

T.C  
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ İÇİN STRATEJİ  
SEÇİMİ: BULANIK A'WOT UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

FATMA AĞPAK

GAZİANTEP  
OCAK 2013

T.C  
GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ İÇİN STRATEJİ  
SEÇİMİ: BULANIK A'WOT UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FATMA AĞPAK**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim ARSLAN

GAZIANTEP  
OCAK 2013

T.C.  
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI

**Türkiye'de Rüzgar Enerjisi İçin Strateji Seçimi: Bulanık A'WOT Uygulaması**

Fatma AĞPAK

Tez Savunma Tarihi:18 Ocak 2013

Sosyal Bilimler Enstitüsü Onayı

  
Doç. Dr. Hilmi BAYRAKTAR  
SBE Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığımı onaylarım.

  
Prof. Dr. Selahattin BEKMEZ  
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr. İbrahim ARSLAN  
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

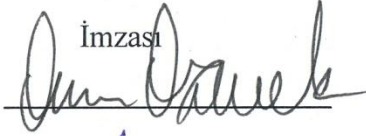
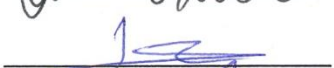

Jüri Üyeleri:

(Unvanı, Adı ve SOYADI)

Doç. Dr. Ömer ÖZÇİÇEK

Doç. Dr. İbrahim ARSLAN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet TEKİNKUŞ

İmzası  
  
  


## ÖZET

### TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ İÇİN STRATEJİ SEÇİMİ: BULANIK A'WOT UYGULAMASI

AĞPAK, Fatma  
Yüksek Lisans Tezi, İktisat Ana Bilim Dalı  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim Arslan  
Ocak 2013, 118 sayfa

Günümüzde artan küresel enerji talebi ile fosil yakıt rezervlerinin tükenme sürecine girmesi yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışlarına neden olurken, küresel ısınma tehlikesi bu arayışlarda katalizör etkisi göstermiştir. Böyle bir küresel konjonktür içerisinde, enerji konusunda acilen stratejik adımlar atması gereken Türkiye de benzer bir sürecin içerisine girmiştir. Bu süreçte rüzgar enerjisi gelişen teknolojisi ve değerlendirilmeyi bekleyen büyük potansiyeli ile diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında ön plana çıkmıştır. Dolayısıyla Türkiye rüzgar enerjisi sektörü son yıllarda önemli bir büyüme göstermiştir ve önümüzdeki dönemde de büyümeye devam etmesine kesin gözüyle bakılmaktadır. Fakat rüzgar enerjisi sektörünün gelişimine dair gerçekçi temellere dayanan ulusal bir strateji eksikliği, ülkenin sektörden maksimum faydayı elde etmesinin önüne geçmektedir. Bu çalışmada bahsi geçen eksikliğin giderilmesine yönelik olarak öncelikle SWOT analizi ile rüzgar enerjisi sektörünün mevcut durumu ortaya konulmuş, sonrasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile SWOT faktörleri değerlendirilerek önerilen alternatifler arasından strateji seçimi yapılmıştır. Yapılan çalışmanın gerçekçi temellere dayanması adına uzman görüşlerine başvurulmuş ve karar verme sürecindeki belirsizlik ile sübjektivitenin üstesinden gelinmesi için bulanık mantık uygulanmıştır. Analiz sonucunda her seviyede, hibrid ve depolamalı sistemleri de içerecek şekilde Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi en öncelikli strateji olarak belirlenmiştir. Bu stratejinin benimsenmesi halinde ülke hem teknolojik, hem bilimsel, hem de istihdam açısından sıçrama gösterebileceği bir alana sahip olarak cari açığın daraltılmasında önemli bir imkan yakalayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar enerjisi, SWOT, bulanık AHP, bulanık A'WOT,

**ABSTRACT****STRATEGY SELECTION FOR WIND ENERGY IN TURKEY: A FUZZY  
A'WOT APPLICATION**

AĞPAK, Fatma

M.A. Thesis Department of Economics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim Arslan

January 2013, 118 pages

Prompted by the increasing world primary energy demand and the coming fossil fuels depletion, a worldwide search for new and renewable energy sources began. Also global warming has made a catalyst effect in this trend. In such a global conjuncture, wind energy comes to forefront with its untapped high potential and mature technology in Turkey, which already have urgent energy issues to handle. In recent years wind energy showed a significant growth in Turkey and it is highly expected to continue growing in the forthcoming period. In this point, in order to gain greatest benefit from wind energy, a national wind energy strategy must be introduced. In this paper, a national wind energy strategy is tried to be put forward. For this purpose, the hybrid method of SWOT analysis and Analytic Hierarchy Process (AHP) is preferred, which is known as A'WOT in literature. And in order to eliminate fuzziness and subjectivity of decision making process, fuzzy logic is applied. As a result of applied A'WOT, supporting wind energy related R&D activities, also including hybrid and storage systems, is chosen as the top priority strategy to gain maximum benefit from wind energy in Turkey. If this strategy is adopted, Turkey will have an opportunity to make a splash in employment, technology and science fields. So wind energy not only solve the energy issues, but also can contribute to reducing Turkey's current account deficit problem.

**Keywords:** Wind Energy, SWOT, fuzzy AHP, fuzzy A'WOT.

## ÖNSÖZ

Tarihin her döneminde önemini koruyan enerji içinde bulunulan zaman diliminde artan dünya nüfusu ve sanayileşme nedeniyle daha da stratejik bir değere sahip hale gelmiştir. Fakat son iki yüzyıldır yaygın kullanımda olan fosil yakıtlar nedeniyle insanlık yeni bir problem olarak kabul ettiği, küresel ısınma tehlikesi ile karşı karşıya kalmışlardır. Dolayısıyla artık sürdürülebilir enerji arzı sağlanmasının yanı sıra, enerjinin temiz kaynaklardan sağlanması da aynı derecede önem kazanmıştır. Bu süreçte çözüm olarak sunulan yenilenebilir enerji kaynakları arasında ön plana çıkan rüzgar enerjisi yoğun ilgi görmektedir. Geline aşamada Türkiye'de rüzgar enerjisinin ülkeye en büyük faydayı sağlayacak şekilde büyümesi için gerçekçi temellere dayanan ulusal bir stratejinin ortaya konulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır ve bu çalışma kapsamında bahsi geçen eksikliğin giderilmesine katkıda bulunabilme adına rüzgar enerjisi için strateji arayışına girilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasındaki yardımları için Doç. Dr. İbrahim Arslan'a, değerlendirmeleri ve uzman görüşleri nedeniyle tüm anket katılımcılarına ve elbetteki aileme teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iii
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	vi
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	viii
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	ix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR</b> .....	4
2.1. DÜNYADA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ.....	4
2.2. TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ .....	10
2.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Rezervleri .....	16
2.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Potansiyeli .....	21
2.3. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE .....	28
2.3.1. İklim Değişikliği ve Türkiye .....	31
2.4. RÜZGAR ENERJİSİNE GENEL BAKIŞ .....	34
2.4.1. Rüzgar Enerjisinin Tarihi .....	34
2.4.2. Rüzgar Enerjisinin Tanımı ve Oluşumu.....	37
2.4.3. Global Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Gelişimi.....	37
2.4.4. Dünya Genelinde Rüzgar Enerjisinin Gelişimi.....	39
2.4.5. Rüzgar Enerjisi Maliyetleri .....	42
2.5. RÜZGAR ENERJİSİNİN AVANTAJLI ve DEZAVANTAJLI OLDUĞU KONULAR .....	45
2.6. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ .....	49
2.7. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BÖLGESEL DAĞILIMI .....	50
2.8. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİNİN GELİŞİMİ .....	53
2.9. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POLİTİKASI .....	55
2.9.1. Yasal Mevzuat .....	56
2.9.2. Rüzgar Enerjisinin Ticareti .....	57
2.9.3. Rüzgar Enerjisi Lisans ve Yatırım Süreci .....	58
2.10. TÜRKİYE ÖZELİNDE RÜZGAR ENERJİSİ DEĞERLENDİRMELERİ .....	59
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	65

3.1. MATERYAL .....	65
3.2. YÖNTEM.....	65
3.2.1. SWOT Analizi.....	66
3.2.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi.....	69
3.2.3. Bulanık A'WOT Analizi .....	71
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>76</b>
4.1. SWOT ANALİZİ .....	76
4.1.1. SWOT Analizinde Belirlenen Güçlü Yanlar .....	77
4.1.2. SWOT Analizinde Belirlenen Zayıf Yanlar .....	79
4.1.3. SWOT Analizinde Belirlenen Fırsatlar .....	80
4.1.4. SWOT Analizinde Belirlenen Tehditler.....	82
4.2. BULANIK AHP ile STRATEJİ SEÇİMİ .....	83
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>98</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>103</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>116</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>118</b>



## TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Bölgelere göre elektriğe ulaşımı olmayan insan nüfusu ve 2030 yılı projeksiyonu	7
Tablo 2.2. Kaynak türlerine göre dünya birincil enerji talebi ve elektrik üretimi payları	9
Tablo 2.3. Yıllara göre karşılaştırmalı birincil enerji tüketimi, milyon tep	11
Tablo 2.4. Türkiye'nin toplam enerji üretimi ve beklentiler, milyon tep	13
Tablo 2.5. Fosil yakıt fiyatlarının gelişimi	17
Tablo 2.6. Türkiye'nin fosil enerji kaynak rezerv miktarları, milyon ton	19
Tablo 2.7. Yenilenebilir enerji ile ilgili seçilmiş göstergeler	21
Tablo 2.8. Türkiye'de hidrolik enerjinin gelişimi	24
Tablo 2.9. Türkiye'de biyoenerjinin son durumu	27
Tablo 2.10. Küresel karbon salınımına ilişkin projeksiyon	30
Tablo 2.11. Rüzgar enerjisinin küresel pazar büyüklüğü	36
Tablo 2.12. Dünya rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı	38
Tablo 2.13. Rüzgar enerjisinin dünya genelinde yıllar içinde gelişimi	39
Tablo 2.14. 2011 sonu itibariyle rüzgar enerjisinde öncü ilk on ülke	41
Tablo 2.15. Bölgeler bazında kurulu kapasite ve 2011 yılı yeni eklenen kapasite verileri	41
Tablo 2.16. Enerji üretim maliyetleri 2016 yılı projeksiyonu	45
Tablo 2.17. Rüzgar enerjisi potansiyelinin sınıflandırılması	50
Tablo 2.18. Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli	52
Tablo 2.19. Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı	53
Tablo 2.20. Kurulu rüzgar gücünün bölgesel dağılımı	55
Tablo 3.1. Türkiye'de enerji alanında son 5 yılda yapılmış belli başlı SWOT analizleri	68
Tablo 3.2. Son beş yılda enerji alanında bulanık AHP kullanarak yapılmış belli başlı çalışmalar	70
Tablo 3.3. Bulanık AHP dönüşüm skalası	75
Tablo 4.1. Türkiye'de rüzgar enerjisi için gerçekleştirilen SWOT analizi	77
Tablo 4.2. Kullanılan Değerlendirme Ölçeği	83
Tablo 4.3. Güçlü yanlar ikili karşılaştırma matrisi	84
Tablo 4.4. Güçlü yanlar için elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi	85
Tablo 4.5. Zayıf yanlar için elde edilen ikili karşılaştırma matrisi	88
Tablo 4.6. Zayıf yanlar için elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi	89
Tablo 4.7. Fırsatlar ikili karşılaştırma matrisi	90
Tablo 4.8. Fırsatlar bulanık ikili karşılaştırma matrisi	91
Tablo 4.9. Tehditler ikili karşılaştırma matrisi	92
Tablo 4.10. Tehditler bulanık ikili karşılaştırma matrisi	93
Tablo 4.11. SWOT grupları ikili karşılaştırma matrisi	94

Tablo 4.12. SWOT grupları bulanık ikili karşılaştırma matrisi	93
Tablo 4.13. Stratejilerin güçlü yanlar faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo	94
Tablo 4.14. Stratejilerin zayıf yanlar faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo	95
Tablo 4.15. Stratejilerin fırsatlar faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo	95
Tablo 4.16. Stratejilerin tehdit faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo	96
Tablo 4.17. Stratejilerin genel ağırlıkları	96

**ŞEKİLLER LİSTESİ**

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. 1990-2035 dönemi dünya enerji tüketimi, milyon tep	4
Şekil 2.2. Kişi başı birincil enerji tüketimi, tep	6
Şekil 2.3. Kaynaklarına göre 2011 yılı dünya enerji tüketim oranları	8
Şekil 2.4. Türkiye'nin yıllara göre enerji üretim ve tüketimi, bin tep	12
Şekil 2.5. Küresel karbon salınımının yıllar içindeki seyri, milyon ton	30
Şekil 2.6. Türkiye'de karbon salınımının yıllar içinde seyri, milyon ton	32
Şekil 2.7. Türkiye rüzgar atlası	52
Şekil 2.8. Türkiye'de kurulu rüzgar enerjisi gücünün yıllara göre dağılımı	54
Şekil 3.1. $M_1$ ve $M_2$ üçgensel bulanık sayıların kesişimi	74

## KISALTMALAR LİSTESİ

BMİDÇS: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi  
DEK TMK: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi  
DMİ: Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü  
DPT: Devlet Planlama Teşkilatı  
EBRD: European Bank of Reconstruction and Developing  
EEA: Avrupa Enerji Ajansı  
EIA: Amerikan Enerji Bilgi İdaresi  
EİE : Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü  
EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu  
EREC: Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi  
ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı  
EWEA: Avrupa Rüzgar Enerjisi Ajansı  
GWEC: Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi  
HES: Hidroelektrik Enerji Santrali  
KP: :Kyoto Protokolü  
IEA: Uluslararası Enerji Ajansı  
IRENA: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı  
MEI: Melbourne Üniversitesi Enerji Enstitüsü  
OECD: İktisadi Kalkınma ve İşbirliği Örgütü  
PMUM: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi  
TETAŞ: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.  
TMMOB: Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği  
TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu  
TUREB: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği  
WEC: Dünya Enerji Konseyi

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

İnsanoğlunun tarihi boyunca önemini koruyan enerji konusu, günümüz modern toplumlarının hayatlarında yerini daha da sağlamlaştırarak vazgeçilemez bir konum edinmiştir. Öyle ki sürdürülebilir, güvenli bir enerji arzı sağlanamadığında günümüz toplumlarının gelişmelerini devam ettirmeleri artık olası bile değildir. Diğer bir deyişle ekonomik büyümenin olmazsa olmaz dayanağı güvenilir ve sürdürülebilir enerji arzıdır.

Enerji konusunda yaşanan herhangi bir sıkıntı toplumların hem üretim kapasitesi ve çeşitliliğinde hem de hayat kaliteleri üzerinde direkt olarak etkisini göstermektedir. Bu nedenle enerji arzı konusu devlet yöneticilerinin gündemlerini devamlı meşgul ederken aynı zamanda uluslararası ilişkilerin şekillenmesinde başrol sahibi olmakta ve hatta kimi zaman savaş sebebi olarak kimi zaman da zorunlu işbirliği sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi esnasında ortaya çıkan kaos ve sonrasında kendini gösteren yeni dünya düzeni bu durumun en iyi bilinen örneğini oluşturmaktadır. Bugüne gelindiğinde fosil yakıtların ömürlerinin büyük kısmını tüketmiş olmalarının ve yenilenebilir enerji teknolojilerindeki büyük gelişmelerin devletler muvazenesindeki uluslararası dengeleri değiştirmesi beklenmektedir.

Esasında rüzgar, hidrolik, biyoenerji gibi yenilenebilir kaynakların kullanımı yeni değildir, çok eski zamanlara uzanmaktadır. Fakat yenilenebilir enerjinin stratejik bir unsur haline gelmesi daha çok son çeyrek yüzyılda gerçekleşmiştir. Bu durumun en büyük nedenlerinden biri küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin göz ardı edilemeyecek boyutlara ulaşmış olmasıdır.

Türkiye için ise yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi küresel ısınma ve çevresel duyarlılığın maalesef çok daha ötesindedir. Çünkü Türkiye küresel

ısınma açısından riskli ülkeler arasında yer almakla birlikte enerji ithal eden, kendi topraklarında yeterli miktar ve kalitede fosil yakıt barındırmayan bir ülkedir. Enerji ithalatı, yaşanan ekonomik büyüme ve nüfus artışına bağlı olarak ülke gelirinden her yıl artan oranlarda pay almakta ve en çok da enerjideki bu dışa bağımlılık nedeniyle cari açık ülke ekonomisi için başlıca sorun haline gelmektedir. 2011 yılı verilerine bakıldığında enerjide talebin yerli üretimle karşılanma oranının %27,6 olarak gerçekleştiği ve Türkiye'nin 54.1 milyar dolarlık enerji ithalatı yaptığı görülmektedir. 2012 yılı sonuna gelindiğinde benzer karamsar tablonun sürmekte olduğu ve resmi olmayan rakamlara göre 65 milyar dolarlık enerji ithalatı faturasının söz konusu olduğu görülmektedir (TMMOB, 2012:8). İthalat tutarlarına bakıldığında enerji ithalatının ülke ekonomisi üzerindeki baskısı kendini açıkça göstermektedir.

Ayrıca enerji tedarik edilen ülke sayısının az olması, Türkiye'yi başta Rusya olmak üzere bazı tedarikçi ülkelere karşı zora sokmaktadır. Dolayısıyla ülke güvenliği için tehdit unsuru teşkil etmektedir. Türkiye'nin enerjideki bu çıkmazlarının çözümü ise ancak yerel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en kısa zamanda, en etkin şekilde kullanımıyla mümkün olabilecektir. Enerji verimliliği politikalarının sıkı takibi de ayrıca önem arz etmektedir.

Fosil yakıtlar açısından fakir olan Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları açısından şanslı konumdadır. Rüzgar, hidrolik, biomass, jeotermal, güneş gibi yenilenebilir kaynaklar açısından önemli potansiyele sahip bulunan Türkiye'de, teknoloji olarak yeterli olmayan güneş enerjisi ve önemi bir dereceye kadar da olsa kavranmış olan hidrolik enerji bir kenara bırakılınca rüzgar enerjisi diğer kaynaklar için de en önemli fırsat olarak kendini göstermektedir.

Yapılan değerlendirmelere göre Türkiye'nin yaklaşık 48.000 MW'lık rüzgar enerjisi üretim potansiyeli bulunmaktadır. Bu potansiyelin 1728,20 MW'lık bölümü işletmede, 4660,60 MW'lık bölümünün yatırımları başlamış, 4660,60 MW'lık bölümü ise lisans süreci içindedir (TMMOB, 2012:170). Konu ile ilgili yasal mevzuat Avrupa Birliği ayarında düzenlenmiş olup yerel türbin üretimi için hamleler yapılmaya çalışılmaktadır. Kısacası rüzgar endüstrisi pek çok nedenle Türkiye'de büyümektedir ve ilerleyen yıllarda da büyümeye devam edeceğine kesin gözüyle bakılmaktadır.

Fakat bu aşamada asıl önemli olan husus, Türkiye'nin rüzgar enerjisinden maksimum derecede fayda elde edebilmesidir. Rüzgar enerjisi alanında başarılı

dünya ülkelerine bakıldığında rüzgar enerjisinden sadece enerji ihtiyaçlarını karşılama yönüyle değil; yerli üretim, istihdam, eğitim, teknoloji ve inovasyon kültüründe ilerleme gibi diğer yönleriyle de ülkelere katma değer sağladıkları görülmektedir. Şüphesiz rüzgar enerjisinden bu derece geniş çaplı faydalar elde edebilmek, sektörü bir strateji çerçevesinde yapılandırmaktan geçmektedir. Türkiye’de ise bu anlamda bir ulusal rüzgar enerjisi stratejisi bulunmaması önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada amaçlanan, bahsi geçen ulusal rüzgar enerjisi stratejisi eksikliğini giderilmesine yönelik olarak rüzgar enerjisinden maksimum fayda elde edilmesine imkan sağlayacak alternatif stratejiler ortaya koymak ve alternatifler arasından en öncelikli stratejinin seçilmesidir. Konunun uzmanlarından alınan bilgi ve değerlendirmeler bulanık A'WOT yöntemi ile analiz edilerek strateji seçimi yapılmıştır.

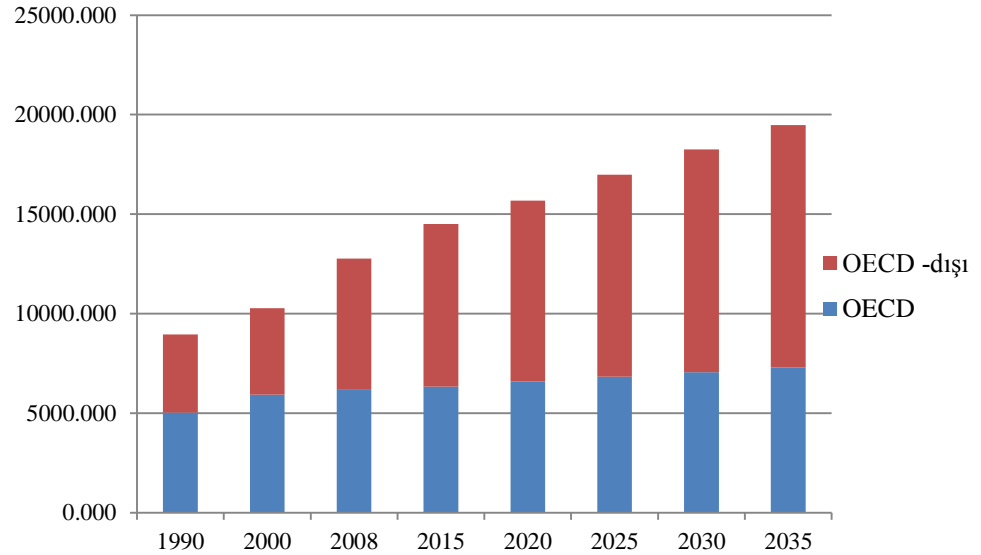
Beş bölümden oluşan bu çalışmanın birinci bölümünde giriş niteliğindeki bilgiler sunulmuştur. İkinci bölümde hem dünya hem de Türkiye’nin enerji görünümü, arz-talep dengesi, küresel ısınma, rüzgar enerjisinin gelişimi ve potansiyeli, rüzgar enerjisinin avantaj ve dezavantajları gibi konular ele alınmış; ilgili literatüre yer verilmiştir. Üçüncü bölümde materyal ve yönteme dair bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde bulanık A'WOT ile Türkiye için rüzgar enerjisi strateji seçimi uygulamasına yer verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

## İKİNCİ BÖLÜM

### LİTERATÜR

#### 2.1. DÜNYADA ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Bilinen en eski çağlardan itibaren sürekli artış gösteren dünya nüfusu, sanayileşme oranları ve modern toplumların enerji yoğun bir hayat tarzını benimsemeleri global enerji tüketiminde sürekli bir artış trendi oluşmasına neden olmuştur. Çeşitli kurumlarca bu trendin devam edeceği öngörülmektedir. Bu öngörülere göre 2008-2035 aralığında yıllık enerji talep artış oranı OECD ülkeleri için % 0,6, OECD'ye üye olmayan ülkeler için % 2,3, dünya genelinde ise %1,6 olarak gerçekleşecektir. Şekil 2.1.'de geçmiş enerji tüketim verileri ve gelecek öngörülere birlikte görülebilmektedir.

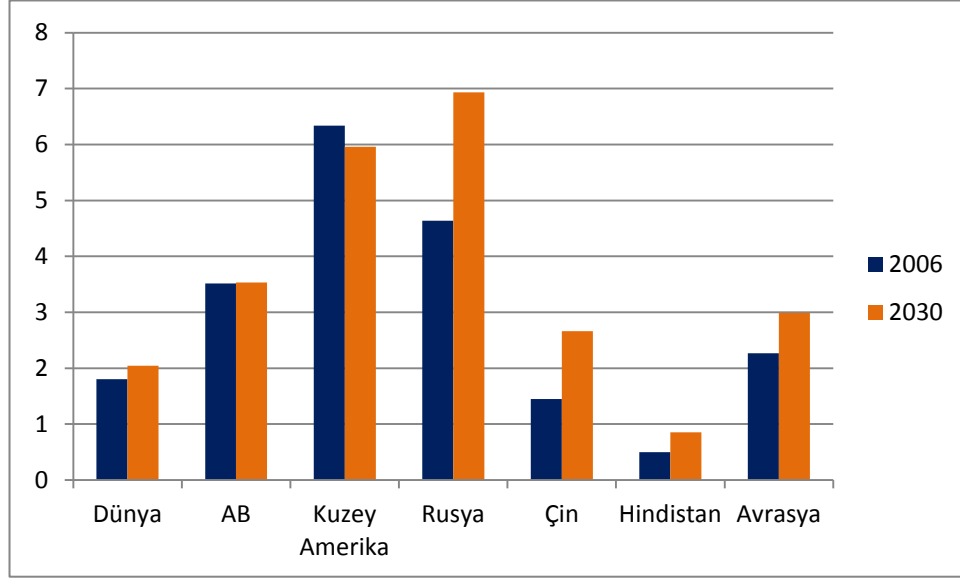


Şekil 2.1. 1990-2035 dönemi dünya enerji tüketimi, milyon tep (EIA, 2011:1)



Bu trendde Çin, Hindistan gibi hızlı büyüme gösteren OECD-dışı ekonomilerin payının oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Beklentiler 2030 yılına gelindiği en çok enerji tüketen ülkeler listesinin Çin, ABD, AB, Hindistan olarak şekilleneceği ve bu dört büyük ekonominin dünya enerjisinin yarısından fazlasını tek başlarına kullanacağı yönündedir (EIA, 2011:1). Yapılan bir başka projeksiyona göre ise Çin ve Hindistan'ın da dahil olduğu Asya-Pasifik ülkeleri 2010 yılında dünya birincil enerji talebinde %39 olan paylarını, 2025'te %42'ye, 2040 yılına gelindiğinde ise %43'e çıkaracaklardır (Exxon Mobile Corp., 2012:49). Türkiye ise OECD ülkeleri içerisinde 2000-2010 periyotu göz önüne alındığında enerji talep artışının en yüksek olduğu ülkedir. Hatta elektrik ve doğalgaz talep artışında Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır (TMMOB, 2012:5). Bahsi geçen global enerji talep artışı 2008-2030 aralığında, yarısından fazlası gelişmekte olan ülkeler için olmak üzere, 26 trilyon doları yatırım ihtiyacı doğurmuştur (Acaroğlu ve Aydoğan, basımda:4). Türkiye özelinde ise Enerji Piyasası Denetleme ve Düzenleme Kurulu (EPDK) verilerine göre enerji talep artışının finansmanı için 2010-2030 aralığında 225-280 milyar dolar yatırım ihtiyacı ortaya çıkacaktır (TMMOB, 2012:4).

Daha önce vurgulandığı üzere enerjiye ulaşımın toplumların hayat standartları üzerinde etkisi tartışılmaz düzeydedir. İşte tam da bu nedenle toplumların gelişmişliklerini ölçerken en sık başvurulan ölçütlerden biri ülkedeki kişi başına düşen birincil enerji tüketimi miktarı olmaktadır. Basit olarak gelişmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelere oranla çok daha yüksek gerçekleşmekte olduğu söylenebilir. Kıyaslama yapılabilmesi için Avrupa Çevre Ajansı (EEA) 2006 yılı kişi başına birincil enerji tüketim verileri ve 2030 yılı tahminleri Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Kişi başı enerji tüketimi verileri, tep (www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/total-primary-energy-consumption-per-capita-tec-and-final-energy-consumption-per-capita-fec-in-2006-and-projections-in-2030, 24.06.2012)

Şekil 2.2 de açıkça görüldüğü üzere son yıllarda gelişmekte olan ülkelerle gelişmiş ülkeler arasındaki açık kapanma eğilimine girmiştir. Bununla beraber dünyada enerjiye ulaşımı olmayan büyük bir kesimin varlığı da unutulmamalıdır. Halen dünya nüfusunun 1,3 milyarının günlük hayatta en yaygın olarak kullanılan enerji biçimi olan elektriğe, 2,7 milyarının da ısınma ve temiz yemek pişirme imkanlarına ulaşımı bulunmamaktadır. Bu nüfusun yaklaşık %95 i Sahra altı Afrika ve gelişmekte olan Asya ülkelerinde yaşamaktadır. Yapılan gelecek projeksiyonlarına göre tüm dünya nüfusunun modern enerjiye ulaşımının sağlanabilmesi için 2030 a kadar her yıl 48 milyar dolarlık yatırım gerekmektedir. Oysa aynı projeksiyonlara göre yatırım miktarı muhtemelen yıllık 14 milyar dolar seviyesinde kalacak ve 2030'da halen 1 milyar insanın enerjiye ulaşımı mümkün olmayacaktır, detaylar Tablo 2.1.'de sunulmuştur (IEA, 2011b:16).

