadar, 100 MW lık kısmı devlet sektörünce, geri kalanı özel sektörce karşılanmak üzere, 400 MW' lık bir rtg gücü olasılığı değerlendirilmiş, 2000 yılı hedefi 150 MW olarak planlanmıştır. 1992 hedefi ise, 5 adada toplam 13 MW' tır.

Halihazırda, Danimarka elektrik ihtiyacının %5'ini kıyı rüzgarlarından sağlamaktadır. İsveç, nükleer santrallerden elektrik üretimini aşamalı olarak devre dışı bırakıp yerine rüzgar, güneş ve diğer alternatif enerji kaynaklarını kullanmayı planlamaktadır. Üretim aşamasındaki teknolojik gelişmelerin de yardımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin maliyeti gün geçtikçe düşmekte , bu da yenilenebilir enerji kaynaklarını daha cazip hale getirmektedir. ABD, Danimarka ve İsveç'de kullanıcılara satılmak üzere rüzgar türbinlerinden üretilen elektrik enerjisinin fiyatı \$1000/kW'lık bir kuruluş masrafı ile \$0.04-0.06/kWh civarındadır.

Türkiye'de ise, 1990 yılı itibariyle elektrik enerjisi eldesi amaçlı rüzgar potansiyeli belirleme çalışmalarına olanaklar oranında hız verilmiş, örneğin Elektrik İşleri Etüd Idaresi Genel Müdürlüğünde(EİEİ) Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları kurulmaya başlanmıştır.

Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üreten sistemler bu yüzyılın başlarında tesis edilmeye başlanmış ve 1910 yılına kadar 5 ile 25 kW'lık güçler üretebilen tesisler hizmete konmuştur. Günümüzde çok daha yüksek güçlerde elektrik enerjisi üreten rüzgar santralleri tesis edilmiştir. Özellikle 1970'li yılların ilk yarısında dünyayı etkileyen enerji krizi sonrasında alternatif enerji kullanımı ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Güneş enerjisinin yanı sıra, rüzgar enerjisi de bu çalışmalardan payını alınış ve kullanımı hızla artmıştır. Türkiye'de kurulmamasına rağmen, dünyada bir çok ülke, rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi elde edip kullanmaya başlamış bulunmaktadır. ABD, Danimarka, Hollanda, Almanya, Kanada, Hindistan ve Çin başta olmak üzere diğer birçok ülkede rüzgar santralleri tesis edilmiş, yaklaşık 3000 MW şebeke bağlantılı kurulu güç olmak üzere, toplam üretim yaklaşık 4250 GWh düzeyine ulaşmıştır. 2020 yılında bu üretimin yaklaşık 900 TWh/yıl düzeyini bulacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'deki çalışmalar ise ülkenin rüzgar enerjisi potansiyelini ölçme çalışmalarının yapıldığı bir aşamadır. 1994 yılı verilerine göre EİE idaresi bu amaçla 10 adet gözlem istasyonu kurmuştur. Bazı ülkelerin tahmini rüzgar enerjisi potansiyeli ve hedefleri Tablo 2.2'de verilmektedir.

Ülke	Tahmini Kaynak	Hedef	1992 yılı itibariyle Şebekeye bağlı elektrik üretimi (kWh)
Çin	1600 GW	2000 yılında 100-200 MW	21 milyon
Danimarka	-	1995 yılında 4 TWh/Yıl	900 milyon
Mısır	-	2000 yılında 1250 MW	-
Finlandiya	11-16 TWh/Yıl	2000 yılında 20-25 MWe	-
Almanya	2670 MW ek potansiyel	1995 yılında 250 MW	275 milyon
Amerika	2500 GW	2000 yılında 4000-6000 MW	2734 milyon
İsrail	1000 MW	2000 yılında 200 MW	-
Hollanda	-	2000 yılında 1000 MW	150 milyon

Tablo 2.2. Bazı ülkelerin tahmini rüzgar enerjisi potansiyelleri ve hedefleri.

Tablo 2.3'den de anlaşılacağı gibi, enerji ihtiyacını gidermek için çözüm arayan ülkeler, rüzgar enerjisini kullanmak için gerekli adımlarını atmış, hatta gelecekteki potansiyellerini belirlemek amacıyla da çalışmalar yapmaktadırlar. Dikkat edilirse, rüzgar enerjisini kullanan ve Tablo 4'de sıralanan ülkeler, aynı zamanda güneş enerjisini de kullanan ülkelerdir. Bu ülkelerin bir başka ortak özellikleri daha vardır. Bu da hemen hepsinin teknolojik olarak gelişmiş olmalarıdır. Görüldüğü gibi rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik gücü bu ülkelerin enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir yere sahiptir.

Türkiye Rüzgar Atlası çalışmaları ve konuyla ilgili genel amaçlı Ar-Ge çalışmaları, halen Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü(DMI), EİEİ, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Merkezi (TUBİTAK

MAM), TUBİTAK Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara Elektronik Araştırma Geliştirme Enstitüsü (ODTÜ AEAGE), diğer bazı üniversiteler ve ilgili kuruluşlarca sürdürülmektedir.

Rüzgar Enerjisinde İlk On			
Ülkeler	Yıllık kapasiteleri		
	(kW)		
Aralık	90	95	96
ABD	1557	1591	1590
Almanya	47	1136	1545
Danimarka	412	619	857
Hindistan	6	565	857
Hollanda	45	236	299
İngiltere	9	200	270
İspanya	8	145	249
İsveç	8	67	105
Çin	5	44	79
Yunanistan	-	28	29

Tablo 2.3: Rüzgar enerjisinde ilk on Rüzgar Enerjisinin Avantajları

- Konvansiyonel anlamda hammaddeye gereksinim duyulmuyor.
- Diğer enerji kaynaklarının fiyatı sürekli artarken, rüzgar enerjisiyle elektrik üretmenin maliyetinin 20 yıl sonra için bile ne kadar olacağı şimdiden hesap edilebiliyor.
- Stratejik anlamda dışa bağımlılığı azaltıyor.
- Yerli sanayii teşvik ediyor.
- Çevreye zarar vermiyor.
- Çok hızlı bir şekilde kurulabiliyor. (Nükleer santral ortalama 7 yılda, hidroelektrik santrali 4-5 yılda, doğalgaz santrali 1.5 yılda ve rüzgar santrali ise 4.5 ayda kuruluyor.)

Rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştürme teknolojisi, dünya üzerinde çok eski zamanlardan beri prototipi olan yel değirmenleri vasıtası ile tahıl öğütülmesi, su taşınması ve ufak çapta elektrik üretilmesi gibi amaçlarla kullanılıyor.

Ancak son 4-5 yıldır bu teknoloji, dünya üzerinde büyük bir gelişme gösterdi. Son 2-3 yıldır bu sistemle kurulan rüzgar çiftliklerinin sayısının sürekli arttığı gözleniyor. Halen dünya üzerinde 7.500 MW gücünde üretim yapan rüzgar çiftlikleri kurulmuş bulunuyor. Türkiye'de ise Sinop, Bozcaada, Çanakkale, Marmaris, İzmir, Bodrum, Datça ve Fethiye gibi bölgeler, rüzgar enerjisi üretimine uygun yöreler.

1990 yılında 50 MW gücünde olan Almanya'daki rüzgar enerji santralleri, şu anda 2000 MW'ın üzerine çıkmış durumda. Danimarka'da ise toplam enerji ihtiyacının % 7'sinden fazlası rüzgar enerjisi santrallerinden sağlıyor.

Dünyanın rüzgar enerjisiyle üretim yapan bugünkü kurulu güç kapasitesi, 7000 MW'ı aşmış durumda. Bu kapasitenin 1.000 MW'ı 1980-1985 yılları arasında ABD'de kurulmasına karşılık, o yıllarda büyük bir duraklama geçiren petrol firmalarının lobileri

sayesinde Amerika'da rüzgar enerjisi santralleri son 13 yılda pek fazla gelişme gösteremedi. Bunun dışında Almanya, Danimarka, Hindistan ve İspanya'da büyük bir gelişme kaydetti,

Rüzgar enerjisi santrali kurarken özetle ortalama datalara dikkat edilmesi gerekiyor. Değerlendirmelerin hassasiyetle ve sağlıklı yapılması gerekmektedir.. "Aritmatiksel olarak ortalaması günlük 5.5 m/s olan iki yer arasında büyük fark olabiliyor. Örneğin 12 saat 1 m/s, 12 saat 10 m/s esen data ile 24 saat 5.5 m/s esen data arasında 6 misli enerji farkı olabilmekte.

Ayrıca 15 m/s üzerinde esen ve ortalamayı yükselten rüzgar değerinin enerji dönüşümüne hiçbir etkisi olmamaktadır. Kapasite kullanım oranına dikkat edilmelidir. Yeni yatırımcıların yaptığı en büyük hata, kapasite kullanım oranını dikkate almamak oluyor. Her bölgeye ve rüzgar rejimine uygun türbin ve pervane seçmek gerekiyor. Yanlış değerlendirmeler, ölü türbinler yaratabiliyor.

2.1.2 Güneş enerjisi

Belirli bir biçime ve kristal bir yapıya sahip olmayan %18-22 gibi yüksek verimli ince film teknolojisi ile üretilen fotovoltaik (FV) güneş pilleri de fiyat bakımından verimli elektrik enerjisi sağlayabilirler. 1980'den 1995 yılına kadar, FV pillerin ürettiği tepe güç (Watt peak-WP) fiyatı ABD doları bazında \$ 10/WP'den \$ 1-2/WP değerine düşmüştür. Bu fiyatın 2000 yılına kadar \$0.1-0.2/WP değerine düşmesi beklenmektedir. Malzeme bilimi ve Galyum Arsenid birleşiminde uygulanan teknolojik gelişmeler 1 kW'lık bir FV panelin kuruluş maliyetinin \$800-1000 civarında olacağı umudunu vermektedir. Bu miktar fuel oil, kömür vb. yakıtlarla klasik olarak elde edilen elektrik ile rekabet edebilecek değerdedir. Bu kıyaslamalar FV güneş pillerinin kullanılmasıyla elde edilecek elektrik enerjisinin yakın bir gelecekte daha da önemli hale geleceğine işaret eder. Rüzgar türbini ve FV güneş pili panellerinden oluşacak birleşik bir güç istasyonu ulusal elektrik şebekesine önemli bir destek olabilir.

Güneş Santralı yoluyla elektrik enerjisi eldesinde dünyadaki en büyük örnek yine Kaliforniya'dadır (ABD). Tamamı 6 ünite ile 680MW'lık güce sahip olacak olan santralin birim işletme maliyetinin 5 yıllık bir sürede %66 civarında düşürüldüğü ve 8 cent/kWh'a ulaştığı belirtilmektedir.

Güneş ışınlarının doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesi esasına dayanılarak üretilen güneş pillerine (fotovoltaikler) ilişkin pazar, dünya çapında, her yıl ortalama %20 oranında büyümektedir. Kırsal kesimde bu oran %35 'lere ulaşmaktadır. 1980-1990 yılları arasında katlanarak 45 MW'ı bulan dünya güneş pili talebinin, 2000'lere doğru birkaç yüz megawata ulaşacağı tahmin edilmektedir. Birkaç wattan, 100 kW'ın da üzerinde güçlere kadar üretimi yapılan güneş pillerinin birim maliyeti 1980-1990 arasında 25\$/W tan 4-5\$/W 'a indirilmiş bulunmaktadır. Söz konusu rakamın 1974'te 50\$/W olduğu dikkate alınacak olursa, dünyada güneş pilleri üzerine yapılan çalışmaların ne denli hızlı yürütüldüğü görülecektir

Pakistan, 1 MW'lık kapasite ile başlayarak, dış pazar gereksinimine göre kapasitesi tedrici olarak artırılacak olan bir güneş pili tesisi planlamış bulunmaktadır. Almanya da ise, sadece Siemens firması, bu alanda 1995'e kadar 20MW'lık bir kapasiteyi hedeflemektedir.

Güneş pilleri, özellikle şebekeden uzak tüketicilerin elektrik enerjisi gereksinimlerini karşılamak üzere, şimdilik küçük güçlerde üretim yapan sistemlerdir.

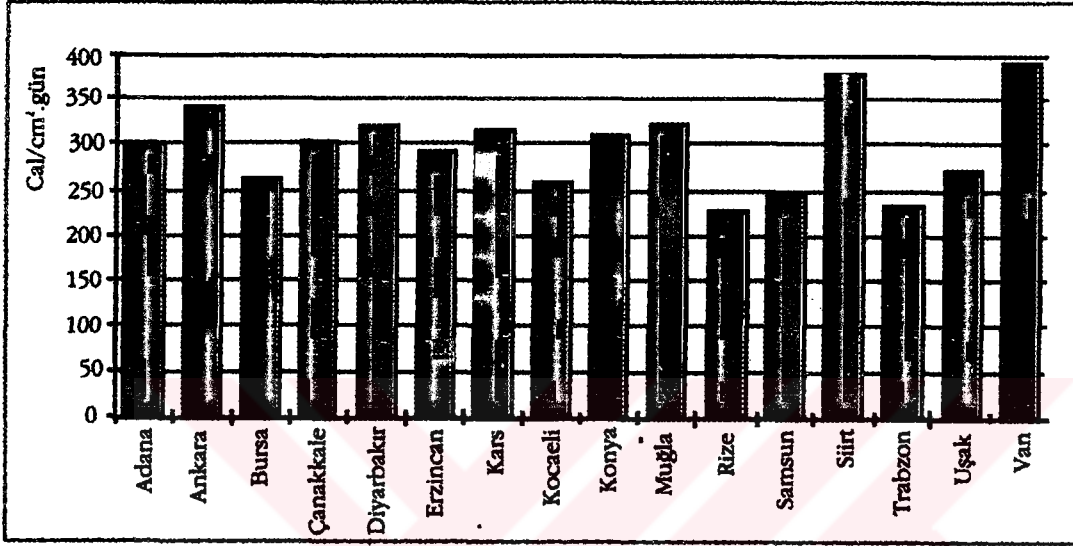
Brezilya, Marshal Adalan, Meksika, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, İsrail ve diğer bazı ülkelerde uygulama örnekleri bulunan güneş pilleri üzerine Türkiye'de de çalışmalar başlatılmıştır. Bu amaçla TÜBİTAK MAM'da Amorf Silisyum güneş pillerinin yapıyla ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. Diğer taraftan, noktasal güneşlenme süresi ve güneş ışınlarını toplama enerjisi gibi değerlerin saptanması amacıyla, EİEİ ve DMİ tarafından potansiyel belirleme çalışmaları devam edilmektedir. Çeşitli üniversite ve Ar-Ge kuruluşlarında yürütülen güneş pili uygulamalarına, TÜBİTAK ODTÜ AEAGE tarafından tesis edilen otopark aydınlatması (ANKARA) ve Dokuzoluk Mevkii, Esenbel Tiftik Keçisi Ağılı (ESKİŞEHİR) aydınlatması örnek gösterilebilir. Konuyla ilgili potansiyel belirleme ve Ar-Ge çalışmaları EİEİ, DMİ, TÜBİTAK MAM, TÜBİTAK ODTÜ AEAGE, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü (EÜGEE) ve diğer bazı üniversiteler ve ilgili kuruluşlarca sürdürülmektedir.

EİE İdaresi Genel Müdürlüğü'nce gerçekleştirilen bir kaç küçük proje ile FV pil panellerinden elektrik enerjisi üretimi incelenmiş ve 1983 yılında EİE ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ortaklaşa metal-yalıtıkcanyarıiletken türü 2 WP gücünde bir güneş pili panelini yerli imkanlarla üretmişlerdir . 1985 yılında ise yaklaşık 1.2 kW'lık bir FV pil sistemi EİE tesislerinde kurulmuş, ayrıca zırai sulama amacıyla yurt dışından getirilen bir sistem de Atatürk Orman çiftliği'nde tesis edilmiştir . Başbakanlık Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün değişik yörelerde ölçerek yayınladığı, deniz suyu sıcaklıkları, güneşlenme müddeti, güneş ışınları şiddeti, açık ve kapalı günler bülteni'ne göre, ülkemizde FV güneş paneli kurarak elektrik üretmek için gerekli güneş enerjisi potansiyeli mevcuttur. Söz konusu bültende yayınlanan, bazı merkezlere ilişkin güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının aylık ve yıllık ortalaması Tablo 2'de verilirken, tablodakilere ek olarak diğer bazı merkezlerin güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının yıllık ortalaması da Sekil 2.1'de verilmektedir.

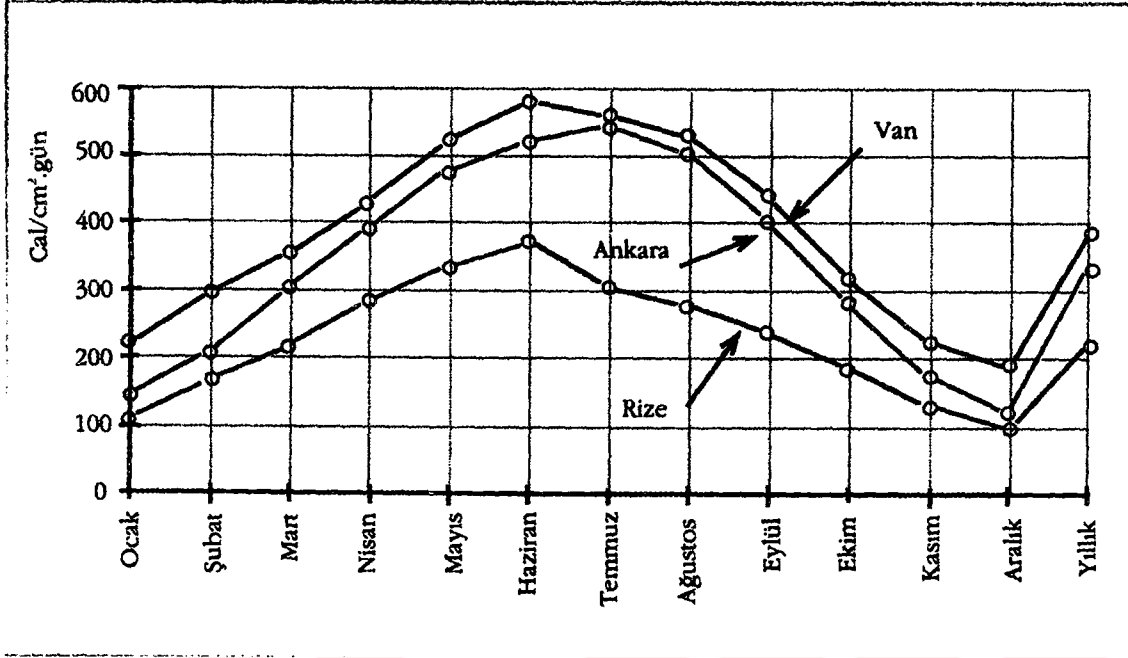
	Adana	Ankara	Çanakkale	Erzincan	Kars	Rize	Siirt	Trabzon	Van
Ocak	146.11	143.15	121.82	140.78	175.77	108.68	179.66	116.21	220.46
Şubat	200.62	207.84	175.39	204.39	244.44	167.40	249.23	168.96	297.48
Mart	238.91	304.59	265.39	259.67	334.56	219.68	352.66	228.40	357.27
Nisan	320.63	395.31	362.86	338.53	357.77	285.29	387.06	292.89	432.38
Mayıs	403.16	479.19	446.99	379.42	393.52	335.55	525.92	334.28	527.47
Haziran	419.57	523.60	486.78	442.63	461.62	375.40	597.91	384.95	584.78
Temmuz	442.24	547.62	488.09	475.43	476.10	305.77	561.78	343.05	563.51
Ağustos	434.43	506.33	442.06	423.53	430.87	278.72	544.08	302.19	533.00
Eylül	384.17	405.88	343.88	330.13	353.89	239.48	455.92	240.49	444.20
Ekim	261.24	281.79	239.94	241.89	247.65	186.90	324.10	181.06	317.42
Kasım	174.13	178.12	154.05	159.45	170.04	130.29	222.13	129.97	227.02
Aralık	122.58	118.30	114.17	121.49	146.07	95.75	160.32	98.21	194.12
Yıllık	301.90	340.98	303.37	293.11	316.02	227.41	380.06	235.39	391.59

Tablo 2.4. Türkiye'deki bazı merkezlerde güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının aylık ve yıllık ortalaması (Cal/cm² gün)

Bir kıyaslama yapabilmek için yıllık ortalaması en küçük olan Rize ve en büyük olan Van ile ara değerlere sahip Ankara'nın güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının aylık ortalamaları Şekil 2.1'de birlikte gösterilmiştir. Genel olarak her üç il için de, bu ortalamaların değişimi benzerdir. Kış aylarında ortalamalar düşük, yaz aylarında ise yüksektir. Bu üç ile ilişkin veriler Türkiye geneli için bir fikir edinmek için yeterlidir. Çünkü, diğer merkezlere ilişkin eğriler Rize ve Van'ı temsil eden eğriler arasında kalacaktır. Şeklin karmaşık bir hal almaması için diğer merkezlere ilişkin veriler dahil edilmemiştir.



Şekil 2.1. Güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının yıllık ortalaması



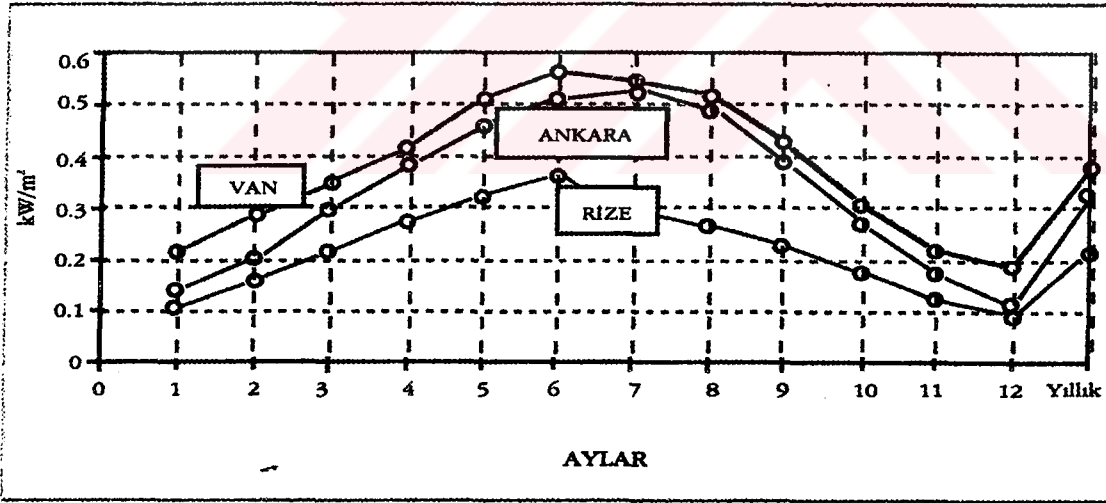
Şekil.2.2 Ankara, Rize ve Van illerindeki güneş ışınları günlük kalori toplamının aylık ortalamaları

FV pillerinin verdiği elektrik gücünden söz edilirken genellikle mW/cm^2 yada kW/m^2 birimleri kullanılarak, cm^2 yada m^2 'deki ışık şiddetinin verdiği elektrik gücünün ortalama veya tepe değeri Watt cinsinden ifade edilir. Oysa yukarıda verilen tablo ve şekillerde Cal/cm^2 gün birimi kullanılmış ve bir gün boyunca cm^2 'deki kalori miktarlarının aylık ortalamaları belirtilmiştir. Tablo 2.3'de ise Türkiye'deki bazı merkezlerde güneş ışınları şiddetinin aylık en yüksek değeri verilmektedir. FV pil panellerinin tasarımında bu en yüksek tepe değerler önemli olduğundan burada verilmesi faydalı bulunmuştur:

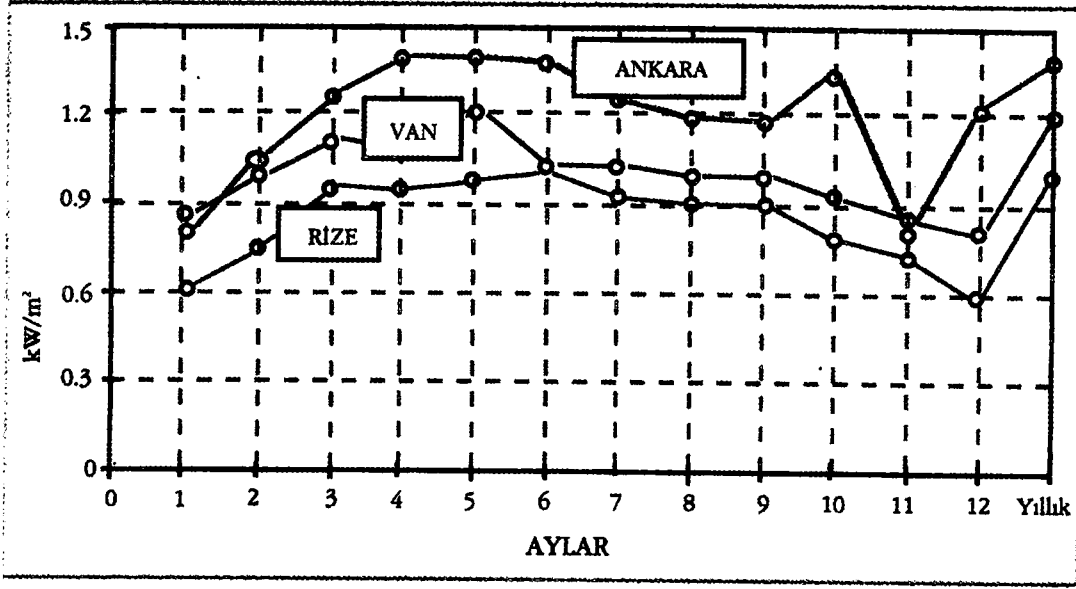
Bu tablo ve şekillerdeki değerlerin daha anlaşılır hale gelmesi için bunların mW/cm^2 ' yada kW/m^2 ' cinsinden ifade edilmeleri gerekir. Bu nedenle Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'de verilen değerlerin, sadece gündüz, 12 saat süresince alındığı kabul edilerek Ankara, Van ve Rize için kW/m^2 ' cinsinden düzenlenmiş biçimleri Şekil 2.3 ve 2.4'de verilmektedir. Bu 12 saatlik süre mevsimlere göre değişik olabilir. Daha gerçekçi değerler için günlük gün ışığı süresi de dikkate alınmalı ve 12 saat yerine bu süre kullanılmalıdır. Şekil 2.4'de bu gün ışığı süreleri de verilmektedir, ancak burada bir fikir yürütülebilmesi bakımından gün ışığı süresi 12 saat kabul edilmiştir

	Adana	Ankara	Çanakkale	Erzincan	Kars	Rize	Siirt	Trabzon	Van
Ocak	0,80	1,15	0,91	0,97	1,15	0,87	1,33	0,82	1,22
Şubat	0,96	1,50	1,10	1,45	1,30	1,06	1,30	1,05	1,42
Mart	1,14	1,80	1,27	1,34	1,53	1,36	1,60	1,32	1,59
Nisan	1,27	2,00	1,37	1,45	1,54	1,37	1,64	1,40	1,57
Mayıs	1,31	2,00	1,55	1,44	1,62	1,41	1,64	1,45	1,74
Haziran	1,29	1,97	1,45	1,50	1,58	1,45	1,51	1,45	1,47
Temmuz	1,26	1,80	1,32	1,46	1,55	1,34	1,40	1,36	1,47
Agustos	1,20	1,71	1,28	1,42	1,51	1,30	1,38	1,35	1,44
Eylül	1,27	1,70	1,26	1,33	1,37	1,29	1,37	1,28	1,44
Ekim	1,03	1,95	1,17	1,19	1,24	1,13	1,35	1,09	1,33
Kasım	0,81	1,15	0,99	1,12	1,00	1,04	1,28	0,92	1,22
Aralık	0,79	1,75	0,91	0,87	1,09	0,84	1,15	0,79	1,15
YILLIK	1,31	2,00	1,55	1,50	1,62	1,45	1,64	1,45	1,74

Tablo 2.5: Bazı merkezlerde güneş ışınları şiddetinin aylık en yüksek değerleri (cal/cm² dk)



Şekil 2.3: kw/m² cinsinden Ankara, Rize ve Van illerindeki güneş ışınları şiddetinin günlük kalori toplamının aylık ortalamaları



Şekil 2.4 : kW/m² cinsinden Ankara, Rize ve Van illerindeki güneş ışınları şiddetinin aylık en yüksek değerleri.