Tablo 2.1. Bölgelere göre elektriğe ulaşımı olmayan insan nüfusu ve 2030 yılı projeksiyonu (IEA, 2011b:16)

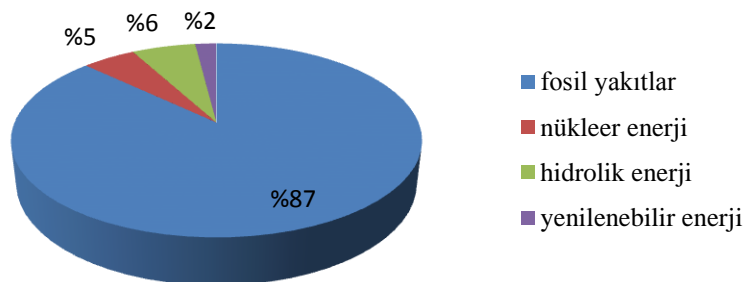
	2009			2030		
	Kırsaldaki Nüfus	Şehirdeki Nüfus	Toplam Nüfusa Oranı	Kırsaldaki Nüfus	Şehirdeki Nüfus	Toplam Nüfusa Oranı
Afrika	466	121	58%	539	107	42%
Sahraaltı Afrikası	465	121	69%	538	107	49%
Gelişmekte olan Asya	595	81	19%	327	49	9%
Çin	8	0	1%	0	0	0
Hindistan	268	21	25%	145	9	10%
Diğer	319	60	36%	181	40	16%
Latin Amerika	26	4	7%	8	2	2%
Orta Doğu	19	2	11%	5	0	2%
Gelişmekte Olan Ülkeler	1106	208	25%	879	157	16%
Dünya	1109	208	19%	879	157	12%

Projeksiyon sonuçlarından açıkça görüldüğü üzere dünya üzerindeki herkesin modern enerjiye ulaşımı için ekstra bir çaba içine girilmezse var olan olumsuz tablo önümüzdeki yirmi yıllık süreç içinde çok da iyiye gitmeyecektir. Burada ekstra çabadan kasıt sadece daha fazla finansman demek değildir, çözüm için daha farklı arayışlara girmek gerekiyor olması manasına da gelmektedir. Çünkü en büyük yatırım ihtiyacı şebeke bağlantısı olmayan, modern kentlere uzak kırsal kesimlere elektriğin ulaştırılması noktasındadır ve bu bölgeler için şebeke bağlantısının genişletilmesi oldukça maliyetli bir seçenektir. Bu nedenle geleneksel olarak bu bölgelerde içten yanmalı motorlar çözüm olarak sunulmaktadır. Oysa bu motorların çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar motorların kısa ömürlü olması, bakımlarının masraflı olması, kullandıkları yakıt itibarıyla ekonomik olmamaları şeklinde sıralanabilir. Ayrıca çıkardıkları egzoz gazları, yağ sızıntımları ve gürültülü olmaları nedeniyle çevreye de zarar vermektedirler (Fornaco, 2002:9). Oysa kırsal kesimlerde şebeke bağlantısı olmayan veya mini lokal yenilebilir enerji bölgeleri kurmak daha çevreci ve düşük maliyetli bir çözüm olacaktır (Kaygusuz, 2011:1124). Bu noktada rüzgar enerjisi hem rekabetçi fiyatlarıyla hem de rüzgar enerji santrallerinin bulunduğu alanda tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin devam edebiliyor olması nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Ayrıca 2012 yılının Birleşmiş

Milletler tarafından “Herkes için Uluslararası Sürdürülebilir Enerji” yılı ilan edilmiş olmasının da bu mühim sorunu uluslararası gündemde üst sıralara taşıması ve çözüm için iyi bir sıçrama noktası oluşturması beklentiler dahilindedir.

Aslında tüketime konu olan meta her ne olursa olsun, talep büyüklüğü ne olursa olsun asıl önemli olan bu talebin nasıl, bir başka deyişle hangi kaynaklarla karşılanacağı sorusuna verilecek cevaptır. Bu çalışmanın ilgilendiği konu enerji olması nedeniyle cevap, enerji arzının büyük bölümünün halen fosil yakıtlar ile karşılanmakta olduğudur. Ayrıca dünya genelinde büyük resme bakılacak olursa insanoğlunun enerjideki asıl çıkmazının arz yetersizliği olmadığı görülmektedir, çünkü insanlar ihtiyaç duydukları enerjiyi o veya bu şekilde bir kaynaktan elde edebilmektedirler. Asıl sorun tek tek ülkelerin güvenli ve sürdürülebilir enerji arzına makul fiyatlarla ulaşabilmesi ve bunu dünyayı yaşanmaz hale getirmeden yapabilmeleri noktasındadır. Çünkü dünya genelinde küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliği etkisini açık bir biçimde hissettirmeye başlamış olmasına rağmen ve bu konuyla ilgili şiddetlenen kötümser beklentilere karşın devletlerin öncelikle ve sadece kendi enerji güvenliklerini ön planda tutmaları nedeniyle uzun bir süre daha global enerji arzını fosil yakıtların domine etmesi beklenmektedir.

2009 yılı dünya birincil enerji arzı verilerine göre fosil yakıtların toplam enerji arzı içindeki payı %81 civarında gerçekleşmiştir, dolayısıyla çok hızlı bir değişiklik beklemek olası değildir (IEA, 2011a:6). 2011 yılı itibariyle fosil yakıtların enerji tüketim karmasındaki payının %87'ye yükselmesi bu savı doğrular niteliktedir (BP, 2012:41).



Şekil 2.3. Kaynaklarına göre 2011 yılı dünya enerji tüketim oranları (BP, 2012:41)

Ayrıca şu aşamada dünya enerji kaynaklarının tümünün bu çalışmanın odak noktalarından biri olan elektrik enerjisi üretimi için kullanılmadığının hatırlanması gerekmektedir. Halihazırda arz halinde olan enerji kaynakları başlıca dört sektör arasında, endüstri, ulaşım, konut/ticari ve tarım sektörleri, arasında paylaşılmaktadır. Tablo 2.2.'de kaynak türlerine göre enerji talebi ve elektrik üretimi içindeki payları sunulmuştur.

Tablo 2.2. Kaynak türlerine göre dünya birincil enerji talebi ve elektrik üretimi payları (Exxon Mobile Corp., 2012:49-51)

	2010	2025	2040
Dünya Birincil Enerji Talebi, kaynaklarına göre	% 100	% 100	% 100
Petrol	% 34	% 32	% 32
Gaz	% 22	% 25	% 27
Kömür	% 26	% 23	% 19
Nükleer	% 5	% 6	% 8
Hidro	% 2	% 2	% 3
Yenilenebilir Kaynaklar	% 10	% 11	% 13
Dünya Elektrik Üretimi, kaynaklarına göre	% 100	% 100	% 100
Petrol	% 5	% 2	% 3
Gaz	% 23	% 27	% 30
Kömür	% 47	% 44	% 33
Nükleer	% 15	% 15	% 20
Hidro	% 1	% 2	% 4
Yenilenebilir Kaynaklar	% 9	% 10	% 11

Doğal olarak birincil enerji kaynaklarının daha az bir kısmı, istatistiksel olarak yaklaşık %35'i, elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Exxon Mobile Corp.,2012:49). Petrol ağırlıklı olarak ulaşım sektöründe kullanılırken, elektrik üretimi içindeki payı oldukça azdır. Nükleer enerjiye bakıldığında durumun tamamıyla farklı olduğu görülmektedir. Birincil enerji olarak nükleere olan talep ile nükleerin elektrik üretimi içindeki payı karşılaştırıldığında yoğunlukla elektrik enerjisi için tercih edildiği gözlenmektedir.

## 2.2. TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

36°-42° kuzey enlemleri ve 26°-45° doğu boylamları arasında yer alan Türkiye, 779.452 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir (TÜİK, 2009:10). Bu alanın 23.764 km<sup>2</sup>'lik kısmının Avrupa kıtasında, kalanının ise Asya kıtasında yer alıyor olması Türkiye'yi sadece coğrafi olarak değil her anlamda köprü bir ülke haline getirmektedir (TÜİK, 2009:10). Türkiye, kültürel, dini, siyasi köprü olma vasıflarının yanı sıra; her ne kadar fosil yakıt zengini olmasada zengin rezervlere sahip ülkelere yakınlığı nedeniyle enerji transferi için uygun bir köprü konumundadır. Kendi enerji arz güvenliği açısından stratejik önem taşıyan bu enerji köprüsü olma özelliğini uluslararası politik hamleler ile pekiştirmeye çalışmaktadır. Faaliyette olan hatların yanı sıra Bakü-Tiflis-Erzurum doğal gaz boru hattı, Türkiye-Yunanistan-İtalya doğal gaz enterkonektörü, Nabuko doğal gaz boru hattı projesi, Arap doğal gaz boru hattı projesi, Samsun-Ceyhan ham petrol boru hattı projesi gibi projeler hep bu politikaların sonucu hayata geçirilmeye çalışılan enerji transfer hatlarıdır.

Dünya genelinde son yılların yükselen ekonomileri arasında yer alan Türkiye kendi iç dinamikleri nedeniyle enerji alanında stratejik adımlar atması gereken bir dönemden geçmektedir. Ülke, 1980 yılında açık ekonomiye geçtiğinden beri önemi artan, 1990'dan itibaren hızlanmaya başlayan birincil enerji talebi 2000 Kasım ve 2001 Şubat ekonomik krizlerinin aşılmasından sonra belirgin bir artış göstermiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre 1990-2008 yılları arasında yıllık artış %4,3 olarak kendini göstermiştir. Yakalanan ekonomik büyüme neticesinde gerçekleşen bu birincil enerji talebi artışı Türkiye'yi OECD ülkeleri arasında 2001-2011 dönemi içinde ilk sıraya yükseltmiştir. Aynı dönemde, bu talep artışı doğal gaz ve petrol talebinde Türkiye'nin Çin'den sonra dünya genelinde ikinci sıraya yükselmesine de neden olmuştur ([www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=215&hn=12&nm=384&id=384](http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=215&hn=12&nm=384&id=384), 01.05.2012).

Enerji talep büyüklüğünün enerji tüketimine yansıdığı düşünülürse Tablo 2.3.'te sunulan yıllara göre karşılaştırmalı enerji tüketim verileri Türkiye'nin enerji ihtiyacının seyrine dair açıklayıcı olacaktır.

Tablo 2.3. Yıllara göre karşılaştırmalı birincil enerji tüketimi, milyon tep (BP, 2012:41)

	1980	1990	2000	2005	2010	2011	2009-2010 % değişim	2010-2011 % değişim
Türkiye	24,9	47,2	76,7	86	108,8	118,8	9,8	9,2
OECD	4144,9	4625	5435,4	5667,3	5568,3	5527,7	3,5	-0,8
AB	1564,3	1648,5	1720,4	1808,2	1732,9	1690,7	3,2	-3,1
OECD dışı	2479	3483,7	3947	5133,7	6434,1	6746,9	7,5	6,3
Dünya	6624	8108,7	9382,4	10800,9	12002,4	12274,6	5,6	2,5

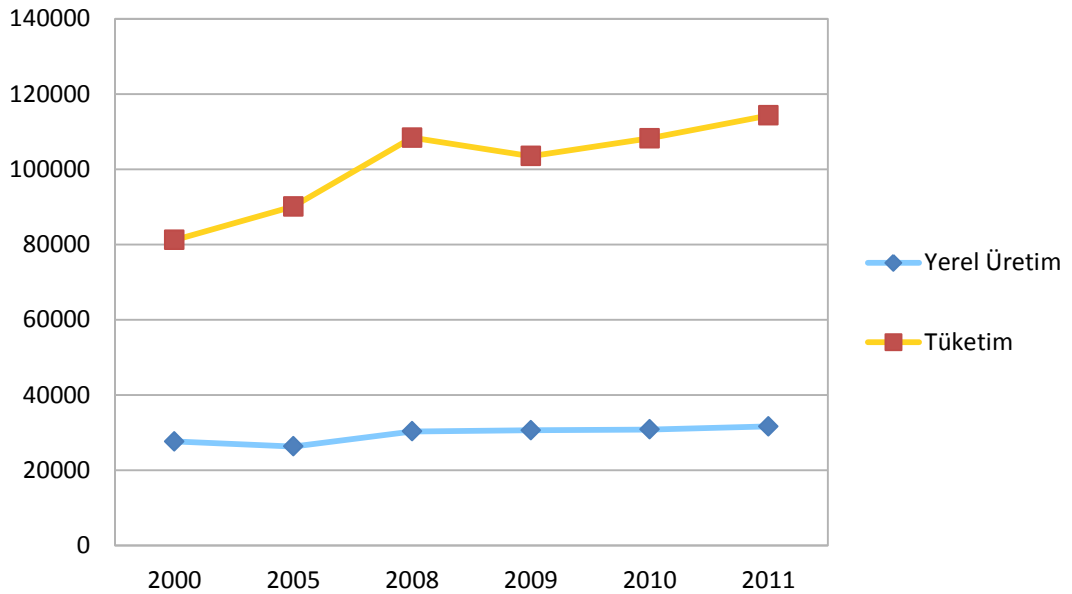
Enerji talep artışının temel sebepleri nüfus artışı ve yaşanan hızlı sosyo-ekonomik gelişimdir. Türkiye nüfusu 2000-2009 döneminde %7,6 artış göstermiştir (TÜİK, 2011:42). Böylesine bir nüfus artışının enerji talep artışını tetiklemesi doğal bir süreç olarak görülmektedir. Ülkenin nüfus artış hızına dair beklentiler ise 2020 yılına kadar 100 milyonu aşacağı yönündedir (Yüksek vd., 2006:3094; Bilgili vd., 2012:404). Talep artışının altındaki bir diğer önemli neden olan ekonomik büyüme 2002-2007 yılları arasında GSMH da %6,7 olarak kendini göstermiştir. 2020 yılına kadar yıllık ortalama ekonomik büyüme %6,4 olarak öngörülmektedir (Balat, 2010:1999).

2000'lerden itibaren Türkiye'nin enerji tüketimi yukarıda vurgulandığı üzere artmış olmasına rağmen kişi başı birincil enerji tüketimi miktarları halen gelişmiş ülkelerin oldukça altında kalmaktadır. Fakat bu durumu büyüme ve yatırım fırsatı olarak gören çalışmalar da literatürde kendine yer bulmaktadır (bkz. Balat, 2010). Ayrıca, Şevik (2009:6)'nın ifade ettiği üzere pek çok sektör yatırımcısı da içinde bulunulan durumu fırsat olarak görmektedirler. Son küresel ekonomik krizin en ağır olduğu 2008-2009 döneminde bile enerji sektörüne yatırımların sürmüş olması ve Türkiye'de küresel krizden en az etkilenen sektörün enerji sektörü olmasının bu durumun sonucu olarak yorumlamaktadırlar (Şevik, 2009:6).

Türkiye'de enerji tüketimine sektörel olarak bakılacak olursa, 1970'den itibaren asıl büyümenin konut sektöründen geldiği görülecektir. Üretim sektörüne bakıldığında artan sanayileşme oranlarına rağmen sektörün toplam enerji tüketimi içindeki payı 1970-2004 arasında azalma göstermiştir (Bilgili vd., 2012:405). 2009 yılına gelindiğinde konut, ticaret ve tarım sektörünün nihai enerji kullanımındaki payı yaklaşık %40, ulaşım sektörünün payının yaklaşık % 20 ve 2009'daki düşüşe rağmen

sanayinin payının %40 olarak gerçekleştiği görülmektedir (www.enerdata.net/enerdatauk/knowledge/eshop/oecd-energy-data.php, 02.05.2012).

Türkiye'de enerjinin arz cephesine döndüğümüzde yıllar içinde yerel arz miktarında talepteki gibi önemli düzeyde bir artış yaşanmadığını görülmektedir. Konvansiyonel enerji kaynakları açısından yetersizlik, yatırım eksiklikleri ve stratejik düşünme noktasındaki geç kalınmışlık arz-talep dengesini talep lehine bozmuş durumdadır. 2000-2011 döneminde yerel enerji arzı ve talebin seyri izlenecek olursa bu dengesizliği düzeltme yönünde sağlam adımlar atılmadığı da gözlenecektir (bkz. Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Türkiye'nin yıllara göre enerji üretim ve tüketimi, bin tep (TMMOB, 2012:9)

Şekil 2.4.'ten açıkça görülebildiği üzere Türkiye enerji alanında ağır biçimde dışa bağımlı haldedir. Öyle ki 1990 yılında birincil enerji tüketiminin yerli üretimle karşılanma oranı % 48,1 iken, 2000 yılına gelindiğinde bu oran %33,1'e, 2005 'e gelindiğinde %26,9'a ve nihayet 2011 yılında %27,6'ya düşmüş bulunmaktadır (TMMOB, 2011:11; TMMOB, 2012:8). Türkiye'nin toplam enerji üretiminde yer alan kaynak dağılımı göz önüne alındığında dış bağımlılığın nedenleri de kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Yapılan öngörülere göre kısa vadede bu durumun süreceği Tablo 2.4.'ten görülmektedir.



Tablo 2.4. Türkiye'nin toplam enerji üretimi ve beklentiler, milyon tep (Kotçioğlu,2011:5115)

Enerji Kaynakları	2007	2010	2020
Kömür (linyit dahil)	14,5	26,15	32,36
Petrol	2048	1,13	0,49
Doğalgaz	0,94	0,17	0,14
Nükleer	-	-	7,3
Hidrolik	3,86	5,34	10
Jeotermal	0,7	0,98	1,71
Biokütle ve atık	5,27	5,12	4,96
Diğer yenilenebilir Kaynaklar	0,42	1,05	2,27
Toplam üretim	28,17	39,94	59,23

Tablo 2.4.'ten görüldüğü üzere Türkiye enerji üretiminin kendi toprakları içinde sahip olmadığı petrol, doğalgaz ve hatta ithal kömür gibi kaynaklara dayalı olması enerjide dışa bağımlılığının esasını teşkil etmektedir. Fakat enerjide dış bağımlılığa neden olan Kıran vd. (2012:76)'nın gündeme getirdiği önemli bir sebep daha bulunmaktadır. Türkiye'de DPT ve ETKB tarafından gerçekleştirilen resmi enerji talep tahmini projeksiyonları enerji talep analizi modeli kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kıran vd. (2012:76)'ya göre bu projeksiyonlar her zaman için Türkiye'nin enerji ihtiyacını gerektiğinden bir miktar fazla tahmin etmektedirler ve bu fazlaca tahmin etme politikası Türkiye'yi daha dışa bağımlı, dış arz şoklarına daha açık hale getirmektedir. Ayrıca enerji piyasasının özelleşmesinin önünde de bir engel teşkil etmektedir.

Buradan hareketle literatürde enerji talep tahmini ile ilgili yapılmış pek çok akademik çalışmanın mevcut olmasını en gerçekçi tahmini arayış çabasının bir sonucu olarak algılamak doğru olacaktır. Şimdiye değin genetik algoritma, yapay sinir ağları, karınca kolonisi optimizasyonu, çok değişkenli regresyon modeli gibi pek çok değişik model enerji talep tahmini çalışmalarında kullanılmıştır, bu çalışmaların geniş bir arşivine Kıran vd. (2012:77) ve Bilgili vd. (2012:405)'te detaylı olarak ulaşmak mümkündür.

Ayrıca Özdemir ve Yüksel (2006:17) tarafından yapılmış olan bir başka akademik çalışmada girdi-çıkı analizleri sonucu enerji sektörünün ileri ve geri bağlantı etkilerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmış ve dolayısıyla fosil yakıtlara dayalı sanayi modelinin kendi kendini beslediği, enerjide dışa bağımlılığı arttırdığı

ifade edilmiştir. Bu çalışmaya göre Türkiye yerel enerji kaynaklarını kullanabildiği takdirde hem dışa bağımlılıktan kurtulabilecek hem de enerjinin ileri ve geri bağlantı etkileri nedeniyle diğer sektörlerde de büyüme uyarılabilecektir (Özdemir ve Yüksel, 2006:17).

Elbette ki Türkiye'nin enerji alanındaki çıkmazı sadece dış bağımlılık olarak geçiştirilemez. Erdem (2010:2712)'ye göre Türkiye'nin enerji sorunları aşağıdaki gibidir:

- Enerjide ağır dış bağımlılık,
- Sonlu fosil yakıtlar,
- Enerji fiyatlarındaki ani yükselmeler,
- İklimsel sorunlar.

Balat (2010:2002) ise konuya biraz daha farklı yaklaşarak, Türkiye'nin enerji açmazları şu şekilde sınıflandırmaktadır:

- Enerji tedarikçilerinin güvenilirliği
- Yüksek enerji yoğunluğu
- İthal fosil yakıtlara ağır bağımlılık
- Türk enerji piyasasının yatırım ihtiyacı.

Enerji verimliliği konusuna gelince Türkiye maalesef enerji verimliliğinde düşük indeksli ülkeler arasında yer almaktadır, bir başka deyişle Türk sanayisinin enerji yoğunluğu yüksektir. OECD ülkeleri için 2009 yılı ortalama enerji yoğunluğu 0,18 tep/bin dolar, dünya geneli için ortalama 0,31 tep/bin dolar olarak gerçekleşirken, aynı oran Türkiye'de 0,27 tep/bin dolar olarak raporlara yansımıştır (TMMOB, 2012:203). Daha önce verilen Türkiye'de kişi başı enerji tüketimi değerlerinin OECD ülkelerine oranla daha düşük olduğu hatırlanacak olursa, Türkiye'de daha az enerjinin daha verimsiz bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu durum olumsuz bir görünüm arz ediyor olsa bile enerji verimliliği alanı genel olarak küçük çabalarla büyük sonuçların alınabileceği bir mecra olarak kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar Türkiye'de toplam enerji tüketiminin %25'i kadar tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir (Talu, 2007:2005). Ayrıca Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, enerji verimliliğinde %20 artış hedeflemektedir ([www.eie.gov.tr/eie-web/duyurular/EV/EV-strateji\\_Belgesi/Energy\\_Efficiency\\_Strategy\\_Paper\\_2012.pdf](http://www.eie.gov.tr/eie-web/duyurular/EV/EV-strateji_Belgesi/Energy_Efficiency_Strategy_Paper_2012.pdf), 27.12.2012).

Türkiye'de ise enerji sorununa hükümetler genelde arz cephesi tarafından yaklaşmış, enerji tasarrufu politikalarında gelişmiş ülkelerden geri kalınmasına neden olmuşlardır. 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu'yla ilişkili olarak devreye alınan enerji verimliliği destek programında yapılacak bazı düzenleme ve iyileştirmeler ile önemli bir başarı yakalanacağı yönünde genel görüş birliği bulunmaktadır. Finansman kaynaklarının artırılması ve imkanlarının iyileştirilmesi, destek türlerinin genişletilip destek hacminin yıllık enerji tasarrufu miktarıyla orantılı olarak artırılması umut edilmektedir (TMMOB, 2012:204). Ayrıca özellikle sanayide olmak üzere kaçak elektrik tüketiminin engellenmesi gerekmektedir, özellikle de Türkiye'de kaçak elektrik kullanımının %19 olduğu düşünülürse (Balat, 2010:2005).

Yakın geçmişe kadar enerji tasarrufu politikalarına uzak durulmasının bir nedeni de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişkidir. Bu iki parametre arasında pozitif ilişki olması enerji tasarrufunun ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etki yapacağı manasını da içerdiği düşünülmekteydi. Halıcıoğlu (2011), Türkiye için enerji, GSMH, sermaye ve ihracat değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini ele alarak Granger nedensellik testi uygulamış ve önemli sonuçlara ulaşmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye'nin yenilenebilir enerji altyapısına ivedilikle yatırım yapması şartıyla; enerji tasarrufu politikalarının uzun dönemde ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etki görülmeden uygulanmasının mümkündür. Kısa dönemde ise enerji tüketimiyle GSMH arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir, dolayısıyla kısa dönemde dual politika izlenerek hem enerji yatırımları sürdürülmeli hem de enerji verimliliği politikaları izlenmelidir görüşü savunulmuştur (Halıcıoğlu, 2011:3353).

Yine Granger nedensellik testi vasıtasıyla kişi başı GSMH değişkeni ile kişi başına enerji tüketimi değişkeni arasındaki ilişkiyi inceleyen Öztürk ve Acaravcı (2010:3224), bu değişkenler arasında bir nedensellik tespit edememişler, o nedenle de ekonomik büyümeye ilişkin hiç bir olumsuz beklenti içerisine girmeden enerji verimliliği politikalarının uygulanabileceğini savunmuşlardır.

Enerji tüketimi ve GSMH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edemeyen çalışmalardan bir diğeri ise Yalta (2011)'in çalışmasıdır. Konuyla ilgili Türkiye yapılmış diğer çalışmaların detaylı listesine Yalta (2011:453-454)'den ulaşılabilir.

Yukarıdaki paragraflarda detaylarıyla incelenen enerji görünümü içerisinde Türkiye, diğer tüm dünya ülkeleri gibi güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji arz stratejisi oluşturma çabası içindedir. Başarılı bir enerji stratejisinin ise genel olarak aşağıdaki amaçlar doğrultusunda şekillendiği kabul edilmektedir:

- Enerji arz ve talebi arasındaki makasın daraltılması,
- Enerji verimliliğinin artırılarak, enerji tasarrufunun ve enerji yoğunluğunun azaltılması,
- Optimal enerji kaynağı sepetinin oluşturulması,
- Altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi,
- Yenilenebilir enerjiye geçiş yapılması,
- İnovasyon ve Ar-Ge kültürünün oturtulması,
- Enerji fiyat dalgalanmalarına hassasiyetin azaltılması,
- İyi yapılandırılmış ve iyi yönetilen bir enerji sektörünün oluşturulması

(UNESCAP,2008:227).

Başarılı bir enerji stratejisinden elde edilmesi beklenenler genel olarak yukarıdaki gibi sıralansa da asıl önemli olan başlangıç noktasıdır. Yani Türkiye'nin elindeki enerji kaynakları ve potansiyelleridir.

### **2.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Rezervleri**

Özünde doğanın insanoğluna bir armağanı olan yenilenemeyen yakıtlar fosil yakıtlar (kömür, doğalgaz, petrol) ve nükleer enerjiden oluşmaktadır. Bu kaynaklar uzunca bir süredir insanoğlunun temel enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu durum fosil yakıtların taşıdıkları bazı avantajların sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtların temel avantajları şöyle sıralanabilir:

- Gaz ve petrolün kaynağından kullanılacağı yere aktarımının kolay olması
- Makul maliyetle enerji üretimi yapılabilmesi
- Özellikle doğalgaz santrallerinin verimliliğinin yüksek olması
- Enerji santrallerinin ihtiyaç duyulan yerde inşa imkânı olması (Ay, 2010:12).

En büyük dezavantajları ise atmosfere saldıkları sera gazları ve artık hayat çevrimlerinin son aşamasına ulaşmış olmalarıdır. Fosil yakıtların kalan ömürleri ile ilgili yapılan araştırmalara göre kömürün 122 yıl, petrolün 42 yıl ve doğalgazın 60 yıllık rezervi kaldığı düşünülmektedir (BP, 2011:6-30). Fosil yakıtların ömürlerinin sonuna yaklaşıyor olmaları bir başka handikapıda beraberinde getirmektedir. Bu

durumun fosil yakıtların en büyük avantajı olan maliyet avantajını yok edeceği öngörülmektedir. Sweeney (1993:12-15)'ün söz ettiği yenilenemeyen kaynaklar teorisine göre yenilenemeyen kaynakların fiyatları ömürlerinin sonlarına doğru gitgide yükselecek ve bir noktada diğer ikame kaynakların fiyatları ile eşitlenecektir. O noktadan sonra pazarın tüm ihtiyacının yenilenebilir kaynaklara yönelmesi beklenmektedir (Sweeney,1993:12-15). Bu noktada bir diğer yenilenemeyen enerji türü olan nükleer enerjinin de bir seçenek olduğu aşikârdır.

Fosil yakıtların tükenmekte olduğuna dair geniş görüş birliği olmasına rağmen farklı fikirlerde ortaya sürülmektedir. Örneğin Exxon Mobile Corp. yeni teknolojiler geliştirildikçe fosil yakıt rezervlerine dair tahminlerin yukarı yönlü revize edileceğini iddia etmektedir. Bu düşünceden hareketle 2012 raporlarında, 2040 yılında bile dünya petrol rezervlerinin, her ne kadar içerik olarak kompozisyonu değişse bile, %55'ine halen dokunulmamış olacağını bildirmektedir. Benzer bir tahmini de doğal gaz cephesi için yaparak, konvansiyonel olmayan gaz kaynaklarının (şeyl gazı ve kayagazı) devreye girmesiyle, bugünkü gaz talep miktarına göre 250 yıllık daha dünya gaz rezervi bulunduğunu öne sürmüşlerdir (Exxon Mobile Corp., 2012:44).