Şekil 2.3 ve 2.4'de verilen değerler aslında dünya ortalamalarının üzerinde olup, özellikle Ankara ve Van illeri için fotovoltaik elektrik enerjisinin kullanılması Rize iline göre daha uygun ve verimli görülmektedir. Rize ili en yağışlı ve en az güneş alan il olduğu için bu sonucun çıkması normaldir. Rize ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki diğer bazı yerleşim yerleri dışında, diğer bütün illere ilişkin veriler, fotovoltaik pil panellerinin kullanılmasını uygun kılmaktadırlar.

2.1.3 Biyokütle (biyomas) enerjisi

Dünyada uzun yıllardır ticari anlamda yaygın olarak değerlendirilen biyokütle enerjisi; gerek hayvansal ve bitkisel atıklar, gerek şehir çöpleri bağlamında elektrik enerjisi üretiminde de kullanılmaktadır. Tipik bir kaç örnek vermek gerekirse: Kanada; yakıtı ağaç yongaları / doğalgaz karışımı olan. 105 MW gücünde bir bileşik ısı-güç santrali kurmuştur.

Şeker-Kamışı atıklarını elektrik enerjisi üretiminde kullanmayı gözden geçiren Brezilya'da, bu yolla birkaç milyon nüfuslu bir şehrin elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanabileceği ve şeker eldesindeki yakıt giderinden %30 civarında tasarruf edilebileceği gibi sonuçlara varılmıştır.

Çöpün yakılması ile çevre temizliği ve sağlığına katkı gibi bir birincil amacın yanı sıra, geri kazanım ve ısı-güç gibi ikincil kazanımlar elde edilmesi nedeniyle, Kuzey ülkelerinin pek çoğunda, güneyde ise, Pakistan, Tayland, Kuala Lumpur, Singapur, Malezya, Sri Lanka, Filipinler ve Tayvan gibi bazı ülkelerde mevcut olan çöp santrallerine günümüzde hızla yenileri eklenmektedir. Örneğin Hollanda'nın başkenti Amsterdam'da, yakma kapasitesi 3000 t/gün, nominal gücü 2X45 MW bir çöp santralının tesisine başlanmıştır.

Almanya Münih'te, 25 yıldır işletmede olan üç üniteli, çöp yakıtlı bileşik ısı-üç santralının yenilenecek olan iki ünitesinden birincisi, saatte 70 ton şehir çöpü yakılarak 20MWe, 100MWt güç, ikincisi ise, taşkömürü / doğalgaz kullanılarak 55 MWt, 200MWe güç elde edilecek şekilde yeniden dizayn edilmiştir. Bu konuda, İngiltere, İtalya, Filipinler, Tayvan vb. örnekleri çoğaltmak mümkündür.

Çöp Santralleri konusunda Türkiye'de yapılan kaydedeğer ilk çalışma 1990-1991 tarihleri arasında 250 milyon TL toplam bedelle Çukurova Üniversitesine yaptırılan "Katı Atıkların Dönüşüm Mekanizmaları" konulu teknolojik araştırma sonucu Yap-İşlet-Devret yöntemiyle ön sözleşmesi imzalanan Adana Çöp Santralıdır.

2.1.4 Yer ısı (jeotermal) enerjisi

Dünyada 20'den fazla ülkede, jeotermal enerji, elektrik enerjisine dönüştürülmekte; giderek bütün bu ülkelerde jeotermal enerji programları genişletilme yoluna gidilmektedir.

ABD, Filipinler, Meksika, İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, El Salvador ve Endonezya bu konuda önder ülkeler konumundadırlar.

1962 yılı itibariyle arama çalışmaları başlatılan ve 1968 yılı itibariyle bulunmaya başlanan jeotermal enerjinin Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi amaçlı ilk ve tek uygulaması, 20.4 MW güce sahip olan Kızıldere jeotermik santralıdır. (DENİZLİ) Bu santralın idame geliştirme çalışmaları ,türkiye'nin yatırım programlarında halen yer almaktadır.

2.1.5 Küçük / Mini mikro- su enerjisi

Dünyada yaygın bir şekilde var olmaları ve kurulmaya devam edilmeleri nedeniyle sadece iki ülkenin; Hindistan ve Çin'in bu kaynağa ilişkin projelerini yansıtan örneklerle yetinilecektir.

Hindistan'da, 55 adet yüksek akarsu üzerine 2'şer MW kapasiteli, toplam 110 MW 'lık ve ayrıca 32 projelik toplam 100 MW'lık mini su santralının kurulması kararlaştırılmış bulunmaktadır. Gelecek 10 yıl içinde bu kapasiteye 228 MW'lık bir güç eklenecektir. Daha önce devreye alınacak olan mini su santrallerinin güçleri ise; 5 MW, 6 MW ve 2 MW olarak belirlenmiş bulunmaktadır.

Kullanılabilir küçük su potansiyeli 75.000 MW olan Çin, 1990 yılı itibariyle toplam 12.000 MW'lık küçük su santralına sahip bulunmaktadır. Sudan elde edilen elektrik enerjisinin %36.4'üne karşı gelen bu güçten, yılda 31.600 GWh'lık bir üretim sağlanmaktadır.

Çin, 1986 yılında, uzak ve ekonomik yönden geri, ancak, su potansiyeli yönünden zengin olan bölgelerde küçük su santrallerinin artışı teminen, yılda 30 milyon dolarlık bir teşvik uygulaması başlatmıştır.

Türkiye'de; 10 MW'ın altında elektrik enerjisi üretimi yapılabilecek su potansiyeli toplamı 729.69 MW'a karşı gelmektedir. Bu güçten elde edilecek toplam ortalama üretim 3332 GWh, güvenilir üretim ise, 1478GWh olarak saptanmıştır. Çeşitli safhalarda toplam 156

adet olan küçük su santrallerinin 49 adedi, halen, 109.78 MW kurulu güç 368 GWh toplam ortalama üretim , 212 GWh toplam güvenilir üretim ile işletmededir

Türkiye'de Küçük I Mini I Mikro-su santrallerinin yapımı halihazırda YAP-İŞLET-DEVRET yöntemi ile sürdürülmektedir.

2.2. Avrupa topluluğunda durum

Avrupa Topluluğu Enerji Çevre Konseyi, Topluluğun amacı olarak, 2000'li yıllar için atmosfere salınan karbondioksit miktarını 1990 yılındaki seviyede tutmayı hedeflemektedir. Karbondioksit emisyonunu en aza indirmeyi ve enerjide verimliliği artırmayı öngören Topluluk Stratejisini gerçekleştirmek için oluşturulan ALTENER (Alternatif Enerji) Programı, Topluluğun yenilenebilir kaynaklarının kullanımını geliştirmeyi amaçlayan eylem programıdır. Bu eylem programı doğrultusunda, Avrupa Topluluğu genelinde, YYEK'in enerji talebi bazında 1991 yılında yaklaşık %4 olan katkısının, 2005 yılında %8'e çıkarılması hedeflenmiştir . Bu amaçla bazı ülkelerin eylem planları aşağıdaki gibidir.

Belçika: Devlet; güneş, rüzgar veya biyogaz enerji sistemlerini imal eden endüstrilere parasal teşvikler ve vergi indirimleri uygulamaktadır. Yenilenebilir atıktan enerji elde eden otoprodüktörlerin sözleşmelerine özel tarife uygulanmaktadır.

Danimarka : Bu ülkede; güneş, rüzgar veya biyomas gibi yenilenebilir kaynaklarından elde edilen enerjiyi, on yıl içinde iki katına çıkarmayı hedefleyen "Enerji 2000" planı altında, 13 MECU'luk bir yardım ve hibe fonu vardır. Bu yardımlar, tesislerin, deney santrallerinin ve bilgi-iletişim merkezlerinin yapımına verilmektedir. Tüketici, enerji üretiminin tümünü şebekeye veren rüzgar çiftliklerinin elektriğini satın alırken elektriğin birim tarife fiyatının %85'ini; enerji üretiminin fazlasını şebekeye veren rüzgar çiftliklerinin elektriğini kullanma durumunda ise %70'ini ödemektedir.

Almanya: Federal Hükümet ve Eyalet Hükümetleri, YYEK'in enerji üretiminde kullanılmasına giderek artan bir önem vermektedirler. Bu hususta alınan tedbirler, özellikle güneş (foto-voltaik) ve rüzgar enerjisi kullanımına yönelik olarak, vergi indirimleri, düşük faizli krediler, Ar-Ge çalışmaları destekleme fonlarını kapsamaktadır. 1 Ocak 1991 tarihinde yürürlüğe giren yeni Elektrik Kanunu, YYEK'i büyük ölçüde teşvik edici niteliktedir. Bu kanuna göre, elektriğin rüzgar ve güneşten elde edildiği durumlarda, dağıtım şirketleri otoprodüktörlere, elektriğin tüketiciye mal olduğu ortalama kWh bedelinin en az %90'ını ödemek durumundadır.

Yunanistan: YYEK teknolojisini Yunan endüstrisine transfer etmek için kurulan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Merkezi (KAPE), bu konuda itici güç oluşturmaktadır. Bu kaynakları kullanan otoprodüktörleri teşvik amacıyla miktarı bölgelere ve kar oranına göre yatırım maliyetinin %40 ile %50'si arasında değişen yardımlar kanunlarla teşvik edilmiştir.

İspanya: İspanya 2000 yılına kadar toplam tüketiminin %3.4'ünü karşılayacak şekilde YYEK'ten enerji üretimini %57 oranında artırmayı hedeflemektedir. Bir çok rüzgar ve atık enerji programı düşük faizli kredilerle desteklenmektedir. 80'li yılların başından beri

yapılan mevzuat düzenlemeleri, YYEK'ten enerji elde eden otoprodüktörlerden satın alma fiyatını normal tüketici fiyatının %85 ile %95'i arasında garantilemektedir.

Fransa: Fransa, tarımsal atıklardan elde edilen yakıtlara vergi indirimi uygulayarak alternatif yakıtları desteklemektedir. Kazanlarında biyogaz kullanan şirketlerden yakıt vergisi alınmamaktadır. Devlet bu tip teknolojilerin araştırma, geliştirme, demonstrasyon ve yayılımı için hibe şeklinde yardımlar yapmaktadır. Bütçeden, Fransa Hükümeti Enerji Enstitüsü'ne ayrılan miktar 1991 yılında %17.6 oranında arttırılmıştır.

İrlanda: İrlanda Elektrik Üretim Kurumu 1990 yılından beri YYEK'ten (özellikle güneş, rüzgar ve su gücünden.) enerji elde eden otoprodüktörlere karşı olumlu ve teşvik edici bir politika uygulamaktadır. Topluluğun Valoren Programı (Avrupa Topluluğunun yapısal fonlarından biri), Ağustos 1992'de işletmeye alınan, İrlanda'nın ilk rüzgar çiftliğinin %50'sini finanse etmiştir.

İtalya: İtalya'da çıkarılan bir seri kanun, YYEK'ten enerji üretimine büyük ölçüde destek vermektedir. Hidroelektrik Santraller, demonstrasyon, enerji tasarrufu gibi proje ve çalışmaların desteklenmesi amacıyla 1992 yılında 250 MECU olarak saptanan bütçe, 1993 yılında 700 MECU'ye yükseltilmiştir. İtalya Elektrik Kurumu ENEL, güneş, rüzgar ve Jeotermik santrallerinden üretilen elektrik enerjisi için çok elverişli fiyat tarifeleri hazırlamıştır.

Lüksemburg : Lüksemburg, 1990 yılında verimli enerji projelerini ve YYEK kullanımını teşvik etmek üzere özel ve tüzel kişilere verilecek yardımları belirleyen düzenlemeler getirmiştir. 1991 yılında devlet ve elektrik şirketleri bir araya gelerek YYEK kullanımını teşvik etmek üzere Enerji Ajansı'nı kurmuşlardır.

Hollanda : Ülkenin yeterli alanı ve uygun bölgeleri olması sebebiyle, YYEK'ten, özellikle rüzgar enerjisi desteklenmektedir. Devletin hedefi, yüzyılın sonu itibarıyla rüzgar enerjisinin 10 kat arttırarak 1000 MW a ulaştırılmasını sağlamaktır. Günümüzde yapılan Ar-Ge çalışmalarının amacı, rüzgarın maliyetini düşürmek ve güvenilirliğini arttırmaktır. Devlet, göreceli olarak yüksek maliyet dezavantajına sahip güneş (termal/fotovoltaik) enerji teknolojilerine ilişkin Ar-Ge projelerini desteklemektedir. Hollanda Enerji Ajansı, ülkedeki biyomas potansiyeli tesbiti üzerinde çalışmalar yapmaktadır. 1989 yılında çıkarılan Enerji Kanunu, başta rüzgar enerjisiyle uğraşanlar olmak üzere, otoprodüktörlere önemli teşvikler getirmektedir.

Portekiz : Topluluğun Valoren programı ile bağlantılı olarak, jeotermal, güneş, rüzgar, biyogaz ve orman atıklarını enerji kaynağı olarak kullanmak üzere başlatılan araştırma ve üretim teknolojisi çalışmalarını desteklemek üzere projeler başlatılmıştır. Ülke çapında su kaynaklarının, biyomas ve biyogazın kullanımında önemli bir başlangıç yapılmıştır. 1988'de bir biyomas merkezi kurulmuştur. Portekiz, Topluluk programına aktif katılımının yanı sıra, 1991 yılında üniversiteler, özel sektör, ulusal araştırma merkezleri arasında işbirliğini sağlayarak yapılan projelere 10MECU destek sağlamıştır.

İngiltere : 1974 yılından bu yana Enerji Dairesi büyük çaplı bir Ar-Ge programına yatırım yapmıştır. 1991-92 yılı için programa 260 MECU ayrılmıştır. Küçük su santralleri başta olmak üzere, YYEK'ten enerji üretiminin geliştirilmesi için mevzuat güçlükleri azaltılmıştır.

Dağıtım şirketleri, YYEK'ten üretilen enerjiyi piyasa fiyatından daha yüksek bir bedelle satın almaktadır. Birçok otoprodüktör, bölgesel elektrik kurumlarıyla sözleşmeler yapmıştır. Bu gelişmelerin ışığında, İngiltere'nin, 1990 yılında çevre kirliliğini azaltmak için belirlediği; YYEK'ten elde edilecek 1000 MW'lık ek bir kapasitenin devreye girmesi hedefinin, 2000 yılında rahatlıkla aşılacağı görülmektedir.

2.3 . Türkiye'ye ilişkin hedef ve öneriler

Yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisinden, elektrik enerjisi elde edilip kullanılması gelişmiş ülkelerde artık tartışılmaktan çıkmış, uygulamaya konulmuştur. Türkiye bu enerji kaynakları bakımından yeterli potansiyele sahiptir. Artan enerji açığının kapatılması için rüzgar ve fotovoltaik güneş enerjisinden de elektrik enerjisi elde edilerek ana sisteme destek sağlanabilir. Özellikle ulusal şebeke ağından uzak olan yerlerde, tatil köyü/dağ evi gibi birimlerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında ve tarımsal amaçlı su pompalama uygulamalarında fotovoltaik güneş enerjisinden yararlanılabilir.

Yapılan özet derlemeden de görüleceği üzere; Türkiye'de YYEK'ten elektrik enerjisi üretimine ilişkin gelişmeler henüz dünyadaki gelişmelerle paralellik göstermemektedir. Bununla birlikte, 1990 yılı itibarıyla Türkiye'de sözkonusu kaynaklara ilişkin potansiyel belirleme çalışmalarında ve özellikle bilimsel kuruluşlarla, bazı üniversitelerimizde yapılan; konuya ilişkin Ar-Ge çalışmalarında görece bir artış gözlenmektedir

Dünyadaki gelişmelerin ülkemize de yansıtılması ve özellikle elektrik enerjisi üretimi gündemimizin duraksamasında payı olan; kamuoyunun "temiz enerji" talebine yanıt olacak olan bu kaynaklarımızın ticari anlamda elektrik enerjisine dönüştürülmesi çalışmalarının hızlandırılması gereği doğmuştur. Bu bağlamda alınması gereken ana tedbirler:

- Tüm YYEK için yasal mevzuatın, AT ülkelerinde yapılan düzenlemeler de gözden geçirilerek en kısa zamanda tamamlanması,
- İlgili tüm kurum ve kuruluşlarca yürütülen potansiyel belirleme çalışmalarına hız verilmesi ve en kısa zamanda tamamlanmasıdır.
- İlk aşamada; henüz ticari örneği olmayan kaynakların ilk ticari örnekleri, devletin sağladığı alt yapı hizmetleri ve esaslar dahilinde demonstrasyon projeleri şeklinde geliştirilmeli,
- İkinci aşamada; demonstrasyon uygulamalarının sonuçlarının değerlendirilmesiyle elde edilecek optimum esaslar dahilinde devlet eliyle gerçekleştirilecek bir dizi ihale sonucunda YYEK'in uygulanabilirliği kanıtlanmalı
- Üçüncü aşamada; kamuoyunca desteklenen bu kaynakların elektrik enerjisine dönüşümünde enterkonnekte sistemi etkilemeyen ticari uygulamaların bir an evvel artırılmasını teminen, yükleniciler özellikle küçük güçlerdeki(111 MW'ın altı) uygulamalar için Yap-Sahiplen-İşlet yöntemine özendirilmeli,
- Ve nihayet, bu çalışmalarla şekillenen; YYEK'lerden elektrik enerjisi eldesi projeksiyonunun, sırasıyla 5 yıllık dönem ve ayrıca 2010 yılı için hazırlanan; "Türkiye Orta ve Uzun Dönem Üretim-Tüketim İncelemesi çalışmalarına entegrasyonu sağlanmalı ve bu yolla elde edilecek kurulu gücün, Türkiye Uzun Dönem Üretim-Tüketim İncelenmesinde yer alan toplam kurulu gücün en az % 5'ine ulaşması hedeflenmelidir.

3. RÜZGAR ENERJİSİ

3.1 Rüzgar Enerjisinin Alan-Zaman Davranışlarının İncelenmesi

Rüzgar enerjisinin alan, yükseklik ve zamanla değişimlerini veren en genel formüller çıkartılarak bunların önceki çalışmalarda bulunmuş olan özel durumlara indirgendiği gösterilmiştir. Bu formülasyonlarda basınç ve sıcaklığın rüzgar enerjisi üzerine olabilecek etkileri de nazarı itibare alınmıştır. Genel olarak meteoroloji faktörlerinden rüzgar hızı, sıcaklık ve basınçta meydana gelebilecek küçük değişiklikler için rüzgar enerjisinde ortaya çıkabilecek değişimler irdelenmiştir.

Günümüzde rüzgar enerjisi enerji açığını kapatabilecek miktarlarda üretilemese bile, gün geçtikçe daha yaygın hale gelmektedir. Bunun esas sebebi rüzgar enerjisi kaynağının bedava olması, hiç yatırım gerektirmemesi, hava kirliliğine neden olmaması ve çevre dostu enerji kaynağı olmasıdır. İnsanlar, Milat'tan önceki devirlerde bile rüzgar enerjisinden yararlanarak düşük seviyelerdeki suların daha yükseklere çıkarılmasında, buğday öğütülmesi için yel değirmenlerinde, gemilerin yüzmesi ile ulaştırmada kullanıla gelmiştir. Bilhassa İran yörelerinde çok eski devirlerde yaygın olan rüzgar enerjisinden fırıldaklar, daha sonraları yavaş yavaş batıya doğru kaymış ve özellikle on üçüncü asırdan sonra batı Avrupa ülkelerine kadar ulaşmıştır. İlk zamanlarda rüzgar enerjisi hesabı için hiç bilimsel yaklaşımlar yapılmamıştır. Zaten az olan enerji ihtiyacı hesapların yapılmasını gerektirmemekte idi. Böylece ilk faydalanmalara sadece teknolojik gelişmelerin yön verdiğini görebiliriz.

Bilimsel olarak incelemeler daha sonraki yıllarda başlamış ve on dördüncü asırdan sonra ağırlık kazanarak günümüze kadar gelmiştir. İlk defa rüzgar enerjisinden elektrik üretilmesine Hollan'da da başlanmıştır. Bugün ABD'de elektrik enerjisinin % 20'ye yakın bir kısmı atmosferdeki hava kütlelerinin hareketi sonucunda ortaya çıkan rüzgar enerjisinden faydalanmak sureti ile karşılanmaktadır. Ayrıca, Clarke (1988) rüzgar enerjisinin kullanımının artması ile elektrik enerjisi üretmekte kullanılan fosil yakıt miktarının azalması dolayısı ile çevrede kirlenmenin azalacağı hususlarını detaylı olarak incelemiştir. Rüzgar enerjisi özellikle 1993 yılında ortaya çıkan dünya enerji dar boğazından sonra önem kazanmıştır. Bu tarihten sonra Avrupa'nın değişik ülkelerinde rüzgar-çiftliklerinin kurulması yönüne gidilmiştir (Anderson, 1992; EWEA, 1991; Troen and Peterson, 1989).

Bu çalışmada rüzgar enerjisi hesaplarında anlamlı olan meteorolojik faktörler esas alınarak bunlardaki değişikliklerle ve alan ve yükselti değişimleri ile de rüzgar enerjisi formülasyonlarının alacağı şekiller üzerinde durulmuştur.