Tablo 2.5. Fosil yakıt fiyatlarının gelişimi (BP, 2011:15,27,30)

Yıllar	Kömür (USD/ton)	Doğalgaz Avrupa Birliği (CIF) (USD/milyon btu)	Ham Petrol OECD Üyesi Ülkeler (CIF) (USD/milyon btu)
2000	35,99	2,89	4,83
2001	39,03	3,66	4,08
2002	31,65	3,23	4,17
2003	43,60	4,06	4,89
2004	72,08	4,32	6,27
2005	60,54	5,88	8,74
2006	64,11	7,85	10,66
2007	88,79	8,03	11,95
2008	147,67	11,56	16,76
2009	70,66	8,52	10,41
2010	92,50	8,01	13,47

Tablo 2.5.'ten görüleceği gibi fosil yakıtlarla ilgili bir başlıca sorun ise fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmadır. Klişe deyimle global bir köy haline dönüşen dünya üzerinde yaşanan hemen her şeyden etkilenen yakıt fiyatları zaman içinde önemli dalgalanmalar göstermektedir.

#### **2.2.1.1. Kömür**

Türkiye'de, güneş enerjisini depolayan canlı varlıkların ölüp milyonlarca yıl içerisinde fosilleşmesi ile oluşan kömür çeşitlerinden linyit, asfaltit ve taşkömürü rezervleri bulunmaktadır. 2009 yılı ETKB verilerine göre ülke taşkömürü ve linyit rezervleri toplamı yaklaşık olarak 13,7 milyar ton civarındadır ([www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=komur&bn=511&hn=&nm=384&id=40692](http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=komur&bn=511&hn=&nm=384&id=40692), 07.05.2012). 2010 yılsonu verileri itibariyle ise toplam elektrik üretiminin %17.94'ü yerli kömürden elde edilmektedir (TMMOB, 2012:7). Söz konusu kömür rezervinin 1,3 milyar tonu taş kömürü olup, sadece Zonguldak havzasında üretimi yapılabilmektedir. Buna karşın linyit rezervleri hemen tüm ülkeye yayılmış durumdadır. Dünya toplam linyit rezervlerinin %1.6'sına sahip olunmasına rağmen, mevcut rezervlerin % 68'inin düşük kalorili olması nedeniyle Türkiye için hatırı sayılır bir avantaj oluşturmamaktadır (Barış, 2011:1758).

Yine de enerji darboğazından çıkış için Türkiye, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji belgesinde 2023 yılına kadar bilinen linyit ve taşkömürü rezervlerinin tümünün kullanılması hedefini koymuştur (DPT, 2009:8). Yerli kömür kullanarak enerji üretimi yapan santrallerin karbon yakalama ve depolama teknolojileri ihtiva edecek şekilde faaliyet yapmaları yönünde Bakanlar Kurulu kararı bulunmasında rağmen, ülkede 2011 yılı itibariyle bu teknolojiye sahip santral bulunmaması bu kararın gerçekçiliği üzerinde şüphe oluşturmaktadır (Bakanlar Kurulu, 2010). Dolayısıyla karbon salınımı konusu ilerleyen yıllarda Kyoto protokolü ve üyelik müzakereleri süren AB ilişkiler açısından sıkıntılara gebe durumdadır. Madencilik sektöründeki iş güvenliği problemleri de ekstra sıkıntı noktalarıdır. 2011 yılı itibariyle bilinen linyit rezervlerinin %44'ünün, taşkömürü rezervlerinin % 32'lik kısmının değerlendirilmiş olduğu bilinmektedir (TMMOB, 2012:95-99).

#### **2.2.1.2. Petrol**

Türkiye'de petrol arama ve üretim faaliyetlerinden sorumlu olan Türkiye Petrolleri Anonim Şirketi vasıtasıyla şu ana kadar Türkiye kara sınırlarının

%20'sinde, deniz sularının % 1'inde petrol ve doğalgaz arama çalışmaları tamamlanmış olmakla birlikte önemli bir rezerve ulaşılmış değildir. Ayrıca 2010 yılsonu itibariyle ham petrol üretimi 2,5 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve üretimin tüketimi karşılama oranı maalesef %8'de kalmıştır. Hiç şüphesiz oranın bu derece düşük çıkmasında ulaşım sektörünün büyük payı olduğu söylenebilir. Çünkü sıvı petrolün 2010 yılı toplam elektrik üretimi içindeki payı sadece %2,36 düzeyindedir (TMMOB, 2011:22).

Ulaşım sektörü için yapılan 2040 yılı tahmin çalışmalarında dünya genelinde özel araç sayının neredeyse ikiye katlanacağı ve yakıt talebinin en üst noktaya ulaştıktan kısa bir süre sonra azalma eğilimine gireceği beklentileri görülmektedir. Bu iki zıt gibi görünen beklentinin tahminlerde yan yana yer almasının nedeni ise kullanımdaki hibrid araç sayısı ile yakıt tasarruflu araç sayısının patlama yapma ihtimalidir (Exxon Mobile Corp., 2012:18-21).

### 2.2.1.3. Doğalgaz

Doğalgaz taşıma ve kullanım kolaylığı sunan, kömür ve petrole nispeten daha temiz enerji çeşididir. Doğalgaz kullanan elektrik santrallerinin yüksek verimliliğe sahip olması önemli bir avantajdır. Bu gibi nedenlerle doğalgaz, Türkiye'nin enerji karmasında kendine önemli bir yer edinmiştir. Tek sorun Türkiye'nin elinde önemli sayılabilecek büyüklükte doğalgaz rezervi bulunmayışıdır. Türkiye'nin hem doğalgaz hem de diğer fosil yakıt kaynak rezervlerine ilişkin detaylı bilgiler Tablo 2.6.'da sunulmuştur.

Tablo 2.6. Türkiye'nin fosil enerji kaynak rezerv miktarları, milyon ton (Toklu vd.,2010)

	Bilinen	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Taş Kömürü	428	449	249	1126
Linyit	7339	626	110	8075
Asfaltit	45	29	8	82
Bitümlü Şiştlar	555	1086	269	1641
Petrol	36	-	-	36
Doğalgaz	8,8	-	-	8

En son açıklanan 2010 yılı Türkiye doğalgaz üretimi verilerine göre 726 milyon metre küp, yani günlük ortalama 2 milyon metre küp olarak gerçekleşmiştir.

Bu durum üretimin tüketimi karşılama oranının sadece %2 olduğunu göstermektedir. Çünkü 1987'den beri neredeyse her yıl kesintisiz artış gösteren doğalgaz ithalatı 2011 yılı için 43,874 milyon metre küp olarak kayıtlara geçmiştir (TMMOB, 2012:87).

Türkiye'nin doğalgaza ne denli bağımlığı olduğu 1990-2007 dünya ve Türkiye doğalgaz tüketim artışı oranlarını karşılaştırıldığında açık bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu dönemde Türkiye'de doğalgaz tüketimindeki büyüme %15 olarak gerçekleşirken dünya genelinde artış sadece %2,4 düzeyinde kalmıştır (Erdem, 2010:2712). Aynı savı destekleyen bir başka veri ise Türkiye 2011 yılı elektrik enerjisi üretimi içinde en büyük pay %44,7 ile doğalgaza ait olmasıdır (TMMOB, 2012:75).

Doğalgaz ile ilgili bir diğer sıkıntılı husus uluslararası tedarikçi ülkelerin güvenilirliği hususudur. Bu bağlamda Türkiye, Akdemir (2011:71-72)'nin vurguladığı üzere doğudan batıya transfer edilen doğalgazdan pay alabildiği ölçüde kendisini garantiye alma imkânı oluşacaktır. Bu nedenle Akdemir (2011:78-79), Yunanistan üzerinden geçecek olan Güney Akım-Nabuko projesinin milli strateji olarak kabul edilmesini ve trans hazar hattının mutlaka Rus- Hazar hattından önce devreye alınmasını önermektedir. Ayrıca konuyla ilgili olarak tedarikçi listesinin mümkün olduğunca çeşitlendirilmesine çalışılıyor olmasına rağmen tedarikçiler arasında Rusya'nın tartışılmaz bir ağırlığı bulunmaktadır.

#### **2.2.1.4. Nükleer Enerji Kaynakları**

2008 yılında 2,6 trilyon kWh olan nükleer enerjiden elektrik üretiminin A.B.D Enerji Enformasyon İdaresinin referans senaryosuna göre 2035 yılında 4,9 trilyon kWh'a yükseleceği beklentisi hakimdir. Her ne kadar Mart 2011 de Japonya'da yaşanan şiddetli depremle meydana gelen Fukişima nükleer santrali faciası nedeniyle nükleer enerji global olarak yeniden en çok tartışılan konulardan biri haline getirmiş ve Almanya gibi pek çok ülke eskiyen tesislerini kapatma kararı almışlardır. Buna rağmen uzmanlarca uzun vadede nükleer enerjinin bu durumdan etkilenmeyeceği düşünülmektedir (EIA, 2011:1).

Türkiye ise aynı dönem içerisinde Mersin ve Sinop'a inşa edilmek üzere iki adet nükleer tesis için Rusya ve Kanada ile anlaşmaya vararak 1970'lerden kalma çabalarını somutlaştırmıştır. 2023 yılı hedefleri içinde önemli bir yer teşkil eden nükleer enerjiden 2020 itibariyle 5000 MW elektrik üretimi yapılması beklenmektedir (DPT,2009:9).



Ayrıca nükleer santral anlaşmaların ardından Türk kamuoyunda özellikle nükleer atık yönetimine dair şüpheler oluşmaya başlamıştır. Şirin (2010:6147)'nin belirttiği üzere hükümet, projelerin daha ilk aşamasından itibaren kamuoyunu danışma, bilgilendirme ve eğitim yoluyla şüphelerden arındırmaya çalışmalıdır.

Nükleer santraller Türkiye'nin enerji problemine gerçek bir çözüm olabilmesi için kritik olan nükleer yakıt konusudur. Eğer Türkiye zenginleştirilmiş uranyumu satın alma durumunda olursa ki en azından bir süre için öyle olacağı kesindir, o zaman enerji de dışa bağımlılık sürüyor demek olacaktır. Fakat 2011 sonlarında Yozgat, sorgun civarında bulunan zengin uranyum rezervi umut verici bir gelişme olmuştur (Türkiye'nin en önemli...,02.05.2012). Vakit kaybetmeden ülke topraklarında bulunan uranyumun yine yurt içinde işlenerek nükleer yakıt haline getirilebilmesi gerekli adımlar atılmalıdır, aksi halde inşa edilecek nükleer santrallerin ülkeye katma değeri düşük olacaktır.

Bir diğer nükleer yakıt olabilecek element ise toryumdur ve dünya genelindeki ikinci büyük rezerv Türkiye topraklarındadır (Koçaslan, 2006:32). Maalesef toryum teknolojisinin yeterince gelişmemiş olması Türkiye'nin bu büyük fırsatı değerlendirmesini engellemektedir.

### 2.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Potansiyeli

Son yıllarda sıklıkla gündeme gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının global enerji tüketimindeki %16 olan payının ilerleyen dönemde artacağı anlaşılmaktadır (REN21, 2011:6-7). Global çapta yenilenebilir enerjinin gelişimine ait önemli göstergeler Tablo 2.7.'de sunulmuştur.

Tablo 2.7. Yenilenebilir enerji ile ilgili seçilmiş göstergeler (REN21, 2011:15)

Seçilmiş Göstergeler	2008	2009	2010
Global yıllık yeni yenilenebilir enerji yatırımı, milyon dolar	130	160	211
Yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi, GW	1150	1230	1320
Hidrolik elektrik kurulu kapasite, GW	950	980	1010
Rüzgar Enerjisi kurulu kapasite, GW	121	159	198
Solar PV kurulu kapasite, GW	16	23	40
Solar PV cell yıllık üretim, GW	6,9	11	24
Güneş sıcak su kapasitesi, GWth	130	160	185
Etanol üretimi, lt	67	76	86
Biyodizel üretimi, lt	12	17	19
Yenilenebilir enerji hedefi koymuş ülke sayısı	79	89	96

Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Konseyi'nin AB için %100 yenilenebilir enerjinin mümkün olup olmadığını araştırdıkları çalışmalarında 2050 yılında %80 yenilenebilir, temiz enerjiye geçiş olacağı şeklindeki tahminlere yer vermişlerdir (EREC, 2010:42). Fosil yakıtlar henüz tüklenmeden böylesine büyük bir dönüşümün gerçekleşme ihtimali tartışılır olmakla birlikte Knight ve Howard (2011:19-20)'ye göre global açıdan yenilenebilir enerjinin önündeki asıl engel lokal enerji üreticilerinin şebekeye bağlantıları için bir mekanizma oluşturulamamış olmasıdır. Bu kanıyı güçlendirebilecek çalışmalardan biri Tsoutsos vd. (2009)'un Girit Adası hakkındaki vaka çalışmalarıdır. Söz konusu olan çalışma kapsamında sosyal, ekonomik, teknolojik ve çevresel kriterler dikkate alınarak Girit Adası için dört farklı %100 yenilenebilir enerji senaryoları oluşturulmuştur. Sonuç olarak enerji satış fiyatlarının dikkate alınıp alınmamasına bağlı olarak ağır basan senaryo farklı da olsa öne sürülen tüm seçeneklerin uygulanabilir olduğunu ortaya konulmuştur (Tsoutsos vd., 2009:1598-1599). Görüldüğü üzere bu şekilde lokal %100 yenilenebilir enerji bölgeleri kurulabilirse ve şebekeye bağlantıları sağlanabilirse dünya genelinde yenilenebilir enerji kullanım ortalamasının hızla artması olağan olacaktır. Bu nedenle konu ile ilgili olarak dünya genelinde çeşitli çalışmalar yürütölmekte ve HOMER, DER-CAM, EAM, MARKAL/TIMES, RETScreen, H2REs gibi enerji modellemeleri yapılmaktadır (Mendes vd., 2011:4837-4838).

Enerji karmasındaki fosil yakıt ağırlığına rağmen Türk Enerji uzmanları yenilenebilir enerjiye geçiş konusunda yabancı meslektaşlarına oranla daha da iyimser bir pozisyondadırlar. Bu görüşü kuvvetlendiren çalışmalardan birine göre Türkiye'de;

- 2020 yılına kadar 50 000 MW temiz enerjiye kavuşulmuş olacaktır.
- 2014-2042 aralığında enerji sektörünün tüm dallarında yenilenebilir enerji fosil yakıtların ikame edecektir.
- İlerleyen 10 yıllık dönem içerisinde tüm yasal düzenleme ve standartlar tam olarak yerleştirilmiş olacaktır.
- 2030'a geldiğinde enerji talebinin yarısı yenilenebilir enerjiden karşılanıyor hale gelecektir.
- 2023 itibariyle yenilenebilir enerjiye ayrılan Ar-Ge bütçesi toplam Ar-Ge bütçesinin %10'nunu teşkil edecektir.

- Yenilenebilir enerjinin şebeke bağlantı sorunları 2020 civarında halledilmiş olacaktır (Çelikleş ve Koçar, 2010:1979).

Literatürde yer alan bir başka çalışmaya göre özellikle küçük ölçekli projelere uygun borçlanma araçlarının ve finansman kaynaklarının oluşturulması halinde Türkiye’de daha fazla yol katedilebileceği savunulmaktadır. Çözüm olarak ise hem kamu hem de özel sektörün risklerini kapsayacak teknoloji odaklı sigorta kuruluşları önerilmektedir, bu sayede çok sayıda yeni proje için motivasyon sağlanacağı öngörülmektedir. Ayrıca Dünya Bankası ve EBRD yenilenebilir enerji kredilerinin olumlu etkisi de vurgulanmaktadır (Apak vd., 2011:944).

### **2.2.2.1. Hidrolik Enerji**

Orta iklim kuşağında bulunan Türkiye topraklarında drenaj sahaları bakımından 15’i nehir havzası, 7’si irili ufaklı nehirlerden oluşan müteferrik havza ve 4’ü ise denize boşalımı olmayan kapalı havza olmak üzere 26 hidrolojik havza bulunmaktadır. Fakat bütün hidroelektrik santraller (ilk etüt, master plan, planlama, katı projesi hazır olan, inşa halinde olan, işletmede olan) adet olarak dikkate alındığında Trabzon, Rize, Artvin, Adana, Antalya, K.Maraş, Muğla, Ordu, Giresun, Erzurum ve Erzincan’da yoğunlaştığı gözlenmektedir. (DEK TMK, 2011:88)

Türkiye’nin teorik hidroelektrik potansiyeli 433 TWh/yıl, teknik potansiyeli 216 TWh/yıl, ekonomik potansiyeli 170 TWh/yıldır (DEK TMK, 2011:89). Sahip olunan teknik potansiyeli AB ülkeleri ile karşılaştıracak olursak Türkiye'nin birlik ülkeleri içinde ilk sırayı aldığı görülmektedir. Türkiye'yi, Norveç 200 TWh/yıl, İtalya 105 TWh/yıl, İsveç 100 TWh/yıl, Fransa 100 TWh/yıl, Avusturya 75 TWh/yıl ile izlemektedir. Fakat var olan potansiyelin ne kadarının değerlendirildiği noktasına gelindiğinde bu ülkeler için de %20,5 ile Türkiye'nin son sırada yer aldığı bilinmektedir (Barış ve Küçükali, 2012:383).

Ayrıca Türkiye’de ekonomik hidrolik enerji potansiyelinin, teknik yapılabilir HES potansiyeline oranı % 59 dolayındadır, aynı oran Avrupa’da ise % 76’dır (TMMOB, 2012:128). Tablo 2.8.’de Türkiye’de hidrolik enerjinin gelişimine ait bilgiler verilmiştir. OECD ülkeleri içinde Kanada ve Türkiye hariç hiç bir ülkenin barajlı hidrolik enerji için değerlendirilebilecek potansiyeli kalmamış olması da konu ile ilgili detaylar arasındadır (EIA, 2011:12). Ayrıca Türkiye, barajlı hidrolik enerjinin yanı sıra özellikle Doğu Karadeniz havzası başta olmak üzere halen

değerlendirilmemiş büyük bir akarsu tipi hidrolik enerji potansiyeline de sahip bulunmaktadır (Uzlu vd., 2011:684).

Tablo 2.8. Türkiye'de hidrolik enerjinin gelişimi (TMMOB, 2012:128)

Durumu Adet Kurulu Güç (MW)	Adet	Kurulu Güç (MW)
İşletmede Olan	205	14405
İnşa Halinde Olan	514	14098
İl Etüt, Mastır Plan, Planlama ve Kati Projesi Hazır Olan	1222	47067
Genel Toplam	1941	75571

2010 yılı verilerine göre dünya genelinde 55 ülkenin ana enerji üretim kaynağı olarak karşımıza çıkan hidrolik enerji Tablo 2.8.'deki verilerden yola çıkıldığında Türkiye 2011 yılı enerji üretimi içinde %22,8 pay almaktadır (Yüksel, 2010a:3218; TMMOB, 2012:28).

Türkiye için hidrolik enerjinin için ne denli önemli bir zenginlik kaynağı olduğu konusunda tartışmasız bir fikir birliği bulunmasına karşılık uygulanan projeler doğaya verdikleri zarar noktasında tartışılmalıdır. Hidrolik elektrik santralleri hakkında bildirilen başlıca problemler TMMOB (2012:221-222)'ye göre;

- Yapılan projelerde çevresel boyutun yeterince dikkate alınmaması
- Gerekenden fazla ağaç kesilmesi, orman ve mera alanlarının dikkate alınmaması
- Can suyuna gereken önemin verilmemesi
- Havzalar arası su aktarımı (sonradan planlama değişiklikleri)
- İnşaat atıkları
- Su kirliliği
- Tarım arazilerinin yok olup, yerleşim alanı olması
- Ekolojik dengenin bozulması, iklimsel etkilerin görülmesi
- Havza bazında kuş bakışı bir planlama yapılmaması
- Çevresel etki değerlendirme raporlarının hazırlanmasına önem verilmeyişi ve havza bazında yapılmaması
- Su yönetimi planlaması ve havzanın hidrolojik özelliklerinin öncelikli olarak belirlenmemesi

şeklindedir.

Hidrolik enerjinin Türkiye'de gelişimiyle ilgili en önemli dönüm noktası 1997 sonrasında doğalgazla üretim yapan enerji santrallerinin sayısının hızla artış göstermesidir. Enerji piyasasında doğalgazın ağırlığını artırması hidrolik enerjiye olan ilginin tamamıyla olmasa da dağılmasıyla sonuçlanmıştır (Uzlu vd., 2011:677).

Sonuç olarak tüm artı ve eksilerine rağmen hidrolik enerji Türkiye'de değeri en erken kavranan ve değerlendirilmesi için şimdiye değin en çok çabalanan yenilenebilir enerji türüdür.

#### **2.2.2.2. Jeotermal Enerji**

Dünyanın 7. büyük jeotermal gücüne sahip olan Türkiye'nin jeotermal kaynakları genellikle Batı Anadolu'da yer almaktadır. Ülkenin jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MW olarak tahmin edilmektedir, ispatlanmış teknik potansiyelin %34'i şu an kullanımdadır (DEK TMK, 2011:133).

Jeotermal kaynakların doğrudan kullanımını açısından 5. sırada bulunan Türkiye' de 85.000 konut eşdeğeri bina, 2.585 metrekare sera ve 325 spa tesisi jeotermal enerjiyle ısınmaktadır (TMMOB, 2012:174).

Her ne kadar kaynakların büyük bölümünün sıcaklık derecesi düşük olup kaplıca ve konut ısıtımı için uygun olsa da rezervuar sıcaklığı 120°C'den yüksek olan ve elektrik üretimi için uygun olan kaynaklar azımsanmayacak potansiyele sahiptir. Aralık 2011 sonu itibarıyla bu potansiyelin 114 MW'lık bölümü mevcut yedi jeotermal elektrik santral vasıtasıyla kullanımda bulunmaktadır (TMMOB, 2012:174).

Jeotermal enerjinin bir diğer kullanımı tarımsal amaçlı olarak kullanılmasıdır. Tarımsal amaçlı kullanım kısaca

- Tarım alanlarının ısıtılması
- Çiftlik ambarlarının ısıtılması
- Gıda ürünlerinin kurutulması
- Su ürünleri yetiştiriciliği alanında havuzların ısıtılması

başlıkları altında toplanmaktadır. Bayrakçı ve Koçar (2012) bu konu hakkında detaylı bilgiler sunmaktadır.

#### **2.2.2.3. Güneş Enerjisi**

Her ne kadar henüz teknolojisi yeterince olgunlaşmamış ve maliyetleri diğer enerji üretim kaynaklarına göre yüksek olsa bile güneş enerjisi geleceğin umut vadeden enerji kaynakları arasında kabul edilmektedir. Türkiye, özellikle Güneydoğu

Anadolu ve Akdeniz bölgesi başta olmak üzere yüksek güneşlenme potansiyeline sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi metrekarede 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti metrekarede yılda 1.311 kWh (günlük ortalama 3,6 kWh) olarak hesaplanmaktadır (TMMOB, 2012:176).

Güneş enerjisinin Türkiye'de en yaygın kullanım amacı sıcak su elde edilmesi amaçlı kullanımdır, bu alanda dünya genelinde 3. sırada yer almaktadır. Fakat güneş enerjisinin Türkiye'ye en fazla katkı yapabileceği alan sıcak su elde edilmesi süreci değil, elektrik üretimi alanıdır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye'nin termik güneş enerjisi potansiyeli 380 Milyar kWh olarak belirlenmiştir ([www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html), 08.05.2012).

Güneş enerjisinin bahsi geçen kullanım alanları dışında tarımsal amaçlı kullanımı da söz konusudur. Bu kullanımlar aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

- Seraların ısıtılması/soğutulması
- Gıda ürünlerinin kurutulması
- Solarizasyon
- Tarımsal sulama

Güneş enerjisinin tarımsal kullanımları hakkında ayrıntılı bilgi için Bayrakçı ve Koçar (2012:622)'nin çalışmalarına bakılabilir.

Güneş enerjisinin Türkiye için fark oluşturabileceği alanlardan bir diğeri istihdamdır. Farklı farklı onlarca ülkede yapılan çeşitli çalışmalar güneş enerjisinin istihdam etkisini göz önüne sermektedir. Bu çalışmaların geniş bir listesi ve güneş enerjisinin istihdam etkisi için Çetin ve Eğrican (2011)'in çalışmalarına başvurulabilir. Aynı çalışmada 2020 yılı Türkiye'si için PV (fotovoltaik) panel teknolojisi alanında 177.000-220.800 kişilik, CSP (konsantre güneş enerjisi) teknolojisi alanında 2.000 kişilik istihdam öngörüsü yapılmıştır (Çetin ve Eğrican 2011:7187).

Görüldüğü üzere güneş enerjisi Türkiye için kaçırılmayacak fırsatlar kategorisine girmektedir. Lakin Enerji Piyasası ve Enerji Arz Güvenliği Strateji Belgesinde güneş enerjisine yönelik spesifik hedeflerin konulmamış olması bu çerçevede çelişki teşkil etmektedir (DPT, 2009:9).

#### 2.2.2.4. Dalga, Gelgit ve Akım Enerjileri

Günümüzde okyanuslarda enerji elde edebilmek için birçok yöntem kullanılmaktadır, bu teknolojiler temelde dört sınıfa girmektedir. İlki gelgitlerin mekanik enerjisinden faydalanan sistemler, ikincisi dalgaların mekanik enerjisinden yararlanan sistemler, üçüncüsü akıntılardan yararlanan sistemler ve dördüncüsü yüzey suları ile dip arasındaki tuzluluk farkından yararlanan sistemler olarak kategorize edilmektedir (Hoogwijk ve Graus, 2008:31).

Çoğunluğu prototip aşamasında olan bu sistemler henüz Türkiye'nin tam olarak ilgi alanına girememişlerdir. Yine de Çanakkale ve İstanbul boğazlarındaki alt ve yüzey akıntısının önemli potansiyel taşıdığına dair genel görüş birliği bulunmaktadır.

#### 2.2.2.5. Biyoenerji

Çok eski zamanlardan itibaren geleneksel olarak ısınma amaçlı olarak kullanılan biyoenerjinin son yıllarda farklı formlara dönüştürülerek modern bir enerji şeklini aldığını söylemek mümkündür. Fakat ormansızlaşmaya neden olduğu ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları kadar temiz bir enerji olmaması nedeniyle zaman içinde yenilenebilir enerjiler içerisindeki payının düşeceği söylenmektedir (Kotçioğlu, 2011:5113). Tablo 2.9.'da biyoenerjinin Türkiye'deki son durumu verilmiştir.

Tablo 2.9. Türkiye'de biyoenerjinin son durumu (TMMOB, 2012:185)

	Kurulu Kapasite	2010 Üretimi
Biyometanol	149,5 milyon lt	30 milyon lt den az
Biyodizel	1 milyar lt	9,5 milyon lt
Biyogaz	145,7 MW	88,4 MW

Uzmanlarca sektörün özellikle yerli hammadde konusunda problem yaşadığı ve pek çok tesisin bu gibi nedenlerle faaliyet gösteremediği ifade edilmektedir (TMMOB, 2012:187).

#### 2.2.2.6. Hidrojen

Hidrojen enerjisi evrenin temel enerji kaynağı olup, birim kütle başına bilinen tüm diğer yakıtlardan daha fazla enerji içermektedir. 1 kg hidrojen 2.1 kg doğalgaz ya da 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiden daha fazlasına sahiptir. Fakat

hacmi çok yüksek olması nedeniyle taşıma ve depolaması oldukça zor ve maliyetlidir ([www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr), 18.06.2012).

Depolama ve taşıma kaynaklı maliyetler nedeniyle hidrojen enerjisi şu an için diğer kaynaklardan daha pahalı olup, ilerleyen dönemde kullanılabilirliği tamamıyla teknolojisindeki gelişmelere bağlıdır. Türkiye'nin de bu şartlar altında dünyanın geri kalanıyla beraber hareket etmesi beklenmektedir.

#### **2.2.2.7. Rüzgar Enerjisi**

Türkiye için başlı başına bir zenginlik kaynağı olan rüzgar enerjisi Bölüm 2.4.'te tüm yönleriyle incelenecektir.