3.1.1 Rüzgar enerjisini etkileyen faktörler

Güneşten gelen ışınım ile ısınan yeryüzü albedolardaki farklılıklar dolayısı ile atmosferde ısınma farklılıklarının ortaya çıkmasına bunun sonucunda da yatay basınç farklarının oluşmasına sebebiyet verirler. Bu cümlede bulunan farklılık kelimesi kısa mesafe veya meteorolojik faktörlerdeki değişmelerin rüzgar enerjisi hesaplamalarında oluşturacağı

farklılıklara işaret ederek bu konularda araştırma yapılmasının gerekliliği olarak algılanabilir. Özellikle de atmosferin sınır tabakası içindeki değişik gradyanların sonucunda beliren meteorolojik değişikliklerin rüzgar enerjisi hesaplamalarında etkisi doğrudan görülebilir. Genel olarak rüzgar enerjisi biri dinamik karakterli olan meteorolojik, diğeri ise daha kararlı olan jeomorfolojik faktörlerin etkisi altında meydana gelirler. Bu iki grup faktör birbirinden bağımsız, yani birinin etkisinin olması diğerin de olacağı anlamına gelmez. Yeryüzünün tamamen düz olduğu yerlerde bile atmosferdeki sıcaklık ve basınç farklılıkları rüzgar enerjisinin mikro ve makro ölçeklerde değişmesine neden olurlar. Dinamik karakterli bu değişimler sonucunda rüzgarın kaotik bir yapıya sahip olduğu ve böylece rüzgar enerjisi hesaplarının ortalamalar dışında pek sağlıklı olamayacağı anlaşılır. Ancak aşağı atmosferdeki hava hareketleri rüzgarın zaman ve mekanla değişmesine meydan verirler.

Ayrıca jeomorfolojik faktörler arasında arazinin engebeli, yüksek tepeliklerin olması, oluk ve vadilerin bulunması yüksek platoların varlığı sayılabilir. Jeomorfolojik faktörler dolayısı ile rüzgar enerjisi değişimleri zamansal değil uzaysal veya alansaldır. Justus (1986) rüzgar hesaplarını günümüz bilim seviyesine kadar inceleyerek literatüre kazandırmış olmalarına rağmen rüzgar enerjisinin zamansal ve alansal değişimlerini pek fazla incelememiştir.

3.1.2 Rüzgar enerjisi formülasyonu.

Rüzgar enerjisinin basınç ve mutlak sıcaklığı da göz önünde tutarak hesap edilmesi Şen (1994) tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$E_u = \frac{1}{2R} \left(\frac{P}{T} \right) V^3 \quad (1)$$

Burada E_u birim alana birim zamanda gelen rüzgar enerjisi miktarını; P basıncı; T mutlak sıcaklığı; V rüzgar hızını ve R gaz sabitini gösterir.

3.1.3. Enerji oranları

Denklem (1) bir yerde rüzgar hızı, basınç ve sıcaklık verilerinin ölçülmesi halinde rüzgar enerjisinin doğrudan hesabına yarar. Ancak birbirinden farklı i ve j ile nitelendirilen iki konumda rüzgar enerjisi oranlarının alınması ile bu denklemden;

$$\frac{E_{u_i}}{E_{u_j}} = \left(\frac{P_i}{P_j} \right) \left(\frac{T_j}{T_i} \right) \left(\frac{V_i}{V_j} \right)^3 \quad (2)$$

elde edilir. Bu son ifadenin sağ tarafındaki ilk oran meteorolojide sigma şeklinde adlandırılan koordinat sistemine benzer. Halton (1979) isobarik koordinat sisteminin birçok faydasından bahsederek dalgaların tamamen filtrelendiğini söylemiştir. Diğer

tarafından, yeryüzü basıncı olan P_j ile normalleştirilmiş basınç, $\sigma_{ij} = (P_i/P_j)$ 'dir. Buradan σ_{ij} değerinin yeryüzünde 1 ama atmosferin tepesinde 0 değerini aldığı anlaşılır.

Sıcaklık oranı $\tau_{ij} = (T_j / T_i)$ ise troposfer içinde $T_j > T_i$ olduğundan $\tau_{ij} < 1$ dir. Sadece inversiyon tabakasının bulunması halinde $\tau_{ij} > 1$ olacağı anlaşılır. Son olarakta, yeryüzündeki pürüzlülüğün düşey etkisi ile $V_i > V_j$ ve benzer olarak da hız oranı $v_{ij} = V_i/V_j$ olup daima birden büyüktür. Bütün bu oran tanımlarının denklem (2)'de yerine konulması ile

$$e_{i,j} = \sigma_{i,j} \tau_{j,i} v_{i,j}^3 \quad (3)$$

elde edilir. Burada $e_{i,j}$ enerji oranını göstermektedir. Bu son ifadenin çeşitli eşit değerli meteoroloji yüzeylerinin düşünülmesi ile aşağıdaki yorumlar yapılabilir.

(a) **Isobarik yüzeyler** Böyle yüzeylerin i ve j gibi değişik iki noktasındaki basınçlar birbirlerine eşit olduğundan $\sigma_{ij} = 1.0$ dir ve denklem (3) basitçe

$$e_{i,j} = \tau_{j,i} v_{i,j}^3 \quad (4)$$

haline dönüşür. Bu son ifade sadece sıcaklık değişimleri dolayısı ile rüzgar enerjisindeki değişimleri verir. Fiziksel olarak eğer $\tau_{ij} < 1.0$ ise $v_{ij} > 1.0$ dir veya bunun aksi sözkonusudur.

(b) **Isotermal yüzeyler** Bir yüzey boyunca her tarafta sıcaklığın aynı olması halinde bu durum ortaya çıkar ve $\tau_{ij} = 1.0$ dir. Böylece bu durumlarda rüzgar enerjisi sadece basınçta olan farklılıklar sonucunda ürer. Denklem (3) denklem (4)' benzer hale gelir ve

$$e_{i,j} = \sigma_{i,j} v_{i,j}^3 \quad (5)$$

olur. Hava daima yüksek basınç merkezinden alçağa doğru akar ve bu akış esnasındaki sürtünmeden dolayı rüzgar hızı alçak merkeze doğru şiddetini yitirir, bundan dolayı da $v_{ij} < 1.0$ için $\sigma_{ij} > 1.0$ olması veya aksi beklenir.

3.1.4 Düşey rüzgar hızı değişimi.

Sabit bir yer ve zamanda rüzgar enerjisinin sadece yeryüzünden olan yükseklik ile olan ilişkisi araştırılabilir. Bennett et al (1983) yüksek atmosfer verilerinin alçak atmosferdeki rüzgar enerjisine olan etkilerini araştırmıştır. Burada önce düşeyde hiç sıcaklık farkının bulunmadığını var sayan sabit sıcaklık durumu incelenecektir. Bu durumda, rüzgar enerjisinin oluşmasını sağlayan diğer değişkenler basınç ve rüzgar hızıdır. Bu düşey basınç değişimi birçok ders kitabında;

$$P(h) = P_0 \exp\left(-\int_0^h \frac{dh}{H}\right) \quad (6)$$

şeklinde verilmiştir. Burada $H = RT/gM$ atmosferin yerel ölçek yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, M atmosferin ortalama moleküler ağırlığını gösterir. Bazı yazarlara göre bu değer atmosferin 100 km yüksekliğine kadar sabit olarak kabul edilebilir. Bundan başka, burada g yer çekimi ivmesini gösterir ve yükseklik h 'ya bağlıdır. Bunun atmosferde 100 km'ye kadar β değişimi %5 kadar olduğundan ihmal edilebilir. Sonuç olarak izotermal atmosferde denklem (6)

$$P(h) = P_0 e^{-h/H} \quad (7)$$

şeklinde yazılabilir. Burada H basıncın $e^{-1} = 0.37$ değerine azaldığı atmosfer yüksekliğini gösterir.

Diğer taraftan atmosferin sabit bir lapse rate, β 'ya sahip olduğu düşüncesi ile h yüksekliğinde sıcaklık $T = T_0 - \beta h$ olarak hesaplanır ki burada T_0 ise P_0 basıncındaki sıcaklığı gösterir. Böyle bir durumda basıncın yükseklikle değişimi;

$$P(h) = P_0 \left(1 - \frac{\beta}{T_0} h\right)^{3.41/\beta} \quad (8)$$

ifadesi ile verilir. Burada β biriminin $^{\circ}C/100$ m cinsinden olduğuna dikkat edilmelidir. Basınç-yükseklik ilişkisinin fiziksel bir esası olmasına karşılık hız-yükseklik bağıntısı tecrübi bir esasa dayanmaktadır. Bu bağıntılardan en yaygın olarak kullanılanı kuvvet kanunu şeklinde olup aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$V(h) = V_m \left(\frac{h}{h_m}\right)^{\gamma} \quad (9)$$

burada V_m , h_m yüksekliğinde ölçülen hız değerini gösterir, γ ise ölçüm istasyonu etrafındaki yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır Denklem (8) and (9) denklem (2)'de yerine konulduktan sonra gerekli cebir işlemlerinin yapılması ile

$$\frac{E}{E_m} = \left[\left(1 - \frac{\beta}{T_0} h\right) / \left(1 - \frac{\beta}{T_0} h_m\right)^{-1} \right]^{\frac{3.41}{\beta} - 1} \left(\frac{h}{h_m}\right)^{3\gamma} \quad (10)$$

bulunur. Bu denklem genel olarak rüzgar enerjisinin yükseklikle değişimini verir. Uluslararası Hava Navigasyonu Komitesi (International Commission for Air Navigation, ICAN) standart atmosferi 11 km'ye kadar $p_0 = 1013.2$ millibar; $T_0 = 288$ $^{\circ}K$ ve $\beta = 0.65$ $^{\circ}C/100$ m olarak tanımlamıştır. Bu değerlerin denklem(10)' de yerlerine konulması sonunda,

$$\frac{E}{E_m} = \left(\frac{1 - 2.25 \times 10^{-5} h}{1 - 2.25 \times 10^{-5} h_m} \right)^{4.25} \left(\frac{h}{h_m} \right)^{3\gamma} \quad (11)$$

elde edilir.

3.1.5 Meteorolojik rüzgar enerjisi dinamiği

Atmosferdeki dinamik olayları tasvir etmek için kullanılan enerjinin, kütle ve momentumun korunumu kanunları nasıl her nokta ve zamanda uygulanabiliyorsa, benzer olarak basınç, nem ve sıcaklık gibi meteorolojik verilerde zaman ve konumla değiştiklerinden, bunların fonksiyonu olan enerji de zaman ve uzay ile her an değişir. Denklem (1)'deki enerji ifadesi kısaca;

$$E = \alpha \frac{P}{T} V^3 \quad (12)$$

şeklinde yazılabilir ki burada $\alpha = 1/2R$ dir. Aşağıdaki enerji değişimi hesaplarında enerjinin birim hacimdeki değişimi kastedilmektedir. Önce Eulerian çerçevede enerji değişiminin sabit bir noktada ne olduğu araştırılarak başlanır. Fonksiyonu olduğu meteorolojik değişkenler cinsinden enerji değişimi, dE zaman, Taylor serisine açılıp birinci dereceden yaklaşım göz önünde tutularak;

$$dE = \left(\frac{\partial E}{\partial P} \right) dP + \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right) dT + \left(\frac{\partial E}{\partial V} \right) dV + \epsilon \quad (12)$$

elde edilir. Burada α daha yüksek mertebeden yaklaşımların sebep olduğu hatayı gösterir. Denklem (12)'den kısmi türevlerin burada yerine konulması ile

$$dE = \alpha \left(\frac{V^3}{T} dP - \frac{P}{T^2} V^3 dT + 3 \frac{P}{T} V^2 dV \right) \quad (13)$$

bulunur. İşte bu son ifade enerjinin meteorolojik ve zaman değişkenlerine göre nasıl değiştiğini hesap etmemize yarar.

(a) **Hız ile değişim** . Denklem (14)'nın rüzgar hızındaki çok küçük değişime, dV , bölünmesi sonucunda

$$\frac{dE}{dV} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} \frac{dP}{dV} - \frac{P}{T^2} V^3 \frac{dT}{dV} + 3 \frac{P}{T} V^2 \right) \quad (14)$$

bulunur. Burada dE/dV rüzgar enerjisindeki hız artım veya azalımına karşı gelen enerji değişimi miktarını gösterir. Benzer olarak hız artımı ile basınç ve sıcaklık değişimleri de, dP/dV ve dT/dV , tesbit edilebilir.

(b) **Sıcaklık ile değişim:** Yine denklem (13)'ün dT ile bölünmesi sonucunda,

$$\frac{dE}{dT} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} \frac{dP}{dT} - \frac{P}{T^2} V^3 + 3 \frac{P}{T} V^2 \frac{dV}{dT} \right) \quad (15)$$

elde edilir.

(c) **Basınç ile değişim:** Benzer olarak basınç ile olan değişim yapılan basit bölme işleminin sonunda

$$\frac{dE}{dP} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} - \frac{P}{T^2} V^3 \frac{dT}{dP} + 3 \frac{P}{T} V^2 \frac{dV}{dP} \right) \quad (16)$$

olarak bulunur. Bu son üç ifadenin yorumlanması ile aşağıdaki önemli sonuçlara varılabilir.

- (a) Bir yerde basınç, sıcaklık ve rüzgar hızında hiç değişmelerin olmaması halinde bu üç ifade de denklem (1)'de verilmiş olan enerji formülüne indirgenmiş olur. Ancak bu duruma pratikte pek rastlanılmaz ve bu sebeple de denklem (1)'in kullanılması sadece anlık hesaplar veya küçük zaman dilimlerindeki ortalama değişkenlerin kullanılması için doğru olur.
- (b) Şayet basınç ve sıcaklık değişimleri olmayıp ta sadece rüzgar hızında değişimin bulunduğu var sayılırsa bu taktirde denklem (14)'den

$$\frac{dE}{dV} = 3\alpha \frac{P}{T} V^2 + \epsilon_{PT} \quad (17)$$

bulunur ki hatanın miktarı, ϵ_{PT} ,

$$\epsilon_{PT} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} \frac{dP}{dV} - \frac{P}{T^2} V^3 \frac{dT}{dV} \right) = \alpha \frac{P}{T} V^3 \left(\frac{1}{P} \frac{dP}{dV} - \frac{1}{T} \frac{dT}{dV} \right) \quad (18)$$

şeklinde hesaplanır.

3.2. Rüzgar hızı için ortalama alma periyotlarının karşılaştırılması.

Bu çalışmada, rüzgar hızı kayıtlarında kullanılan ortalama alma periyotları incelenerek, enerji yoğunluğu hesaplamalarında kullanılmaya uygun periyotlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için, onar dakikalık ortalamalar şeklinde iki farklı istasyonda

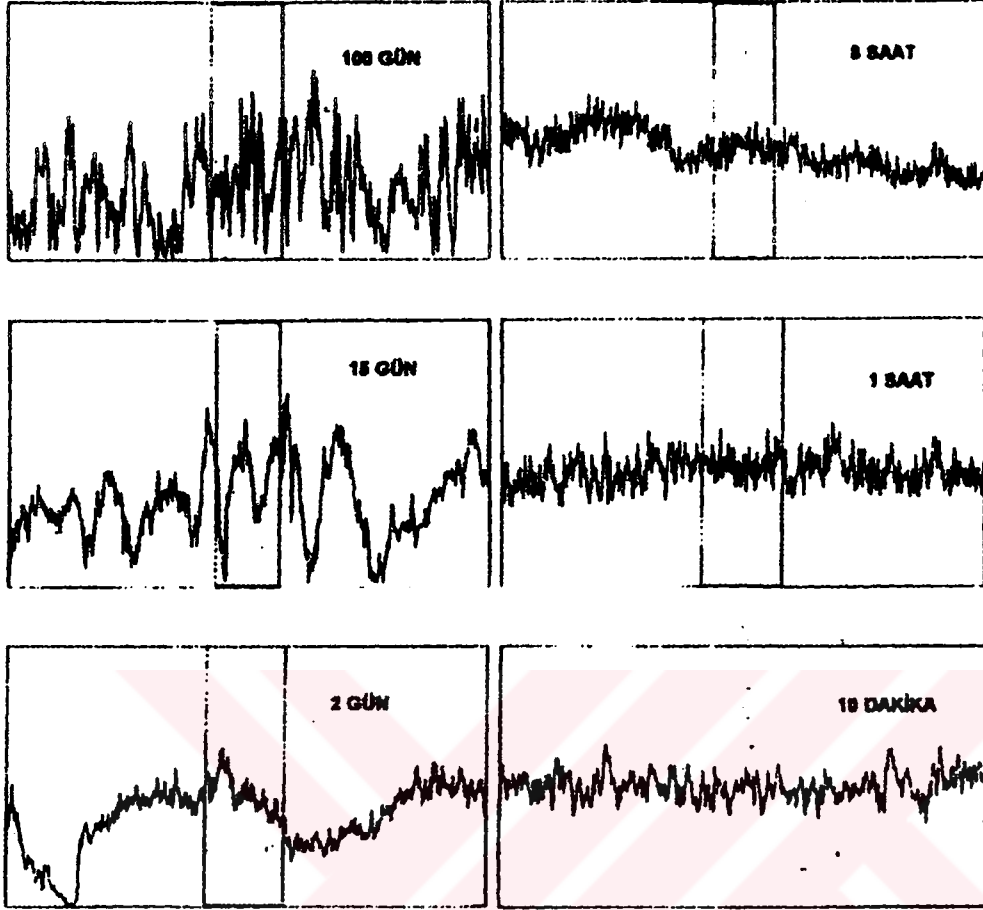
kaydedilmiş, herbiri birer yıllık olmak üzere rüzgar verisi seti kullanılmıştır. Buna göre, elde mevcut olan 10 dakikalık ortalamalar şeklinde kaydedilmiş veriler kullanılarak, 20 ve 30 dakika, 1, 3, 6 ve 12 saat, 1 gün 1 ay ve 1 yıllık periyotlara göre rüzgar verisi setleri oluşturularak, yıllık ortalama rüzgar hızı, standart sapma ve enerji yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda yıllık ortalama rüzgar şiddetinin periyodu değişmediği, buna karşılık ortalama alma periyodu arttıkça standart sapmanın ve enerji yoğunluğunun azaldığı belirlenmiştir. Rüzgar gücü için farklı periyotlara karşılık gelen bağıl hata miktarlarının yaklaşık eşit olduğu ve 3 saatlik periyoda kadar yapılan hatanın %10'dan az olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, dünya genelinde birçok meteoroloji istasyonunda olduğu gibi 1 saatlik ortalamalar şeklinde kaydedilen rüzgar hızı verilerinin enerji yoğunluğu hesaplamaları için %5 ve daha düşük bir hata oranıyla kullanılabilceği söylenebilir.

Rüzgar hızı hem yersel, hem de gözönüne alınan bir noktada zamansal olarak çok hızlı değişimler gösteren bir meteorolojik büyüklüktür. Türbülans nedeniyle meydana gelen bu hızlı değişim karşısında rüzgar hızının bir anlam kazanabilmesi için ölçülen rüzgar hızının bir T periyoduna refere edilmesi gerekmektedir. Bu konuda en uygun incelemeler, istatistiksel teknikler kullanılarak yapılabilmektedir. Çünkü, rüzgar hızındaki türbülanslı çalkantılar rastgele bir karakter taşırlar ve deterministik metodlar kullanılarak analiz edilemezler.

Ölçülen veri, ortalama alma periyodundan daha küçük zaman aralıklarında meydana gelen salınımlar hakkında herhangi bir bilgi içermemektedir. Ancak bu hızlı türbülans çalkantılan teorik rüzgar gücü yoğunluğuna etki etmektedir. Bu yüzden rüzgar enerjisi potansiyeli belirlenirken bu çalkantıların dikkate alınması gerekmektedir. Rüzgar hızının küpü ile orantılı olan rüzgar gücü hesaplamalarında kullanılacak verinin kaydedildiği periyot bu yüzden büyük önem taşımaktadır.

3.2.1 . Rüzgar hızının güç spektrumu

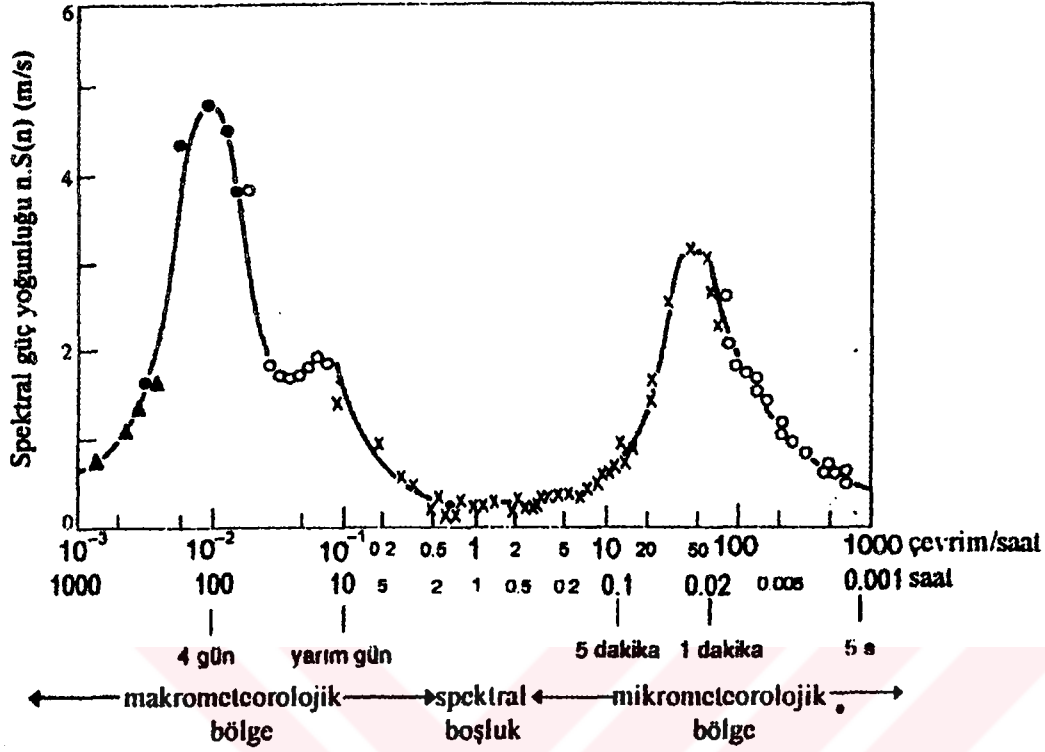
Herhangi bir noktada ölçülen rüzgar, zamansal olarak hem şiddet hem de yön bakımından son derece hızlı değişimler göstermektedir. Şekil 1'de 100 günlük ölçüm ilk grafikte gösterilmekte olup, daha küçük zaman aralıkları takip eden grafiklerde incelenmiştir. Her grafik belirtilen zaman aralığında ölçülen rüzgar şiddetlerini göstermekte olup, 1200 veri içermektedir. Yani verilerin herbiri sözkonusu periyodun 1/1200 oranındaki ortalamasına karşılık gelmektedir. Düşey eksen rüzgar şiddetini göstermektedir (0-20 m/s).



Şekil 3.1. Danimarka'da, 30 m yükseklikte ve düz bir arazide ölçül'en rüzgar şiddeti değ'erleti, (Troen ve Petersen, 1989).

Şekil 3.1'de, uzun zaman serilerindeki değ'işintinin (varyans), daha kısa zaman serilerindekine nazaran daha büyük olduğu kolayca görülebilmektedir. Farklı zaman ölçeklerindeki değ'işintide gözlemlenen bu ayrışma Şekil 3.2'de verilen güç spektrumuyla da açıklanabilmektedir.

Rüzgar şiddetinin spektral analiziyle ilgili yapılan bir çalışmada spektral güç yoğunluğu ($S(n)$), frekans (n) ile çarpılmıştır (van der Hoven 1957). Bir bölgenin çeşitli atmosferik hareketlerden nasıl etkilendiği de Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2 Brookhaven National Laboratory'de ölçülen rüzgar şiddeti spektrumu, (Freris, 1990).

Şeklin düşük frekans kısmı makro-ölçekli meteorolojik bölgeyi göstermektedir. Buradaki değişiklikler hava kütlelerinin büyük-ölçekli sinoptik hareketlerinin bir sonucudur. Bunlar, genelde periyodları 4 gün kadar süren depresyonlar ve antisiklonlar olarak gözlenmektedir. Yüksek frekans kısmındaki değişimler atmosferik türbülansın bir sonucu olup, mikro-ölçekli meteorolojik bölgeyi oluşturmaktadır. Bunlar yüzey sürtünmesiyle atmosferik sınır tabakanın alt kısımlarının karışmasının neticesidir. Enerjileri 1 dakikalık periyot civarında merkezlenmiştir. Spektrum sadece ölçümün yapıldığı bölgeyi temsil etmekle beraber, genel biçim ve tepe noktalarının pozisyonları çeşitli lokasyonlar için son derece benzerdir. Rüzgar şiddetiyle ilgili bütün spektrumlarda gözlenen en önemli özellik, 10 dakikalık periyotla 1 saatlik periyot arasında çok düşük enerjili bir spektral boşluğa sahip oluşlarıdır. Bu spektral boşluğun anlamı şöyle açıklanabilir: Eğer rüzgar hızı için ortalama alma periyodu bu aralıkta seçilirse, sinoptik değişimler türbülansın neden olduğu değişimlerden ayrıştırılabilir. Büyük ölçekli akışın gelişimi sonucunda ortaya çıkan uzun dönemli, değişimler, birbirini takip eden iki ortalama alma periyoduna ait ortalama rüzgar şiddeti değerlerinde küçük değişimler olarak görünürken, yine büyük ölçekli akışın mekanik karıştırıcılığı nedeniyle oluşan tüm çalkantılar türbülansa dahil edileceklerdir.