### **2.3 KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE**

Somut etkileri görülmeye başlanmış olan iklim değişikliği, en açık haliyle nedeni ne olursa olsun iklim koşullarında küresel ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler biçiminde tanımlanmaktadır (Türkeş, 2003:268). Bahsi geçen bu etkiler dünya üzerinde bölgeden bölgeye farklılık göstermesine rağmen küçük ve orta ölçekli etkilerini genel olarak aşağıdaki şekilde listelemek mümkündür ([www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/impacts/](http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/impacts/), 11.05.2012):

- Eriyen buzullar yüzünden deniz seviyesinin yükselmesi ve küresel sıcaklık arttıkça okyanus ve deniz ısısının artması.
- Eriyen permafrost ve ölen ormanlardan kaynaklanan sera gazı salımı.
- Sıcak hava dalgaları, kuraklıklar ve seller gibi daha aşırı hava olayları yaşanması yönünde yüksek risk
- Bölgesel düzeyde şiddetli etkiler. Örneğin, Avrupa'da nehir baskınları kıtanın çoğunu içine alan bir alanda artacak; kara tipi bölgelerinde de sel, erozyon ve sulak alan kaybı riski önemli ölçüde artacak.
- Buzullar, mercan kayalıkları, mangrovlar, kuzey kutbu ekosistemleri, Alpler'e has ekosistemler, şimali ormanlar, tropikal ormanlar, bozkır sulak alanları ve yerel otlakları içeren doğal sistemler, ciddi biçimde tehdit altında kalması
- Türlerin %30'a yakınının neslinin tükenmesi ve biyolojik çeşitlilik kaybına ilişkin mevcut risklerin artması.



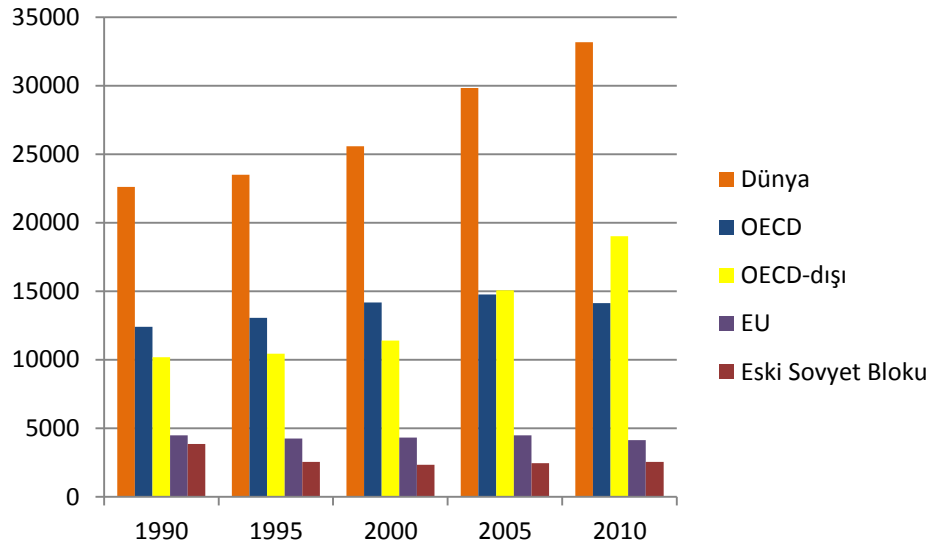
Sorun gerektiği gibi ciddiye alınmazsa ve gereken adımlar cesurca atılmaz ise aşağıda verilen daha büyük iklimsel etkilerin görülmesi kaçınılmaz olacaktır ([www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/impacts/](http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/impacts/), 11.05.2012):

- Grönland ve Antarktika buz tabakasının erimesi kontrol edilmediği takdirde, Grönland buz tabakasının geri dönülemez biçimde erimesi ve bunun deniz seviyelerinde 7 metre yükselişle sonuçlanması
- Atlantik Golfstream akıntısının yavaşlaması, kayması veya kesilmesi, bunun Avrupa'da büyük ölçekli etkileri olması ve küresel okyanus dolaşımı sistemine zarar vermesi;
- Okyanuslardan ve permafrosttan felakete yol açacak ölçüde metan salınımının atmosferdeki metan seviyesinde hızlı artışa yol açması ve buna bağlı olarak küresel ısınmanın şiddetlenmesi.

Böylesine tehlikeli bir çevre tahribatının altında insanoğlunun uzun süre enerji üretmek için yaptığı yanlış kaynak seçimleri ve/veya bu seçimleri yanlış teknolojilerle kullanması yatmaktadır. Çevreci ve temiz enerji üretim teknolojileri için çaba sarf edilmesi gerektiği maalesef daha çok yakın dönemde kabul görür olmuştur. Fakat kabul görür olması yeterli çabanın gösterildiği anlamına gelmemektedir.

İklim değişikliği büyük ölçüde fosil yakıtların ölçsüzce kullanımı, sanayi sektörü (enerji kullanımı, çimento üretimi, kimyasal süreçler, vb.), ulaştırma sektörü, tarım faaliyetleri (enerji kullanımı, arazı yakılması, gübreleme vb.) ve katı yakıt yönetimi nedeniyle doğaya salınan sera gazlarının ekosistem tarafından tolere edilememesi nedeniyle yaşanmaktadır. Bu sayılanlara ek olarak ve belki de katalizör etkisi yapan bir takım başka nedenler de bulunmaktadır. Ormansızlaştırma ve arazi kullanım değişikliği ile nüfus artışı bu nedenlerin başında yer almaktadır (Türkeş, 2003:268).

Sera gazları karbondioksit, azot oksitler, metan, kloroflourkarbon ve ozon gazlarının tümü için kullanılan genel bir isimlendirmedir. Bu gazların atmosferde yapabilecekleri ısınma miktarı eşit değildir, en az zarar verme potansiyeline sahip olan gaz karbondioksit olmasına rağmen salınımı en yüksek olan o olduğu için iklim değişikliği ile mücadelede ön plana çıkan gaz karbondioksit olmaktadır.



Şekil 2.5. Küresel karbon salınımının yıllar içindeki seyri, milyon ton. (Exxon Mobile Inc., 2012:42)

Karbon dioksit gazının salınımı büyük oranda enerji üretiminde fosil yakıt kullanımından kaynaklandığı için zaman içinde bölgesel bazda karbon salınımının seyri değişkenlik göstermiştir. Şekil 2.5.'de görüleceği gibi önceki yıllarda gelişmiş ülkeler karbon salınımında esas paya sahip iken son dönemdeki Çin ve Hindistan'da refah artışının getirdiği enerji tüketimi karbon salınımında OECD-dışı ülkelerin payını artırmıştır.

Tablo 2.10. Küresel karbon salınımına ilişkin projeksiyon (Exxon Mobile Corp., 2012:51)

	Yıllık Ortalama Artış (%)			Dönemsel Artış (%)			Toplam İçindeki Pay (%)		
	2010-2025 Aralığında	2025-2040 Aralığında	2010-2040 Aralığında	2010-2025 Aralığında	2025-2040 Aralığında	2010-2040 Aralığında	2010	2025	2040
OECD	-0,3	-1,3	-0,8	-4	-18	-21	41	34	28
OECD-dışı	1,7	0,6	1,2	29	9	41	59	66	72
Toplam	1	0	0,5	15	0	16	100	100	100

2010-2040 aralığı için yapılan projeksiyonlara göre OECD ülkelerindeki karbon salınımında kısmen azalma yaşanacak olmasına rağmen OECD-dışı ülkeler tarafında olumlu bir gelişme beklenmemektedir. Bu beklentide tabloda Çin'in termik

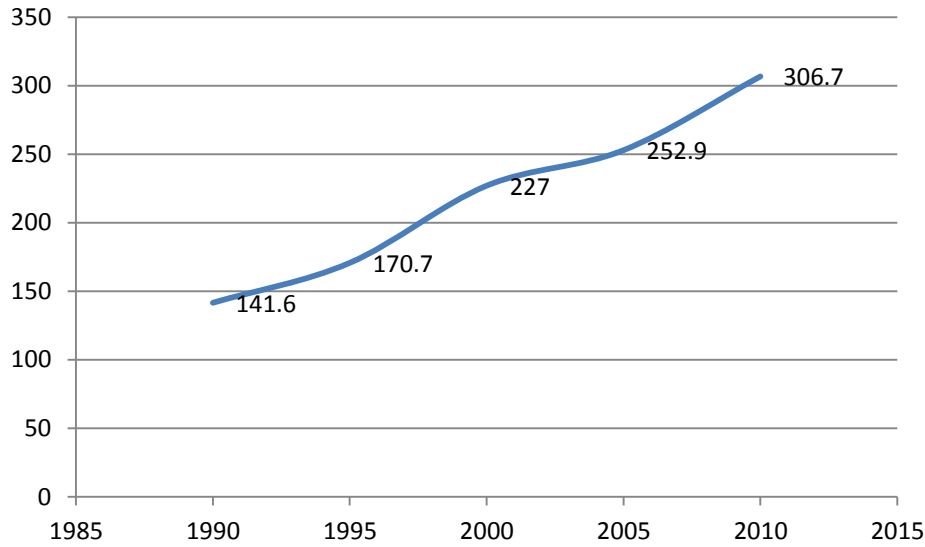
santral yatırımlarının payı yüksek görünmektedir (Exxon, 2012:34). Tablo 2.10.'da Exxon Mobile Corp.'un 2025 ve 2040 projeksiyonları beraber verilmiştir.

Bu projeksiyonlar sadece ekolojik risklerin belirlenmesi amacıyla kullanılmamaktadır, ekonomi dünyası için de ayrı bir öneme sahiptirler. Globalleşen dünyada enerji yatırımcıları yeni yatırım süreçlerinde yer seçimi yaparken geleneksel pazara ve kaynaklara yakınlık kriterlerinin yanı sıra iklim değişikliği riskini de göz önüne almak zorunda kalmaktadırlar.

### **2.3.1. İklim Değişikliği ve Türkiye**

Türkiye, OECD ülkeleri içinde en düşük kişi başı karbon emisyonuna sahip olan ülkedir (<http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Sunumlar/Emisyon.ticareti.pdf>, 05.05.2012). Fakat bu veri Türkiye'nin iklim değişikliği riski taşımayan bir ülke olduğu anlamına gelmemektedir. Üç tarafının denizlerle çevrili olması, sanayi kuruluşlarının büyük bölümünün denize komşu şehirlerde toplanması, biyolojik çeşitliliğe ve nadir bulunan türlere ev sahipliği yapması ülkeyi iklim değişikliğine karşı hassas hale getirmektedir.

Ülkede yaşanan ekonomik büyüme, sanayileşme ve nüfus artışı yıllar içinde karbon salınımında dikkat çekici bir artışı beraberinde getirmiştir. Bunun bu şekilde olması beklenen doğal bir sonuç olmasına rağmen asıl şaşırtıcı olan karbon salınımı artış hızının ekonomik büyüme hızından yüksek gerçekleşmesidir. 1990-2010 döneminde yıllık ortalama karbon salınımı artış oranı %6 olarak aynı dönemin yıllık ortalama büyüme oranından daha yüksek gözlenmiştir. Hâlihazırda Türkiye ekonomisinin zaten gelişmiş ülkelere oranla daha yüksek karbon yoğunluğuna sahip olması da sıkıntıyı artırmaktadır (Yüksel, 2010b:1475). Şekil 2.6.'da Türkiye'nin karbon salınımının yıllar içinde seyri verilmiştir.



Şekil 2.6. Türkiye'de karbon salınımının yıllar içinde seyri, milyon ton (BP,2011)

Hakim görüş genellikle kişi başı GSMH ve karbon salınımı arasında pozitif bir ilişki olduğunu yönünde olsa da Öztürk ve Acaravcı (2010) yaptıkları nedensellik testinde Türkiye özelinde farklı bulgulara ulaşmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre ne kişi başı karbon emisyonu miktarının ne de kişi başı enerji kullanımının kişi başı reel GSMH üzerinde etkisi bulunmamaktadır. Bu nedenle enerji tasarrufu politikalarının ekonomik büyümeyi zora sokacağı yönündeki kaygıların gereksiz olduğu savunmuşlardır. Aynı çalışmanın sonuçlarından bir diğeri ise karbon emisyonlarının ana kaynağının enerji tüketimi olmasına rağmen Türkiye'de enerji tüketimi ile karbon emisyonu miktarı arasında nedenselliğe kanıt bulunamamış olmasıdır (Öztürk ve Acaravcı, 2010:3224-3225).

Türkiye'de genel durum bu iken dünya genelinde konu hakkında belirli bir farkındalık oluşmuş durumdadır. Devletler politika oluşturma, yeni kurumsal yapılanmalar ve çevresel düzenlemeler yoluyla küresel ısınmaya karşı mücadele verirken sivil toplum örgütleri bir anlamda denetleyici kurum rolü üstlenmektedir.

Dünya genelinde küresel ısınmaya karşı verilen en geniş kapsamlı mücadele Türkiye'nin 2004 yılında taraf olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve 2009 yılında imza attığı Kyoto Protokolü (KP) uyarıcadır. Türkiye bu anlaşmalara her ne kadar taraf olmuşsa bile önüne herhangi bir sayısal karbon emisyonu azaltım yahut sınırlandırma hedefi konulmamıştır. Bunu BMİDÇ sözleşmesine taraf diğer Ek-1 ülkelerinden farklı olmasının kabulüne

borçludur, nitekim Türkiye bir OECD ülkesi olmasına rağmen diğerlerine nazaran daha az gelişmiş bir ülke statüsündedir (Tükenmez ve Demireli, 2012:6).

BMİDÇ sözleşmesinin nihai amacı "Sözleşme'nin ilgili hükümlerine göre, atmosferdeki, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde tutmayı başarmak" olarak ifade edilmektedir (www.un.org/en/, 05.05.2012).

Her bir taraf için farklılaştırılmış sayısal azaltım ya da sınırlandırma yükümlülüğü getiren KP ise enerji, endüstriyel işlemler, diğer üretimler, çözücü ve diğer ürün kullanımı, tarım, atık sektörlerini kapsamaktadır. Tüm bu bahsi geçen sektörlerde sera gazı salınımının azaltılması, yenilenebilir enerji teknolojilerinin desteklenmesi, sürdürülebilir ormancılık ve tarım faaliyetlerinin ön plana çıkarılması, tüm piyasalarda çevre lehine düzenlemelerin yapılması, enerji verimliliğinin yükseltilmesi gibi politikalar yer almaktadır (www.un.org/en/, 05.05.2012).

İlk Ulusal Bildirim raporunu 2007 yılında BM'ye sunan Türkiye'de iklim değişikliğine uyum kategorisinde yapılan faaliyetler aşağıdaki gibi duyurulmaktadır (<http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Sunumlar/id.ulusal.faaliyetler.pdf>, 08.05.2012):

- Seyhan havzası iklim değişikliğine uyum stratejisi
- Seyhan havzası iklim değişikliğine uyum toplum temelli başarılı örnekleri
- Eko-verimlilik merkezi
- Ulusal iklim değişikliği stratejisi
- İklim değişikliği ulusal eylem planı
- Tarımsal kuraklık eylem planı
- Erken uyarı sistemleri
- Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı (havza bazlı yönetim, su tasarrufu)

Ayrıca karbon emisyonu konusunda 2010-2020 dönemini kapsayacak şekilde hazırlanmış Ulusal İklim Değişikliği Strateji Planı içerisinde belli hedefler konulmuş durumdadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının Enerji Piyasası ve Enerji Arz Güvenliği Strateji Belgesi uyarınca geliştirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve 2020 yılına kadar referans senaryoya göre enerji sektörünün %7 karbon emisyon sınırlamasına tabi olması bu hedeflerden öne çıkanlardır (Erdem, 2010:2717; Tükenmez ve Demireli, 2012:6).

Sonuç olarak resmi kurum ve kuruluşların raporlarından ve çeşitli akademik çalışmalardan çıkan ortak sonucun Türkiye'nin iklim değişikliği probleminden en az

zararla kurtulabilmesi için rüzgar enerjisi başta olmak üzere tüm yenilenebilir enerji kaynaklarını seberfer etmesi gerektiği rahatlıkla söylenebilmektedir. Bu çalışmalardan biri olan Yarbay vd. (2011:189)'un çalışmalarında Türkiye'nin enerji politikaları detaylı olarak tartışılmış ve kamu-özel sektör işbirliğinde yenilenebilir teknolojilerin yaygınlaştırılması suretiyle karbon salınımı mücadelesinde yol alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır. İlkılıç (2012:1172) ise rüzgar santrallerinin karbon veya diğer sera gazları salınımı yapmadıkları için soluduğumuz havanın kalitesi üzerinde hayati öneme sahip olduğunu vurgulamıştır.

## **2.4. RÜZGAR ENERJİSİNE GENEL BAKIŞ**

En önemli doğal zenginlik kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi çok eski tarihlerden beri kullanılmaktadır. Zaman içinde amaçları ve teknolojisi değişiklik göstermiş, kullanımı kesikli bir seyir izlemiştir. Çalışmanın bu bölümünde rüzgar enerjisi sosyal, ekonomik, çevresel ve teknolojik açılardan detaylı olarak incelenecektir.

### **2.4.1. Rüzgar Enerjisinin Tarihi**

İlk insanlarca rüzgar enerjisi bilimsel manada açıklanamamış olsa da çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılan ilk enerji kaynaklarından biri olmuştur. Tarihi M.Ö 5000'e kadar uzanmaktadır. Bu dönemlerdeki kullanımı aerodinamik sürüklenme kuvvetine örnek teşkil eden sallarin ve botların nehirlerde yüzdürülmesi amacıyla rüzgarın itme gücünden yararlanma olarak görülmüştür. Bu şekilde ilk kullanımın izlerini Mısır'a, Nil Nehri'ne uzanmaktadır. Elbette ki rüzgar enerjisinin bu amaçla kullanımı daha sonraları uygulanacak olan akış tipi değirmenlere de öncülük etmiştir ([www.windcoalition.org/wind-energy/history](http://www.windcoalition.org/wind-energy/history), 02.05.2012).

Dairesel hareketli yel değirmenleri ise ilk olarak M.Ö 200 civarında orta ve doğu Asya'da görülmüştür. İran başta olmak üzere Çin, Tibet, Hindistan, Afganistan bu anlamda öne çıkan ülkeler olmuştur. Batı toplumlarının rüzgar enerjisiyle tanışmaları hacli seferleri ve kimi ticari ilişkiler sonucu 11. yy da gerçekleşmiştir ki o dönemde yel değirmenlerini doğu toplumlarında oldukça yaygın biçimde kullanılmaktaydılar (Taşgetiren, 1998:23). 1300'lere geldiğinde Hollandalılar rüzgar gücünden tahıl öğütme, Fransızlar kuyulardan su çekme amaçlı olarak yararlanmaya başlamıştır. Bu dönemden sonra yel değirmenleri millerin daha iyi aore-dinamik

kaldırma kuvveti sağlayabilmesi ve rotor hızının artırılması için aşamalı olarak geliştirilmiştir ([www.windcoalition.org/wind-energy/history](http://www.windcoalition.org/wind-energy/history), 02.05.2012).

1700'lü yıllar rüzgar enerjisinin parladığı dönemlerden biri olmuştur. Sanayi öncesi Avrupa'sında elektrik üretiminde kullanılır olmuş ve tahmini olarak 1500 MW'lık kapasiteye ulaşılmıştır. Bu değerlere tekrar ancak 1980'de ulaşabilmiş olması dikkate değer bir durumdur. Aynı dönemlerde rüzgar türbinleri Fransız göçmenlerle Kanada'ya da ulaştırılmıştır. Amerikalılar ise 1800'lerde odundan yapılmış millerle rüzgar enerjisini kullanmışlardır. İlk rüzgar türbini ise Amerikalı bir bilim adamı ve girişimci tarafında 1888 yılında inşa edilmiştir. Bu ilk rüzgar türbini 12 kW kapasiteye sahipti. Danimarkalı bir mucit Poul La Cour ise daha verimli çalışan ve 25 kW kapasiteye sahip bir rüzgar türbini yapmayı başardığında takvimler 1888 yılını göstermekteydi. I. Dünya Savaşı sonrasında bu rüzgar türbinler Danimarka genelinde yaygınlaşmıştır ([www.centreforenergy.com /About Energy/ Wind/ History.asp](http://www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp), 19.05.2012).

Rüzgar enerjisi sanayi devrimi ve buhar makinelerinin icadıyla bir müddet geri planda kaldıktan sonra 1920'de Fransız bir mucit dikey eksenli rotor tasarımı yapmayı başarmıştır. 1930'larda binlerce 1 ila 3 kW kapasiteli küçük rüzgar türbinleri, çiftliklerin aydınlatılması ve radyo setlerinin şarj edilmesi amacıyla Amerika kırsallarına inşa edilmiştir. 1939'da Amerika'nın Vermont şehrinde inşa edilen 53 m çapında, 1,25 MW gücündeki Smith Putnam rüzgar türbini için o dönemin en önemli bilim adamları işbirliği yapmışlardır. Bu rüzgar türbini on yıllar sonraki benzerlerinden bile uzun süre faaliyette kalarak insanlık tarihinde teknoloji simgesi olarak kendine yer edinmiştir (Özcan, 2009:9). Ayrıca bu yıllarda rüzgar türbinlerinin Kanada çiftliklerinde hem kuyulardan su çekme amaçlı hem de elektrik üretme amaçlı olarak yaygın kullanımı da devam etmiştir. Fakat II. Dünya Savaşı sonrası fosil yakıtların fiyatlarının düşmesi sonucu elektrik şebekelerinin kırsala genişletilme imkanı doğmuştur. Bu sebeple Amerika ve Kanada'da rüzgar enerjisine talep azalmıştır (<http://telosnet.com/wind/early.html>, 19.05.2012).

1960 yılına gelindiğinde ilk plastik ve fiberglas millere sahip verimliliği artmış bir rüzgar türbini Alman yatırımcı Ulrich Huttter tarafından geliştirilmiştir. 1971 yılında ise dünyanın ilk deniz tipi rüzgar çiftliği Danimarka'da 5 MW kapasite ile devreye alınmıştır ([www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp](http://www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp), 19.05.2012).

1970'lerde etkisini hissettiren petrol krizinin patlak vermesiyle fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları arayışları hız kazanmış ve bu noktada gelişmeye en müsait enerji türü rüzgar enerjisi olmuştur. Bu yıllarda Amerika, Almanya, İsveç, Büyük Britanya, Kanada gibi ülkeler rüzgar enerjisi teknolojisinin gelişiminin ve maliyet düşüşlerinin tetikleyicisi olan destek programları devreye sokmuşlardır. 1980-1991 periyodunda Kaliforniya eyaletinde kapasitesi 20 ile 350 kWh arasında değişen 17.000 adet yeni rüzgar türbini faaliyete geçirilmiştir ([www.awea.org/learnabout/industry\\_stats/index.cfm](http://www.awea.org/learnabout/industry_stats/index.cfm), 17.05.2012). Kaliforniya, rüzgar endüstrisi tam bir başarı örneği teşkil etmiştir. Kısacası 1980'li yıllarda rüzgar enerjisi yeni materyallerle inşa edilmiş ve daha düşük maliyetli türbinler sayesinde elektrik üretimi için gerçek bir seçenek olarak kendini göstermeye başlamıştır. 1994 yılında ilk ticari rüzgar enerji santrali Alberta, Kanada'da hizmete girmiştir, bu bakımdan 1994 yılı da bir başka dönüm noktasını temsil etmektedir ([www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp](http://www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp), 19.05.2012). Rüzgar endüstrisi özellikle 2000 yılından itibaren hız kazanmıştır ve 2000'den 2011'e büyüyen pazarın hacminin gelişimi Tablo 2.11.'de sunulmuştur. 2011 yılı sonunda 71,5 milyar dolar hacminde olan rüzgar enerjisi pazarının 2021 sonunda 116,3 milyar dolar hacme ulaşması beklenmektedir (Clean Edge Inc., 2012:4).

Tablo 2.11. Rüzgar enerjisinin küresel pazar büyüklüğü (Clean Edge Inc., 2012:4)

Yıl	Pazar Büyüklüğü (milyar dolar)
2000	4
2001	4,6
2002	5,5
2003	7,5
2004	8
2005	11,8
2006	17,9
2007	30,1
2008	51,4
2009	63,5
2010	60,5
2011	71,5



### 2.4.2. Rüzgar Enerjisinin Tanımı ve Oluşumu

Rüzgar basitçe havanın yer değiştirmesi ile oluşan esinti, yel olarak tanımlanır. ([http://tdk.gov.tr/index.php?option=com\\_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.4fe840333454c6.00560162](http://tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.4fe840333454c6.00560162), 25.06.2012). Fakat elbette ki bu tanım rüzgardan nasıl enerji elde edildiğini anlamaya yardımcı bir tanımlama değildir, öncelikle rüzgarın nasıl oluştuğunu anlayabilmek gerekmektedir. Güneşten dünyaya ulaşan güneş enerjisi tüm dünyayı eşit oranda ısıtmaz, hava kütleleri arasında ısı farkları oluşur. Farklı ısıdaki hava kütlelerinin yatay ya da yataya yakın yer değiştirmeleri rüzgar olarak tanımlanır, kısacası rüzgar güneş radyasyonu sonucu oluşan hava basıncı kaynaklı konveksiyon hareketleridir. Yer değiştiren hava kütlelerinin iş yapabilme yeteneği ise rüzgar enerjisi potansiyeli olarak adlandırılan bir kinetik enerji türüdür (Dündar vd., 2002:1).

Rüzgarın mevcut teknoloji ile enerjiye çevrilebilen kısmına rüzgar enerjisinin teknik potansiyeli denir. Rakip enerji kaynaklarına oranla ekonomik olarak kullanılabilen kısmına rüzgar enerjisinin ekonomik potansiyeli denir (Mehel, 2009:29).

### 2.4.3. Global Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Gelişimi

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık %1'inin kinetik enerjiye yani rüzgara dönüştüğü bilinmektedir. Bu bilgiden hareketle global rüzgar enerjisi potansiyeli hakkında tahminler yapılabilmektedir. Örneğin oluşan rüzgarların atmosferde homojen dağıldığı varsayılırsa (ki böyle değildir), bu ortalama 340 TW/yıllık bir enerjiye denk gelmektedir. Bu değer toplam global enerji tüketiminin yaklaşık 22 katı anlamına gelmektedir. (Lu vd., 2009:10933).

Rüzgar enerjisinin global teknik potansiyeli içinse kesin bir rakam söylemek pek olası değildir. Çünkü bu değer türbin teknolojisine, rüzgar enerji santrallerinin yerleşimine hatta rüzgar tahminlerinin doğruluk derecesine göre bile değişkenlik arz edebilmektedir. Global rüzgar enerjisi potansiyelinin tespit edilmesinde kullanılan iki yaklaşım bulunmaktadır, çoğunlukla da bu yaklaşımlar birleştirilerek bir sonuca ulaşılmaya çalışılmaktadır. Bahsi geçen iki yöntemden birincisi fizik tabanlı sayısal tahmin yöntemlerinin kullanılması, diğeri ise mevcut rüzgar hızı ölçümlerinin enterpolasyonu suretiyle rüzgar dağılımları elde edilmesidir. Sonuç olarak denilebilir ki rüzgar enerjisi potansiyeli tahmin edilirken tahminin kendi doğasından kaynaklanan sonuç farklılarının yanı sıra kullanılan tahmin metodundan kaynaklanan

farklılıklar da söz konusudur. Literatürde bu konu hakkında yapılmış çok sayıdaki çalışmanın sonuçlarından bir derleme yapılması halinde dünya rüzgar enerjisi teknik potansiyeli en düşük 19,400 TWh/yıl olarak, en yüksek 125,000 TWh/yıl olarak tahmin edilmiştir (Wiser vd., 2012b:545).

Bu teknik potansiyel elbette ki dünya genelinde eşit olarak dağılım göstermemektedir. Doğal olarak bazı bölgeler diğerlerine oranla daha şanslı durumdadırlar. Tablo 2.12.'de bölgesel rüzgar enerjisi teknik potansiyelinin bölgesel dağılım oranlarına farklı çalışmalar eşliğinde bakılmıştır.

Tablo 2.12. Dünya rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı (Wiser vd., 2012b:545)

Grubb ve Meyer (1993)		WEC (1994)		Krewitt vd. (2009)		Lu vd. (2009)	
Bölge	%	Bölge	%	Bölge	%	Bölge	%
Batı Avrupa	9	Batı Avrupa	7	OECD Avrupa	5	OECD Avrupa	4
Kuzey Amerika	26	Kuzey Amerika	26	OECD Kuzey Amerika	42	Kuzey Amerika	22
Latin Amerika	10	Latin Amerika ve Karayipler	11	Latin Amerika	10	Latin Amerika	9
Doğu Avrupa ve Eski Sovyet Bloğu Ülkeler	20	Doğu Avrupa ve BDT	22	Gelişmekte Olan Ülkeler	17	OECD-dışı Avrupa ve Eski Sovyet Bloğu Ülkeler	26
Afrika	20	Sahra altı Afrikası	7	Kuzey Afrika ve Orta Doğu	9	Kuzey Afrika ve Orta Doğu	17
Avustralya	6	Kuzey Afrika ve Orta Doğu	8	OECD Pasifik	14	Okyanusya	13
Diğer Asya	9	Pasifik	14	Diğer Asya	4	Diğer Asya	9
		Diğer Asya	4				

Tablo 2.12.'den görülebildiği üzere rüzgar enerjisi teknik potansiyeli bölgeden bölgeye farklılık arz etmekte olsa bile tüm bölgeler önemli ve yeterli miktarda potansiyele sahiptir. Zaten rüzgar enerjisinde asıl bariyer teknik potansiyel değildir. Maalesef rüzgar çiftliklerinin genellikle enerji talep merkezlerine uzak olması, şebeke bağlantı problemleri, stratejik düşünememe gibi nedenlerle rüzgar enerjisinin gelişimi teknik potansiyeline ulaşmadan kesintiye uğramaktadır ve uğrayacaktır (Wiser vd., 2012b:546).