Bütün bu anlatılanlar ışığında, ortalama rüzgar şiddetini belirlemek için seçilecek iyi bir ortalama alma periyodunun 20 dakika ile 1 saat arasında olması gerektiği önerilmektedir,

(Davenport, 1968). Ortalama alma periyodunun bu aralıkta seçilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Bu aralık spektral boşluğun hemen hemen ortasında yer alması ve trendlerin genelde kuvvetli olmaması.
- Bu aralığın ömürleri 5-10 dakika kadar süren ani ve güçlü fırtınaları belirlemeye yetecek kadar kısa bir periyot olması.
- Bu aralığın durgun yapıdaki salınımları belirlemek için yeterince elverişli olması.
- Spektral boşluk dahilinde bir periyot seçilerek kararlı ortalamalar elde edilebilmesi.

Dünya'nın birçok ülkesinde ülkemizde de olduğu gibi 1 saatlik ortalama alma periyodları kullanılmaktadır.

3.2.2 Kullanılan veri ve yöntem

Çalışmada kullanılan rüzgar verisi 10'ar dakikalık periyotlara karşılık gelen ortalamalar şeklinde 1 yıl süre ile İTÜ meteoroloji parkında (yerseviyesinden 10m yükseklikte) ve Kandilli Meteoroloji İstasyonunda (yerseviyesinden 17.5m yükseklikte) ölçülmüştür. Bu veriler kullanılarak, 20 ile 30'ar dakikalık, 1, 3, 6 ve 12'şer saatlik, 1'er günlük, 1'er aylık ve 1 yıllık gruplandırmalar yapılmış ve bu periyotlara karşılık gelen ortalamalar şeklinde yeni veri setleri oluşturulmuştur.

T, oluşturulacak veri setinin periyodunu (20 dak, 30 dak, 1 saat, 3 saat, 6 saat, 12 saat, 1 gün 1 ay ve 1 yıl) göstermek üzere, oluşturulacak yeni veri setine ait periyotta kaç adet 10 dakikalık veri olduğu şu şekilde hesaplanır:

$$t = \frac{T}{10 \text{ dak.}} \quad (19)$$

Örneğin 20 dakikalık periyot için $t=2$, 1 saatlik periyot için $t=6$ ve 1 günlük veri için ise $t=144$ olacaktır. Buna göre, 10'ar dakikalık ortalamalar şeklinde elimizde mevcut olan rüzgar şiddeti verisi $u(j)$, ($j= 1,2,3,\dots,52560$) kullanılarak her veri setindeki i 'inci eleman şu şekilde hesaplanır.

$$U_T(i) = \frac{1}{t} \sum_{j=(i-1)t+1}^{t.i} u(j) , \quad (20)$$

$$(i=1,2,3,4,\dots,N)$$

Gözlem sayısı N , seçilen ortalama alma periyoduna bağlıdır. Sözelimi, ortalama alma periyodu 1 saat olarak seçildiği zaman $N = 8760$, 1 ay seçildiği zaman ise $N = 12$ olmaktadır.

En genel ifadeyle rüzgarın güç yoğunluğu şu eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$E = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (21)$$

Burada, E rüzgarın güç yoğunluğu (W/m²), ρ hava yoğunluğu (kg/m³) ve u ise anlık rüzgar şiddetidir (m/s). Ölçülen rüzgar hızının bir anlam kazanabilmesi için bir ortalama alma periyoduna referans edilmesi gerekmektedir.

$$U_T = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \quad (22)$$

Burada U_T , T periyoduna göre elde edilmiş rüzgar şiddeti ortalamasıdır.

Belirli bir süre için (burada 1 yıl) ortalama rüzgar gücü yoğunluğu aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$E = \frac{1}{2} \rho V_T^3 \quad (23)$$

Burada kullanılan V_T^3 terimi T ortalama alma periyoduna göre rüzgar şiddetinin küplerinin yıllık ortalamasıdır ve şu şekilde hesaplanır:

$$V_T^3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_{T_i}^3 \quad (24)$$

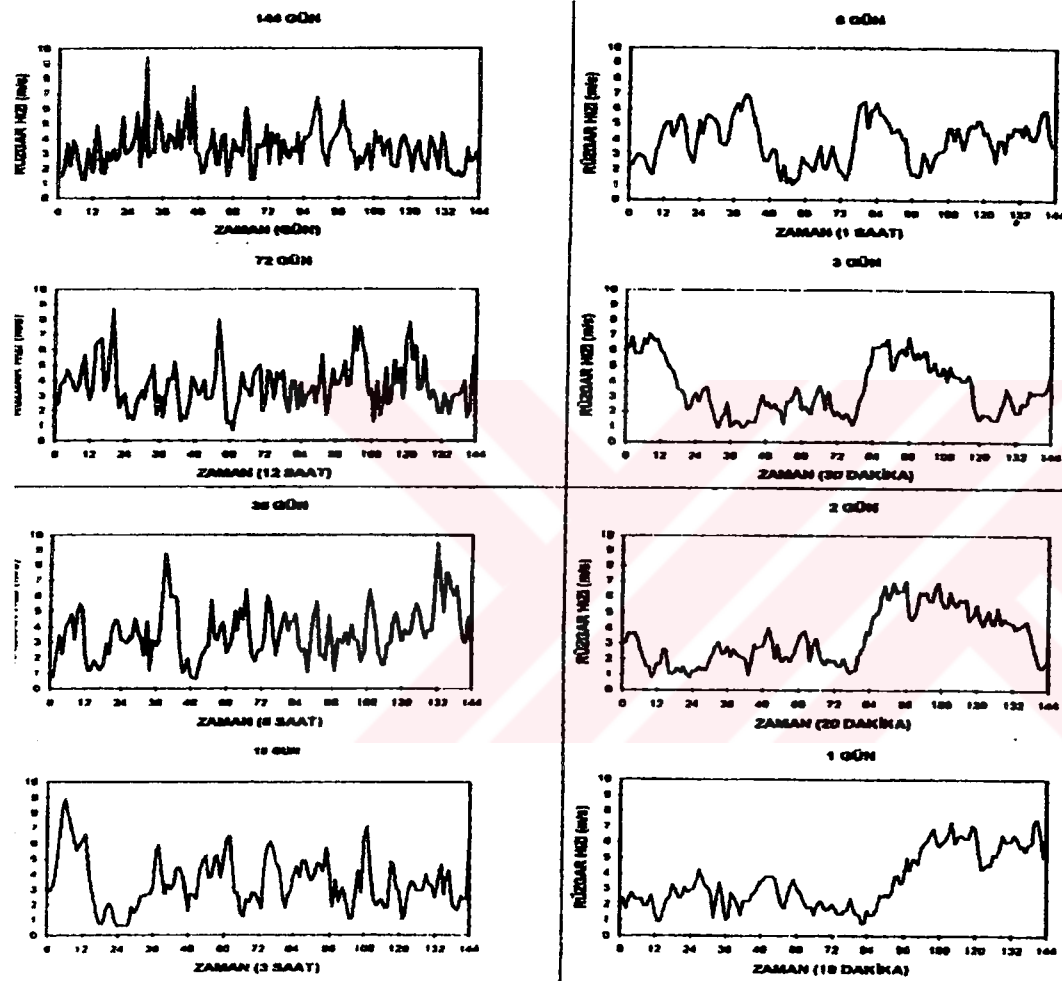
Aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla T periyotlarına göre oluşturulmuş rüzgar verisi seti kullanılarak, yıllık ortalama rüzgar şiddeti ve standart sapma hesaplanmıştır.

$$\overline{U_T} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_{T_i} \quad (25)$$

$$S_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (U_{T_i} - \overline{U_T})^2} \quad (26)$$

V10 3 , yani 10 dakikalık ortalama alma periyoduna göre hesaplanmış rüzgar şiddeti değerlerinin küplerinin ortalamasına göre bağlı hataların hesaplanmasında ise şu eşitlik kullanılmıştır.

$$RE = 100 * \frac{(V_{10}^3 - V_T^3)}{V_T^3} \quad (27)$$



Şekil 3.3'te Kandilli Rasthanesi'nde ölçülmüş 144 günlük rüzgar şiddeti verisi Şekil 1'deki mantıkla çizdirilmiştir. Burada grafiklerin her biri 144 veriyle çizdirilmiş olup, her veri o grafikte incelenen zaman aralığının 1/144'ü kadar bir zaman dilimini temsil etmektedir. Oluşturulan grafiklerin x-eksenlenlerinde ortalama alma periyotları verilmiştir. Her grafik üzerinde incelenen zaman aralığının toplam kaç gün olduğu belirtilmiştir. Uzun zaman serilerindeki değişiminin daha büyük olduğu açıkça görülmektedir.

Yukarıda verilen eşitlikler yardımıyla yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ortalama alma periyodu T , veri sayısı N , yıllık ortalama rüzgar şiddeti U , standart sapma S , rüzgar şiddetinin küplerinin ortalaması V^3 ve 10 dakikalık veriye göre hesaplanmış bağıl hata değerleri RE Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmektedir.

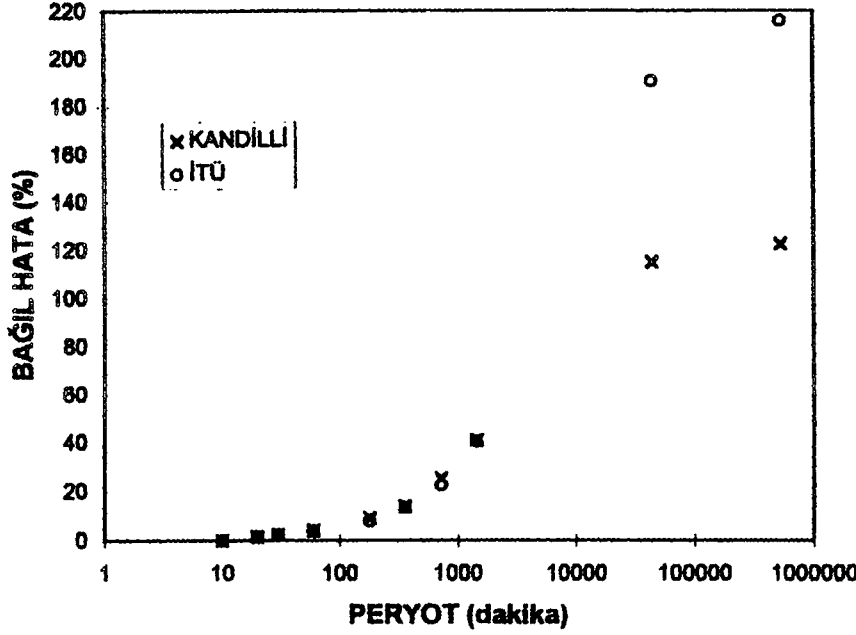
T	N	\bar{U} (m.s)	S (m.s)	V^3 (m^3/s^3)	RE (%)
10 dak	52560	3.24	1.90	75.75	0.000
20 dak	26280	3.24	1.88	74.76	1.324
30 dak	17520	3.24	1.87	74.11	2.213
1 saat	8760	3.24	1.84	72.78	4.081
3 saat	2920	3.24	1.76	69.52	8.961
6 saat	1460	3.24	1.69	66.60	13.739
12 saat	730	3.24	1.53	60.51	25.186
1 gün	365	3.24	1.32	53.76	40.904
1 ay	12	3.24	0.34	35.23	115.016
1 yıl	1	3.24	0	34.01	122.729

Tablo 3.1. Çeşitli ortalama alma periyotlarına göre hesaplanmış istatistikler (Kandilli)

T	N	\bar{U} (m.s)	S (m.s)	V^3 (m^3/s^3)	RE (%)
10 dak	52560	2.71	2.06	62.84	0.000
20 dak	26280	2.71	2.04	62.01	1.338
30 dak	17520	2.71	2.02	61.53	2.129
1 saat	8760	2.71	2.00	60.61	3.679
3 saat	2920	2.71	1.94	58.27	7.843
6 saat	1460	2.71	1.86	55.51	13.205
12 saat	730	2.71	1.73	51.22	22.686
1 gün	365	2.71	1.54	44.69	40.613
1 ay	12	2.71	0.46	21.63	190.522
1 yıl	1	2.71	0	19.9	215.779

Tablo 3.2. Çeşitli ortalama alma periyotlarına göre hesaplanmış istatistikler (Kandilli)

Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'den de görüldüğü gibi ortalama alma periyodu büyüdükçe hem S hem de V^3 azalmaktadır. Buna karşılık yıllık ortalama rüzgar hızı U 'nun ortalama alma periyodundan bağımsız olduğu ve dolayısıyla değişmediği görülmektedir. Tablolardan görülen diğer bir özellik ise aynı periyotlara karşılık gelen bağıl hataların aylık ve yıllık periyotlar hariç hemen hemen eşit olduğudur (Şekil 4). Bunlara ek olarak, 3 saatten küçük bir ortalama alma periyodu seçildiğinde hesaplanan rüzgar gücü değerlerindeki bağıl hata miktarının %10'dan az olacağı; aylık ve yıllık periyotlar kullanılması durumunda ise bağıl hatanın %100'ü aşacağı söylenebilir.



Şekil 3.4 Bağıl hata ve periyot

Bilindiği gibi ölçülen rüzgar hızında gözlenen çalkantılar meteorolojik koşulların yanısıra anemometrenin kurulmuş olduğu bölgenin topografik yapısına, pürüzlülüğüne ve civarda bulunan perdeleyici engellere bağlıdır. Bu yüzden sadece iki istasyonda yapılan bu analiz kesin yargılara varmanın hatalı olabileceğini belirtmek gerekmektedir. Bununla beraber, rüzgar enerjisi çalışmalarında kullanılacak rüzgar verisinin en az 1 saatlik ortalama alma periyoduna göre kaydedilmesi hesaplamalardaki hata miktarının %5 veya daha az olmasını sağlayacaktır. Aylık ve yıllık ortalamalar şeklinde kaydedilen veri % 100'ü aşan oranda bir bağıl hataya neden olduğu için yıllık ortalama rüzgar gücü yoğunluğu hesaplamalarında kullanılamayacağı da açık bir şekilde görülmektedir.

3.3 Rüzgar değişkenlerinin alansal normal dağılım grafik modelleri.

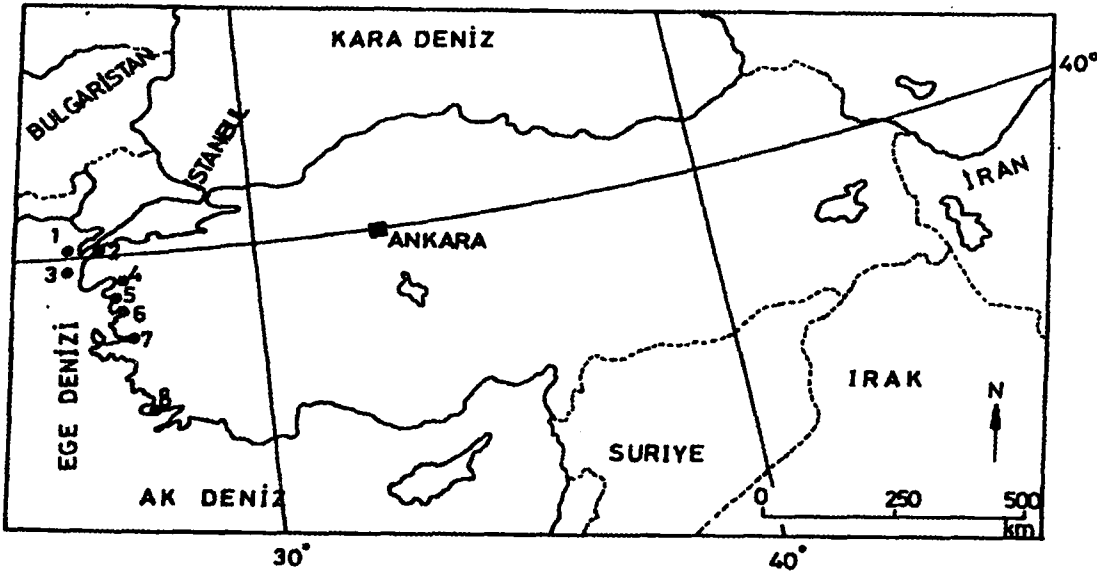
Rüzgar enerjisi çalışmalarında ülkemizde en fazla araştırma Batı Anadolu bölgesinde yapılmıştır. Bu bölgenin bazı noktalarında ölçülen rüzgar hızı değerlerinin bölgesel olarak nasıl değiştiği yapılan birkaç çalışma dışında ele alınmamıştır, Rüzgar değişkenleri olarak ifade edilen rüzgar hızı, rüzgar enerjisi ile Weibull dağılımının ölçek ve şekil parametrelerinin bölgesel olarak normal dağılıma uyup uymadıkları normal dağılım kağıtlarına çizilen doğrularla belirlenmeye çalışılmıştır. Genel yapı itibariyle Bozcaada istasyonu dışındaki istasyonların bütün parametrelerde normal dağılım ihtimal kağıdında benzer yapı gösterdikleri gözlenmiştir. Bozcaada istasyonunun enerji değerinde diğer istasyonlara göre büyük bir sapmanın olduğu görülmüştür. Buradan ise klasik düşüncenin tersine enerjinin hızın küpü ile tam doğru orantılı olarak değişmemesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Rüzgar enerjisi değişim ve hesaplamalarında zaman ile uzay temel rol oynayan önemli değişkenlerdir. Meteorolojik değişkenlerin uzaysal değişimleri önceden beri merak edilen

bir konu özelliği taşımıştır. En çok bilinen uzaysal değişim yöntemlerinin başında haritalama yöntemi gelmektedir, Belirli noktalarda ölçülen meteorolojik değişkenlerle eşit değerdeki noktalar birleştirilerek haritalama yöntemi geliştirilmiştir. Elde edilen bu eğriler yardımıyla ölçüm yapılmamış komşu noktaların yaklaşık değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır, Yer seviyesine yakın konumlarda bu basit tahmin yöntemlerinin gerçeği yakalayabilme özellikleri de azalmıştır. Batı Ariadolu bölgesinde rüzgar değişkenleri sekiz istasyonda İncecik ve Erdoğan (1994) tarafından değerlendirilerek hesaplanmışlardır. Batı Anadolu bölgesindeki rüzgar enerjisi potansiyeline Şahin ve Şen (1995) yeni bir formülasyon ile dikkat çekilmiştir. Aslan ve ark. (1993) Batı Anadolu'da yer alan ve rüzgar enerjisi potansiyeli olarak önemli bir değere sahip olan Gökçeada istasyonu için çalışmalar yapmışlardır. Meteorolojik değişkenlerin uzaysal olarak değişimleri Matheron (1963) tarafından yarı variogram olarak ve daha sonra da Şen (1989) tarafından toplam yarı variogram yöntemi olarak literatüre kazandırılmıştır. Toplam yarı variogram yöntemini Şen ve Şahin (1996) Batı Anadolu bölgesine uygulanarak rüzgar hızının uzaysal değişimi için hesaplamalar yapılmıştır. Bu makalede uzaysal değişim için kullanılan normal ihtimal kağıdı grafik modelleri Şen (1993) tarafından güneş ışınımı için çıkarılarak pratikliğine dikkat çekilmiştir. Çıtak (1994) aynı şekilde ihtimal kağıtlarını İstanbul ışınım değerlerine uygulamıştır.

3.3.1 Kullanılan veriler

İncelenen istasyonlar Batı Anadolu'da 36° ve 39° Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Burada kullanılan veriler DMI, tarafından ölçülen sekiz istasyondaki saatlik değerlerdir. Bu istasyonlar genel dağılım itibari ile Batı Anadolu'nun kıyı kesimlerinde yer almışlardır (bak. Şekil 3.5). Veriler, 1 Ocak, 1979- 31 Aralık, 1983 tarihleri arasında yaklaşık 4 yıllık bir sürede ölçülmüştür. Yalnız İzmir ve Bodrum verileri 1 Ocak, 1980- 31 Aralık, 1982 tarihleri arasında ölçülmüştür, İncecik ve Erdoğan (1994). Bu 8 istasyondaki rüzgar enerjisi teorik hesaplamalarına esas teşkil edecek Weibull dağılım parametreleri İncecik ve Erdoğan (1994) tarafından verilmiştir.



Şekil 3.5. İstasyonların genel dağılımı

3.3.2 Önerilen yöntem

Rüzgar enerjisi, kinetik enerjinin bir çeşidi olup genel yapı olarak formüsel ifadesi daha önce belirtildiği gibi,

$$E = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad (21)$$

Şeklinde dir. Burada ρ , deniz seviyesindeki standart atmosfer şartlarında kabul edilen yoğunluk olup sayısal değeri 1.223 kg/m^3 tür. V ise 10 m yükseklikte ölçülen yatay rüzgar değeridir. Gösterilen (1) eşitliliğinden de anlaşılacağı gibi rüzgar enerjisi, rüzgar hızının üçüncü kuvvetiyle orantılı olarak değişmektedir. Tabiki rüzgar enerjisi hesaplamalarında sabit ρ değerleri gerçek değerlerden sapmalara yol açacaktır.

Rüzgar enerjisinin frekans dağılımına en uygun istatistiksel dağılımın Weibull dağılımı olduğu başta Justus ve ark. (1978) ve Lyons (1989) tarafından ifade edilmiştir. Rüzgar hız değerlerinin, hakim yön ve şiddetlerinin bulunması bu dağılımın kullanılmasının esas sebepleri arasında yer almaktadır. Buna göre Weibull dağılımı;

$$P(V) = (k/c)(V/c)^{k-1} \cdot \exp\left[-(V/c)^k\right] \quad (28)$$

şeklinde verilmiştir. Değişken olarak V , rüzgar hızı , c , ölçek değişkeni (hız biriminde) ve k ise şekil değişkenini temsil etmekte olup birimsiz bir yapıya sahiptir.

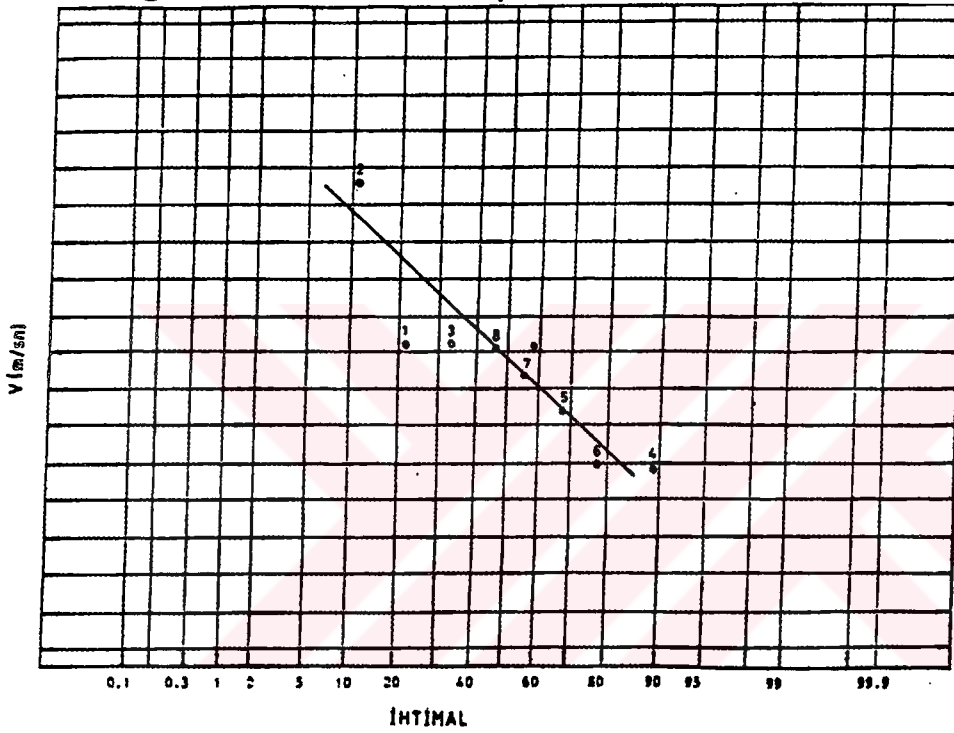
Kullanılan normal dağılım ihtimal kağıtlarında yukarıda bahsedilen rüzgar hız ve enerjisi, ölçek ve şekil parametrelerinin bölgesel olarak nasıl bir yapı gösterdikleri araştırılmak istenmiştir. Yorumlara geçmeden önce mevcut verilerden normal ihtimal yüzdelerinin bulunuşu hakkında biraz bilgi vermek gerekir. Öncelikle ölçülen ve hesaplanan değerlerin sıralı değerleri büyükten küçüğe doğru oluşturulmaktadır. Elimizde n adet veri varsa her bir sıralı değere karşı gelen m değeri bulunmaktadır. Daha sonra bu sıralı m değerlerine karşılık gelen ihtimal değerleri $(m/n+1)$ formülüyle elde edilir. Belirtilen işlem ve hesaplar tüm istasyonlar için yapılarak Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

İstasyon Adı	No	E wm^{-2}	V ms^{-1}	k	c	Sıralı				İhtimal			
						(E)	(V)	(k)	(c)	(E)	(V)	(k)	(c)
Gökçeada	1	113	4.1	1.7	4.6	3	2	6	2	0.33	0.2	0.66	0.22
Bozcaada	2	320	6.4	2.0	7.6	1	1	2	1	0.11	0.11	0.22	0.11
Çanakkale	3	94	4.1	1.7	4.6	4	3	3	3	0.44	0.33	0.33	0.33
Edremit	4	20	2.4	1.7	2.7	8	8	4	8	0.88	0.88	0.44	0.88
Ayvahık	5	59	3.3	1.5	3.7	5	6	7	6	0.55	0.66	0.77	0.66
Dikili	6	21	2.5	1.7	2.7	7	7	5	7	0.77	0.77	0.55	0.77
İzmir	7	53	3.6	2.1	4.1	6	5	1	5	0.66	0.55	0.11	0.55
Bodrum	8	115	4.1	1.4	4.5	2	4	8	4	0.22	0.44	0.88	0.44

Tablo 3.3. Yıllık ortalama rüzgar değişkenleri, sıralı değerleri ve ihtimalleri.

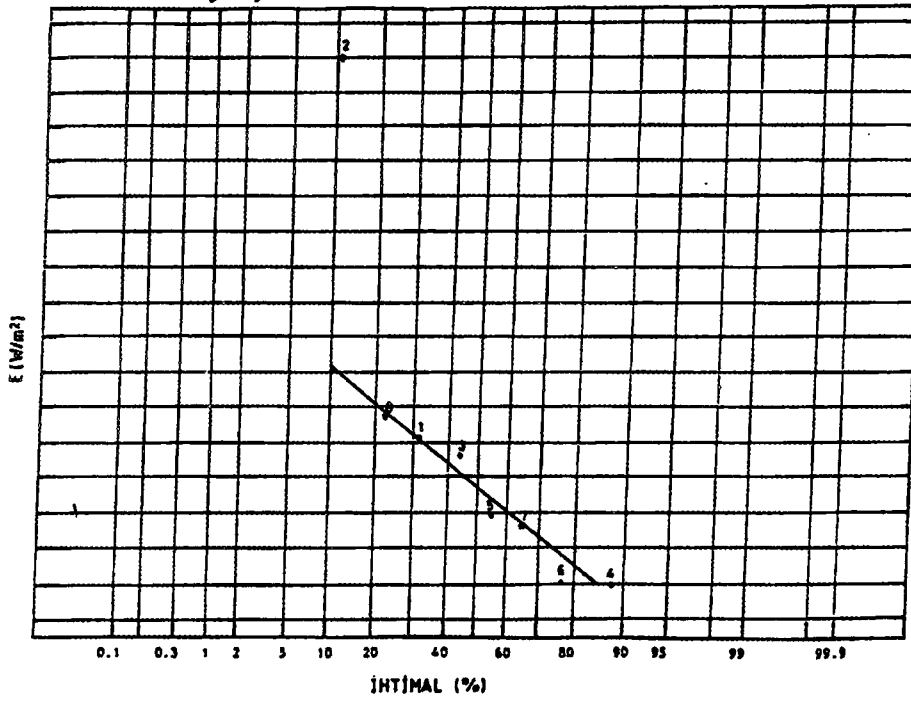
Bu tablodan görüleceği gibi değerlerin büyükten küçüğe doğru sıralanmasından dolayı en büyük değerler en küçük ihtimale sahip olacaktır. Buna karşılık küçük değerler ise daha büyük ihtimal değerlerinde görülecektir. Bunun anlamı ihtimallerle değerlerin ters orantılı olmasıdır. Rüzgann genel yapısı düşünüldüğünde bu ihtimal değerlerinin gerçeğe çok yakın oldukları kolaylıkla görülebilir.

Normal ihtimal kağıtlarında düşey eksen, elde edilen rüzgar enerjisi, hızı veya Weibull dağılımının ölçek ve şekil parametrelerinin değerleri, yatay eksen ise sıralı değerlere bağlı olarak bulunan ihtimaller kullanılmaktadır. Öncelikle rüzgar hız değerleri ele alınmıştır (Şekil 3.6). Buradan görülebileceği gibi rüzgar hız değerleri dağılımının bir doğru ile temsil edilebildiği anlaşılmaktadır. Bu doğrusallığın büyük hız değerlerine sahip olan Bozcaada ve Gökçeada istasyonları tarafından eğiminin artırılarak az da olsa sapınaya sebep olduğu görülmektedir. Buradan anlaşılabilirdiği kadarıyla alansal olarak Bozcaada istasyonu diğer istasyonlardan daha bağımsız bir karaktere sahiptir.



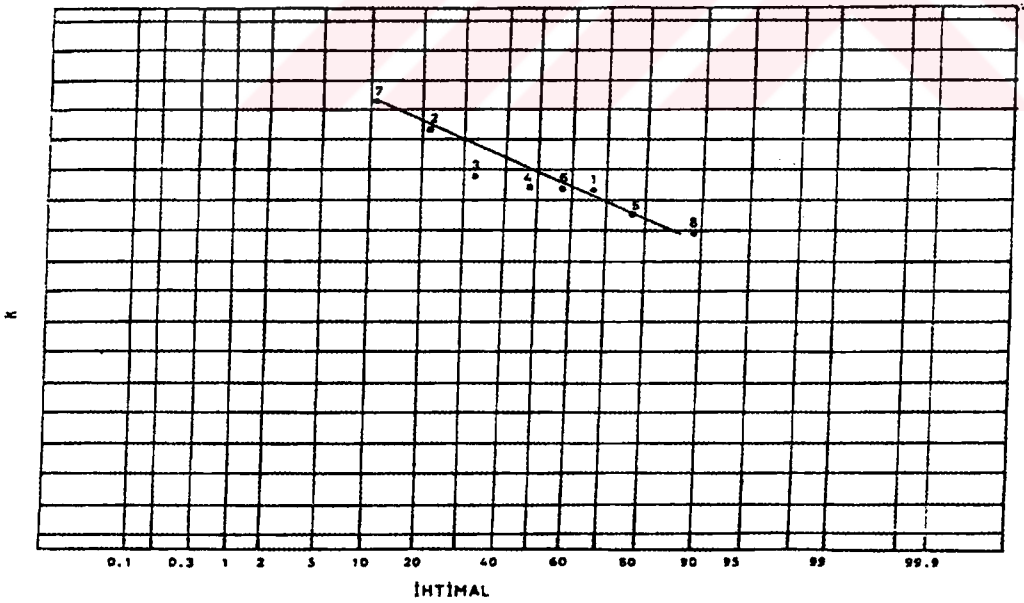
Şekil 3.6. Rüzgar hızının alansal dağılımı.

Rüzgar enerjisi değerleri ele alındığında ise Şekil 3.7.'de bahsedilen Bozcaada istasyonunun saptırıcı etkisi daha net bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 3). Bunun başlıca sebebi ise hesaplarda rüzgar enerjisi değerlerinin rüzgar hızının küpü ile doğru orantılı olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 3'den de görüleceği gibi Bozcaada istasyonu dışındaki bütün istasyonlar arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Bu durum ise Batı Anadolu kıyıının rüzgar enerjisi potansiyeli olarak alansal özelliklerden ziyade noktasal özelliklere bağlı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 3.7. Rüzgar enerjisinin alansal dağılımı.

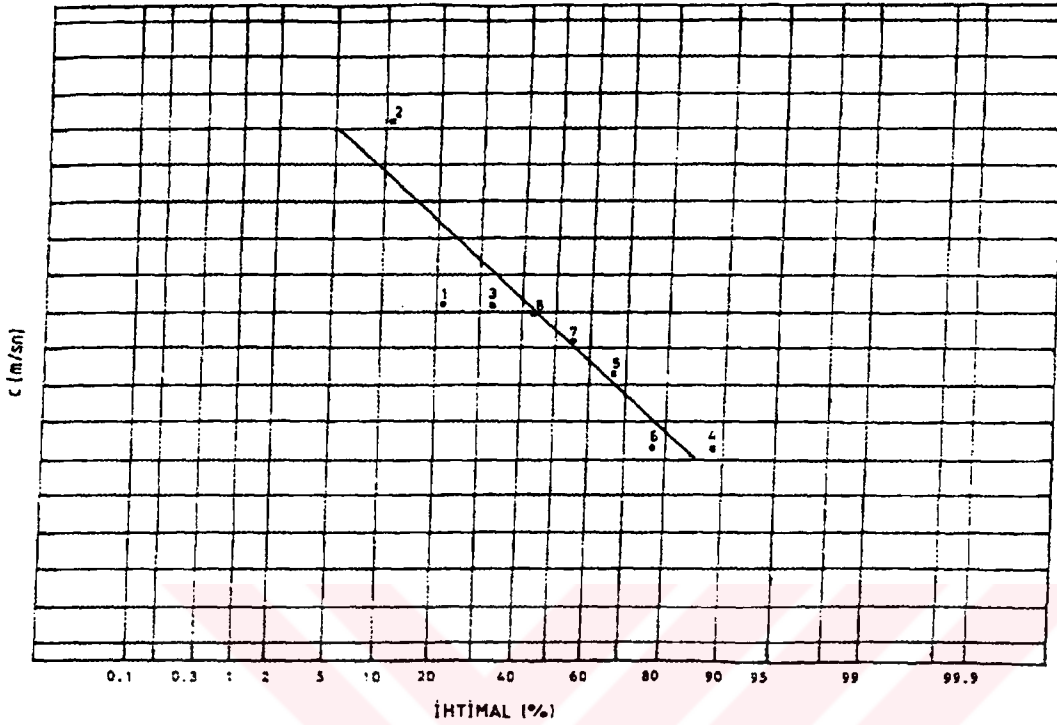
Bu çalışmada ele alınan değişkenlerden birisi olan Weibull dağılımının şekil parametresi diğer değişkenlerin aksine istasyonlar arasında çok iyi bir doğrusal ilişki göstermiştir. Weibull şekil parametresinin benzer yapı göstermesi bölgede aynı karakterli rüzgarların etkili olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Weibull şekil değişkeninin dağılımı.

Değerlendirmeye alınan en son değişken olan Weibull ölçek değişkeni ise ilginç bir şekilde rüzgar hızına paralel bir durum sergilemiştir. Rüzgar hızına olan bu paralellik akla

öncelikle rüzgar hız değerlerinin bölgesel olarak Bozcaada istasyonu dışındaki kısımlarda benzer yapıya sahip oldukları sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Weibull ölçek değişkeninin alansal dağılımı.

Jain (1984), saatlik ışınım oranının, $P(t)$, ışınım zamanının, t , fonksiyonu olarak aşağıdaki normal dağılım fonksiyonu ile ifade edilebileceğini iddia etmiştir.

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (29)$$

Bu ifadede μ ve σ sırasıyla aritmetik ortalama ve standart sapma değerlerini temsil etmektedir. Yapılan çalışmada ise ışınım değerleri yerine rüzgar değişkenlerinin normal dağılıma uygunlukları araştırılmıştır. Normal dağılım ihtimal kağıtlarının yardımıyla herhangi bir değişkenin ortalama değer ve standart sapmaları bulunabilir. Elde edilen alansal doğrunün %50'ye karşı gelen değeri ortalama olup %16 ve %84'e karşılık gelen değerler ise standart sapmayı göstermektedir (Tablo 2).

Alansal Büyüklükler

Değişken	Ortalama	Standart sapma
V	3.9	3.1
E	67	108
k	1.78	0.54
c	4.25	3.5

Tablo 3.4. Alansal olarak ortalama ve standart sapmanın değişimi.

Son yıllarda yapılan rüzgar enerjisi çalışmaları genelde sayısal yöntemlerle hazırlanan modellerden elde edilmiştir. Burada önerilen grafiksel modelin hem pratik olması hem de yaklaşımlarının iyi sonuç vermesi bakımından mühendislik değerlendirmelerinde önemli rol oynayacaktır. Elde edilen grafik modellerine bakıldığında bölgesel olarak Batı Anadolu'nun Bozcaada istasyonu dışında yapısal olarak benzer özellikler gösterdiği anlaşılmıştır.

Rüzgar enerjisi , güneş enerjisi gibi hava koşullarına ve topografik şartlara göre değişim göstermektedir. Rüzgar enerjisi yatay veya düşey eksenli rüzgar türbinleri ile mekanik enerjiye dönüştürülmekte, su pompalarına veya elektrik üretimi amacıyla da mekanik enerjisinden yararlanılmaktadır.

Dünyada rüzgar enerjisi konusundaki teknoloji, rüzgar enerjisi ile küçük çaplı mekanik su pompası, tek başına (stand alone) sistemler ile küçük yerleşim birimlerinin enerji ihtiyacının karşılanması ve doğrudan şebekeye bağlı birimler konularında gelişmeler göstermektedir Şebeke bağıntılı sistemler bir adet sistemden oluşabileceği gibi rüzgar tarlası olarak tanımlanan çok sayıda sistemden de oluşabilmektedir Halen rüzgar enerjisiyle ilgili teknoloji, büyük çapta enerji üretimi amacına yönelik sistemlerin tasarımı üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Günümüzde tek bir sistemin büyüklüğü 750 kW ve üzeri kapasitelere ulaşmış olup özellikle 750 kW'lık sistemler ticari ortama girmiş bulunmaktadır. Tablo-13'de dünyada çeşitli ülkelerin 1990 yılı itibariyle rüzgar enerjisi kurulu gücü ve enerji üretimleri gösterilmektedir

Başta Kaliforniya (ABD) ve Danimarka'da olmak üzere 2000 MW toplam kapasitede sistem kurulmuş ve artırılması konusunda çalışmalar sürdürülmektedir. Hollanda, Almanya, İngiltere, İtalya ve Hindistan teknoloji geliştirmesi ve ticari olarak üretim çalışmaları konusunda ulusal programlar oluşturmuşlardır. Sistem kurulması maliyetinin son yıllarda hızla düşmesi ile rüzgar enerjisi oldukça rekabetçi bir duruma gelmiştir

Rüzgar enerjisi ile çalışan su pompalama sistemleri bazı ülkelerin kırsal bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha verimli ve daha geniş bir aralıktaki rüzgar hızlarında kullanılabilme ve maliyetlerinin düşürülmesi konusundaki çalışmalara devam edilmektedir. Dünyada çeşitli kıta parça ve bölgelerinin bugün ve 2020 yılına kadar TWh olarak petrol yerine ne kadar rüzgar enerjisi üretilebileceğine ve rüzgar enerjisi rezerv tahminleri yapılmıştır. Bu çalışmalarda ekolojik dengedeki değişimlere göre değişik senaryolar ve bunların sonucunda üretilebilecek rüzgar enerjisi maliyet analizleri de yapılmıştır.

Dünya rüzgar enerjisi potansiyelinin 50 derece kuzey ve güney enlemleri arasındaki alanda 26 000 TWh/yıl (3 TWh) olduğu, ekonomik ve diğer nedenlerden dolayı 9 000 TWh/yıl (1 TW) kapasitenin kullanılabilir olduğu tahmin edilmektedir. Yine yapılan çalışmalara dayanılarak, dünya yüzey alanının (107 milyon km kare) % 27'sinin (3 milyon km kare) yıllık ortalama 5 m/s'den daha yüksek rüzgar hızlarının etkisinde kaldığı belirtilmektedir. Bu rüzgar enerjisinden yararlanma imkanının olabileceği varsayımıyla 8 MW/km² üretim kapasitesi ile 240 000 GW kurulu güce sahip olabileceği hesaplanmaktadır. Bu toplam alanın tamamının rüzgar tarlası olarak değerlendirilemeyeceği ve ancak bu alanın % 4'ünün kullanılma imkanının olduğu tahmin edilmektedir. Tablo 3.5 de çeşitli ülkelerin 2000 yılına kadar rüzgar enerjisini tahmini potansiyeli, hedefi ve kapasiteleri verilmektedir

Pekçok avantajının yanısıra, rüzgar enerjisi kullanım amacıyla rüzgar türbini ve rüzgar tarlaları kurulması sırasında, görsel ve estetik olarak kişileri ve çevreyi etkilemesi, gürültü oluşturması, kuş ölümlerine neden olması, haberleşmede parazitler oluşturması gibi konulardaki dezavantajları nedeniyle ve finans bulma gibi zorluklarıyla uygulamaları sınırlı kalmıştır. Çeşitli ülkelerin rüzgar enerjisi kurulu gücü ve enerji üretimleri Tablo 3.6'da verilmektedir.

Tablo 13 Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü ve Enerji Üretimi (1990) (1)

Ülkeler	Kurulu Güç	Elektrik Üretimi
	MW	GWh
ABD	15570	25000
Almanya	47.0	-
Avusturya	-	125.0
Belçika	4.2	8.1
Çin	5.0	28.0
Danimarka	412.0	744.0
Eski SSCB	3.0	5.1
Güney Amerika	50.0	-
Hindistan	6.0	-
Hollanda	45.0	31.0
İngiltere	8.8	29.0
İspanya	7.7	9.6
İsveç	7.7	9.6
Japonya	1.0	-
Kanada	5.0	3.1

- Bilinmeyen veya sıfır

Kaynak : WEC Survey of Energy Resources, 1992

Tablo 3.5: Dünya Rüzgar enerjisi Kurulu gücü ve Enerji üretimi

Tablo 14 Rüzgar Enerjisi Tahmini Potansiyeli ve Hedef Kapasiteleri (1)

Ülke	Tahmini Potansiyel	Hedeflenen Kapasite	
	MW	MW	Hedef Yıl
Çin	1600 GW	100-200	2000'de
Danimarka		1000	2000'de
Finlandiya	11-16 Twh/yıl	20-35	2000'de
Almanya	2.7 GW (ekonomik)	250	1995'de
Yunanistan	6.4 TWh/yıl	150	2000'de
Hindistan	20 GW		
İtalya		300	2000'de
Ürdün		50	2010'da
Hollanda		1000	2000'de
Norveç	14 TWh/yıl		
İspanya	100	1993'de	
İsveç	30TWh/yıl	100	1996'da
İngiltere	45 TWh/yıl onshore		
ABD	2500 GW	4000-8000	20007de
C.I.S.	2000 TWh/yıl		

Kaynak : Renewable Energy Resources : Opportunities and Constraints 1990-2020, July 1993

Tablo 3.6: Rüzgar Enerjisi tahmini potansiyelleri ve hedef kapasiteleri

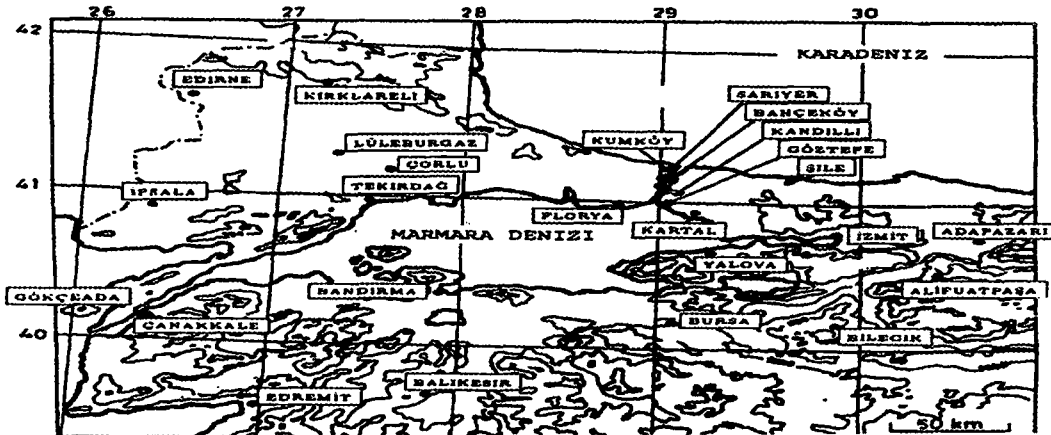
3.4 Marmara bölgesi rüzgar enerjisi planlaması

Bir yörenin ihtiyacı olan enerjisinin karşılanabilmesinde en önemli sorun mevcut olan enerji potansiyellerinin belirlenmesidir. Özellikle rüzgar ve güneş enerji potansiyellerinin tesbiti veri sıkıntısı ile güçlük arz eder. Ülkemizde bir kaç istasyon dışında şimdiye kadar gerçek anlamda bir potansiyel çalışması yapılmamıştır. Böyle bir çalışmanın başlangıcını oluşturmak için Marmara bölgesinde Edirne istasyonunun 1991-1995 yılları arasındaki rüzgar değerleri göz önüne alınmıştır. Enerji potansiyeli hesaplanmasında gerekli olan rüzgar değişkenleri tesbit edilmiştir. Bu çalışmada verilerin istatistiksel değerlendirilmeleri ile uygun dağılımın alışıla gelmiş olan Weibull dağılımdan daha çok saatlik rüzgar verileri için lognormal dağılım olduğu bulunmuştur. Bu dağılıma göre elde edilen ortalama ve standart sapma değerlerinin zamanla değişimi incelenmiştir. Edirne'de rüzgar enerjisinden yararlanmanın en fazla gündüz saatlerinde olduğu tesbit edilmiştir. Meteoroloji değişkenlerinden rüzgar, yeryüzünün zamansal ve uzaysal olarak farklı şekilde güneşlenmesinden dolayı ortaya çıkar. Güneşlenme farkının büyüklüğüne bağlı olarak rüzgar şiddeti de değişim göstermektedir. Uzaysal olarak kuvvetli rüzgarlar daha çok deniz - kara etkileşiminin olduğu bölgelerde ve vadilerde ortaya çıkar. Zamansal boyutta ise en büyük kararsızlıklar ilkbahar ve sonbahar aylarında kuvvetli rüzgarlar ile görülmektedir. Marmara bölgesi rüzgar enerjisi potansiyel planlanması için düşünülen bu çalışmada esas olarak Edirne istasyonu seçilmiştir.

Ülkemizde rüzgar enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalarda Marmara bölgesi, özellikle de Çanakkale ve civarı göz önüne alınmıştır. İncecik ve Erdoğan (1995) Batı Anadolu Bölgesi için enerji potansiyeli ve rüzgar değişkenlerini incelemişlerdir. Arslan ve ark. (1993) Gökçeada istasyonu için rüzgar enerjisi potansiyeli çalışmaları yapmışlardır. Şahin ve Şen (1995) Çanakkale istasyonunda nem, basınç ve sıcaklık gibi meteorolojik değişkenleri de içeren potansiyel hesaplaması yapmıştır. Avrupa Rüzgar Atlasında Ege sahillerimize yakın adaların kuvvetli rüzgarlara sahip olarak gösterilmesi bu bölgeye olan ilgiyi arttırmıştır, (European Wind Atlas)

3.4.1 Kullanılan veri ve yöntem

Kullanılan veriler 1991-1995 yılları arasında Devlet Meteoroloji İşleri (D.M.İ.) tarafından ölçülen saatlik rüzgar yön ve hız değerleridir. Yukarıda da belirtildiği gibi başlangıç olarak Edirne istasyonu ele alınmıştır. Şekil 3.10' da Edirne'nin konumu görülmektedir.



Şekil 3.10: Edirne'nin coğrafi konumu

Rüzgar enerjisi hesaplamalarında, en etken değişken rüzgar hızıdır. Çünkü enerji değeri rüzgar hızının küpüyle ve yoğunlukla orantılı olarak değişmektedir. (Justus ve ark., 1978).

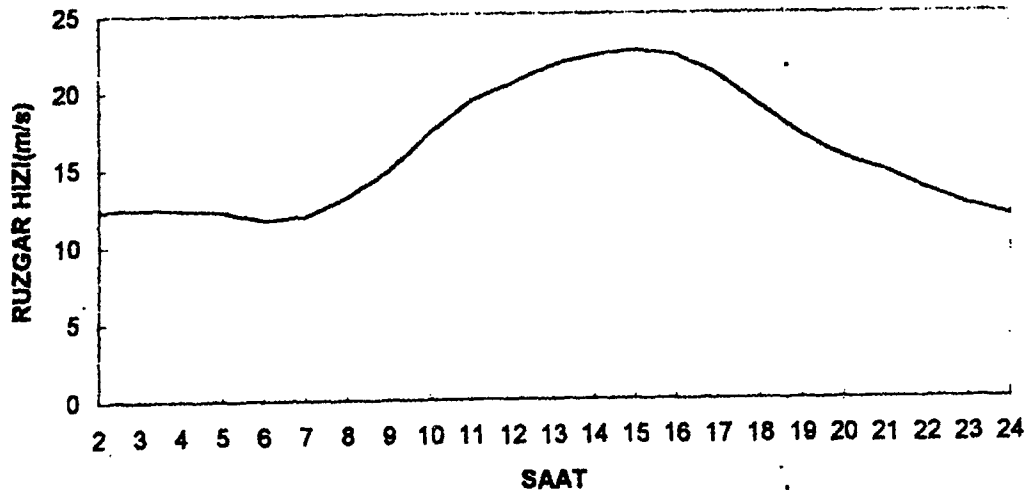
$$E = 1/2\rho V^3 \quad (23)$$

Burada ρ , deniz seviyesindeki standart atmosfer şartlarıda kabul edilen yoğunluk olup sayısal değeri 1.223 kg/m^3 , V ise 10 m yükseklikte ölçülen yatay rüzgar hızıdır. Edirne için yapılan bu çalışmada ikişer saat aralıklı rüzgar değişkenlerinin ortalama değerleri Tablo 3.7 'de görülmektedir.