#### 2.4.4. Dünya Geneline Rüzgar Enerjisinin Gelişimi

Hem iklim değişikliği ile mücadele hem de tüm ülkeler için kendi enerji arz güvenlikleri için önemli bir rol oynayan rüzgar enerjisi 2000'den itibaren önem kazanarak diğer yenilenebilir enerjiler içinde baskın bir pozisyon edinmiştir. 1999 yılında 14 GW olan toplam kapasitesini sadece on yıl içinde 12 kat katlayarak 2009 yılında 160 GW a yükseltebilmiştir, bu genişleme yıllık yaklaşık %28 büyüme anlamına gelmektedir (REN21, 2011:20-22).

Tablo 2.13. Rüzgar enerjisinin dünya genelinde yıllar içinde gelişimi (www.thewindpower.net/statistics\_world\_en.php, 22.05.2012)

Yıl	Kapasite (MW)	Büyüme (MW)	Büyüme (%)
1995	4800	-	-
1996	6100	1300	27,10
1997	7482	1382	22,70
1998	9670	2188	29,30
1999	13699	4029	64,3
2000	18040	4341	31,70
2001	24318	6279	34,9
2002	31184	6866	28,30
2003	41354	10170	32,7
2004	49461	8108	19,70
2005	59135	9674	19,60
2006	74176	15042	25,50
2007	93959	19783	26,70
2008	121335	27376	29,20
2009	158012	36678	30,30
2010	194680	36669	23,30
2011	237502	42822	22,00

Tablo 2.13.'te sunulan kapasite genişlemesinin çoğu kara tipi rüzgar enerji santrallerinden gelmekteyken, oldukça küçük bir kısmı deniz tipi rüzgar enerji santrallerinden sağlanmıştır. 2009 yılı sonu itibariyle küresel deniz tipi rüzgar enerjisi kapasitesi sadece 2.1 GW'a yükseltilmiştir. Bu değere Avrupa dışında inşa edilen ilk deniz tipi rüzgar enerji santrali olan Çin deniz tipi rüzgar enerji santrali de dahildir. Fakat deniz tipi rüzgar enerjisinin teknolojisinde gelişmeler sayesinde çok daha hızlı büyüyeceği tahmin edilmektedir.

Deniz tipi rüzgar enerji santrallerinin kendini kanıtlaması açısından Japonya'da 2011 başlarında yaşanan depremin olumlu etkisi görülmüştür. Yaşanan depremde nükleer santral kazası meydana gelirken Kamisu deniz tipi rüzgar enerji santrali de dahil olmak üzere hiç bir rüzgar enerji santrali zarar görmemiştir. Bu tablo rüzgar enerjisi teknolojisinin güvenilirliği açısından gurur verici bir tablodur (Clean Edge Inc., 2012:11).

2007'de patlak veren ekonomik kriz bir şekilde tüm dünyayı etkilemiş ve halen etkilemekte olsa da şüphesiz en ağır etkisi Avrupa ve Amerika üzerinde görülmektedir. Rüzgar enerjisinin en büyük destekleyici ve öncüsü olan bu bölgelerin ekonomik sıkıntıları rüzgar enerjisi sektörlerine yansımıştır. 2009 sonuna kadar rüzgar enerjisinde lider ülke konumunda olan Amerika 2010 itibariyle yerini Çin'e kaptırmıştır, Çin 2010 yılında rüzgar enerjisi kapasitesini 18,9 GW artırarak liderliği ele geçirmiştir. Her ne kadar Amerika rüzgar enerjisi sektörü 2011 yılında hatırı sayılır bir toparlanma yaşamış olsa da Çin aynı yıl içerisinde yaklaşık 18 GW'lık bir yatırım gerçekleştirerek yerini sağlamlaştırmıştır. Ayrıca Çin sadece kurulu rüzgar enerjisi kapasite büyüklüğü ile değil dünyanın en büyük türbin üreticisi olması yönüyle de liderliği devralmıştır (Cutt, 2010:47-53). 2010 yılında en büyük ilk on üretici arasında iki Çin'li tedarikçi bulunurken, 2011 yılında bu listeye iki Çinli firma daha girmeyi başarmıştır ki bu önemli bir avantajdır (EWEA, 2012:62).

Tablo 2.14.'de 2011 yılsonu itibariyle rüzgar enerjisinde öncü ilk on ülke ve kapasiteleri, Tablo 2.15.'te bölgeler bazında kurulu kapasite ve 2011 yılı yeni eklenen kapasite verileri ise verilmiştir.

Tablo 2.14. 2011 sonu itibariyle rüzgar enerjisinde öncü ilk on ülke (GWEC, 2011:11)

Ülke	Kapasite (MW)	Pay (%)
Çin	62 346	26,2
Amerika	46 919	19,7
Almanya	29 060	12,2
İspanya	21 674	9,1
Hindistan	16 084	6,8
Fransa	6 800	2,9
İtalya	6 737	2,8
İngiltere	6 540	2,7
Kanada	5 265	2,2
Portekiz	4 083	1,7
Diğer	32 143	13,5
İlk 10 Ülke Toplamı	205 526	86,5
Dünya Toplamı	237 669	100

Tablo 2.15. Bölgeler bazında kurulu kapasite ve 2011 yılı yeni eklenen kapasite verileri (GWEC, 2011:12)

Bölgeler	2010 sonu (MW)	2011 de yeni eklenen (MW)	2011 sonu (MW)
Afrika ve Orta Doğu	1065	31	1096
Asya	61 106	20 929	82 029
Avrupa	86 647	10 281	96 606
Latin Amerika ve Karayipler	1 478	852	2 330
Kuzey Amerika	44 825	8 127	52 753
Pasifik	2 516	343	2 859
Toplam	197 637	40 564	237 669

Global rüzgar enerjisi teknik potansiyelinin en düşük 19,400 TWh/yıl, en yüksek 125,000 TWh/yıl olduğu hatırlanırsa ve Tablo 3.5 deki verilerle karşılaştırılırsa dünya üzerinde halen değerlendirilmeyi bekleyen büyük bir rüzgar enerjisi potansiyeli olduğu açıkça görülecektir. Zaten enerji alanında rüzgar enerjisinin son yıllardaki yükselen yıldız konumunu önümüzdeki dönemde koruyacağına dair güçlü bir beklenti bulunmaktadır. Alanında yapılan bir projeksiyona göre özellikle rüzgar enerjisi olmak üzere güneş ve biyoenerji 2040

yılına kadar güçlü bir büyüme sağlayacaktır. Bu projeksiyona göre rüzgar enerjisinin 2040 yılına kadar yıllık ortalama büyüme hızının %8 olması, bir diğer ifadeyle projeksiyon dönemi boyunca ise %900 büyüme göstermesi beklenmektedir (Exxon Mobile Inc, 2012:8).

#### **2.4.5. Rüzgar Enerjisi Maliyetleri**

Teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak rüzgar enerjisi üretim maliyetlerinde 20 yıllık sürekli bir düşüş trendinden sonra 2004-2005 yıllarında maliyet artışları görülmeye başlanmıştır. Bu trend aşağı yukarı 2010 yılına kadar sürmüştür. Maliyetlerdeki bu kısa süreli yükselişin ardında yatan sebepler ise dünya genelinde rüzgar enerjisi talebindeki patlamanın neden olduğu tedarik zinciri darboğazları ve türbin üretimindeki anahtar hammaddelerin (çelik, dökme demir, karbon fiber, bakır ve silikon) fiyatlarındaki artış olmuştur. Bu hammaddelerdeki fiyat artışı rüzgar endüstrisine bağlı olarak değil, genel olarak ağır sanayi üretimlerindeki büyük artışa bağlı olarak gerçekleşmiştir (Blanco,2009:1378).

2011 yılına gelindiğinde özellikle de son dört yıl içinde üretim kapasitesini dörde katlayan Çin sayesinde tedarik darboğazlarında önemli bir yol kat edildiği görülmektedir. Fakat en önemli darboğaz olan dişli kutusunda farklı bir gelişme daha yaşanmıştır. Bu sorun Ar-Ge faaliyetleriyle daha etkin biçimde çözülmüştür. Pek çok açıdan zaten sorunlu olan dişli kutusu kullanan türbinler direct drive teknolojiye türbinlerle ikame edilmiştir. Bu sebeplerle rüzgar enerjisi maliyetleri hemen hemen eski tarihsel öğrenme eğrisine geri dönmüştür. Tarihsel öğrenme eğrisi %22 olan rüzgar enerjisi maliyetleri çeşitli kuruluşların 2011 yılı raporlarında % 18 olarak belirtilmiştir (MEI, 2011:2).

Tüm yatırımlarda olduğu gibi rüzgar enerjisi yatırım maliyetleri de sabit maliyetler ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Sabit maliyetler türbin maliyetleri, kurulum, yol ve şebeke maliyetlerinden oluşur. Değişken maliyetler ağırlıklı olarak bakım-onarım maliyetleri olmak üzere kira, sigorta, vergi, işletme maliyetleri gibi kalemlerden oluşur ve tüm yatırım maliyetinin yaklaşık % 20'sini teşkil eder. İlk yatırım maliyetleri (sabit maliyetler) ise yatırımın beklenen ömrü boyunca tüm maliyetlerinin yaklaşık % 80'ini teşkil eder, yani sermaye yoğun yatırımlardır (Blanco, 2009:1373). Bu aşamada finansal enstrümanlar büyük önem arz eder.

Rüzgar enerjisi üretim maliyetleri üzerinde sabit ve değişken maliyetlerin yanı sıra etkili olan iki parametre daha bulunmaktadır: Yatırımın ekonomik ömrü ve kapasite faktörü.

Kara tipi rüzgar enerjisi yatırımları göz önüne alındığında sabit maliyetlerin %71'ini türbin maliyeti, %12'sini şebeke bağlantı maliyeti, %9'unu kurulumdaki işçilik maliyeti, %8'ini de diğer maliyetler oluşturmaktadır. Deniz tipi yatırımlarda ise türbin maliyetlerinin sabit maliyetleri içindeki oranı %37-49, şebeke bağlantı maliyetlerinin oranı %21-23, kurulum maliyeti %21-25 ve diğer maliyetlerin oranı %9-15 olarak gerçekleşmektedir. Deniz tipi yatırımlarda onarım maliyetlerinin yüksekliği teknolojisinin henüz olgunlaşmamış olmasından ve özellikle sert havalarda türbinlere ulaşım zorluğunda kaynaklanmaktadır (Blanco, 2009:1376). Bu noktada en büyük maliyet kalemi olan türbin fiyatları cephesinden yatırımcıları sevindirici haberler gelmektedir. Türbin fiyatları 2011 yılında 2005 den beri en düşük değerini görmüştür. 2011 yılında teslimatı yapılan türbinlerin maliyeti ortalama 1,33 milyon dolar/MW olarak gerçekleşmiştir. En düşük ortalama maliyetler Amerikan pazarında 1,27 milyon dolar/MW olarak gerçekleşmiştir (Bloomberg, 2011:1).

2009 yılı verilerine göre rüzgar enerjisi yatırım maliyetleri ortalama 1750 Amerikan doları/kW olarak gerçekleşmiştir. Çin gibi bazı yerel üreticilerin düşük maliyetli türbinlerle beslediği pazarlarda ise yatırım maliyetleri 1000-1350 dolar/kW olarak raporlara yansımıştır (Wiser vd., 2012b:583-590).

Bakım ve onarım maliyetleri için kesin bir trend belirlemek zor olmakla birlikte yenilenen teknoloji ile bakım ve onarım maliyetlerinde bir düşüş yaşandığı söylenmektedir (Wiser vd., 2012b:584-588, IRENA, 2012). Direct drive teknolojisi ve daha büyük rüzgar türbinleri bakım-onarım maliyetleri üzerinde olumlu yönde etki göstermektedir. Trend belirlemeyi zorlaştıran ise bakım-onarım maliyetlerinin ülkeden ülkeye, hatta santralden santrale farklılık gösterebilmesidir, sonuçta bakım-onarım faaliyetlerinin etkinliği bu faaliyetleri gerçekleştiren kişilerin performansına bağlıdır ve belli bir deneyim gerektirmektedir. Şu an için en düşük bakım-onarım maliyetleri Amerikan rüzgar endüstrisine aittir (IRENA, 2012). Bakım-onarım maliyetleri ile ilgili bir başka durum da gerçekleşen maliyetlerin, proje aşamasında öngörülenden bir miktar daha yüksek olarak gerçekleştiğidir ([www.windenergyupdate.com/operationsmaintenanceusa/documents/WindOMReport](http://www.windenergyupdate.com/operationsmaintenanceusa/documents/WindOMReport)

tSamplePages\_29Nov2011.pdf, 09.06.2012).

Üretilen rüzgar enerjisi maliyetleri oldukça bölgeye özgü olup, ülkeden ülkeye, projeden projeye değişkenlik gösterebilmektedir. Çünkü üretilen enerji miktarı kapasite faktörü ile doğrudan ilişkilidir. Rüzgar çiftliklerinin kapasite faktörü %20 ila 50 arasında değişkenlik göstermektedir, genellikle çalışmalarda %30-35 olarak kabul edilir. Almanya'da bulunan rüzgar enerji santralleri için kapasite faktörü %20,5, Avrupa ülkeleri için %20 ila 30 arası, Çin için %23, Hindistan için %20, Amerika için %30 olarak tahmin edilmektedir (Boccard, 2009; Li, 2010; Goyal, 2010; Wisser ve Bolinger, 2010 ). Üretim maliyetleri üzerinde etkin olan bir diğer etken ise gerçekleştirilen bakım-onarım faaliyetlerinin etkinliğidir.

Bahsi geçen iyileşmeler sayesinde rüzgardan enerji üretim maliyetleri rekor seviyelere inmiş bulunmaktadır. Brezilya, Amerika, Meksika, İsveç gibi bol rüzgarlı ülkelerde maliyetler 68 dolar/MWh in altına düşmüştür. Aynı dönemde doğalgaz santrallerinin enerji üretim maliyeti 56 dolar/MWh, kömür santrallerinin enerji üretim maliyeti 67 dolar/kWh olarak gerçekleşmiştir (Bloomberg, 2011:1).

Amerika Enerji Bilgi İdaresinin (EIA) 2016 yılı için enerji üretim maliyetleri projeksiyonun sonucuna göre rüzgar enerjisi rekabetçi konumunu koruyacaktır, projeksiyon sonuçları Tablo 2.16.'da verilmiştir (EIA, 2011). Tüm bu değerlendirme ve hesaplamalara rağmen rüzgar enerjisinin devlet teşvikleri olmadan tam manada rekabetçi olamayacağını belirten çalışmalar da yok değildir (Oksay ve İşeri, 2011:2394).



Tablo 2.16. Enerji üretim maliyetleri 2016 yılı projeksiyonu  
(www.eia.gov/oiaf/aeo/pdf/2016levelized\_costs\_aeo2011.pdf, 23.12.2012)

Enerji Üretim Kaynağı	2016 yılı tahmini indirgenmiş enerji üretim maliyetleri (dolar/MWh)		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Kömür	85,5	94,8	110,8
Doğalgaz	60	66,1	74,1
Nükleer	109,7	113,9	121,4
Rüzgar Kara tipi	81,9	97	115
Rüzgar Deniz tipi	186,7	243,2	349,4
Hidrolik	58,5	86,4	121,4
Biyomass	99,5	112,5	133,4
Jeotermal	91,8	101,7	115,7
Güneş Termal	191,7	311,8	641,6
Güneş PV	158,7	210,7	323,9

Rüzgar enerjisi maliyetleri hakkında yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır, bu çalışmalar hakkında detaylı bilgiye Blanco (2009)'dan ulaşılabilir. Ayrıca Wisser vd. (2012a)'nın Amerika Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı için yapmış oldukları çalışma konu hakkında önemli ve detaylı bilgiler sunmaktadır.

## 2.5. RÜZGAR ENERJİSİNİN AVANTAJLI ve DEZAVANTAJLI OLDUĞU KONULAR

Rüzgar enerjisi her şeyden önce dünyayı koruma adına fırsat sunan bir enerji türüdür. Rüzgardan başka bir yakıtı ihtiyaç duymaması nedeniyle sera gazı salınımı yapmamaktadır. Ayrıca rüzgar enerjisi santralleri diğer adıyla rüzgar çiftlikleri kurulumu esnasında atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'in telafisini 3-6 ay içinde yapabilen rüzgar enerjisi santralleri sadece karbon değil hiç bir atmosferik emisyonla sebep olmamakta, dolayısıyla soluduğumuz havanın kalitesi üzerinde olumsuzluklara sebebiyet vermemektedir (Aydın vd., 2010:365; İlkılıç, 2012:1172, Milborrow, 1998).

Herhangi bir yakıt kullanmıyor olması ayrıca diğer konvansiyonel enerji kaynaklarının maruz kaldığı fiyat dalgalanmalarından azade olmasına neden olmakta, rüzgar enerjisi yatırımcılarının geleceği görmelerini kolaylaştırmaktadır.

Yerel bir kaynak olması hasebiyle tüm ülkeler için enerji arz güvenliğinin sağlanması noktasında elini kolaylaştıran, rüzgar kaynaklarının zenginliği ve

değerlendirilebildiği ölçüde dış bağımlılığı azaltan bir enerji kaynağı olma özelliğini taşımaktadır.

Rüzgar enerjisinin arazi dostu olması, rüzgar enerji santrallerinin bulunduğu yerlerde tarımcılık ve hayvancılık faaliyetlerinin devam edebiliyor olması kırsal kesimlerin kalkınmasında avantaj sağlamaktadır (Kaygusuz, 2010:2107).

Kurulumunun ve hatta ömrünü tamamlayan santrallerin kaldırılmasının kolay ve kısa süre içinde halledilebiliyor olması rüzgar enerjisini üstün kılan niteliklerden bir diğeridir. Rüzgar enerji santrallerinin inşa süresinin 22-48 ay arasında olduğu kabul edilmektedir (TMMOB, 2012:21). Türbinlerin değişik ölçeklerde, farklı amaçlarla (ticari yahut konutlarda kullanımı) uygulanabiliyor olması da ekonomiler için önemli bir fırsattır.

Rüzgar enerjisinin ekonomiler için sunmuş olduğu bir diğer fırsat ise istihdam noktasındadır. Kurulum esnasında yöre insan kaynaklarından yararlanılması rüzgar enerjisi istihdamının bir boyutunu, bakım-onarım ve işletim için gerekli insan kaynakları bir diğer boyutunu, türbin-kule vs. üretimi ve yan sanayi çalışanları da başka bir boyutunu oluşturmaktadır (EWEA, 2012:16-43). Görüldüğü üzere rüzgar enerjisinin gerektirdiği iş gücü sadece eğitim seviyesi yüksek insan gücü olmayıp aynı zamanda niteliksiz işgücünü de kapsamaktadır.

Teknolojisi güvenliği yönüyle kendini ispatlamıştır. Oluşabilecek kazalar sadece insan kaynaklı inşa ve bakım-onarım kazalarıdır (Çağlar, vd., 2008:6). Bunların dışında buzlanma nedeniyle oluşabilecek bir takım problemler belirlenmiş ve önleyici tedbirler teknoloji standartlarına işlenmiştir (Wiser vd., 2012b:575).

Elbette ki rüzgar enerjisi her şeyi ile mükemmel değildir, kendine has bir takım sorunları da bulunmaktadır. Hatta yukarıda bahsi geçen avantajlara bile eleştirel gözle bakan, farklı sonuçlar üreten çalışmalar literatürde kendine yer bulmaktadır.

Rüzgar enerjisinin en büyük sorunu kuşkusuz kesikli yapıya sahip olmasıdır. Sonuçta rüzgar hızına bağlı olarak yapılan üretimin miktarı değişmekte; hatta düşük veya aşırı rüzgar hızlarında üretim hiç yapılamamaktadır. Bu durum farklı nitelikteki sorunlara ve dolayısıyla farklı çözümlere kapı aralamaktadır. Şebekeye bağlı olmayan lokal türbinlerde yedek bataryalar, pompajlı hidrolik sistemler veya gaz ya da akaryakıtla çalışan içten yanmalı motorlar çözüm seçenekleri arasındadır. Şebekeye bağlı türbinlerde ise durum daha karmaşıktır.

Şebekelerde enerji talep değişkenliği nedeniyle zaten var olan dalgalanmalara rüzgar enerjisinin kesintili doğası da eklendiğinde şebekelerin dengelemesi daha zorlaşmaktadır. Bu sebeple yapılan çalışmalar sonucunda şebekelerde %20'ye kadar rüzgar enerjisi nüfusunun beraberindeki sorunlara rağmen teknik olarak mümkün olduğunu göstermiştir (Gross vd., 2007; Smith vd., 2007; Milligan vd., 2009). Bu seviyeye kadar olan rüzgar enerjisi katılımında şebekedeki değişkenlik ve belirsizlikle mücadele için 2005 yılı değerlerine göre 0,7-3 dolar cent/kwh'lık ek bir maliyet söz konusu olmaktadır (Wiser vd., 2012b:555).

Şebekelerde bu kesikli yapının tolere edilebilmesi için yedekleme üniteleri devreye girmektedir. Konvansiyonel yakıt kullanan santraller yoluyla ek kapasite bekletilmesi ya da hidrolik santralleri kullanılması geleneksel çözümlerdir. Fakat son dönemde pompajlı hidrolik depolamalı sistemler ve hibrid enerji sistemleri ön plana çıkar olmuştur. Rüzgar enerjisinin diğer tüm yenilenebilir yahut yenilenemez kaynaklarla hibrid olarak kullanılabilmesi şüphesi sahip olduğu önemli avantajlar arasındadır. İlerleyen zaman diliminde güneş enerjisi teknolojisinin yeterli olgunluğa erişmesi ile birlikte bol miktarda rüzgar-güneş hibridi enerji santralleri görmek olasıdır. Hibrid yenilenebilir enerji sistemleri hakkında detaylı bilgi için farklı bakış açılarının analiz edildiği Erdinç ve Uzunoğlu (2012)'in çalışmalarına bakılabilir.

Rüzgar enerjisinin kesintili yapısıyla baş etmede en önemli araçlardan bir tanesi de rüzgar tahmin modellerinin en etkin ve en doğru sonucu verecek şekilde kullanımudur. Rüzgar hızı tahminleri sadece santral kurulumu öncesinde değil santralin faaliyeti süresince hem yatırımcının karlılığı açısından hem de şebeke yönetimi açısından büyük önem arz eder.

Rüzgar enerjisinin karbon salınımına karşı verilen mücadeledeki etkinliğine yöneltilen itirazlar söz konusudur. Rüzgar enerjisinin karbon salınımını önleme ve azaltmada hem yetersiz hem de pahalı bir yöntem olarak kaldığı iddia edilmektedir. Bu görüşü savunanlara göre rüzgar enerjisine yönelen devlet destekleri enerji verimliliği alanına yöneltilmelidir. Ayrıca bu fikir sahiplerine göre karbon yakalama ve hapsedme teknolojisine sahip konvansiyonel santraller karbon salınımında daha iyi bir mücadele aracıdır. Bu fikirler ve etraflarında dönen tartışmaların detayları için Post (2011)'e başvurulabilir.

Küresel ısınma-rüzgar enerjisi arasındaki ilişkinin belirsizlik arz eden bir diğer yönü de rüzgar iklimlerinin küresel ısınmadan nasıl etkileneceğidir. Küresel

ısınma sonucu genelde rüzgar iklimlerinin yumuşayacağı ve elde edilebilecek enerji miktarında düşüş yaşanacağı bildirilse de kimi bölgelerde rüzgar iklimlerinin türbinlerde hasar oluşturabilecek kadar sertleşmesi de söz olabilecektir. Kısacası rüzgar yatırımcıları yatırım kararı alırken bölgenin gelecekteki küresel ısınma riskini hesaba katmaları kendi karlılıkları için elzemdir (Diamond, 2011:1).

Rüzgar enerjisiyle ilgili şüphelere sebep olan bir diğer soru ise büyük ölçekli rüzgar enerji santrallerinin iklimik etkilerinin olup olmadığıdır. Küresel ısınmanın rüzgar iklimleri üzerinde etkili olup rüzgar enerjisi potansiyellerini azalttığı az çok bilinen bir gerçek olmakla birlikte büyük ölçekli rüzgar enerji santrallerinin iklimik etki oluşturup oluşturmayacağı konusu nispeten yeni bir bakış açısıdır.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü önderliğinde Wang ve Prinn (2009:2053) tarafından yürütülen bir çalışmanın sonuçlarına göre 2100 yılında global enerji talebinin %10 veya daha fazlasının rüzgar enerjisinden karşılanıyor olması halinde rüzgar santrallerinin bulunduğu bölgelerde 1°C'lik bir sıcaklık artışı oluşacaktır. Hatta rüzgar santrallerinden uzak bölgelerde bile ihmal edilemeyecek sıcaklık artış ya da düşüşleri yaşanacak, dünya genelinde düşen yağmur ve bulut dağılımları değişecektir. Bu iklimsel etkilerin büyüklüğü rüzgar santrallerinde üretilen enerjinin büyüklüğü ile artarken, türbinlerin verimliliği ile ters orantı içerisindedir. Türbin verimliliklerinde olası %25-35'lik bir artış büyük ölçekli rüzgar santrallerinin iklimsel etkilerini tamamıyla olmasa bile önemli ölçüde baskılayabilecektir (Wang ve Prinn, 2009:2055). Literatürde şimdilik kendisine fazla bir yer bulamayan bu konu hakkında daha fazla sayıda çalışma ve analize ihtiyaç olduğu açıktır.

Rüzgar enerjisinin bunların dışında çok önemsenmeyen, doğru yer seçimi ve doğru türbin konumlandırması ile çözülebilen gürültü, estetik olmama ve kuş ölümleri gibi bir takım dezavantajları da bulunmaktadır.

Kuş ölümleri ve vahşi hayatın korunması adına rüzgar enerji santrallerinin kuşların göç yollarından en az 300 m uzağa inşa edilmesi gerektiğini bildiren çalışmalar bulunmakla birlikte konuya daha ihtiyatlı yaklaşım en az 500 m uzaklığı savunan görüşlerde bulunmaktadır (Aydın vd., 2010:365).

Gürültü mevzuu biraz daha göreceli bir durumdadır, sonuçta toplumların hatta kişilerin gürültüye karşı toleransları farklı farklıdır. Örneğin Türkiye gibi içinden tren yollarının geçtiği yerleşim merkezlerine sahip bulunan toplumlarda

rüzgar türbinlerinin 350 m uzaklıkta yaptığı 35-45 desibellik gürültü problem olmayabilirken, Danimarka'da gürültü problemi nedeniyle rüzgar türbinlerinin artık sadece denizde konumlandırılması kararı alındığı ifade edilmektedir (Kaygusuz, 2010:2107; Post, 2011). Bu noktada rüzgar türbinlerinin oluşturduğu gürültünün konutlardaki doğal ortam gürültüsüyle hemen hemen aynı seviyede olduğunu hatırlatmakta fayda bulunmaktadır, detaylı karşılaştırmalar için Fıçıcı vd. (2007:69) incelenebilir.

Ayrıca rüzgar enerji santrallerinin buldukları alanda bir elektromanyetik alan oluşturmaları söz konusudur. 2-3 km'lik bir alanda oluşan istenmeyen etkiler uygun yer seçimi ile indirgenebilecek dezavantajlar arasındadır (Wiser vd., 2012b:573).

## **2.6. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ**

Gelir seviyesini gelişmiş OECD ülkeleri seviyesine yükseltmeye çalışan Türkiye'nin içine düştüğü enerji problemlerinden çıkış için elindeki en büyük kozlardan biri rekabetçi fiyatları ve doğayla uyumlu olması nedeniyle şüphesiz rüzgar enerjisidir.

Türkiye, Avrupa'da en yüksek rüzgar potansiyeline sahip ülkedir (Barış ve Küçükali, 2012:382; Tükenmez ve Demireli, 2012:7; Dursun ve Alboyacı, 2010). İlkılıç vd. (2011:963) ise Türkiye'nin Büyük Britanya'nın ardından Avrupa'nın en iyi rüzgar atlasına sahip ülkesi olduğunu savunmaktadır. Türkiye'nin üstün rüzgar potansiyeline sahip olmasının altında yatan faktörler, coğrafik konumu nedeniyle farklı hava akımlarının etkisi altında olması ve üç tarafının denizlerle çevrili olması nedeniyle 8333 km'lik uzun bir kıyı şeridine sahip olmasıdır (Akdağ ve Güler, 2010:2574).

Aslında bir bölge her ne kadar denize komşu olsa da, güçlü hava akımlarının etkisi altında olsa da bu mutlaka önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeli taşıdığı anlamına gelmemektedir. Türkiye'de Karadeniz bölgesi maalesef bu durumdadır. Karadeniz ve Balkan Yarımadasından gelen güçlü kuzey rüzgarları kışın önemli bir rüzgar hareketi sağlasa da kara tipi şeridinin jeomorfolojik yapısı bu rüzgarların içeri taşınmasına engel olmaktadır. Bu nedenle Karadeniz bölgesi kara tipi rüzgar enerjisi için uygun bulunmamaktadır (İlkılıç vd., 2011:963). Deniz tipi rüzgar enerjisi içinse yeterli çalışma bulunmamaktadır. Marmara, Akdeniz ve Ege kıyıları ise elverişli bir

yapıya sahiptir.

Belirli bir bölgedeki rüzgar potansiyelini belirleyebilmek için iki farklı sınıflandırmadan yola çıkılmaktadır. Bu iki sınıflandırmadan biri olan Avrupa Rüzgar Enerjisi Ajansı (EWEA)'nın sınıflandırması belirli bir yükseklikte (türbinlerin kule yüksekliği, 50 m olarak kabul edilir) rüzgar hızına dayanır. Diğer sınıflandırma ise yine belirli bir yükseklikteki rüzgar yoğunluğundan yola çıkarak sonuç alır (Ambrosini vd., 1992). Rüzgar potansiyelinin sınıflandırılmasına dair detaylar Tablo 2.17.'de verilmiştir.

Tablo 2.17. Rüzgar enerjisi potansiyelinin sınıflandırılması (TMMOB, 2011:92)

Rüzgar Potansiyeli Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m de Rüzgar Hızı m/s	50 m de Rüzgar Yoğunluğu w/m <sup>2</sup>
Orta	3	6,5 – 7,0	300 – 400
İyi	4	7,0 – 7,5	400 – 500
Harika	5	7,5 – 8,0	500 – 600
Mükemmel	6	8,0 – 9,0	600 – 800
Sıra dışı	7	> 9.0	> 800

## 2.7. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BÖLGESEL DAĞILIMI

Daha önce vurgulandığı üzere ülkenin tüm bölgelerinin rüzgar potansiyeli birbirinden farklıdır. Farklı bölgelerdeki farklı potansiyellerin belirlenebilmesinde rüzgar atlasları kullanılmaktadır.

Rüzgar atlasları yer düzeyinden belirli yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı ve yönüne ilişkin yeterli süre ve sayıdaki meteoroloji istatistiklerinin, özel bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda elde edilen, enerji planlarına, yatırımcılara rüzgar gücü ve kapsadığı alanlar hakkında bilgi veren rüzgar istatistikleri olarak tanımlanmaktadır (Koçaslan, 2006:87).

Rüzgar atlaslarının temel faydaları aşağıda listelenmiştir (www.repa.eie.gov.tr, 22.05.2012):

- Atlas alanındaki rüzgar kaynak ve potansiyel bilgilerinin derlenmesi
- Potansiyel rüzgar enerjisi yatırımlarında önemli planlama parametrelerine erişimi sağlayarak yapılması gereken ön etüt çalışmalarının gerekliliğini ortadan kaldırır.

- Atlas içeriğinde bulunan bilgiler kamu ve özel sektör girişimcileri yanı sıra enerji servis şirketleri, arazi sahipleri, akademisyenler gibi geniş bir kitleye hitap eder.
- Sektördeki bilgi boşluğunu doldurur, karar süreçlerinin rasyonalitesini artırır.
- Resmi kurumlar ve özel enerji şirketleri bu haritaları kendi faydaları doğrultusunda uyarlayıp geliştirebilirler.
- Resmi kurumlar ve enerji şirketleri bu haritaları kendi kişisel enerji programlarına uyarlayabilirler.

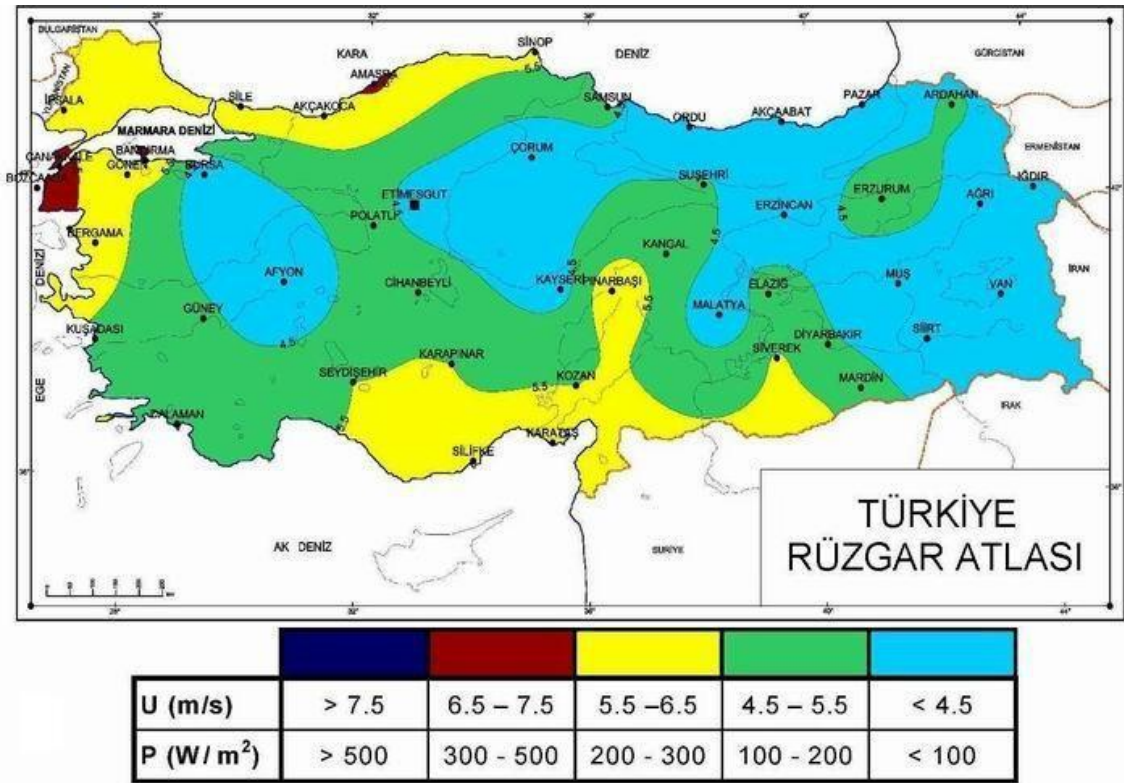
Ayrıca rüzgar atlaslarının hava kirliliği konsantrasyonlarının izlenmesi, dağ ve deniz sporlarının planlanması, denizcilik aktiviteleri, tarımsal öngörü imkanı vermesi gibi bir takım yan faydaları da bulunmaktadır (Yalçın, 2007:35).

Türkiye rüzgar atlası 2007 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) ve Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğüne (DMİ) hazırlanmıştır. Atlas oluşturulurken homojenliği sağlayacak dağılımı gösteren 96 adet meteoroloji istasyonu için yerinde incelemeler yapılmış ve bu istasyonlardan 45 adetinin verileri kullanılmaya uygun bulunmuştur. Toplanan veriler Danimarka Meteoroloji Teşkilatınca hazırlanan ve Avrupa rüzgar atlasının hazırlanmasında kullanılan WASP paket programı ile işlenmiştir. WASP programı rüzgar hız verilerinin Weibull dağılımına uygunluk gösterdiği varsayımıyla şu dört temel girdiyi kullanarak rüzgar istatistiklerini oluşturmaktadır:

- Rüzgar hız verisi
- Bölge pürüzlülük verisi
- Yakın çevre engel bilgileri
- Bölgenin topografyası ([www.repa.eie.gov.tr](http://www.repa.eie.gov.tr), 22.05.2012).

Seçilen istasyonlardan uzun süreli gözlemler sonucu toplanan bu verilerden yola çıkılarak Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Çıkan sonuca göre Türkiye 131.756,40 MW'lık bir rüzgar teknik potansiyeline sahiptir. Ekonomik potansiyel ise 47.849,44 MW'dır (TMMOB, 2012:160). Şu an için mevcut olan elektrik enerjisi alt yapısı ile bu potansiyelin 10.000 MW'lık bölümünün sisteme entegre olabileceği düşünülmektedir (Sevim, 2011b:7).

DMİ ve EİE tarafından hazırlanan Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel atlası (REPA) Şekil 2.7.'de verilmiştir. Ayrıca Tablo 2.18.'de rüzgar kaynak derecesi ve rüzgar sınıfı detayında Türkiye'nin rüzgar potansiyeli sunulmuştur.



\* Açık yüzeyler için (yer düzeyinden 50 m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıf aralıkları

Şekil 2.7. Türkiye rüzgar atlası ([www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilir-enerji.aspx?s=ruzgaratlası](http://www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilir-enerji.aspx?s=ruzgaratlası), 23.05.2012)

Tablo 2.18. Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli (TMMOB,2012)

Rüzgar Potansiyeli Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m de Rüzgar Hızı (m/s)	50 m de Rüzgar Yoğunluğu (w/m <sup>2</sup> )	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Rüzgarlı Arazi (%)	Toplam Potansiyel
Orta	3	6,5 – 7,0	300 – 400	16 781,39	2,27	83.906
İyi	4	7,0 – 7,5	400 – 500	5 851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	7,5 – 8,0	500 – 600	2 598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	8,0 – 9,0	600 – 800	1 079,98	0,15	5.399,92
Sıra dışı	7	> 9.0	> 800	39,17	0,01	195,84
Toplam				26.351,28	3,57	131.756,40

Türkiye, yedi bölgeden oluşuyor olmasına rağmen mevcut rüzgar potansiyelinin %61,4'ü Marmara ve Ege bölgelerinde toplanmaktadır. Hatta Balıkesir ve Çanakkale illeri tek başlarına toplam potansiyelin %23,5'ine ev sahipliği yapmaktadırlar (Barış ve Küçükali, 2012:382). Tablo 2.19.'da Türkiye rüzgar potansiyelinin bölgesel dağılımına yer verilmiştir.



Tablo 2.19. Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı (Barış ve Küçükali, 2012:382)

Bölge	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli (MW)	%
Marmara	43.917	38,5
Ege	26.150	22,9
Karadeniz	14.312	12,5
Akdeniz	11.214	9,8
İç Anadolu	10.904	9,6
Güneydoğu Anadolu	4.703	4,1
Doğu Anadolu	2.974	2,6

Her ne kadar Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel atlası tüm kesimlerce kabul görmüş ve kullanılır olmuşsa da rüzgar enerjisi potansiyeli konusu bilim insanları için çekiciliğini kaybetmiş değildir. Belirli lokasyonlarda rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesine ilişkin çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur. Akpınar ve Akpınar (2004)'ün Elazığ, Maden'i konu alan, Eşkin vd. (2008)'in Gökçeada'yı konu alan, Mutlu vd. (2009)'un Alaçatı'yı konu alan, Gökçek ve Genç (2009)'un İç Anadolu'yu konu alan, O. Arslan (2010)'un Kütahya'yı konu alan, İncecik ve Erdoğan (1995)'in Gökçeada, Bozcaada, Edremit, Ayvalık ve Dikili'yi konu alan, Durak ve Şen (2002)'in Akhisar'ı konu alan, Bilgili ve Şahin (2009)'un Datça, Foça, Söke, Belen ve Gelendostu konu alan, Özgener (2010)'un Muradiye, Manisa'yı konu alan, Çelik (2011)'in Çanakkale Yarımadasını konu alan, Karlı ve Geçit (2003)'ün Osmaniye, Nurdağı'nı konu alan çalışmaları örnek olarak verilebilecek niteliktedir.

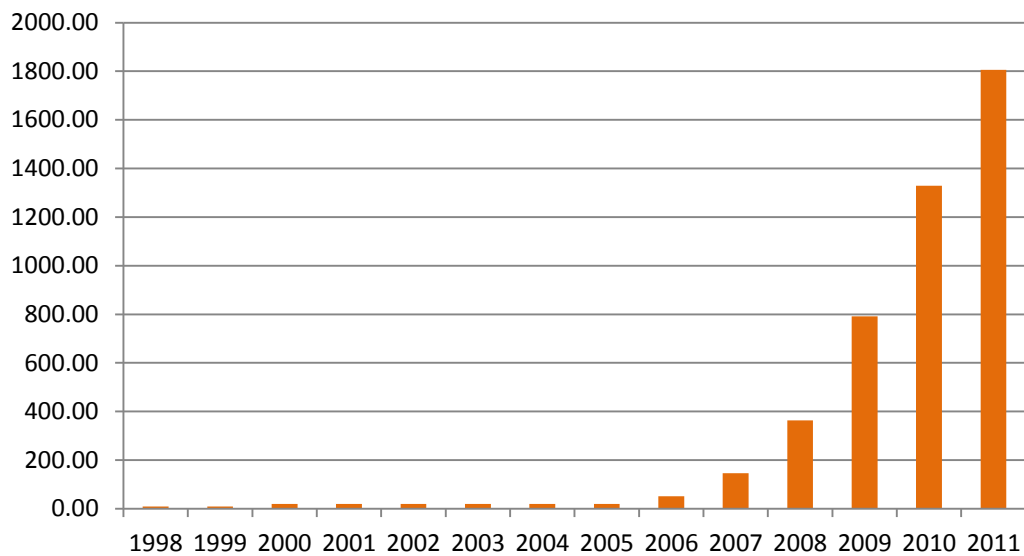
## 2.8. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİNİN GELİŞİMİ

Rüzgar enerjisinin Türkiye'deki hikayesi 1950'lerde üniversitelerde başlamıştır. Fakat dünyanın diğer kesimlerinde olduğu gibi asıl önem atfedilmesi global petrol krizinden sonraya denk gelmiştir. 1989 yılında ETKB idaresinde Rüzgar Enerjisi Şube Müdürlüğü adı altında bir birim bile kurulmuştur. Bu şube sorumluluğu altında ülkenin rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi adına çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Sonrasında 1990 sonrasında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve DMİ konu hakkında çalışmalarda bulunmuşlar, hatta bu

kurumlarca yetersiz de olsa bir rüzgar atlası hazırlanmıştır. Bu akış içerisinde rüzgar enerjisinin gerçek manada değerlendirmeye alınmasında Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB)'in katalizör etkisi olmuştur. Bu birlik bünyesinde bir araya gelen yatırımcı, akademisyen ve sanayiciler rüzgar enerjisinin ön plana çıkmasına vesile olmuştur.

1980-1990 döneminde faaliyete geçen bir kaç küçük ölçekli rüzgar türbinini sayılmaz ise, ki bunlardan ilk genel hizmete açık olanı Çeşme-İzmir'de bir turistik tesis içerisinde faaliyete alınan 55 kW kapasiteli rüzgar türbinidir, asıl rüzgar enerjisi yatırımları yine Çeşme'de 1998 yılında 1,5 MW kapasiteli bir rüzgar enerji santrali ile başlamıştır (Özgener, 2010:3232).

TUREB'in Şubat 2012 istatistik raporuna göre belirtilen tarih itibarıyla Türkiye'deki rüzgar enerjisi yatırımları 1.805,85 MW'lık bir kurulu güce ulaşmıştır. Şekil 2.8.'de verilen yıllara göre kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi verilerinden görüldüğü üzere Türkiye'de rüzgar enerjisinin hızlanmaya başladığı yıllar 2007-2008 yıllarıdır.



Şekil 2.8. Türkiye'de kurulu rüzgar enerjisi gücünün yıllara göre dağılımı, MW (TUREB, 2012:4)

1.805,85 MW'lık kapasite ülkenin rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımına benzer olarak aşağıdaki gibi dağılmaktadır, bkz. Tablo 2.20.. Bu dağılıma il bazında bakılacak olunursa Balıkesir 422,1 MW, Manisa 345,7 MW, İzmir 312,9

MW kapasite ile ilk üçü oluşturmaktadırlar. Önemli potansiyele sahip olduğu bilinen Çanakkale ise MW ile 6 sırada yer almaktadır.

Tablo 2.20. Kurulu rüzgar gücünün bölgesel dağılımı (TUREB, 2012:12)

Bölge	Kurulu Güç (MW)	Oran (%)
Ege	773,7	42,84
Marmara	685,65	37,97
Akdeniz	306,5	16,97
Karadeniz	40	2,22

517,55 MW kurulu toplam güce sahip olacak 13 adet rüzgar enerji santrali de inşa halinde bulunmaktadır. İnşa halindeki bu santraller bölgesel dağılım bakımından mevcut santrallerin dağılımından biraz farklılık arz etmektedirler. İnşa halindeki santrallerin %30,58'i Marmara bölgesinde, %30,19'u ege bölgesinde, %19,20'si İç Anadolu Bölgesinde, %9,16'sı Karadeniz bölgesinde, %8.04'ü Akdeniz Bölgesinde, %2,38'i Güneydoğu Anadolu'da, %0,45'i Doğu Anadolu bölgesinde bulunmaktadır (TUREB, 2012:22).

İnşa halindeki ve henüz lisans almış santrallerin listesine, kurulu kapasite/yatırımcı/türbin tedarikçisi vs. gibi detaylı bilgilerine TUREB (2012) veya TMMOB (2012)'den ulaşılabilir.

## 2.9. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POLİTİKASI

Türkiye maalesef spesifik bir ulusal enerji stratejisine sahip ülkelerden bir değildir. Ülkenin enerji politikaları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2010-2014 stratejik planı ve Yüksek Planlama Kurulu'nun Enerji Piyasası ve Enerji Arz Güvenliği Strateji Belgesi gibi kurumsal planlar içerisinde ele alınmış durumdadır. Bu planlar genel olarak enerji arz güvenliği, enerji alanında bölgesel ve global etkiler ve çevre korunması konuları ağırlıklı olarak ele alınmıştır (Tükenmez ve Demireli, 2012:5).

Bu belgeler içerisinde yukarıda bahsi geçen konular çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarına ve rüzgar enerjisine özel önem atfedilmiştir. 2023 yılı hedeflerine göre 2023 yılına gelindiğinde toplam elektrik enerjisi üretiminin %30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi gerekmektedir. Rüzgar enerjisi özelinde ise 20.000 MW kapasiteye ulaşılması hedeflenmektedir

(DPT,2009:9). EPDK'nın oluşturmuş olduğu iki ayrı üretim kompozisyonu senaryosundan yenilenebilir enerji ağırlıklı senaryo, fosil yakıt ağırlıklı olandan farklı olarak 25.000 MW kapasiteli rüzgar enerji santrali kurulmasını önermektedir.

### **2.9.1. Yasal Mevzuat**

Hiç şüphesiz bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için sağlam bir yasal altyapıya ihtiyaç vardır. Bu alt yapı Türkiye'de Avrupa Birliği uyumlu bir şekilde kurulmuş biçimdedir.

Türkiye enerji piyasası 2001 yılında yürürlüğe giren 4628 nolu kanunla radikal bir değişim yaşamıştır. Bu kanun ile Türk enerji piyasasının serbest piyasa yapısına kavuşması, yenilenebilir enerji kaynaklarının özendirilmesi amaçlanmış ve piyasanın denetlenme ve düzenlenmesini EPDK'ya bırakmıştır. 4628 nolu kanun ile yenilenebilir enerji yatırımcılarını dolayısıyla rüzgar enerjisi yatırımcılarını özellikle ilgilendiren iki düzenleme getirilmiştir. Bunlardan ilki yenilenebilir enerji yatırımcıları lisans ücretlerinin sadece %1'ini ödeyecek olmaları, ikincisi ise yatırımlarının tamamlanma süresini takip eden ilk 8 yıl boyunca yıllık lisans ücretinden muaf olmalarıydı. Bunların dışında yenilenebilir enerji tedarikçilerine şebeke bağlantılarında öncelik hakkı tanınmıştı (Erdem, 2010:2718).

4628 nolu kanun 2008 yılında 5784 nolu kanun vasıtasıyla değişikliğe uğramış, 500 kW'a kadar olan yenilenebilir enerji yatırımlarını lisans süreci dışında tutmuştur (Erdem, 2010:2717).

Ayrıca enerji piyasası kanunu haricinde özel olarak bir yenilenebilir enerji kanunu da 5436 numaralı kanun olarak 2005 yılında yürürlüğe alınmıştır. Zaten yenilenebilir enerji kaynaklarına asıl yönelim yenilenebilir enerji kaynaklarından güvenilir ve uygun maliyetli enerji üretiminin artırılması amaçlanan 5436 nolu kanunun yürürlüğe girmesi ile başlamıştır. Yenilenebilir enerji kanununda 2010 yılında 6094 nolu kanun ile değişikliğe gidilerek son hali verilmiştir.

Yasal düzenleme kapsamında rüzgar enerjisine uygulanan teşvik ve ayrıcalıkların son hali aşağıdaki gibidir:

- 7.3 \$ cent/kWh'lik teşvikli sabit fiyat uygulaması. Bu uygulama tesisin 2015 yılına faaliyete geçmesi halinde geçerli olup, geçerliliğini 10 yıl boyunca koruyacaktır.
- Nihai tüketiciye elektrik enerjisi tedarikinde bulunan şirketlere oranı Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM) tarafından her fatura döneminde

yenilenmek üzere alım garantisi.

- Türbinlerde kullanılan mekanik ve/veya elektromekanik aksamın tamamının yerli üretim olması halinde sabit alım fiyatının üzerine 5 yıl süre ile uygulanacak ekstra teşvikler.
- Arazi kullanımına dair özendirici teşvikler.
- Kurulu kapasitesi 500 kW'ın altında kalacak tesisler için lisans ve şirket kurma zorunluluğu muafiyeti. Ayrıca bu gruba giren üreticiler ihtiyaçları fazla olan elektriği şebekeye satmak istedikleri takdirde, kanunda belirlenen alım fiyatından yararlanabileceklerdir. Yerli ekipman teşviklerinden yararlanmaları da söz konusudur.

2005 ve 2010 kanunları arasındaki temel fark ise Tükenmez ve Demireli (2012:8)'ze göre ilkinde euro cent bazında olan teşviklerin ikincisinde dolar cent olarak regüle edilmesidir

### **2.9.2. Rüzgar Enerjisinin Ticareti**

Türkiye'de bir rüzgâr enerjisi yatırımcısı santrallerde üretilen elektrik enerjisini YEK Destekleme Mekanizması kapsamında PMUM'a, ikili anlaşmalar kapsamında TETAŞ ya da serbest tüketicilere, Dengeleme Güç Piyasası kapsamında PMUM'a satabilir.

5436 nolu kanun 2010 sonunda değişikliğe uğrayana kadar teşvikli tarife fiyatlarının rüzgar yatırımcıları için hiç bir özendiriciliği bulunmamaktaydı. Çünkü ürettikleri enerjiyi serbest piyasada daha iyi bir fiyata satabiliyorlardı. Fakat yapılan değişiklikle teşvikler daha özendirici hale gelmişlerdir. Bu nedenle YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılı içinde toplam gücü 469,1 MW olan dokuz rüzgâr santrali, 2012 yılı içinde ise toplam gücü 684,4 MW olan 22 rüzgar santrali katılmıştır (TMMOB, 2012:167).

Rüzgar enerjisine uygulanan teşvikler her ne kadar iyileştirilmiş olsalar bile yurt dışı örnekleriyle karşılaştırıldığında düşük kaldığı şeklinde görüşler bulunmaktadır, özellikle yatırımcıların büyük kısmı bu gruba dahildir. Yunanistan'da uygulanan teşviklerin 50 euro cent/kWh, Bulgaristan'da uygulanan teşviklerin ise 39-39 euro cent olması ise bu düşüncelerde bir haklılık payı olduğunu düşündürmektedir (Oksay ve İşeri, 2011:2386). Bu derece uçuk olmasa bile rüzgar enerjisini dünyada en iyi uygulayan ülkelerden olan Almanya rüzgar enerjisine ilk 5 yıl için 9,2 euro cent, sonraki 5 yıl içinde 5,2 euro cent teşvik vermektedir (Barış ve Küçükali,

2012:386). Sonuç olarak dünya genelinde rüzgar enerjisine destek uygulayan 45 ülkeden biri olan Türkiye'nin tarife fiyatlarının en azından Avrupa'ya nazaran yetersiz kaldığı ifade etmek doğru olacaktır (Barış ve Küçükali, 2012:385). Teşvik politikaları ve dünyadan başarı örnekleri için Beheshti (2010)'un çalışması yararlı olacaktır.

### **2.9.3. Rüzgar Enerjisi Lisans ve Yatırım Süreci**

Rüzgar enerjisi yatırımları hem teknik hem de finansal açıdan çok iyi analiz edilmesi gereken yatırımlardır. Gelişen teknolojisi nedeniyle düşen birim üretim maliyetleri ve uygulanan devlet teşvikleri bir arada düşünülünce rüzgar enerjisi üretim maliyetleri oldukça rekabetçi bir yapıya bürünmektedir. Fakat yine de sermaye yoğun ve başlangıçta büyük sermaye gerektiren yatırımlar olması hasebiyle finansal alt yapısı ince düşünülerek yatırım planlanmalıdır.

Projenin teknik yönü ayrıca önem arz etmektedir. Çünkü her ne kadar yer seçimi için REPA kullanılıyor olsa bile EPDK'nın 2012 tarihli Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği'ne göre yatırımcılar belirledikleri bölgede en bir yıllık rüzgar hızı ölçümü yapmış olmaları gerekmektedir. Ölçüm parametrelerinin belirtilmiş olduğu tebliğe göre ölçüm sonuçları DMİ tarafından onaylanmış olarak EPDK'ya sunulacaktır.

Teknik analiz esnasında her ne kadar 1 yıllık bir rüzgar hızı ölçümü yapılmış bile olsa küresel ısınma riskinin ve türbin yerleşiminin karlılık üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu göz önüne alınmalıdır. Tabii ki santral yer seçimi ve türbin yerleşimi konusunda titizlik gösterilmesi sadece kar güdüsü ile yapılmamalıdır. Çünkü doğru seçimlerle rüzgar enerjisinin zaten kısıtlı olan çevresel etkileri daha da azaltılabilmektedir. Aydın vd. (2010), konuyla ilgili detaylı bilgi sunmaktadır.

Kapasitesi 10 MW altında kalacak olan yatırımlar için çevresel etki değerlendirme raporu istenmemektedir.

Türkiye'de rüzgar enerjisi yatırımcılarının lisans alabilmek başvurmak zorunda oldukları kurum EPDK' dır. EPDK'nın lisans değerlendirme süreciyle ilgili yavaş işlediğine dair getirilen eleştiriler 2011 sonu itibariyle son bulmuş görünmektedir. Fakat lisans hakkı kazanan yatırımların takibinde yetersiz kaldığı eleştirileri devam etmektedir. Enerji gibi her an yurtdışına döviz çıkışına neden olan önemli ve acil bir konuda yatırımcıların lisanslarında yer alan yatırımın faaliyete

geçiş tarihinin takip edilmemesinin, gecikmelere herhangi bir yatırım uygulanmamasının stratejik bir hata olduğunu iddia etmektedirler (TMMOB, 2012:168-170).

Rüzgar enerji santrallerinin oluşturdukları elektromanyetik alan nedeniyle ülkenin radar sistemi üzerinde olumsuz etkide bulunma ihtimallerine binaen rüzgar enerjisi yatırımcıları inşa faaliyetlerinden önce EPDK'dan geçen projelerine bir teknik etkileşim analizi yaptırmaları, kısacası projenin bir de Genelkurmay tarafından onaylanmasını sağlaması gerekmektedir. Bu aşamadaki koordinasyon eksikliği ve zaman kaybı son dönemde en sık dile getirilen eleştirilerden biri olmaktadır (TMMOB, 2012:168).

Son olarak yatırımcılar inşa işlemlerine başlamadan 90 gün önce projelerini EİE'ye sunmakla yükümlüdürler.

## **2.10. TÜRKİYE ÖZELİNDE RÜZGAR ENERJİSİ DEĞERLENDİRMELERİ**

Türkiye'nin enerji alanındaki en büyük sıkıntısı genel kabul gördüğü üzere ağır dış bağımlılıktır. Acil çözüm gerektiren bu probleminde çözümü büyük oranda ancak yerli kaynakların kullanıma sunulmasından geçmektedir. Ülkenin elindeki konvansiyonel kaynakların şu an ki enerji talebi için bile ne derece yetersiz olduğu ortada iken ülke nüfusunun ve ekonomisinin büyüme hızı düşülünce enerji probleminde ivedilikle önemli adımlar atılması elzem hale gelmektedir. Dolayısıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye için hayati öneme sahiptir. Ülkenin mümkün olduğunca enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi, bunu yaparken de her bir enerji türünden en büyük katma değeri elde edecek şekilde adımlar atması zorunludur. Bu aşamada rüzgar enerjisi önemli fırsatlar sunduğu kesin olan ama beraberinde bazı sıkıntılarıda getiren bir enerji türüdür. Aşağıda rüzgar enerjisinin bu özellikleri detaylandırılacaktır.