Zaman (Saat)	01:00	03:00	05:00	07:00	09:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00
Max.Hız (m / s)	74	74	74	71	69	84	82	84	82	73	77
Min.Hız (m / s)	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0
Std.Sapma (m / s)	9.6579	9.7819	10.259	9.8271	10.995	11.389	11.898	12.063	11.906	10.905	9.9264
Mod (m / s)	6	6	8	8	6	16	19	16	16	12	11
Ort.hız (m / s)	11.996	12.423	12.229	11.913	14.820	19.359	21.633	22.578	20.986	17.045	14.714
Enerji pot. (waat /m2)	1055.5	1172.6	1118.3	1038.7	1990.6	4436.7	6191.1	7034.8	5651.6	3028.4	1948.2

Tablo: 3.7 Edirne rüzgar değişkenlerinin ortalama değeri

Rüzgar hızının zamanla değişiminde kararsızlığın en fazla olduğu öğleden sonraki saatlerde değerler maksimuma ulaşmakta, buna karşılık günün başlangıcında ve sonunda ise minimuma yaklaşmaktadır. (Şekil 3.11) Bu durumda ise rüzgar enerjisi üretmek için en uygun zaman aralığının gündüz saatlerinde aranması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 3.11: Rüzgar hızının zamanla değişimi

Rüzgar enerjisinin değerlerine en uygun istatistiksel dağılımın Weibull dağılımı olduğunu başta Justus ve ark. (1978) ve Lyons(1989) tarafından ifade edilmiştir. Bu çalışmaların

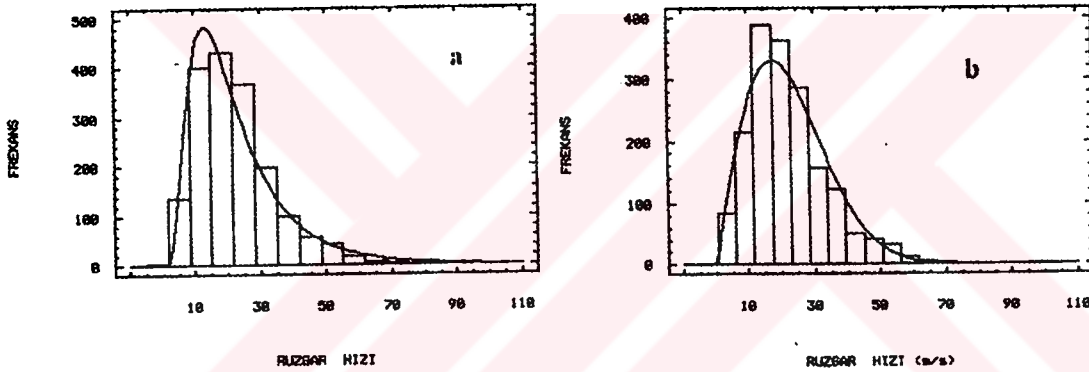
aksine lognormal dağılımın Edirne için daha gerekli olduğu görülmüştür. Hakim rüzgar hız ve yön değerleri ile şiddetlerinin bulunması bu dağılımın kullanılmasının esas sebepleri arasında yer almaktadır. Buna göre normal dağılımlı değişken x ; aritmetik ortalama değeri μ , ve standart sapma σ olmak üzere bağıl frekans dağılım fonksiyonu

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2} \right], \quad -\infty < x < \infty \quad (30)$$

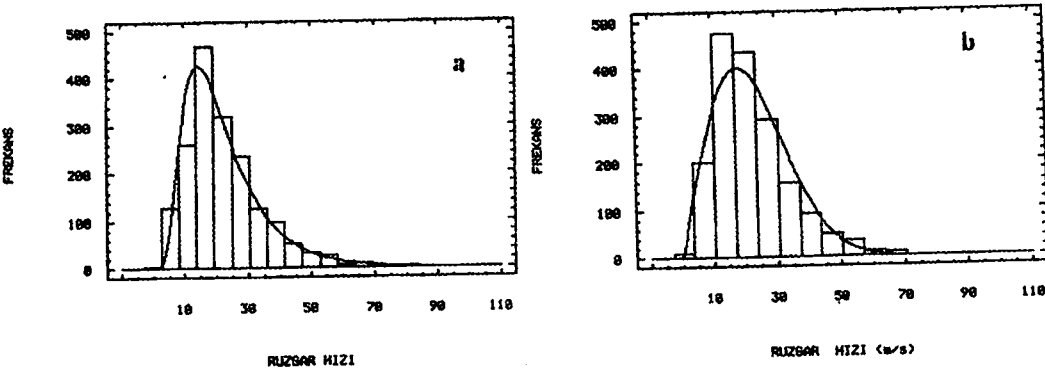
formülü ile ifade edilir. Ayrıca lognormal dağılım y ise tanım olarak

$$x = \ln(y)$$

şeklinde bir dönüşüm ile yukarıdaki gibi normal dağılı bir hale getirilir. Burada y lognormal dağılımlı, ve teorik olarak, $0 < y < \infty$ arasında değişen bir büyüklüktür. Elde bulunan Edirne saatlik verileri için lognormal ve Weibull dağılımlarının hız-frekans değişimi elde edilmiş ve Şekil 3.12 ve 3.13'de gösterilmiştir. Bu şekillerden görüleceği gibi lognormal dağılımın Edirne istasyonunun verilerini Weibull dağılımından daha iyi temsil etmektedir.

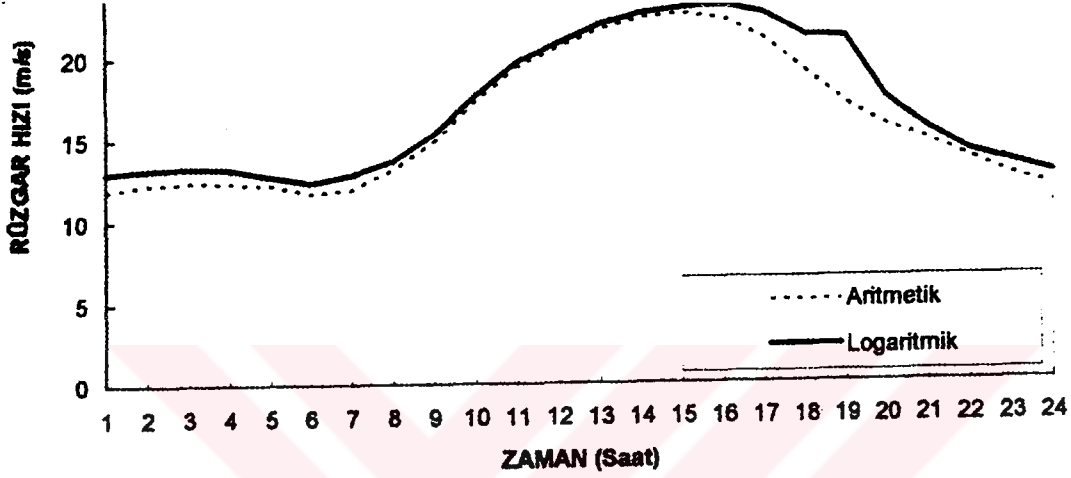


Şekil 3.12. Saat 14:00' de hız- frekans dağılımı, (a) Lognormal; (b) Weibull



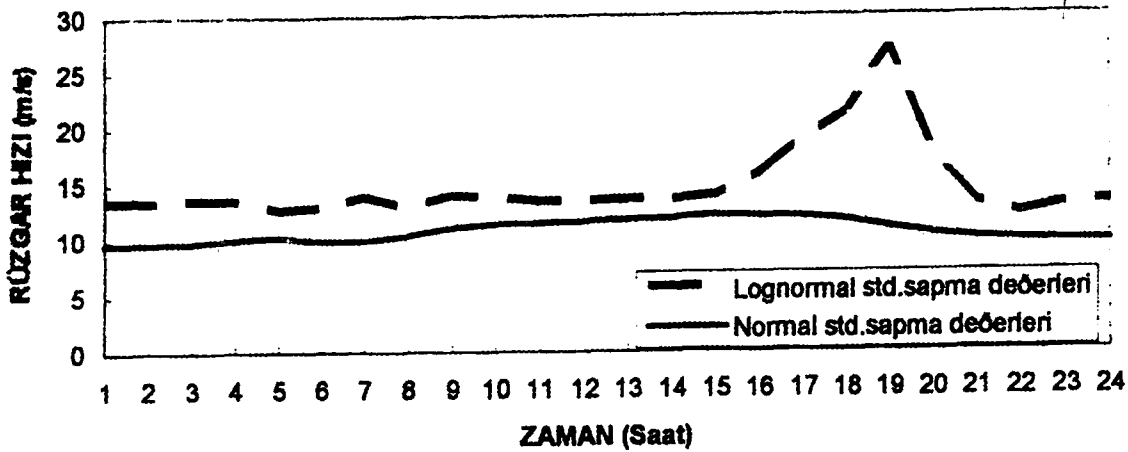
Şekil 3.13. Saat 16:00'da hız-frekans dağılımı, (a) Lognormal; (b) Weibull

Bu grafiklere göre en fazla tekrar aralığının diğer bir ifade ile en sık değerin 3.5-16 m/s hız değerlerinde bulunması bu bölgenin rüzgar potansiyeli olarak avantajlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Burada yapılan çalışmada lognormal dağılımın ortalama değerinin zamanla değişimi de bulunmuştur. Şekil 3.14'den de görüleceği gibi en yüksek ortalama hız değerleri saat 14:00 civarında ortaya çıkar. Lognormal ortalama değerlerinin, aritmetik ortalama değerlerine göre biraz sağa doğru kaydığı ve buna bağlı olarak maksimum değerlerinde sağa kaydıkları görülmektedir. Aynı zaman da az da olsa lognormal ortalama aritmetik ortalamadan daha büyüktür. Sonuç olarak lognormal ile elde edilen ortalamalarını kullanılması uygun düşecektir.



Şekil 3.14. Logaritmik ve aritmetik ortalamalar

Aynı zamanda standart sapma ile lognormal standart sapma değerlerinin de zamanla değişimi incelenmiş ve standart sapma değerlerinin lognormal dağılımda daha büyük değişimler gösterdiği gözlenmiştir, (Şekil 3.16). En büyük standart sapmalar saat 15:00-22:00 zaman aralığında oluşmaktadır. Yani günün sonuna doğru hız değerlerinde ani değişimlerin olduğu görülmektedir. Logaritmik ve normal durumlardaki standart sapmaların farkları çok daha belirgin değerlere sahiptir.



Şekil 3.15. Logaritmik ve aritmetik standart sapma

Edirne için yapılan bu çalışmada en kuvvetli rüzgarın 16.00' da estiği, zaman aralığı olarak ise gündüz saatleri olduğu bulunmuştur. En uygun dağılımın lognormal olduğu sonucuna varılmıştır. Lognormal dağılımın değişkenleri olarak ortalama ve standart sapma değerleri elde edilmiştir.

Daha sonraki safhalarda Marmara bölgesinin tümü için bir çalışma yapılacak ve en uygun rüzgar hız değerleri ile zaman aralıkları haritaları çıkarılacaktır. Yapılan bu çalışma ülkemizin ölçüm değerlerinin olduğu tüm istasyonlara da uygulanmalıdır.

3.5. Rüzgar enerjisi

Hızla gelişen teknoloji, artan oranlarda enerji tüketimini de beraberinde getirmektedir. Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisinin kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve bu konudaki araştırmalara gereken önem verilmektedir. Bu çalışmada dünya rüzgar enerjisi potansiyeli, kurulu gücü, 2000 yılı hedefleri, birim enerji maliyeti, atmosfere verilen sera gazı tasarrufu gibi bilgiler özet olarak verilmiş olup, EİE'nin enerji üretimine yönelik rüzgar potansiyeli belirleme konusundaki çalışma özetleri ve 3096 sayılı kanun çerçevesinde rüzgar santralleri kurmak için başvuruda bulunan firmalar ve kurmak istedikleri yerler ve kapasiteleri verilmektedir.

Dünyanın 50o kuzey ve güney enlemleri arasında rüzgar gücü potansiyeli 26.00 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Dünya yüzey alanının % 27' sinde (3×10^7 km²) 5 m/s'den daha büyük ortalama hızı olduğu ve bu alanın %4' ünün kullanılma olanağının olduğu hesaplanmıştır. 1

Rüzgar türbin teknolojisi geçen yirmi yıldır yoğun gelişme altındadır ve bugün 6177 MW olan kurulu gücün çoğu ABD ve Avrupa'dadır 2 (Tablo-1.). Günümüzde rüzgar tarlaları 500-750 kW'lık ünitelerde tesis edilmektedir. Tesis maliyetleri giderek düşmektedir, ilk yatırım gideri yaklaşık 380 ECU/ m² (kanatların tarama alanı)3. Rüzgardan üretilen elektriğin birim maliyeti de bölgenin rüzgar potansiyeline göre değişmektedir.

3.5.1 Rüzgar tarlalarının çevresel etkileri

Modern rüzgar enerji endüstrisi ; temiz, çevreye uyumlu ve elektrik enerjisinin ekonomik olarak üretimi gibi olumlu özellikleriyle tanınmaktadır. Asit yağmuru ve sera etkisi gibi çevresel problemler üzerindeki ciddi endişeler yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Rüzgar enerjisi kullanımda, fosil yakıt tüketmez, atmosferik kirlilik yaratmaz ve tehlikeli atıkları yoktur. Bununla birlikte endüstri büyüdükçe, daha büyük ve daha çok sayıda rüzgar tarlası önerildikçe, ilgi daha çok bölgesel olan çevresel etkiler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu etkiler :

3.5.2 Görüntü ve estetik etki

Rüzgar tarlalarının en çok tartışılan çevresel etkisi türbinlerin görsel ve onları çevreleyen manzara üzerindeki etkisidir. Makinaların uyumlu yerleşimi bu nedenle büyük önem taşır.

3.5.3 Gölge titreşimi/parıltı

Görsel etkisinin özel bir durumudur. Güneşin doğuşu ve batışı esnasında, rüzgar türbinlerinin dönmekte olan kanatları gölge oynamasına, gölge titreşimine neden olabilir. Aynı şekilde cilalı kanatlara gelen güneş ışığı da civara yansiyarak parıltı etkisi yaratabilir.

3.5.4 Gürültü

Rüzgar türbinlerinden yayılan gürültü iki kaynaktan üretilir ve her biri insan kulağını farklı bir şekilde etkiler. Birincisi aerodinamik gürültü, makinanın kanatları üzerinden hava geçerken oluşur. İkincisi dişli kutusu ve generatör gibi dönen mekanik elemanlar tarafından oluşturulur.

3.5.5.Arazi kullanımı

Rüzgar enerjisi dağınıktır ve geniş bir alana yayılmış türbinlerin ürettiği enerjinin toplamıdır. Bununla birlikte bir rüzgar tarlasının kapladığı arazinin % 90'ından fazlası tarımsal amaçlar için kullanılabilir. Daha ötesi rüzgar tarlasının giriş yolları gereği gibi planlanmıyorsa çiftçiler tarafından dezavantaj yerine avantaj olarak görülür.

3.5.6 Enerji kullanımı ve emisyonlar

Global anlamda bir rüzgar türbininin üretim ve tesisinin olduğu kadar türbini inşa etmek için kullanılan çelik, beton vb. malzemeleri üretmek için de enerjiye ihtiyaç vardır. Bu enerji yatırımı türbinin ömrü esnasında geri ödenmelidir. Enerji analizleri rüzgar türbinlerinin enerji geri ödeme sürelerinin birkaç aydan birkaç yıla kadar değiştiğini göstermektedir.

Kömür yerine rüzgar enerjisinden 1 kW'lık güç üretimi 1 kg'lık CO2 emisyonunu engeller. Böylece 30 türbinlik bir rüzgar tarlası ömrü boyunca yaklaşık 30.000 ton CO2 emisyonunu telafi eder.

3.5.7 Rüzgar enerjisi ve kuşlar

Rüzgar türbinlerinin işletimi kuşlara zarar verebilir. Bu zarar kule veya kanatlarla çarpışma sonucu kuşların ölmesi veya türbinler çevresindeki kuş dinlenme veya beslenme yerlerinin bozulması olarak iki şekildedir. Danimarka'da Ornis Consult tarafından verilen bir raporda orta ve küçük ölçekli rüzgar güç santrallerinin gözlenmesine dayanılarak kuşların rüzgar türbinlerinden ciddi olarak etkilenmedikleri sonucuna varılmıştır. Kuşlar rüzgar türbinlerine ve onların etrafında uçmaya alışıyor görünmektedir.⁴

3.5.8 Dönen yapıların oluşturduğu elektromagnetik girişim

Büyük çıkıntılı bir yapı özellikle önemli miktarda metal içeriyorsa radyo, tv yayınları, iletişim linkleri gibi elektromagnetik sinyallere girişim nedenidir. Rüzgar enerji dönüşüm sistemlerinin dönen kanatları radyo, televizyon, uydu servisleri, radarlar gibi elektromagnetik iletişim cihazlarının kullanımında girişime neden olabilir.

3.6 EİE rüzgar enerjisi ve Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli belirleme çalışmaları

EİE İdaresi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı olarak 1935 yılında kurulmuş bir kamu iktisadi teşebbüsüdür. Görevleri ülkenin su kaynakları ve enerji potansiyelinin belirlenmesi ve uygun yerlere tesis edilecek baraj ve hidrolik santral projelerinin hazırlanması amacı ile harita etüdlerinin yapılması, bu tesislerin mühendislik hizmetleri, istikşaf, master plan, fizibilite ve kesin proje çalışmalarını yürütmektir. Bu çalışmaların yanısıra 1981 yılından beri Enerji Kaynakları Etüd dairesi Başkanlığı bünyesinde enerji tasarrufu (Sanayi, konutlar ve ulaşım sektörleri) ve yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar ve güneş enerjisi) konularında çalışmalarını yürütmektedir.

3.6.1 Rüzgar enerjisi potansiyeli belirleme

Türkiye'de genel amaçlı rüzgar ölçümleri diğer ölçümlerle birlikte DMİ Genel Müdürlüğü tarafından uzun yıllardır yapılmaktadır. Ülke genelinde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı plan ve programların yapılabilmesi, bu kaynakların herbirinin potansiyellerinin belirlenmesiyle mümkündür. Bu amaçla, ilk adım olarak, DMİ Genel Müdürlüğüne ait istasyonların 1970-1980 yılları arasındaki kayıtları değerlendirilerek ülke genelinde doğal rüzgar enerji dağılımını, aylık rüzgar ölçümlerini baz tesbit edilmiştir. Sonuçlar "Türkiye Rüzgar Enerjisi Doğal Potansiyeli" çalışması olarak yayınlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda :

- I) Marmara Denizi kıyıları ve iç kısımları
- ii) Ege denizi ve güneybatı Akdeniz kıyıları
- iii) Doğu Akdeniz kıyıları
- iv) Orta Anadolu'da tuz gölü güneyi
- v) Güneydoğu Anadolu olmak üzere rüzgar bakımından zengin altı bölge belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşaması ise birinci aşamada belirlenmiş olan ve rüzgar enerjisi yönünden ümit görülen yerlerde enerji amaçlı rüzgar ölçümlerine dayanmaktadır. Bu sayede bu bölgelerin enerji amaçlı rüzgar potansiyelleri dolayısıyla da rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri kurmaya aday yerler belirlenecektir. Böylece rüzgar enerjisinden enerji kaynağı olarak yararlanma sağlanacak ve artan enerji sorunu çözümüne katkı yapılabilecektir.

Bu amaçla 1990 yılından başlamak üzere ülkenin değişik yerlerine rüzgar enerjisi gözlem istasyonları kurulup veri toplanmaya başlamıştır. Ölçümler 10 metre standart yükseklikte alınmaktadır. Elde edilen aylık rüzgar istatistik raporları; özet hız istatistikleri, ortalama rüzgar hızları, grafikleri, frekans dağılım tablosu, rüzgar yönleri, ort. türbülans yoğunluğu, rüzgar gücü vs. içerir.

Bazı istasyonlarımızın aylık ortalama rüzgar hızları tablo-2'de görülmektedir. Bu istasyonlardan Bandırma, Nurdağı, Şenköy ölçüm sürelerinin tamamlanması, Karaburun, Göktepe işletme koşullarının elverişsizliği, Zengen ise rüzgar hızlarının oldukça düşük olması nedeniyle kapatılmış ve daha elverişli (Sinop, Bodrum, Yalıkavak, Söke) yerlere kurularak veri toplanmaya başlamıştır.

EİE'nin rüzgar ölçümleri yaptığı yerlerde 3096 sayılı kanunun 4. maddesine göre yap-işlet-devret modeli kapsamında rüzgar tarlaları kurmak için yapılan başvurular bu konudaki ümit verici gelişmelerdir. EİE'ye gelen fizibilite raporları tablo-3' de verilmektedir.

EİE, AREB-TŞ ile Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımını özendirmek ve sistem tasarımı için metodoloji oluşturmak amacıyla Türkiye'nin batı bölgesinde belirlenecek bir yerde Rüzgar Enerjisi Fizibilite Projesi yapacaktır. Bu amaçla AREB-TŞ ile bir ortak girişim antlaşması yapılmıştır. Toplam 300.000 ECU tutarında olan sözkonusu projenin 170.000 ECU'luk bölümü Avrupa Yatırım Bankası METAP Programından desteklenmek üzere başvuru yapılmıştır. Projenin altı ana başlıkta yürütülmesi planlanmaktadır. Bunlar:

1. Proje Hazırlık Çalışmaları
2. Rüzgar Kaynak değerlendirme
3. Rüzgar Tarla Tasarımı
4. Ekonomik Analiz
5. Çevre Etki Değerlendirme Çalışmaları
6. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Yayımı.

3.6.2 Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi

Rüzgar Elektrik Dönüşüm sistemlerini izlemek ve ülkemizde uygulanabilmesi amacıyla 1983 yılında İdaremizce başlatılan ve ODTÜ ile işbirliği yapılarak sürdürülen bu sistem 1.1 kW gücünde olup EİE Yenilenebilir Enerji Parkında kurulmuştur. Sistemin türbin dışında kalan kısımları tamamen yerli olanaklarla projelendirilerek imal edilmiştir.

3.6.3 Rüzgar enerjisi ile mekanik su pompajı

Bu proje ile;

- i) Mevcut teknoloji ile ilgili bilgi birikiminin sağlanması
- ii) Bu sistemlerin bakım, onarım ve işletme konularında deneyim kazanılması
- iii) Yurt içinde imalat ve kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmaktadır.

Bu proje kapsamında;

a) Altı kanatlı, emme yüksekliği 7 m, basma yüksekliği 5m. 7m/s de 14.4 m³/gün kapasiteli bir emme basma tulumbadan oluşan sistem yurt dışından ithal edilmiştir (Sistem 3 m/s' de çalışmaya başlar). Bu sistem kopyalanarak EİE olanakları ile bir adet daha üretilmiştir. b) Ayrıca düşük hızlarda çalışmaya başlayan, kuyruk valfi ile yön bulan ve yüksek rüzgar hızlarında sistemi korumak için frenleme yapabilen 16 kanatlı bir mekanik su pompaj sistemi EİE olanakları ile projelendirilip prototipi imal edilmiştir.

3.7 Devam eden bazı projeler

Artan enerji talebi ve bu talebi karşılamak için kullanılan fosil yakıtlı enerji santralleri; maliyet , çevreye olumsuz katkıları ve kaynakların giderek azalmasından dolayı yerlerini yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmak zorundadır. Bu yaklaşım rüzgar enerjisinin sahip olduğu büyük potansiyeli bir an önce kullanmanın önemini ortaya koymaktadır. EİE'nin başlatmış olduğu rüzgar enerjisi potansiyeli belirleme çalışmaları ile potansiyeli yüksek olan bölgelerde Yap-İşlet-Devret modeli çerçevesinde şu ana kadar 12 adet başvuru yapılmıştır. Ülkemizin rüzgar enerjisinden yararlanmasını sağlamak için mevzuat sorunlarının aşılması kaçınılmaz bir durum almaktadır.