Türkiye açısından pek çok getirisi bulunan rüzgar enerjisinin en çekici yönü yurt dışına döviz akışını azaltma, ülkeyi uzun dönemli fiyat dalgalanmalarından koruma, enerji tedarikçisi konumundaki ülkelerden ekonomik ve politik bağımlılıktan koruma imkanı taşımasıdır (Coşkun ve Türker, 2012:1272). Yani enerji arz güvenliğine önemli katkı yapabilecek olmasıdır. Deloitte (2011:12)'ye göre ise rüzgar enerjisi, güneş ve hidrolik enerji ile Türkiye'nin enerji arz güvenliğine katkısı düşük enerji çeşitleri arasında belirtilmiştir. Rüzgar enerjisinin bu şekilde

değerlendirilmesinin nedeni kesikli üretim yapısıdır (Deloitte, 2011:12). Rüzgar enerjisinin en büyük dezavantajı bu özelliğidir. Fakat geniş resme bakılırsa bu sorunun çözümsüz olmadığı görülebilecektir.

Zaten şebekelerde her zaman için yedek tutulan bir miktar rezerv bulunmaktadır. Fakat rüzgar enerjisinin şebekeye katılım oranı arttıkça da ekstra rezerv ihtiyacı doğar ve ekstra maliyetler ortaya çıkar. Maliyetin büyüklüğü ise rezervin tipine göre değişim göstermektedir, hidrolik enerji en ucuz maliyetli olan iken gaz kullanan santraller en maliyetli seçenekler olarak ortaya çıkmaktadır. Yine de gaz kullanan santraller çok hızlı devreye alınabildikleri için genellikle tercih sebebi olmaktadır (Holtinen, 2005:2052).

Rüzgarın kesintili yapısından kaynaklanan ve ülkenin elektrik şebeke sisteminin yönetimini zorlaştıran, yatırımcıların karlılıklarını etkileyen bir diğer şey ise rüzgar tahminleridir. Rüzgar tahminleri adı üstünde tahmin olmaları nedeniyle içerilerinde bir miktar hata bulundurabilirler. Bu hatalar sisteme konnekte olan rüzgar enerjisi oranı ile belli bir noktadan sonra orantılı olarak yedek rezerv kullanım maliyetleri üzerinde etkili olurlar. Örneğin yapılan bir çalışmaya göre İngiltere-Galler sisteminde rüzgar enerjisinin şebekeye katılım oranı %8'i geçtiğinde rüzgar tahmin hataları şebeke açısından ekstra rezerv maliyeti doğurmaktadır. Aynı çalışmaya göre %20-30 gibi daha yüksek rüzgar penetrasyonlarında fosil yakıt maliyetlerinde %13-35 gibi ek maliyet oluşacaktır. İsveç'teki gibi ek rezervlerin hidrolik olması halinde ise tahmin hataları ve belirsizlik nedeniyle ortaya çıkan ek hidrolik enerji maliyetleri rüzgardan elde edilen enerjinin yıllık %1 artırılması ile telafi edilebilecek düzeydedir (Holtinen, 2005:2052-2055). Bu gibi nedenlerle rüzgar enerjisinin şebekeye bağlantı oranının %20'den aşağı olmasının daha doğru olacağını savunan görüşler bulunmaktadır (Wiser vd., 2012b:540). Fakat rüzgar enerjisinden en iyi şekilde yararlanan ülkelerden olan Danimarka'da zaman zaman rüzgar enerjisi ülke çapında tüm tüketimi karşılayacak penetrasyon oranına ulaşmaktadır, hatta 2002 yılında dünyada bir ilk olan %100 rüzgar enerjisi penetrasyonu sağlanmıştır (Holtinen, 2005:2054).

Görülen o ki uygun stratejik adımlarla rüzgar enerjisinden daha yüksek şebeke katılım oranlarında ve daha uygun maliyetle yararlanmak mümkündür. Bu aşamada Türkiye'nin sağlıklı adımlar atması gereken iki konu rüzgar enerjisindeki dalgalanmaları tolere edecek uygun ek rezerv seçimi ve enerji piyasasına esneklik



kazandırılması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapılan tahmin hatalarının etkilerini en aza indirebilmek için rüzgar enerjisi üreticilerinin ürettikleri enerjiyi sisteme vermelerine daha yakın bir zamanda (intra-day piyasası gibi) rüzgar tahmini yapmalarının sağlanması piyasaya esneklik kazandırma noktasında uygun olacaktır (Holtinen, 2005:2062; Sevim, 2010:310). Merkezi tahmin sistemi ve SCADA alt yapısının güçlendirilmesi de faydalı olabilecek uygulamalar arasındadır (Deloitte, 2011:8).

Rüzgar enerjisinin kesikli yapısından doğan diğer sıkıntı olan rezerv sorunu için literatürde pek çok değişik çözüm sunulmuştur, bunlardan Türkiye'nin şartlarına uygun olanları hidrolik enerji ve yine hidrolik bir tür olan pompajlı depolamalı sistemlerdir. Zengin hidrolik enerji kaynaklarına sahip Türkiye için hidrolik enerji elbette ki yenilenebilir enerji dalgalanmaları için önemli bir araçtır (Çınar vd., 2010:1725). Fakat son dönemde gündemde olan pompajlı depolamalı sistemlerdir (Albostan vd., 2009; REN21, 2011:26). Dursun ve Alboyacı (2010), çalışmalarında pompajlı depolamalı sistemlerin rüzgar enerjisiyle birlikte kullanımı durumunda enerji sorunun çözümünde önemli bir yol kat edilebileceğini vurgulamışlardır. Ayrıca Dursun ve Alboyacı (2010:1987)'de vurgulanan bir başka önemli nokta pompajlı depolamalı sistemlerin rüzgar enerji santrallerinin beraberinde aynı yerde inşa zorunluluğu olmamasıdır. Bu durum Holtinen (2005:2057-2058)'in önerdiği tek tek sistem dengesizlikleri yerine dengesizliklerinin toplamının regülasyonuna imkan sağlayacak ve esnekliği artıracak bir imkandır.

Pompajlı depolamalı sistemler için yöneltilen ilk eleştiri yüksek yatırım maliyeti gerektirdikleri noktasındadır. Fakat bu sistemlerin getiri ve götürüsünün iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Connolly vd. (2012:58)'in ispatladıkları üzere pompajlı depolamalı sistemler sayesinde İrlanda'nın enerji piyasasının yıllık işletim maliyetlerinde herhangi bir artış yaşanmadan rüzgar enerjisi katılımı %20'ye kadar artırılabilir durumdadır. Ayrıca yerel üretim ve Ar-Ge destekleri yoluyla bu sistemlerin yatırım maliyetlerinde bir düşüş sağlanabileceği de akılda tutulmalıdır.

Şebeke bağlantısı konusunda sektörde dillendirilen sorunlardan bir diğeri var olan kısıtlamaların (rüzgar gücünün trafo merkezi kısa devre gücünün %5'i aşmama sınırı) kaldırılması ve rüzgar enerji santrallerinin bağlı bulunduğu yerlerdeki şebeke güçlendirme vs. ile ilgili prosedürün net olarak ortaya konulması hakkındadır.

Türkiye'de rüzgar enerjisinin zaten minimum olan çevresel etkileri

konusunda Şu an için olumsuz sesler yükselmemektedir. Fakat doğru olan koruyucu bir politika izleyip, sorunları baştan önlemek olduğu için rüzgar enerji santralleri projelendirilirken genel kabul gören yer seçimi ilkelerine sadık kalınmalı ve çevresel etki değerlendirme (ED) raporlarına önem atfedilmelidir. Kurulu kapasitesi 10 MW'ın altında kalacak santraller için ED raporu istenmiyor olması ise Coşkun ve Türker (2012:1270) ve Barış ve Küçükali (2012:388) tarafından tehlikeli bulunmaktadır. Barış ve Küçükali (2012:388), İngiltere ve Almanya'dan karşılaştırmalı veriler ile Türkiye'deki uygulamanın yanlıŐlığına dikkat çekerken, Coşkun ve Türker (2012:1270) küçük ölçekli rüzgar enerji santrallerinin hep birlikte kümülatif etki yapabileceğine vurgu yapmaktadır.

EndiŐeler rüzgar enerjisinin ülkeye katma değeri en yüksek Şekilde büyümesinin sağlanması konusunda olunca hem fikir olunan en önemli konu belki de türbin üretiminin yurt içinde gerçekleştirilmesi, yurt dışına döviz çıkıŐının engellenmesidir (Balat, 2010:2006; Kaygusuz, 2010:2111; Akdağ ve Güler, 2010:2579). Ülkemizdeki yatırımlarda türbin tedarikini başta Vestas, Nordex ve Enercon olmak üzere yabancı üreticiler domine etmektedir (TUREB, 2012:5). Umut verici olarak Model Enerji, Soyut Enerji gibi yerli türbin üreticileri, Ateş elik, çim taş, Alken gibi yerli kule üreticileri, Altıma Energy, Ayetek Wind, Aero Wind gibi yerli kanat üreticileri de pazarda yerlerini almışlardır. Bir ülkede yerel bir sanayinin geliŐebilmesi iç talep tarafından desteklenmesi önem taşımaktadır. Çin rüzgar enerjisi pazarı bu sava örnek teşkil etmektedir. Bu noktada yerli üretime ivme kazandırılabilmesi için devlet tarafından yerli üretime verilen teşvik sisteminin biraz daha işlevsel hale getirilmesi önem taşımaktadır. Şöyle ki kanunda belirtilen teşvikler %100 yerli üretim olması halinde devreye alınabilmektedir. Fakat ülkemizde daha paslanmaz elik, merdiven vs. gibi malzemelerin üretiminin yapılamadığı hatırlandığında %100 oranının Şu an için yakalanmasının mümkün olmadığı görülecektir. Bu nedenle uzmanlar bahsi geçen ara malzemelerin yerli üretiminin mümkün olabileceği bir kademeli geçiŐin yararlı olacağını ve ayrıca teşviklerin 5 yıl değil daha uzun vadeli olması gerektiği savunmaktadırlar (Barış ve Küçükali, 2012:390; TMMOB, 2012:168).

Yerli üretimin sadece talep tarafından desteklenmesi oldukça önemli olmakla birlikte, üreticilerin dünya pazarında rekabet edebilmesi için yetersiz kalabilecektir. Bu nedenle yerli üreticilerin Ar-Ge yönüyle de desteklenmeleri

gerekmektedir. Elbette ki firmaların kendi bütçelerinden Ar-Ge için pay ayırmaları gerekmektedir, fakat kendi başlarına uzun vadeli toplumsal faydaları görmeleri ve büyük riskler almaları çok olası değildir, dolayısıyla bu noktada Ar-Ge faaliyetleri için devlet destekleri önemlidir (Apak, 2011:938-339). Lakin Türkiye'de Ar-Ge faaliyetlerinin sadece finansal olarak desteklenmesi de istenen etkiyi sağlayamayabilecektir. Üniversitelerdeki ve kamu araştırma kuruluşlarındaki bilgi birikiminin özel sektöre aktarımında da kolaylaştırıcı düzenlemeler yapılması düşünülmelidir (Şirin, 2011:4585). Türkiye'de rüzgar endüstrisine yapılan Ar-Ge desteklerinin son yıllarda arttığı bir gerçek olmakla birlikte yukarıda bahsi geçen yapısal düzenlemelerle ithalat değil de ihracat yapan bir ülke konumuna gelmenin mümkün olacaktır.

Yerli üretimin üzerinde önemle durulması gereken bir başka yönü de istihdam yönüdür. Konvansiyonel enerji kaynaklarına göre daha yüksek istihdam sağladığı açık olan rüzgar enerjisinin ülkeye istihdam açısından gerçek katkısı yerli üretimin ve Ar-Ge kültürünün tam olarak olgunlaştırılması halinde sağlanabilecektir. Rüzgar enerjisinin yeni iş imkanı sunma imkanları hakkında bilgi sahibi olabilmek için Hamilton ve Liming (2010) ile Oksay ve İşeri (2011)'in çalışmaları aydınlatıcı olacaktır.

Türkiye'de rüzgar enerjisinin önündeki en büyük engellerden biri finansman sorunu olarak dillendirilmektedir. Sermaye yoğun yatırımlar olduğu bilinen rüzgar enerjisi yatırımları için genellikle dış finansman ihtiyacı doğmaktadır. Bu noktada yerli finansman kaynaklarının iyileştirilmesi sektörün ülkeye katkısını artıracaktır.

Rüzgar enerjisine Türkiye üniversite camiasının bakış açısı umut verici olarak nitelendirilebilecek düzeydedir. Mil-Res gibi projeler bir tarafta devam ederken diğer yandan rüzgar enerjisini farklı yön ve uygulamalarıyla ele alan pek çok yeni çalışma literatüre dahil olmaktadır. Akdağ ve Güler (2010)'un Türkiye'de uygun fiyatlı rüzgar enerjisi üretiminin mümkün olduğunu ortaya koyan çalışmaları ile Demirören ve Yılmaz (2010)'un Gökçeada için rüzgar, güneş ve hibrid enerji sistemlerinin maliyet açısından karşılaştırdıkları çalışmaları bu noktada iyi birer örnek teşkil etmektedir. Demirören ve Yılmaz (2010), Gökçeada için en uygun enerji türünün rüzgar enerjisi sistemleri olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Rüzgar enerjisi-üniversite ilişkisinde işin rüzgar enerjisi eğitimi yönüne bakıldığında rüzgar

enerjisi eğitiminin yüksek lisans seviyesinde verildiği görülmektedir. Karabulut vd. (2011)'de sunulan bilgilerden yola çıkılırsa lisans ve ön-lisans seviyesinde diploma verilmiyor olması genişleyen rüzgar endüstrisini besleme konusunda yetersiz kalabilme tehlikesi bulunduğu görülmektedir.

Türkiye'de rüzgar enerjisinin getirileri tam olarak kavranamamış kullanımlarından bir diğeri tarım sektöründeki uygulamalarıdır. Bayrakçı ve Koçar (2012:619)'ya göre yaklaşık 24 milyon insan istihdam eden tarım sektöründe rüzgar enerjisi de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kullanımının hem ekonomik, hem sosyal hem de çevresel olumlu etkileri olacaktır. Bu nedenle rüzgar enerjisinin sulama, seraların ısıtılması ve tahıl öğütmede kullanımı için bilinçlendirme çalışmaları yapılması doğru olacaktır.

Rüzgar enerjisi kullanımının Türkiye'ye ek katma değer sağlayabileceği alanlardan biri de rüzgar enerjisinin binalarda kullanımınıdır. Eğer yapı sektöründe rüzgar enerjisi kullanımı yaygınlaştırılabilirse konutlardan kaynaklanan enerji tüketiminde önemli tasarruflar yapılabilme imkanı oluşacaktır. Türkiye'de bu konuda artan sayıdaki akademik çalışmalardan biri olan Erkinay (2012:93)'e göre rüzgar enerjisinin binalarda kullanımının istihdam oluşturma yönüne dikkat çekmekte ve Ar-Ge yönünden desteklenmesini tavsiye etmektedir.

Bir önceki bölümde kaleme alınan EPDK ve lisans süreci ile radar sistemleri ile ilgili genelkurmay izin konuları da rüzgar enerjisinin önündeki netleştirilmesi ve hızlandırılması gereken diğer problemler olarak durmaktadır.

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. MATERYAL**

Yapılan tez çalışmasının konusunun belirlenmesinin ardından yerli ve yabancı kaynaklardan detaylı olarak literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması sonucunda hem rüzgar enerjisinin yapısı hakkında hem de Türkiye enerji sektörü hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Fakat tez çalışmasının nihai amacı olan rüzgar enerjisi endüstrisi için strateji seçimi yapılması için literatür taraması yetersiz kalabileceği için konunun uzmanlarıyla temasa geçilmiştir. Analizin her bir aşaması literatür eşliğinde, uzmanların birebir görüşlerine dayalı olarak yapılmıştır. Görüşlerine başvuru alan uzmanlar akademisyenler, özel sektör temsilcileri, resmi kurum ve kuruluş çalışanları ile bilimsel araştırma kurumlarından seçilmiştir. 8 kişiden oluşan uzman grubunun kurumsal anlamda homojen olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan yöntemin çok sayıda ikili karşılaştırma gerektiriyor olması nedeniyle Ayrıca tezin amacına yönelik olarak kullanılacak yöntemlerden yabancı literatürde kendini ispatlamasına rağmen henüz Türkiye için uygulanmamış yöntemler bu aşamada belirlenmiş ve aralarından kullanılacak yöntem seçilmiştir.

#### **3.2. YÖNTEM**

Bu çalışmada kullanılacak yöntem olarak bulanık A'WOT analizi seçilmiştir. Sonraki paragraflarda bu yöntemin seçilmesinin sebepleri aşama aşama detaylandırılacaktır.

Bu tez çalışmasının da amacı olan bir endüstri için strateji belirlenmesinin ilk aşaması endüstriye ait mevcut durumun her yönüyle ortaya konulmasıdır. SWOT analizi, literatürde ve pratikte bu tür durumlar için kullanımı yaygın olan, etkin sonuç veren bir yöntemdir. Ayrıca uygulaması pratik ve kolay anlaşılabilen bir yöntem

olması, temas kurulan uzmanlarla iletişimi ve bilgi paylaşımını kolaylaştırması da tercih sebebidir. Bu nedenle çalışmanın ilk aşaması için SWOT analizinin kullanımına karar verilmiştir. Ayrıca literatürde en doğru sonuç veren çok kriterli karar verme yöntemi olarak kabul edilen Analitik Hiyerarşi Problemi (AHP) ile hibrid olarak kullanılabilir olması SWOT'un tercihiinde önemli bir rol oynamıştır (Pohekar ve Ramachandran, 2004:375). Sonuç olarak seçilen SWOT analizi sayesinde rüzgar enerjisinin Türkiye'deki durumu detaylarıyla ortaya konulabilmiştir. Fakat sadece SWOT analizi bir strateji önermek için kendi başına yetersiz kalmaktadır. Çünkü SWOT'a dayalı yapılan değerlendirmeler sayılara dökülmeden objektif bir sonuca ulaşmak olası değildir. Bu nedenle seçeneklerin açıkça bilindiği fakat amaca ulaşmaktaki kısıtların matematiksel olarak ifade edilemediği zaman kullanılabilen çok ölçütlü karar verme yöntemi olan AHP'nin devreye alınması uygun görülmüştür. Kısacası SWOT-AHP hibridi olan A'WOT yöntemi sayesinde SWOT faktörlerinin kantitatif olarak değerlendirilebilmesi ve önceliklendirilmesi mümkün hale gelmektedir. Nihai olarak da faktör önceliklerinin yardımıyla alternatif stratejilerin kendi aralarında karşılaştırılması ve değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında alternatif stratejiler arasından seçim işlemi A'WOT yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Fakat çok zaman bir şeyi doğru ya da yanlış yahut beyaz ya da siyah gibi ifade etmek mümkün olmamaktadır, insan beyni belirsizliğe daha yatkındır. Çalışmanın konusuyla ilgili tüm değerlendirmeler bir miktar kişiye bağlı yani subjektif olabileceği için standart klasik mantıkla çalışılmasının istenilen sonuca ulaşılmasına engel olacağı düşünülmüş ve bulanık mantık temellerine göre hareket edilmesine karar verilmiştir.

Böylece literatüre dayalı olarak oluşturulan SWOT, bulanık mantık temelli bir anket üzerinden sayılara dökülmüş ve devamında uygulanan bulanık AHP ile objektif bir strateji seçimi mümkün olmuştur.

### **3.2.1. SWOT Analizi**

Tarihi 1950'lere dayanan SWOT yöntemi aradan geçen uzun senelere rağmen hem akademik çalışmalarda hem de gerçek hayat uygulamalarında popülerliğini korumayı başarmıştır. Bu başarının ardında yöntemin basitliği kadar incelenen organizasyonun hem iç hem dış çevresel faktörlerinin aynı anda ele alınarak amaca uygun olarak değerlendirilebilme imkanı yatmaktadır.

Harvard Business School'da 1950'lerin başlarında ortaya atılan SWOT analizi 1963'te aynı okuldaki bir konferansta detaylı olarak tartışmaya sunulmuş ve stratejik düşünme açısından oldukça yararlı bulunmuştur. Bir akademik makalede ilk kez yer aldığı tarih ise 1982 yılıdır. Belirtilen tarihte Weihrich'in, SWOT'u durum analiz aracı olarak sunduğu makalesi yöntemle ilgili en önemli çalışma olarak kabul edilmektedir (Ghazinoory vd., 2010:25).

SWOT, strength (güçlü yanlar), weakness (zayıf yanlar), threads (tehditler) ve opportunities (fırsatlar) kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. SWOT analizi ile amaçlanan kontrol edilebilir iç faktörler olan güçlü yanlar ve zayıf yanlar ile kontrol edilemeyen dışsal faktörler olan tehditler ve fırsatları ortaya çıkararak bir karar destek mekanizması ortaya çıkarmaktır. SWOT, doğru uygulanabilirse başarılı strateji geliştirmeye olanak vermektedir (Çelikleş ve Koçar, 2009:1974).

Başarılı bir SWOT analizi gerçekleştirilebilmesi için öncelikle içsel ve dışsal faktörlerin doğru ve net olarak belirlenmesi gerekmektedir. Faktörlerin analize konu olan kurum/organizasyon/endüstri hakkında bilgi sahibi olan kişilerce çok yönlü olarak düşünülerek belirlenmesi gereklidir.

Analizde güçlü yanlar olarak adlandırılan faktörler, analize konu olan organizasyonun rakiplerine göre daha güçlü olduğu, daha etkin, daha verimli olduğu yönleridir. Zayıf yanlar ise organizasyonun rakiplerine göre zayıf kaldığı, sıkıntı yaşadığı alanlardır. Örneğin değişen piyasa yapısına uyum sağlayamaması bir firma için zayıf yan olarak SWOT analizine dahil edilecektir (Koltukçu, 2010:74).

Fırsatlar, analize konu olan organizasyonun faaliyetleri açısından daha olumlu şartların oluşması anlamına gelmektedir. Bu bölümde belirtilen faktörlerin fırsat olarak değerlendirilebilmesi için organizasyonun bunlardan yararlanma imkanı ve yeteneği olması gerekmektedir. Tehditler, organizasyonun varlığını ve faaliyetlerini riske eden, zorlaştıran yeni durumları belirtir (Koltukçu, 2010:75).

İçsel ve dışsal tüm faktörler belirlendikten sonra organizasyonlar için fırsatlardan yararlanarak güçlü yanları ortaya çıkaracak ve/veya zayıf yönleri iyileştirecek ve tehditleri elimine edecek kararlar alınmaya çalışılmaktadır.

Görüldüğü üzere SWOT analizi organizasyonların mevcut durumlarının detaylı ve çok yönlü analizini yapabilmek için oldukça güçlü bir araçtır. Fakat eksik yanları da yok değildir. SWOT'a getirilen eleştiriler üç başlık altında toplanmaktadır.

Bunlardan ilki Kurti İla vd. (2000)'in üzerinde durduğu üzere SWOT'un faktörler ve kriterler arasında hiç bir önceliklendirme yapmadığı için uzmanların yanlış yönlendirilmesine neden olmuştur. Bu sebeple geniş kapsamlı, işlevsel bir strateji üretilmesine imkan vermez. İkincisi, SWOT'un başarısının tamamıyla SWOT'u oluşturan uzmanların yeteneklerine ve bilgi birikimlerine bağlı olmasıdır (Kurtilla vd. 2000:42). SWOT'a getirilen üçüncü eleştiri ise faktörlerin belirlenmesindeki derleyicilerin ön yargılarının devreye girme ihtimalinin bulunması olarak ifade edilmektedir (Ghazinoorey vd. 2011:34-35).

SWOT'un sayılan bu eksiklerinin giderilebilmesi için birçok farklı yöntemle birleştirilerek hibrid yapılar ortaya konulmuştur, A'WOT bunlardan biridir. Diğer hibrid metotlar ve bu yöntemleri içeren akademik çalışmaların listesi için Ghazinoorey vd. (2011)'in çalışmasından yararlanılabilir.

1982-2009 dönemi göz önüne alındığında dünya genelinde 557 adet SWOT analizi içeren makalenin kaleme alındığı görülecektir. İlginç olan Türk araştırmacıların SWOT'a ilgisidir. Türkiye, dünya genelinde en çok SWOT makalesi üreten 5. ülke konumundadır (Gazinoorey vd., 2011:28)

Bu çalışmada sadece enerji alanında son beş yıl içerisinde SWOT kullanılarak üretilen belli başlı makalelere Tablo 3.1.'de yer verilmiştir.

Tablo 3.1. Türkiye'de enerji alanında son 5 yılda yapılmış belli başlı SWOT analizleri

Yazar	Başlık
Çağlar vd. (2008)	Türkiye'nin Atıl Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi
Çeliktaş ve Koçar (2009)	A Quadratic Helix Approach to Evaluate the Turkish Renewable Energies
Şengüler (2010)	Kömür-Enerji-Çevre Üçgeninde SWOT Analizi
Koltukçu (2010)	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından SWOT Analizi
Ağaçbiçer (2010)	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan SWOT Analizler
Coşkun ve Türker (2012)	Wind Energy and Turkey



### 3.2.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

AHP, insan beyninin doğal karar verme mekanizmasının sistematize edilmiş hali olan çok ölçütlü bir karar destek mekanizmasıdır (Yalçın, 2007:73). AHP, çok kriterli problemlerin yapılandırılması ve modellenmesinde etkili ve başarılı olarak uygulanabilmektedir. Hiyerarşik bir yapı ile parçalara bölünen problem, parçalar bazında çözülüp, bulunan tüm çözümler sonuçta birleştirilmektedir (E.T. Arslan, 2010:457).

AHP'yle ilgili en eski referans kaynağı Saaty'nin 1972 yılında yayımladığı makalesidir, Saaty yöntemin detaylarını 1977 yılındaki makalesinde vermiştir. Saaty (2008:83)'e göre AHP bir kararı etkileyecek tüm faktörlerin (akıl, sezgi, duygu, yargı gibi) kullanılmasına imkan vererek karar kalmada kolaylık sağlayan bir tekniktir.

AHP, hem objektif hem de sübjektif değerlendirme kriterlerini kullanabilme yeteneğine sahip olması ve basit matematiksel işlemlerle sonuca ulaşabiliyor olması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Kullanım alanları arasında pazarlama uygulamaları, iş tasarımı ve değerlendirmesi, ormancılık ve orman yönetimi, enerji turizm, eğitim gibi pek çok farklı disiplin yer almaktadır (Kurtilla, 2000:43). Fakat Ishizaka ve Labib (2011:14336)'nın savunduğu üzere AHP 1972 de Saaty'nin geliştirdiği ilk halinden bu yana pek çok gelişmeye uğramıştır. Yine de gelişmelerden haberdar olunmadığı için literatürdeki çalışmaların pek çoğu halen tekniğin ilk halini baz almaktadırlar. AHP tekniğinin uygulanışı ve teknik hakkındaki gelişmeler için Ishizaka ve Labib (2011) aydınlatıcı olacaktır.

Pek çok alanda olduğu gibi yenilenebilir enerji alanında da sıklıkla karşımıza çıkan AHP tekniği ile diğer çok kriterli karar verme yöntemleri karşılaştırıldığında AHP'nin daha doğru sonuçlara ulaştığı tespit edilmiştir (Pohekar ve Ramachandran, 2004:375). AHP'nin dünyadan sürdürülebilir yenilenebilir enerji planlaması alanında yapılan örnekleri için Pohekar ve Ramachandran (2004)'ten faydalanılabilir.

Saaty'nin geliştirdiği haliyle AHP klasik mantık temellerine dayanmaktadır. Oysa gerçek hayatta insanların tüm tercih ve seçimleri en azından bir ölçüde belirsizlik taşımaktadır. Bu nedenle analizi gerçekleştirirken tam, kati geçerliliğe sahip verileri elde etmek oldukça zordur. Ayrıca insanların kendilerini rakamlardan ziyade sözel tanımlarla daha kolay ifade edebildikleri bilindiği için klasik mantık yerine bulanık mantık temelli AHP genel kabul görmeye başlamıştır (Heo vd., 2010:2215).