1-AK-FIRAT A.Ş.'nin Hatay Şenköy'de Rüzgar Enerjisi Santralı kurulması ve işletimi konusunda, 20 adet 600 kW'lık türbinden oluşan 12 MW'lık santral için Ön Başvuru Raporu,

2- AK-ENERJİ (SASAŞ) İNŞ. TAAHHÜT SAN. TİC. A.Ş.'nin Manisa-Akhisar Karahüyük Kirşekıran Mevkii'nde, 20 adet 600 KW'lık türbinden oluşan 12 MW kurulu güçte Rüzgar enerjisi Santralı

3-AS-MAKİNSAN Ltd. Şirketi, Çanakkale'de 2 adet 50 MW'lık Rüzgar Santralı kurmak ve işletmek amacı ile hazırlamış olduğu Ön Başvuru Raporu,

4-AS-MAKİNSAN Ltd. Şirketi İzmir-Çeşme-Kocadağ'da, Rüzgar Santralı kurmak ve işletmek amacı ile hazırlamış olduğu ve 600 kW'lık türbinlerden oluşan Fizibilite Raporu, başlangıçta 2x25 MW 'lık bir rüzgar santralı kurulması ve buna 3yılı içerisinde 350MW daha eklenerek toplam 400 MW'a çıkarılacağı öngörülmektedir.

5-Bora İşletme Danışmanlığı Limited Şirketi'nin İzmir-Foça Bölgesinde 600kW'lık türbinler' den 9 adet, 5,4 MW kurulu gücünde rüzgar santralı,

6-HATEKS Hatay Tekstil İşletmeleri A.Ş.'nin Hatay ili Topboğazı mevkiinde 2 adet 600 kW'lık toplam 1.2 MW kurulu güç kapasiteli rüzgar enerjisi santralı, otoprodüktör statüsüne göre tesis edip işletmek için hazırlamış olduğu Fizibilite Raporu

7-3096 Sayılı Kanununun 4. Maddesine göre, Bozcaada, Karabiga ve Hatay-Şenköy'de Rüzgar Enerjisi Santralı kurmak ve işletmek amacı ile, MET-KUR Dış Tic. A.Ş tarafından hazırlanmış olan başvuru raporu, 500 - 600 kW'lık sistemlerden oluşan ve Yap-İşlet-Devret Modeline göre yapılacak, lokasyonların herbiri için 2 farklı nominal kapasiteli 18-36 MW rüzgar tarlası,

8-Prokon Müşavirlik Mümessillik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin İzmir-Çeşme bölgesinde 10 Adet 600 kW'lık rüzgar türbininden oluşan 6 MW'lık Rüzgar Enerjisi Santralı'nı 3096 Sayılı Kanunun 4. Maddesine göre İzmir-Urla-Kadıovacık Köyü, Kranski Mevkii Kocadağ'ın güneyinde Barbaros Köyüne 1,5-2 km mesafede, Sinekli ve Çitlik tepesi civarına, 600 kW'lık 20 adet türbinden oluşan 12 MW'lık santralın Fizibilite Raporu,

9-Simelko Elektronik Mühendislik San. Tic. A.Ş.'nin ÇanakkaleGökçeada, Çanakkale-Karabiga, Gaziantep-Nurdağı ve Hatay-Şenköy bölgelerinde, 6 Adet 270 kW'lık rüzgar türbininden oluşan 1.62 MW'lık Rüzgar Enerjisi Santralı'nı 3096 Sayılı Kanunun 4. Maddesine göre tesis edip işletmek isteyen başvuru yazısı ve Gökçeada'da 6 Adet 270 kW'lık rüzgar türbininden oluşan 1,62 MW'lık Rüzgar Enerjisi Santralı için hazırlanmış Revize Fizibilite Raporu,

10-3096 sayılı kanunun 4. maddesi uyarınca Yap-İşlet Devret modeli ile, MAGE A.Ş-TWP'nin İzmir-Çeşme-Kocadağ bölgesinde 3x19,5 MW'lık rüzgar santralı, başvuru raporu.

11-3096 sayılı kanunun 4. maddesi uyarınca Yap-İşlet Devret modeli ile, DEMİNER HOLDİNG A.Ş.'nin Akhisar'da ilk etapta 30 MW olmak ve üç yıl içerisinde toplam 120 MW kurulu güce çıkmak üzere Rüzgar Santralı tesis ile ilgili başvuru raporu,

3.8 Örnek Çalışma

Aşağıdaki çalışmada Çanakkale'de gerçek bir bölgenin alınmış 7 aylık ortalama rüzgar enerjisi değeri baz alınarak yapılan yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve karlılık hesapları mevcuttur. Yapılan hesaplarda devletin kWh başına 9 cent verdiği kabul edilmiştir. Proje kurulu gücü 15MW olarak kabul edilip maliyet hesabı çıkartılmıştır. Projede kullanılan türbin dataları NORDEX firmasından alınmış ve üretim N43/600 tipi türbine göre hesaplanmıştır.Bu hesaplamalarda projenin %80'ninin kredi kuruluşlarınca sağlanacağı varsayılmış, geri kalan sermaye ise yatırımı yapan şirket tarafından karşılanacağı düşünülmüştür.

Tablolarda projenin kendisini yaklaşık 4 sene içerisinde finanse ettiği görülmüştür.

Değerler

İç referans

Proje referansı	Hesaplama tarihi / Zaman	Hesaplayan
Master Tez	08.12.1998 02:56	Okan

Müşteri Verileri

TEMEL HESAPLAMA

İsim	YTU Y.Lisans		
Adres, Şehir, Ülke	İstanbul, Turkey		
Tel. no.	0090 212 212 07 50	Fax no.	0090 212 216 06 12
Data	Hesaplamalar 7 aylık rüzgar ölçümüne göre yapılmıştır. (10mt'de 6,9m/s)		

Proje Yeri

Şehir	Çanakkale Bölgesi		
Türbin sayısı	25	Türbin tipi	N43/600 MKII
Kule tipi	kafes tipi	Yükseklik	50 meter
Hesaplanan Üretim kWh/yıl	60.000.000	Net üretim - %10	54.000.000

Proje Maliyetleri

Türbin ve aksesuarları	DEM	16.750.000
Varsa, indirim	% veya DEM	0
İndirimden sonraki türbin ve diğer aksesuarların maliyeti	DEM	16.750.000
50mt'lik kafes tipi kulelerin kurulumu	DEM	3.500.000
Varsa üçüncü taraflara ödenen ücret	DEM	500.000
Yol ve seyahat masrafları	DEM	2.000.000
Türbinlerin trafo ile şebekeye bağlanması	DEM	2.350.000
Sistemin iletim hattına bağlanması	DEM	1.500.000
Finans masrafları	DEM	900.000
Şirket kurulumu, avukat, jeografik incelemeler	DEM	500.000
Nakliye masrafları	DEM	2.675.000
Çeşitli	DEM	1.700.000
Diğer	DEM	1.000.000
Toplam proje maliyeti	DEM	33.375.000

İşletme maliyetleri

Yıllık sigorta maliyeti	başlama yılı	1	DEM	
İşletme maliyeti	başlama yılı	6	DEM	230.000
Bakım anlaşması	2 senelik	2	DEM	
Servis anlaşması	başlama yılı	6	DEM	362.500
Yıllık diğer	başlama yılı	1	DEM	50.000
Türbin değişimi	sene sonra		DEM	
Enflasyon	%2,00	p.a.		

Elektriğin Satışı

İlk on yıllık kwh fiyatı	DEM	0,1630
Son 10 yıllık kwh fiyatı 0,4 cent	DEM	0,0000
Contribution - CO2, ilk sene	DEM	
Gösterim oranı	p.a.	
total	DEM	0,1630

Finans

Toplam ihtiyaç duyulan finans	DEM	33.375.000	
Ayarlı periyot = 1 sene	Oran	Yıl	Faiz
Nakit kredi	%80,00	10	%7,00
Arazi, ipotek finansı		10	
Diğer	%0,00	10	
Gereken nakit	DEM	6.675.000	

Para değer kaybı

Write of (balance method)	%0,00	yıllık	limitte
Max. write of = net result before taxes	Yes	(Yes/No)	+ extra DEM
Last write of is done, when the balance is <=			DEM

Nakit akışı

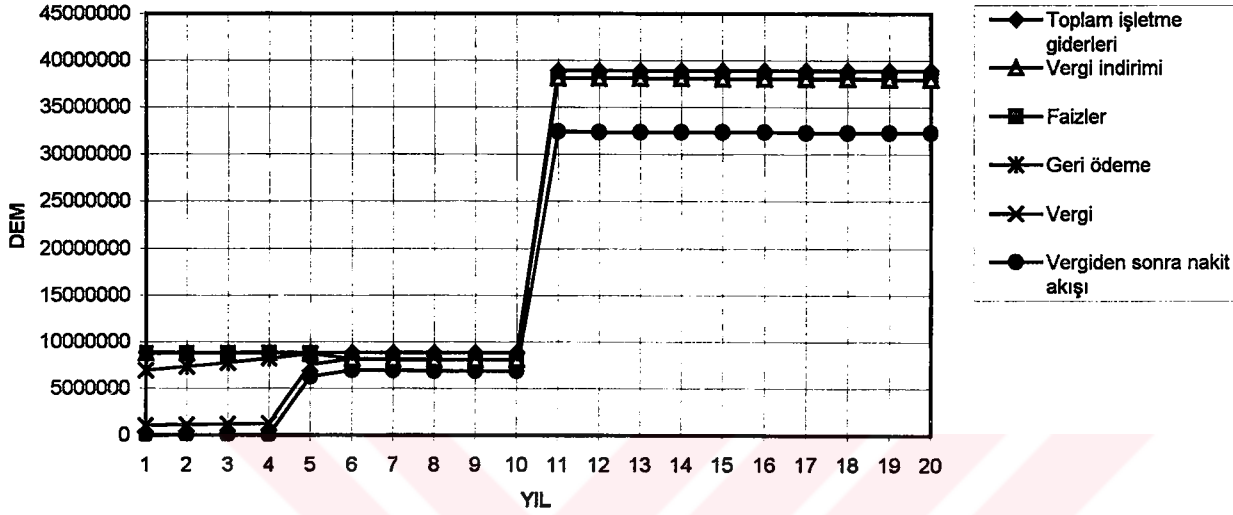
Vergiden önce pozitif faiz oranı	%4,00	p.a.
Tax rate	%15,00	p.a.
		p.a.
<input type="radio"/> Personal tax calculation	<input checked="" type="radio"/> Company tax calculation	

Graphics

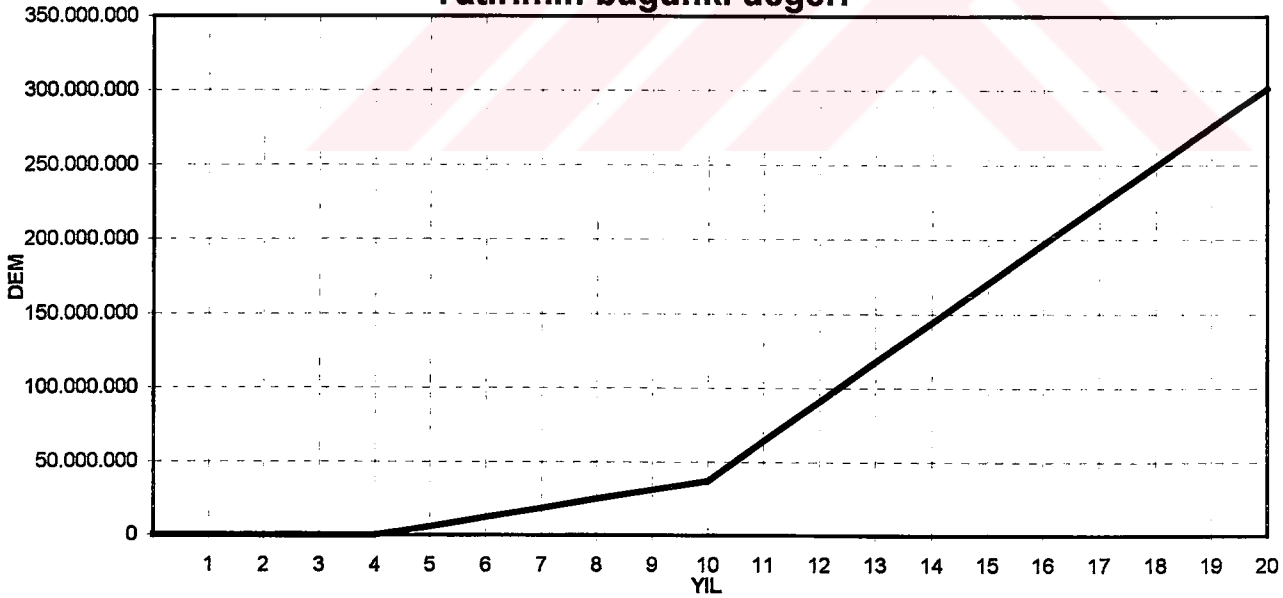
Customer name	Calculated date/time	Calc. by
YTU Y.Lisans	08.12.1998 02:56	Okan
Nordex file no.:	Master Tez	

Para birimi: DEM

Maliyet, vergi ve vergiden sonra nakit akışı



Yatırımın bugünkü değeri



Kommentarer:

egative values (financing requirements) is to be financed by means not included in this calculation!

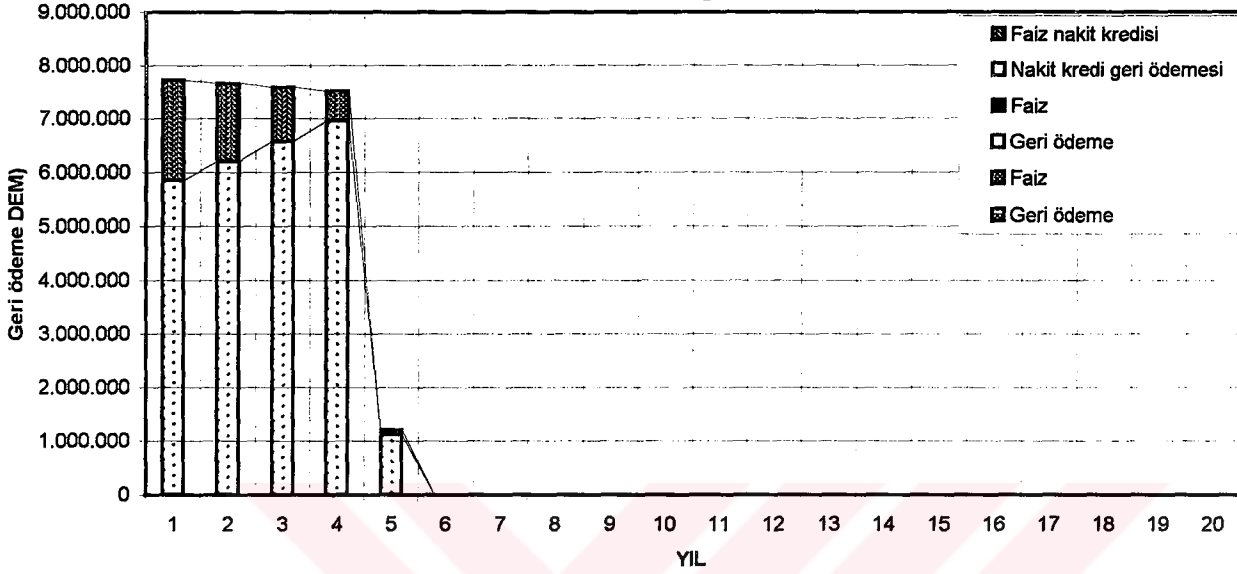
Company tax calculation

Graphics

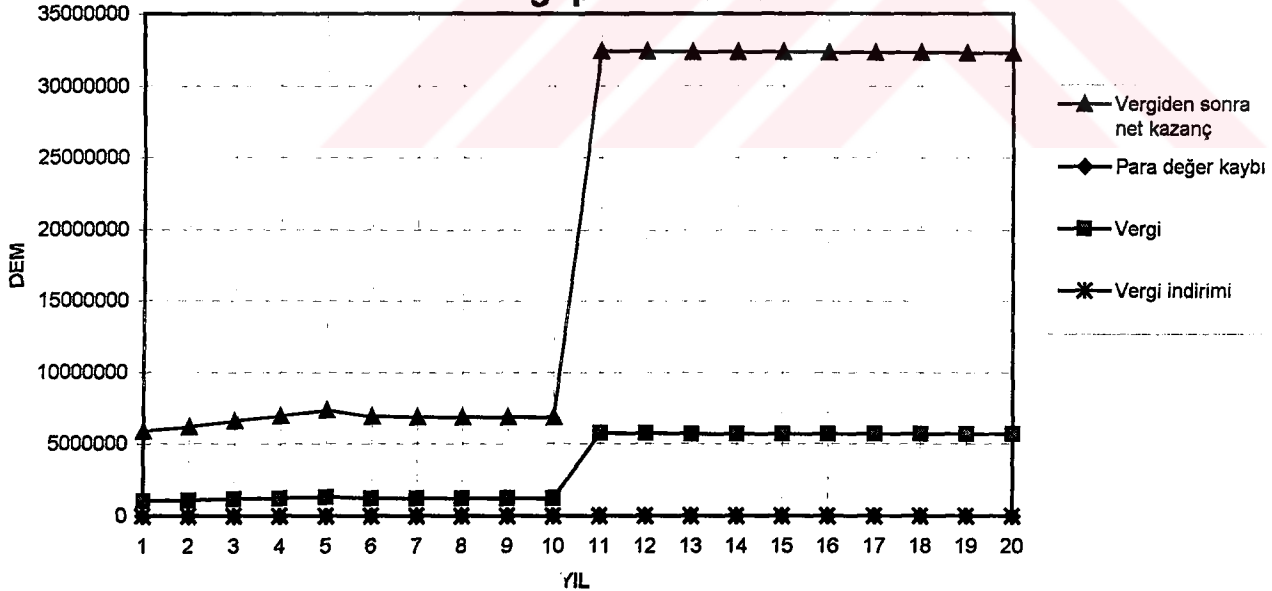
Customer name	Calculated date/time	Calc. by
YTU Y.Lisans	08.12.1998 02:56	Okan
Nordex file no.:	Master Tez	

Para Birimi: DEM

Geri ödeme diagramı



Vergi parametreleri



Yorumlar:

Negative values (financing requirements) is to be financed by means not included in this calculation!

Company tax calculation

I 3.18 (üst): Geri ödeme diagramı

I 3.19 Vergi parametreleri

4. TÜRKİYE'DE ENERJİ ÜRETİMİ VE KULLANIMI İLE İLGİLİ SONUÇLAR

4.1. 1995-1996 yıllarına ait sonuçlar

Bu bölümde 1995- 1996 yıllarına ait anket sonuçları özet olarak verilmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü elektrik enerjisi istatistikleri konusunda yıllık ve üçer aylık dönemlerde veri derlemeye 1995 yılında başlamıştır. Dolayısıyla bu çalışmalar hangi enerji kaynağına yönelmemiz ve Türkiye'nin uzun vadeli enerji politikalarını belirlemede yararlı olmaktadır..

1996 yılında 1995 yılına göre %9.99 oranında elektrik enerjisi üretim artışı sağlanmıştır. Elektrik Enerjisinin 1995 yılında %82.2'si, 1996 yılında da %72.9'u TEAŞ tarafından üretilmiştir. Elektrik enerjisinin %51.36'sı sanayide, %20.26'sı meskenlerde, 1996 yılında ise %53.09'u sanayide, %21.91'i meskenlerde tüketilmiştir. Elektrik enerjisinin 1995 yılında %38.14'ü Marmara bölgesinde, %18.09'u Ege Bölgesinde tüketilmişken, 1996 yılında bu oran %38.87'si Marmara, %17.29'u Ege bölgesinde olmak üzere değişmiştir. Elektrik enerjisinin 1995 yılında %19.84'ü, 1996 yılında da %20.71 İstanbul ilinde tüketilmiştir. Kişi başına elektrik tüketimi 1995 yılında 1088kWh, 1996 yılında 1160kWh olarak gerçekleşmiştir.

1995 yılında 86 247.4 Gwh, 1996 yılında ise 94 861.5 Gwh elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. 1996 yılında, 1995 yılına göre % 9.99 oranında elektrik enerjisi üretim artışı olmuştur.

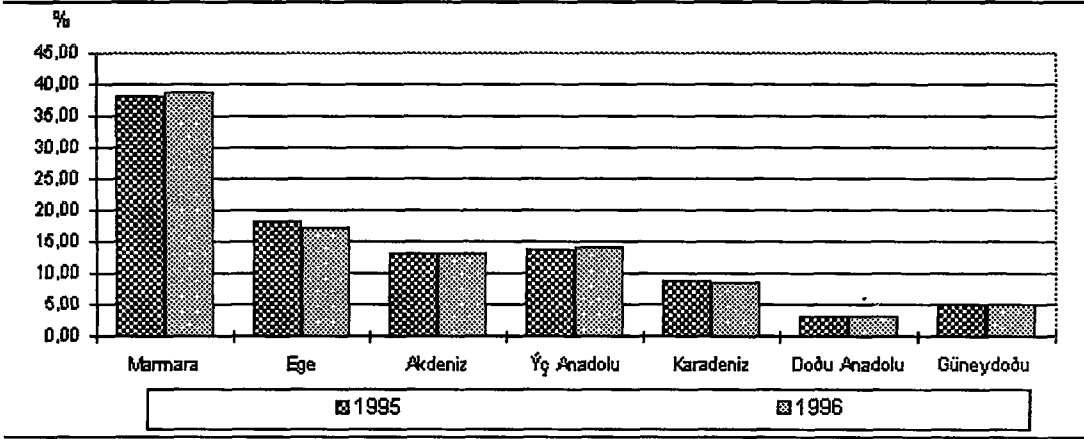
Üretilen elektriğin 1995 yılında 50 706.5 GWh 'ı termik, 35 540.9 GWh 'ı hidrolik iken, 1996 yılında ise; 54 386.4 GWh 'ı termik, 40 475.1GWh 'ı hidrolik olarak gerçekleşmiştir. 1996 yılında, 1995 yılına göre % 7.26 oranında termik elektrik enerjisi üretim artışı sağlanmış, bu oran hidrolik elektrik enerjisinde % 13.88 oranında gerçekleşmiştir.

Santrallerin niteliklerine göre elektrik enerjisi üretimi, 1995- 1996				
				GWh
Üretim tipi	1995	%	1996	%
Toplam	86 247,4	100,0	94 861,5	100,0
Termik	50 706,5	58,8	54 386,4	57,3
Hidrolik	35 540,9	41,2	40 475,1	42,7

Tablo 2.1 Santral niteliklerine göre elektrik enerjisi üretimi

1995 yılında Coğrafi bölgelere göre elektrik enerjisinin %38.14 Marmara, %18.09 Ege, %13.07 Akdeniz, %13.76 İç Anadolu, %8.85 Karadeniz, % 3.21 Doğu Anadolu, %4.89 'u Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tüketilirken; 1996 yılında ise, %38.87 Marmara, %17.29 Ege, %12.98 Akdeniz, %14.15 İç Anadolu, % 8.55 Karadeniz, %3.23 Doğu Anadolu, % 4.93 'ü Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tüketilmiştir.

Coğrafi bölgelere göre elektrik tüketimi, 1995- 1996



Şekil 2.1: Coğrafi bölgelere göre elektrik tüketimi

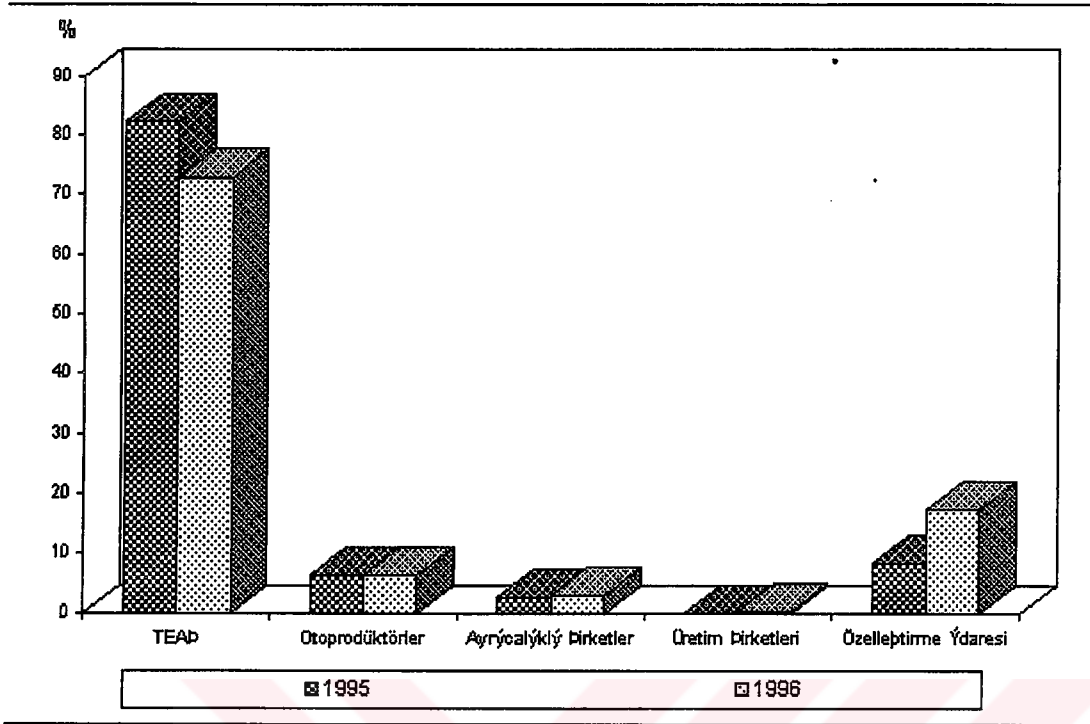
Coğrafi bölgelere göre elektrik tüketimi, 1995- 1996

Bölgeler	1995		1996	
	kWh	%	kWh	%
Toplam	67 092 322 386	100,00	72 740 762 608	100,00
Marmara	25 587 137 236	38,14	28 274 937 260	38,87
Ege	12 135 844 246	18,09	12 578 118 032	17,29
Akdeniz	8 767 198 343	13,07	9 439 643 951	12,98
İç Anadolu	9 233 823 350	13,76	10 295 101 402	14,15
Karadeniz	5 937 230 715	8,85	6 217 710 735	8,55
Doğu Anadolu	2 152 805 428	3,21	2 352 375 016	3,23
Güneydoğu Anadolu	3 278 283 068	4,89	3 582 876 212	4,93

Tablo 2.2 Coğrafi bölgelere göre elektrik tüketimi

1995 yılında üretimin % 82.2 'si TEAŞ, % 6.5 'i Otoprodüktörler , % 2.7 'si Ayrıcalıklı Şirketler, % 0.1 'i Üretim Şirketleri ve % 8.4 'ü Özelleştirme İdaresi bünyesindeki santrallerinde üretilmişken; 1996 yılında bu oranlar; % 72.9 'u TEAŞ, % 6.4 'ü Otoprodüktörler, % 3.1 'i Ayrıcalıklı Şirketler, % 0.5 'i Üretim Şirketleri ve % 17.2 'si Özelleştirme İdaresi bünyesindeki santrallerde gerçekleşmiştir.

Üretici kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi, 1995- 1996



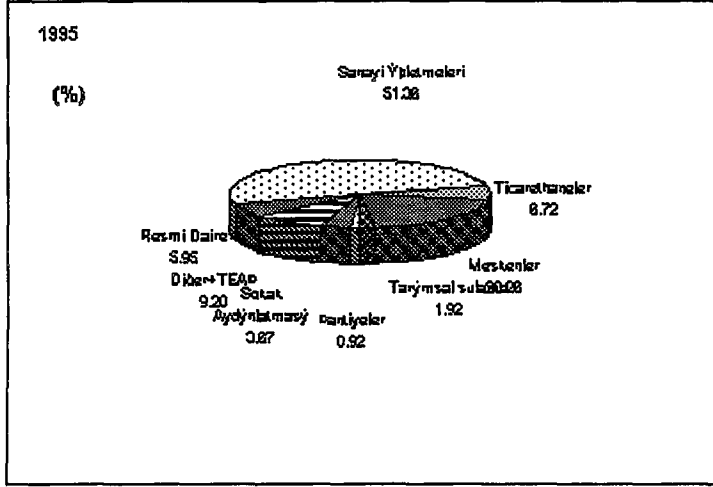
Şekil 2.2. Üretici Kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi

Üretici kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi, 1995- 1996

Üretici Kuruluşlar	GWh			
	1995	%	1996	%
Toplam	86 247,4	100,0	94 861,5	100,0
TEAŞ	70 908,7	82,2	69 123,5	72,9
Otoprodüktörler	5 624,9	6,5	6 070,6	6,4
Ayrıcalıklı Şirketler	2 301,4	2,7	2 907,7	3,1
Üretim Şirketleri	126,2	0,1	468,7	0,5
Özelleştirme İdaresi	7 286,2	8,4	16 291,0	17,2

Tablo 2.3 üretici kuruluşlara göre elektrik enerjisi üretimi

Kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi, 1995 - 1996

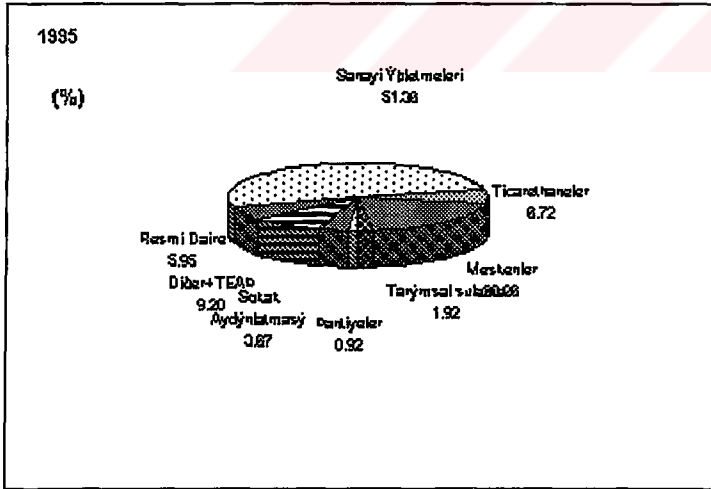


Şekil 2.3 Kullanım yerlerine göre elektrik üretimi (1995)

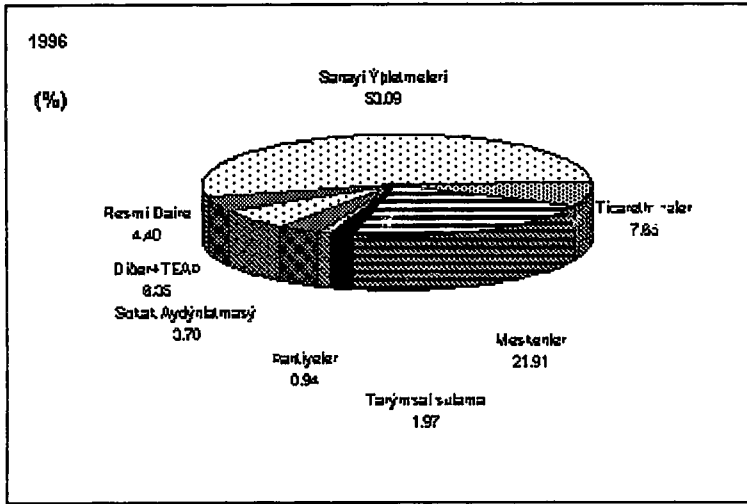
1995 yılında kullanım yerlerine göre elektriğin tüketim oranları; resmi daireler %5.95, sanayi %51.36, meskenler %20.26, sokak aydınlatması %3.67, şantiyeler %0.92, tarımsal sulama %1.92, ticaret %6.72, diğer sektörlerde de %9.20 oranında tüketilmiştir.

1996 yılında kullanım yerlerine göre elektriğin tüketim oranları; resmi daireler %4.40, sanayi %53.09, meskenler %21.91, sokak aydınlatması %3.70, şantiyeler %0.94, tarımsal sulama %1.97, ticaret %7.65, diğer sektörlerde de %6.35 oranında tüketilmiştir. <Picture>

Kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi, 1995 - 1996



Şekil 2.3 Kullanım yerlerine göre elektrik üretimi (1995)



Şekil 2.4 Kullanım yerlerine göre elektrik enerjisi kullanımı (1996)

1995 verileri itibarıyla en çok elektrik enerjisi tüketen üç il sırası ile İstanbul % 19.50, İzmir % 11.64, Bursa % 5.27 olmuşken, en az elektrik enerji tüketen üç il sırasıyla Bayburt, Iğdır ve Tunceli olmuştur.

Kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi, 1995 - 1996

Kullanım alanları	1995		1996	
	kWh	%	kWh	%
Toplam	67 092 322 386	100,00	72 740 762 608	100,00
Resmi daire	3 988 917 657	5,95	3 201 288 756	4,40
Sanayi +Otoprodüktörler	34 458 440 448	51,36	38 615 056 465	53,09
Ticaret haneler	4 511 331 672	6,72	5 561 510 656	7,65
Meskenler	13 595 407 378	20,26	15 935 451 437	21,91
Tarımsal sulama	1 287 534 514	1,92	1 435 040 983	1,97
Şantiyeler	616 124 234	0,92	683 616 218	0,94
Sokak aydınlatması	2 463 943 180	3,67	2 691 427 595	3,70
Diğer+ TEAŞ direkt satışı	6 170 623 303	9,20	4 617 370 298	6,35

Tablo 2.4 Kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi

1996 verileri itibarıyla en çok elektrik enerjisi tüketen üç il sırası ile İstanbul % 20.71 , İzmir % 10.53, Bursa % 5.40 olarak gerçekleşmişken, en az elektrik enerjisi tüketen üç il sırasıyla Ardahan, Iğdır ve Bayburt, olmuştur.

2.2. 1997 yılı birinci dönem (Ocak, Şubat, Mart) sonuçları

1997 yılı 1. Döneminde 1996 yılı 1. Dönemine göre elektrik enerjisi üretimi %9.02 oranında artarak 25 731.8 GWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisinin 1996 yılı 1. Döneminde %76.2'si TEAŞ tarafından üretilmişken, 1997 yılı 1. Döneminde bu oran %72.1 olarak gerçekleşmiştir. 1996 yılı 1. Döneminde enerji kaynaklarına göre brüt elektrik enerjisi üretiminin %49.96'sı SU, %27.27'si Linyit, %13.57'si Doğalgaz, 1997 Yılı 1. Döneminde %42.54'ü su, %27.53'ü Linyit, %18.71'ide doğalgaz ile çalışan santrallerden sağlanmıştır. Elektrik Enerjisinin 1996 yılı 1. Döneminde %51.86'sı sanayide, %21.37'si meskenlerde, 1997 yılı 1. Döneminde ise %52.43 sanayide %21.37'si meskenlerde tüketilmiştir. 1997 yılı 1. Döneminde elektrik enerjisi tüketimi 1996 yılı 1. Dönemine göre %10.46 oranında artarak 18,623,955,780kWh olarak gerçekleşmiştir. 1997 yılı 1. Döneminde 1996 yılı 1. Dönemine göre elektrik dağıtım şirketlerinin elektrik satış gelirleri cari fiyatlarla %117.10 oranında artmıştır.

1996 yılı I. Döneminde 23 603.9 Gwh, 1997 yılı I. Döneminde ise 25 731.8 Gwh elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. 1997 yılı I. Döneminde, 1996 yılı I. Dönemine göre %9.02 oranında elektrik enerjisi üretim artışı olmuştur.

Üretilen elektriğin 1996 yılı I. Döneminde 11 811.3 Gwh'ı termik, 11 792.6 Gwh'ı hidrolik iken, 1997 yılı I. Döneminde oranında termik elektrik enerjisi üretim artışı sağlanmışken, bu oran hidrolik elektrik enerjisi üretiminde %7.18 oranında düşüş kaydetmiştir

Santrallerin niteliklerine göre 1996-1997 yılı I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart) brüt elektrik enerjisi üretimi

Üretim tipi	1.996		1.997		GWh
	I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart)	%	I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart)	%	
Toplam	23.603,9	100,0	25.731,8	100,0	
Termik	11.811,3	50,04	14.786,2	57,46	
Hidrolik	11.792,6	49,96	10.945,6	42,54	

Tablo 2.5 Santrallerin niteliklerine göre 1996-1997 yılı I. Dönem

1996 yılı I. Döneminde üretimin %76.2'si TEAŞ, %6.2'si Otoprodüktörler, %3.8'si Ayrıcalıklı Şirketler, %0.2'i Üretim Şirketleri ve %13.6'sı Özelleştirme İdaresi bünyesindeki santrallerde, 1997 yılı I. Döneminde bu oranlar %72.1'i TEAŞ, %7.1'Otoprodüktörler, %1.9'u Ayrıcalıklı Şirketler, %2.2'si Üretim Şirketleri ve %16.7'si Özelleştirme İdaresi bünyesindeki santrallerde gerçekleşmiştir.

Üretici kuruluşlara göre I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart) elektrik enerjisi üretimi, 1996- 1997

GWh

Üretici Kuruluşlar	1.996		1.997	
	I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart)	%	I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart)	%
Toplam	23.603,9	100,0	25.731,8	100,0
TEAŞ	17.978,7	76,2	18.561,3	72,1
Otoprodüktörler	1.475,2	6,2	1.816,0	7,1
Ayrıcalıklı şirketler	902,1	3,8	493,0	1,9
Üretim şirketleri	44,4	0,2	561,8	2,2
Özelleştirme idaresi	3.203,5	13,6	4.299,7	16,7

Tablo: 2.6. Üretici kuruluşlara göre I.Dönem elektrik enerjisi üretimi 1996-1997

1996 yılı I.Döneminde enerji kaynaklarına göre brüt elektrik enerjisi üretiminin %49.96'sını Su, %27.27'sini Linyit, %13.57'sini Doğal Gaz, %6.76'sını Fuel oil, %2.13'ünü Taşkömürü, %0.30'unu da diğer kaynaklardan sağlanmıştır.

1997 yılı I.Dönem enerji kaynaklarına göre brüt elektrik enerjisi üretiminin %42.54'ü Su, %27.53'ü Linyit, %18.71'i Doğal gaz, %7.32'si Fuel oil, %3.61'i Taşkömürü, %0.29'u da diğer kaynaklardan sağlanmıştır.

Enerji kaynaklarına göre 1996-1997 I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart) brüt elektrik enerjisi üretimi,

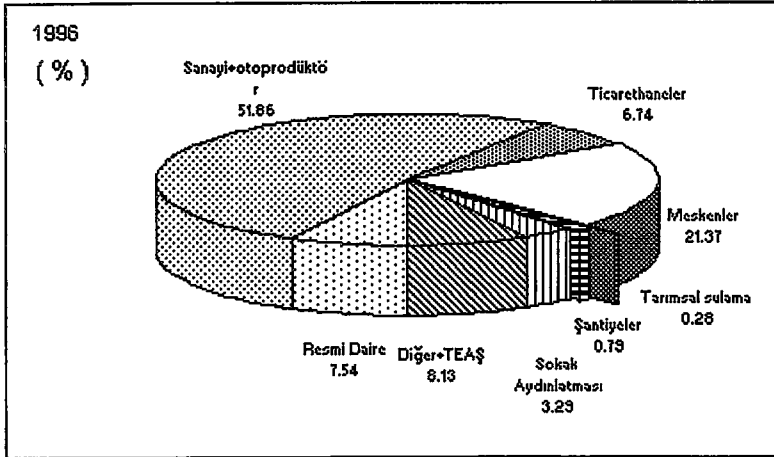
GWh

	1.996		1.997	
	I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart)	%	I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart)	%
Toplam	23.603,9	100,00	25.731,8	100,00
Taşkömürü	502,7	2,13	928,1	3,61
Linyit	6.437,5	27,27	7.083,3	27,53
Fuel Oil	1.596,7	6,76	1.884,6	7,32
Motorin	4,9	0,02	44,5	0,17
Doğal gaz	3.203,2	13,57	4.815,1	18,71
Jeotermal	20,9	0,09	20,7	0,08
Diğer	45,6	0,19	9,8	0,04
Su	11.792,4	49,96	10.945,7	42,54

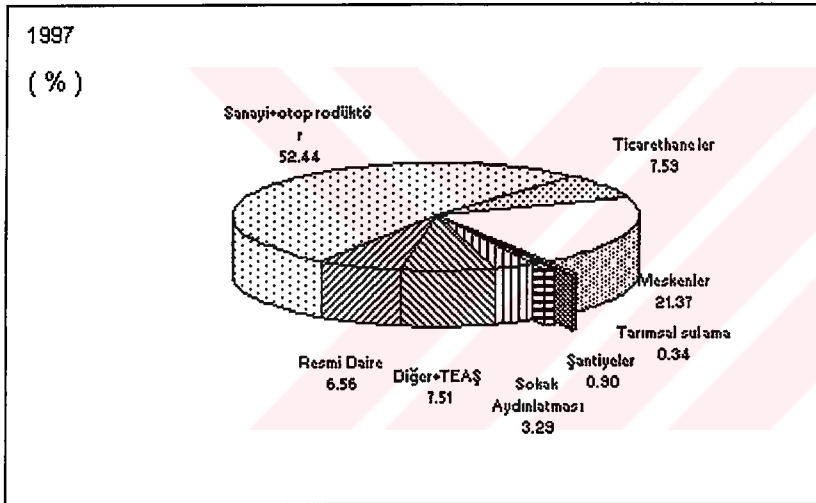
Tablo 2.7: Enerji kaynaklarına göre 1996-1997

Kullanım alanlarına göre tüketilen elektriğe bakıldığında 1996 yılı I Döneminde %7.54'ü resmi daire, %51.86'sı sanayi ve otoprodüktörler, %21.37'si meskenler, %3.29'u sokak aydınlatması, %0.79'u şantiye, %0.28'i tarımsal sulama, %6.74'ü ticaret, %8.13'ü diğer (TEAŞ direkt satışları dahil sektörlerde tüketilmiştir.)

Kullanım yerlerine göre 1996 - 1997 I. Dönem (Ocak, Şubat, Mart) elektrik tüketimi



Şekil 2.5: Kullanım yerlerine göre 1996-1997



Şekil: 2.6 Kullanım yerlerine göre 1997

1997 yılı I.döneminde ise %6.56'sı resmi daire, %52.43'ü sanayi ve otoprodüktörler, %3.29'u sokak aydınlatması, %0.90'ı şantiye, %0.34'ü tarımsal sulama, % 7.59'u ticret, %7.51'i diğer (TEAŞ direkt satışları dahil) sektörlerde tüketilmiştir.

SONUÇ

Anlaşılacağı üzere Türkiye'nin enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %10 artmaktadır. Buda ülkemizde enerji yatırımlarının önemini arttırmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre ülke ihtiyacının %15 kadarı rüzgar enerjisi ile üretilen elektrik enerjisinden karşılanabileceği öngörülmüştür. Ülkemizde ise bu yönde araştırmalar ve fizibilite çalışmaları bazı bölgelerde yapılmış olmasına rağmen, maalesef henüz küçük güçte rüzgar santralleri dışında devreye giren yüksek kapasite santrallerimiz yoktur.

Rüzgar enerjisi ve yenilenebilir konusunda ileri gidebilmemiz için ülkemizin tüm ferdlerine görev düşmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının işletme maliyetleri açısından diğer kaynaklara nazaran çok daha az maliyetli olması ve kaynağın bedeva olması dolayısıyla dışa bağımlılığımızı azaltacaktır. Bu konuda gereken önemin verilmesi bu kaynakların verimli kullanılması ülke ekonomisine ve refah seviyesine katkıda bulunacak bir etki yapacaktır.

Dünyadaki gelişmelerin ülkemize de yansıtılması ve özellikle elektrik enerjisi üretimi gündemimizin duraksamasında payı olan; kamuoyunun "temiz enerji" talebine yanıt olacak olan bu kaynaklarımızın ticari anlamda elektrik enerjisine dönüştürülmesi çalışmalarının hızlandırılması gereği doğmuştur. Bu bağlamda alınması gereken ana tedbirler:

- Tüm YYEK için yasal mevzuatın, AT ülkelerinde yapılan düzenlemeler de gözden geçirilerek en kısa zamanda tamamlanması,
- İlgili tüm kurum ve kuruluşlarca yürütülen potansiyel belirleme çalışmalarına hız verilmesi ve en kısa zamanda tamamlanmasıdır.
- İlk aşamada; henüz ticari örneği olmayan kaynakların ilk ticari örnekleri, devletin sağladığı alt yapı hizmetleri ve esaslar dahilinde demonstrasyon projeleri şeklinde geliştirilmeli,
- İkinci aşamada; demonstrasyon uygulamaların sonuçlarının değerlendirilmesiyle elde edilecek optimum esaslar dahilinde devlet eliyle gerçekleştirilecek bir dizi ihale sonucunda YYEK'in uygulanabilirliği kanıtlanmalı
- Üçüncü aşamada; kamuoyunca desteklenen bu kaynakların elektrik enerjisine dönüşümünde enterkonnekte sistemi etkilemeyen ticari uygulamaların bir an evvel artırılmasını teminen, yükleniciler özellikle küçük güçlerdeki(111 MW'ın altı) uygulamalar için Yap-Sahiplen-İşlet yöntemine özendirilmeli,
- Ve nihayet, bu çalışmalarla şekillenen; YYEK'lerden elektrik enerjisi eldesi projeksiyonunun, sırasıyla 5 yıllık dönem ve ayrıca 2010 yılı için hazırlanan; "Türkiye Orta ve Uzun Dönem Üretim-Tüketim İncelemesi çalışmalarına entegrasyonu sağlanmalı ve bu yolla elde edilecek kurulu gücün, Türkiye Uzun Dönem Üretim-Tüketim İncelenmesinde yer alan toplam kurulu gücün en az % 5'ine ulaşması hedeflenmelidir.

.....

KAYNAKLAR

A.Temiz, “ Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki Potansiyel Rolü” , Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği-Türkiye Şubesi Bülteni, Sayı:1, Şubat 1998, Ankara

Ali Gündüz, Ahmet D.Şahin ve Zekai Şen, Marmara Bölgesi rüzgar enerji planlaması, II. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 6-7 Ocak 1997.

Ahmet D.Şahin ve Zekai Şen, Batı Anadolu Bölgesinde Rüzgar değişkenleri, II Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 6-7 Ocak 1997,İstanbul

Aslan, Z., Menteş, S., ve Tolun, S., 1993: Gökçeada’da rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi. I.ulusal temiz enerji sempozyumu, İstanbul

“Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği- Türkiye Şubesi Bülteni”, EİE Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 7.km, 06520 Ankara, Sayı:1, Şubat 1995

Atagündüz, G.”Temiz Enerji Kaynağı Olarak Güneş Enerjisi”, E.Ü. GüneşEnerjisi Dergisi, Cilt 1,Sayı 2, 1990

Barış Bekar, Enerjide rüzfar Esiyor, 3E dergisi,Sf: 82 Ağustos 1998.

Çıtak, P., 1994: Aylık saatlik toplam ışı nım grafik modeli, İTÜ Meteoroloji Müh. Böl. Bitirme ödevi

“Güneş pilleri”, EİE İdaresi Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 7.km, 06520 Ankara 1992.

Gürbüz A., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının kullanılabilmesi için yerel ve Merkezi Politikalar, Türkiye 6.Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri 4, 17-22 Ekim 1997.

İsmail H.Ataş. (1998), Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye’deki Potansiyel, 3e dergisi, Sf: 58, Şubat 1998.

Justus, T.J., 1989.Weibull parameters for annual and monthly wind speed distributions for five locations in India, Solar Energy, Vol. 37, 469-471

Muhammed Eltez, “Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Türkiye’deki geleceği”, 1.Çevre Enerjisi Kongresi, 14.Nisan 1997.

Müsiad Araştırma Raporları-14, 2000’li yıllarda Türkiye’nin Enerji Politikası, Şubat 1996.

Şahin,Ad. And Şen, Z., 1995. Refined wind energy formulation and its aplication in Turkey. The second International Conference on New Energy Systems and Conversions, İstanbul, P. 357-360

Selçuk Tüzel, Rüzgar Enerjisi ve Türbinleri, 3e dergisi, Sf: 76, Ağustos, 1998-09-24

Sevgül Ö., Gülnur Ş., Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Enerji Politikalarındaki durumu, Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliği 4,17-22 Ekim 1994,

Şen, Z., 1993: Aylık toplam ışınım grafik modeli. I. Ulusal temiz enerji sempozyumu, İstanbul

Şenocak G., Çevre Korumada Yol Ayrımı: Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları.(Alternatif Enerji Kaynakları, TEK dergisi Sayı 70,s.19-25, Mayıs-Ekim 1991

Şenocak G., Çevre Korumada Yol Ayrımı: Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları.(Alternatif Enerji Kaynakları, TEK dergisi Sayı 71,s.23-27, Kasım-Aralık 1991

Şenocak G., Çevre Korumada Yol Ayrımı: Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları.(Alternatif Enerji Kaynakları, TEK dergisi Sayı 72,s.23-31, Ocak-Mart, 1992

Şenocak G., Çevre Korumada Yol Ayrımı: Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları.(Alternatif Enerji Kaynakları, TEK dergisi Sayı 73,s.21-29, Nisan-Ağustos 1992

Troen, I., ve Petersen, E.L, European Wind Atlas, Risoe National Lab, Roskilde Denmark, 1989

Van der Hoven, J.L., Power Spectrum of Horizontal Wind Speed in the frequency Range from 0.0007 to 900 Cycles Per Hour, Journal of Meteorolgy, vol 14, pp 160-164,1957

Zekai Şen, Rüzgar Enerjisinin Teorik İncelenmsi, II Ulusal Enerji Sempozyumu, 6-7 Ocak 1997, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi: 23.05.1973

Doğum Yeri: Ankara, Çankaya

Lise: 1984-1991 TED ANKARA Koleji

Lisans: 1991-1996 Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektrik Elektronik Fakültesi.
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: 1996-.... Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Mühendisliği Programı

Çalıştığı Kurumlar:

1996-1997 Hifa Elektrik ve Aydınlatma Ltd. Şti

1997-1998 İnelsan Elektrik Cihazları San.ve Tic.Ltd. Şti

1998-Devam ediyor. Escort Enerji