İlk olarak 1983 yılında van Laarhoven ve Pedrycz tarafından ortaya atılan bulanık AHP, Saaty'nin temel AHP'nin üçgensel bulanık sayılarla genişletilmiş halidir. 1985 yılında ise Buckley, van Laarhoven ve Pedrycz yönteminin sorunlarını ortadan kaldırabilmek için yamuk üçgen sayılarla çalışmayı seçmiştir. 1996 yılında Chang üçgen sayılarla çalıştığı bulanık AHP'de derece analiz yöntemini sunmuştur. Ayrıca yine 1996 yılında Stam ve arkadaşlarının hazırladığı, yapay zeka uygulamalarının AHP içerisinde kullanımını araştıran bir çalışmaları literatüre dahil olmuştur. Literatürde bulunan farklı bulanık AHP yöntemlerinin karşılaştırması ve adımları Gültaş (2007), Demirel vd. (2008), Topel (2006)'da bulunabilir.

SWOT analizinde olduğu gibi bulanık AHP ile de Türkiye hakkında yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır ve bu çalışmaların geniş bir taraması Kentli (2011)'de bulunmaktadır. Bu çalışma içerisinde Türkiye'de son 5 yıl içerisinde enerji alanında bulanık AHP yönteminin uygulandığı belli başlı çalışmalar Tablo 3.2.'de sunulmakla yetinilecektir.

Tablo 3.2. Son beş yılda enerji alanında bulanık AHP kullanarak yapılmış belli başlı çalışmalar

Yazar	Başlık
Yalçın (2007)	Bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanarak rüzgar enerjisi santral yer seçimi
Kahraman vd. (2009)	A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process
Kaya ve Kahraman (2010)	Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of İstanbul
Talinli vd. (2010)	Comparative analysis for energy production processes (EPPs): sustainable energy futures for Turkey
Kahraman ve Kaya (2010)	A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives
Karamanlıoğlu (2011)	Farklı rüzgar türbinleri için santral yer seçimi ve rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde yapay zeka uygulamaları

### 3.2.3. Bulanık A'WOT Analizi

AHP'nin SWOT analiziyle beraber kullanımını sayesinde SWOT faktörlerinin sistematik olarak değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelerle orantılı olarak her bir faktöre ağırlık atanması mümkün hale gelmektedir. Bir başka ifadeyle bu iki metodun beraber kullanımını sayesinde SWOT analizindeki her bir faktöre kantitatif önem derecesi atanabilmektedir (Saaty ve Vargas, 2001:140-155).

İlk olarak Kurtilla (2000) tarafından ortaya atılan A'WOT metodu daha sonra Pesonen vd. (2000) ve Kangas vd. (2001) tarafından geliştirilmiştir. Uygulamalarında bir takım ufak farklılıklar bulunduran ve sıkça başvurulan diğer A'WOT çalışmalarına örnek olarak Osuna ve Aranda (2007) ile Kajanus vd. (2004) verilebilir.

Bu çalışmada uygulanan A'WOT metodunun uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Kurtilla, 2000:45; Kangas vd., 2001:190):

**Adım I:** SWOT analizi uygulanır. İçsel ve dışsal çevreye ait faktörler belirlenir ve analize eklenir.

**Adım II:** Her bir SWOT grubunda yer alan faktörler arasında AHP'ye uygun olarak ikili karşılaştırmalar yapılır. Bu aşamada Saaty ölçeği kullanılarak lokal öncelikler elde edilir.

**Adım III:** SWOT gruplarının birbirlerine göre göreceli önemleri belirlenir. Bu adım için farklı uygulamalar mevcuttur. SWOT gruplarının direkt olarak birbiri ile karşılaştırılması seçeneklerden biridir. Diğer bir seçenek ise her bir SWOT grubundaki en yüksek önceliğe sahip olan faktörler seçilerek, bu faktörlerin birbirleriyle karşılaştırılmasıdır. Daha kompleks işlemler içeren farklı uygulamalar da bulunmaktadır. Her bir SWOT grubundaki en yüksek önceliğe sahip faktörlerin seçilip karşılaştırılması durumunda bu faktörler ölçeklendirme faktörleri olarak adlandırılır. Global önceliklere her bir faktörün lokal önceliği ile ölçeklendirme faktörünün önceliği çarpılarak ulaşılır. Global önceliklerin toplamı 1 olmalıdır.

**Adım IV:** AHP de olduğu gibi strateji alternatifleri oluşturulur.

**Adım V:** Her bir strateji alternatifi için genel A'WOT hiyerarşisine uygun olarak öncelikler belirlenir.

Ayrıca AHP hiyerarşisine göre II. ve III. Adımlarda elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadığının da test edilmesi gerekmektedir. Tutarlılık testi adı verilen bu test sonucunda elde edilen oran 0,1 değerinden büyük

ise ikili karşılaştırma matrisi tutarsızdır denilir. Bu durumda karşılaştırmalar yeniden değerlendirilerek, tutarlı bir matrise ulaşılmaya çalışılır. Tutarlılık testinin detayları için (Kahraman vd., 2008:92)'de sunulmuştur.

Bulanık A'WOT söz konusu olduğu zaman farklı yaklaşımlar söz konusudur, ölçeklendirme ve ikili karşılaştırmalarda Bölüm 3.2.2.'te bahsedilen bulanık AHP yaklaşımlarından biri kullanılır.

Bu çalışmada işlem gereksiniminin az olması ve klasik AHP adımlarının dışına çıkılmaması nedeniyle Chang (1996) tercih edilmiştir.

Sayısal bir örneği Kahraman vd. (2008:69)'da yer alan ve Chang (1996)'da sunulan derece analiz metoduna (extent analysis method) göre bulanık AHP metodunun uygulanışı aşağıdaki gibidir:

$X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesnel kümesi ve  $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  bir amaç kümesi olmak üzere her bir nesne tek tek ele alınarak her amaç değeri için  $g_i$  değerleri oluşturulur. Böylece her bir nesne için  $m$ , derece analiz değerleri aşağıdaki işaretlerle elde edilir.

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad 3.1$$

Burada verilen tüm,

$M_{gi}^j, j = 1, 2, \dots, m$  değerleri üçgensel bulanık sayılardır. Bu aşamadan sonra aşağıdaki adımlar uygulanır.

**Adım I:** i. nesnenin bulanık sentetik derecesi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S_i = \bigotimes_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \bigotimes_{i=1}^n \bigotimes_{j=1}^m M_{gi}^j^{-1} \quad 3.2$$

$\bigotimes_{j=1}^m M_{gi}^j$  toplamını elde edebilmek için, tüm  $m$  değerleri üzerinde bulanık sayılarda toplama işlemi belirli bir matris için şu şekilde gerçekleştirilir

$$M_{gi}^j = \begin{matrix} m & & m & m & m \\ & l_j & m_j & & u_j \\ j=1 & j=1 & j=1 & j=1 & j=1 \end{matrix} \quad 3.3$$

ve  $\bigotimes_{i=1}^n \bigotimes_{j=1}^m M_{gi}^j^{-1}$  yi elde edebilmek için

$M_{gi}^j, j = 1, 2, \dots, m$  değerleri için bulanık toplama işlemi yapılır.

$$M_{gi}^j = \left( l_i, m_i, u_i \right) \quad 3.4$$

Daha sonra 3.4 deki vektörün tersi alınır.

$$M_{gi}^j^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad 3.5$$

### AdımII:

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  olmasının olasılık değeri

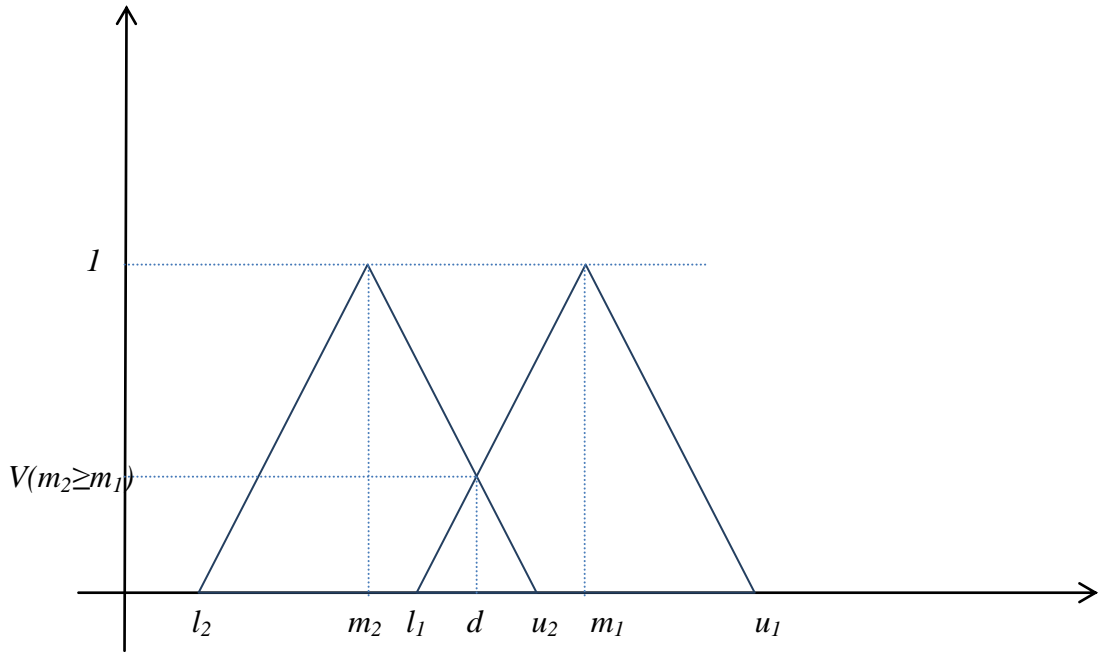
$$V M_2 \geq M_1 = \sup_{y \geq x} \min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \quad 3.6$$

olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned} V M_2 \geq M_1 &= \text{hgt } M_1 \cap M_2 = \mu_{M_2}(d) \\ &= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 > m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \end{cases} \\ &= \frac{l_1 - u_2}{m_2 - u_2 - (u_1 - l_1)}, \text{ diğer} \end{aligned} \quad 3.7$$

Burada  $d$  değeri Şekil 3.1 de  $d$  ile gösterilen  $\mu_{m_1}$  ve  $\mu_{m_2}$  nin kesişim noktasının ordinatıdır.

$M_1$  ve  $M_2$  nin karşılaştırılabilmesi için  $V M_1 \geq M_2$  ve  $V M_2 \geq M_1$  in ikisinin birden bilinmesi gerekmektedir.



Şekil 3.1.  $M_1$  ve  $M_2$  üçgensel bulanık sayıların kesişimi (Chang, 1996)

**Adım III:** Üçgensel bir bulanık sayının  $k$  bulanık sayıdan  $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$  büyük olma olasılığı

$$\begin{aligned} V M \geq M_1, M_2, \dots, M_k &= V M \geq M_1 \wedge M \geq M_2 \wedge \dots \wedge M \geq M_k \\ &= \min V M \geq M_i, \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad 3.8$$

şeklinde tanımlanır.

Buradak  $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$  için

$$d' A_i = \min V S_i \geq S_k \quad 3.9$$

varsayımı yapılır.

Sonra  $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$   $n$  elemanlı iken ağırlık vektörü

$$W' = d' A_1, d' A_2, \dots, d' A_n^T \quad 3.10$$

olarak kabul edilir.

**ADIM IV:** Daha sonra normalizasyon yoluyla aşağıdaki artık bulanık olmayan ağırlık vektörüne ulaşılır.

$$W = d A_1, d A_2, \dots, d A_n^T \quad 3.11$$

Bu yöntemde kullanılan bulanık dönüşüm skalası Tablo 3.3.'te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Bulanık AHP dönüşüm skalası (Kahraman vd., 2008:72)

Dilsel Ölçek	Üçgensel Bulanık Ölçek	Üçgensel Bulanık Karşılık Ölçek
Eşit	1, 1, 1	1, 1, 1
Eşit Derecede Önemli	1/2, 1, 3/2	2/3, 1, 2
Biraz Daha Önemli	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1
Kuvvetli Derecede Önemli	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	2, 5/2, 3	1/3, 2/5, 1/2
Tamamıyla Önemli	5/2, 3, 7/2	2/7, 1/3, 2/5

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Rüzgar enerjisi, enerji problemleri için acil ve kalıcı çözümler arayan Türkiye için sahip olduğu önemli fırsatlardan biridir. Bu nedenle de rüzgar enerjisi sektörü özellikle 2007'den itibaren atılım yaparak, dikkat çekici bir büyüme yakalamıştır. Sektör, Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri doğrultusunda dinamizmini halen korumaktadır ve önümüzdeki yıllarda da büyümeye devam edeceği yönünde tüm kesimlerce genel görüş birliği bulunmaktadır.

Fakat bu aşamada asıl önemli olan husus, Türkiye'nin rüzgar enerjisinden maksimum derecede fayda elde edebilmesi konusudur. Rüzgar enerjisi alanında başarılı dünya ülkelerine bakıldığında rüzgar enerjisinden sadece enerji ihtiyaçlarını karşılama yönüyle değil; yerli üretim, istihdam, eğitim, teknoloji ve inovasyon kültüründe ilerleme gibi diğer yönleriyle de fayda sağladıkları görülmektedir. Şüphesiz rüzgar enerjisinden bu derece geniş çaplı faydalar elde edebilmek, sektörü bir strateji çerçevesinde yapılandırmaktan geçmektedir. Türkiye'de ise bu anlamda bir ulusal rüzgar enerjisi stratejisi bulunmaması önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde bahsi geçen strateji eksikliğinin giderilmesine yönelik olarak konunun uzmanları eşliğinde hazırlanan bulanık A'WOT uygulaması sunulacaktır.

#### **4.1. SWOT ANALİZİ**

Türkiye için rüzgar enerjisi stratejiler üretilmeden önce rüzgar enerjisinin mevcut durumu SWOT analizi ile ortaya konulmuştur. Geniş literatür taramasının yanı sıra konuyla ilgili uzmanların görüşlerine başvurularak gerçekleştirilen SWOT analizi Tablo 4.1.'de sunulmuştur.



Tablo 4.1. Türkiye'de rüzgar enerjisi için gerçekleştirilen SWOT analizi

S (Güçlü Yanlar)	W (Zayıf Yanlar)
<p><math>S_1</math>: Teknolojisinin çevre dostu ve güvenli olması.</p> <p><math>S_2</math>: Rüzgar enerji santrallerinin kurulduğu arazide tarım, hayvancılık gibi faaliyetlerin devam edebiliyor olması.</p> <p><math>S_3</math>: Rüzgar enerji santrallerinin kısa sürede işletmeye alınıp kısa sürede devre dışı bırakılabilmesi.</p> <p><math>S_4</math>: Herhangi bir yakıtta ihtiyaç duymaması nedeniyle fiyat belirsizliği riski taşımaması.</p> <p><math>S_5</math>: Halen değerlendirilmeyi bekleyen yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli bulunması.</p> <p><math>S_6</math>: Enerji arz güvenliği stratejisiyle uyumlu olması.</p> <p><math>S_7</math>: Rüzgar enerjisi ile ilgili yasal çerçevenin detaylı ve AB ile uyumlu olarak ortaya konulmuş olması.</p>	<p><math>W_1</math>: Dişli kutusu kullanan rüzgar türbinleri için gereken bakım-onarım faaliyetlerinin yoğunluğu ve yedek parça sayısının çokluğu</p> <p><math>W_2</math>: Üretilen enerji miktarının rüzgarın hızına bağlı olarak değişkenlik göstermesi ve rüzgar çiftliklerinin düşük kapasite oranı.</p> <p><math>W_3</math>: Karlılık üzerinde doğrudan etkisi bulunan rüzgar gücü tahminlerinde yapılan hatalar.</p> <p><math>W_4</math>: Alt yapı yetersizlikleri ve rüzgar enerjisinin kesikli yapısından kaynaklanan şebeke bağlantı problemleri</p> <p><math>W_5</math>: Kurulu gücü 10 mW altında kalacak olan rüzgar enerji santralleri için çevresel etki değerlendirme raporunun istenmiyor olması.</p> <p><math>W_6</math>: Rüzgar enerji santrallerinin buldukları yerlerde</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kuş ölümleri,</li> <li>▪ erozyon,</li> <li>▪ estetik olmama,</li> <li>▪ gürültü çıkarma,</li> <li>▪ kırışma etkisi oluşturma</li> </ul> <p>gibi çevresel olumsuzluklara sebebiyet vermesi.</p>
O (Fırsatlar)	T(Tehditler)
<p><math>O_1</math>: Yüksek kamuoyu desteği.</p> <p><math>O_2</math>: Rüzgar enerjisinin yenilenen ve yenilenmeye açık teknolojisi. (Smart ve micro grid teknolojilerinde yaşanan paralel gelişmeler de rüzgar enerjisi için ek fırsatlar sunmaktadır.)</p> <p><math>O_3</math>: Hem istihdam etkisinin yüksek olması hem de atıl kalan arazi ve kıyıların ekonomiye kazandırılıyor olması.</p> <p><math>O_4</math>: Devam etmekte olan yerli türbin geliştirme çabaları ve olası yerli üretim durumunda üretimi desteklemeye yetecek kadar iç talep bulunması.</p> <p><math>O_5</math>: Genelde doğuda konumlanmış olan enerji santrallerinden batıya enerji transferi yapılırken yaşanan enerji kayıpların batıdaki ihtiyaç merkezleri yakınana kurulacak rüzgar enerji santralleri sayesinde azaltılabilecek olması.</p> <p><math>O_6</math>: Finansmanda karbon kredisi kullanabilme ve Türkiye'de 2015'e kadar kurulması planlanan karbon borsasında ticaret yapabilme imkanı.</p> <p><math>O_7</math>: Yüksek öğretim kurumlarında gelişime açık bir rüzgar enerjisi altyapısının bulunması.</p> <p><math>O_8</math>: AB ile olan çevre müzakerelerinde Türkiye'ye avantaj sağlayacak olması.</p>	<p><math>T_1</math>: Rüzgar enerjisi yatırımlarının finansmanında dış kaynak gerekebilmesi.</p> <p><math>T_2</math>: Türkiye'de uygulanan teşvik politikalarının yetersiz kalması.</p> <p><math>T_3</math>: Teknolojisinde dışa bağımlı olunması ve ülke olarak inovasyon ve teknoloji üretme kültüründen yoksun olunması.</p> <p><math>T_4</math>: Türkiye'nin zengin linyit ve hidro kaynaklarının yatırımcıları o sektörlere çekmesi.</p> <p><math>T_5</math>: Yüksek global rüzgar enerjisi talebinin maliyetlerdeki düşüş trendini tersine çevirebilme riski (2004- 2007 benzeri)</p>

Bu aşamada uzmanlardan ayrıca strateji önerilerinde bulunmaları da istenmiştir. Gelen öneriler, SWOT analizinde temel alınan literatürle beraber değerlendirilmeye alınmıştır.

#### 4.1.1. SWOT Analizinde Belirlenen Güçlü Yanlar

Bu bölümde belirlenen güçlü yanlar hakkında çeşitli açıklamalar yapılmış ve ilgili literatüre dair bilgiler verilmiştir.

Rüzgar enerjisi oldukça çevre dostu bir teknolojiye sahiptir, çevresel etkileri minimum düzeydedir. Ayrıca kullanılan teknolojinin bir diğer avantajı ise güvenliğidir. Termik santraller yahut nükleer enerji santralleri gibi felaketlere yol açabilecek herhangi bir risk taşımamaktadır. Kanatlarda buzlanma vs. gibi bazı nedenlerle kaza oluşma ihtimali bulunuyor olsa bile rüzgar enerjisi sertifikasyon standartlarını bu kazaları minimize edecek şekilde hazırlanmaktadır ve dolayısıyla rüzgar enerjisi temiz bir güvenlik siciline sahiptir (Çağlar vd., 2008:6; Wisser vd., 2012b:575; Talinli vd. 2010:4484).

Rüzgar enerjisinin bir diğer güçlü yanı santrallerin konumlandırılacağı bölgede tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin devam edebilmesidir. Bu nedenle rüzgar enerjisi projeleri termik/nükleer/hidrolik santraller gibi yöre halklarının tepkisini çeken projeler değildir. Ayrıca rüzgar enerji santralleri ekonomik ömürlerini tamamlayıp bulunduğu yerden kaldırıldıklarında arazi hızlıca eski haline dönebilmektedir, herhangi kalıcı bir hasar durumu söz konusu olmamaktadır (Kaygusuz, 2010:2107).

Diğer enerji çevrim santrallerine oranla daha kısa bir sürede kurulup kaldırılabilir. Bu durum hem rüzgar enerjisi lehine tercih sebebi oluşturmakta hem de maliyetleri azaltarak rüzgar enerjisinin güçlü yanlarından birini oluşturmaktadır. Bu noktadaki tek istisna en eski teknoloji basit çevrim termik santrallerdir ki bu tip santrallerin çevreye verdiği zarar herkesçe bilindiği için rüzgar enerjisine rakip olabilecek statüde değildir. Hızlı kurulum süreci ayrıca Türkiye'nin acil olan enerji probleminde de rüzgar enerjisinin bir adım öne çıkmasına vesile olmaktadır. Farklı tiplerdeki enerji santrallerinin inşaa süreleri için TMMOB (2012) karşılaştırmalı bilgi sunmaktadır. Bu güçlü yan pek çok çalışmada rüzgar enerjisinin avantajlı olduğu konulardan biri olarak zikredilmektedir, bu çalışmalardan biri Çağlar vd.(2008)'dir.

Analiz sonucu belirlenen güçlü yanlardan bir başkası rüzgar enerjisinin rüzgardan başka bir yakıta ihtiyaç duymaması ve dolayısıyla Türkiye'yi ve yatırımcıları fiyat dalgalanmalarından koruyacak olmasıdır. Bu önemli bir güçlü

yandır çünkü fosil yakıtlarda meydana gelen ani ve büyük fiyat değişimlerinin ve/veya belirsizliklerin ekonomiler üzerindeki olumsuz etkileri bilinen bir gerçektir.

Türkiye'de 2011 yılı sonunda verilen lisanslar dahil edildikten sonra bile değerlendirilecek oldukça büyük bir rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Bu özellik güçlü yanlara dahil edilmiştir, çünkü doğru stratejilerle bu büyük potansiyelin getirisinin çok daha büyük olabileceği iddia edilmektedir. Bu özellik Coşkun ve Türker (2012:1271)'de de güçlü yan olarak ele alınmıştır.

Rüzgar enerjisinin Türkiye açısından vaat ettiği en önemli şey belki de ülkenin enerji arz güvenliğine yapabileceği katkı noktasındadır. Zaten bu güçlü yanın yansımaları Türkiye'nin 2023 hedeflerinde görülebilmektedir.

Hem Türkiye-AB ilişkisinin kendine özgü problemleri hem de AB'nin içinde bulunduğu ekonomik durum nedeniyle AB'ye girme çabaları şu an için geri plana atılmış olsa da rüzgar enerjisi yasal çerçevesinin AB ile uyumlu olarak ortaya konulmuş olması kuşkusuz önemli bir güçlü yandır. Sonuç olarak Almanya, Danimarka, İspanya gibi ülkelerinin rüzgar enerjisi bakımından dünyaya örnek teşkil eden bir noktada buldukları su götürmez bir gerçek olarak karşımızda durmaktadır.

#### **4.1.2. SWOT Analizinde Belirlenen Zayıf Yanlar**

Bu bölümde belirlenen zayıf yanlar hakkında çeşitli açıklamalar yapılmış ve ilgili literatüre dair bilgiler verilmiştir

Rüzgar enerjisiyle ilgili olarak belirlenen zayıf yanlardan ilki dişli kutusuna sahip teknolojiyle enerji üretimi yapan türbinlerde görülen bakım-onarım maliyetlerinin yoğunluğu ve dişli kutusu kaynaklı yedek parça sayısının çokluğudur (Blanco, 2009:1373-1374). Halen kullanımda olan türbinlerin çoğunluğu bu teknolojiye sahiptir.

Üretilen enerji miktarının rüzgarın hızına bağlı olarak değişkenlik göstermesi ve rüzgar çiftliklerinin düşük kapasite oranı rüzgar enerjisinin bir diğer zayıf yanını teşkil etmektedir. Bölüm 2.5. ve Bölüm 2.10.'da ele alındığı üzere rüzgar enerjisinin doğasından kaynaklanan bu zayıf yön pek çok sıkıntıyı beraberinde getirmektedir.

Belirlenen üçüncü zayıf yan, karlılık üzerinde doğrudan etkisi bulunan rüzgar gücü tahminlerinde yapılan hatalardır. Bölüm 2.10.'da üzerinde durulduğu üzere tahminler içlerinde her zaman için bir miktar hata bulundurlar fakat bu hata payının minimumda tutulması rüzgar enerjisi için hayati öneme sahiptir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hem rüzgar enerjisinin kesikli yapısı hem de alt yapı yetersizlikleri nedeniyle şebeke bağlantı problemleri rüzgar enerjisinin zayıf yanlarından birini teşkil etmektedir. Bu zayıf yana dair geniş bilgi bu çalışma içerisinde Bölüm 2.10.'da bulunmaktadır.

Kurulu gücü 10 mW'ın altında kalacak olan rüzgar enerji santralleri için çevresel etki değerlendirme raporunun istenmiyor olması da zayıf yan olarak belirlenmiştir (Coşkun ve Türker, 2012:1271). Çünkü rüzgar enerjisinin minimumda olsa bir takım çevresel etkileri bulunmaktadır. Bu çalışmada plansız, gerekli değerlendirmeler yapılmaksızın inşa edilen santrallerin rüzgar enerjisinin ardındaki yüksek kamuoyu desteğini azaltabileceği savunulmaktadır.

Rüzgar enerjisinin konvansiyonel enerji çevrim santralleri ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeyde kalsa da bir takım çevresel zararları bulunmaktadır. Bunlar kuş ölümleri, erozyon, estetik olmama, gürültü çıkarma ve kırpışma etkisi oluşturması olarak sayılabilir. Bu zararlar her ne kadar doğru yer seçimi ve doğru yerleşim ile kuş sensörleri gibi yeni teknolojik çözümlerle minimize edilebilselerde tamamen ortadan kaldırılamamaktadırlar.

#### **4.1.3. SWOT Analizinde Belirlenen Fırsatlar**

Bu bölümde belirlenen fırsatlar hakkında çeşitli açıklamalar yapılmış ve ilgili literatüre dair bilgiler verilmiştir

Belirlenen fırsatlar içerisindeki ilk faktör Türkiye'de mevcut yüksek kamuoyu desteğidir. Çünkü dünya genelinde zorunlu olarak artan çevre duyarlılığının Türk toplumunda kendini iyiden iyiye hissettirmeye başlaması ve devletlerin yürüttüğü politikalar üzerinde sivil toplum kuruluşlarının etkileri birlikte düşüldüğünde rüzgar enerjisinin Türkiye için önemli bir fırsat sunduğu düşünülmektedir.

Belirlenen ikinci fırsat, rüzgar enerjisinin yenilenen ve yenilenmeye açık teknolojisi ile smart ve micro grid teknolojilerinde yaşanan paralel gelişmelerdir. Sevim (2010:309), rüzgar enerjisi teknolojisindeki yenilenmenin özellikle gelişmekte olan ülkeler için fırsat oluşturduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmada ise rüzgar enerjisinin Türkiye gibi şebeke problemleri yaşayan bir ülke için smart ve micro grid teknolojileri ile birlikte düşünülmesi halinde daha büyük fırsatlar oluşturabileceği savunulmaktadır. Ayrıca Sevim (2010:309)'da belirtildiği üzere rüzgar enerjisi %92'lik öğrenme eğrisi değerine ulaşmış durumdadır. Fakat teknolojisinde fark

yaratıcı gelişmeler kaydedilmesi halen mümkündür (MEI, 2011:30).

Belirlenen üçüncü fırsat hem istihdam etkisinin yüksek olması hem de atıl kalan arazi ve kıyıların ekonomiye kazandırılıyor olmasıdır. Bu tez çalışmasında metropollere göç sorunu yaşayan Türkiye'de rüzgar enerjisi sayesinde atıl kırsal kesimlerin değerlendirilmesinin ve bu bölgelerde istihdam imkanı yaratılmasının katma değerinin daha büyük olacağı savunulmaktadır. Hamilton ve Liming (2010), Oksay ve İşeri (2011) ve EWEA (2012)'den rüzgar enerjisinin istihdam boyutu hakkında fikir edinilebilir.

Bölüm 2.10.'da belirtildiği şekilde yerli rüzgar türbini sanayisinin geliştirilmesi hatta ihracat yapar hale gelmesi ülke için büyük önem taşımaktadır. Bunun gerçekleşebilmesi için gerekli ön şartlardan biri olan yeterli iç talebin fazlasıyla var olması bir fırsat olarak görülmüştür.

Belirlenen fırsatlardan biri rüzgar enerjisinin rüzgar enerjisinin Türkiye'nin önemli enerji sorunlarından biri olan enerji transferi sırasında yaşanan enerji kayıplarını indirgeyebilecek olmasıdır (Bilgili ve Şahin, 2009).

Yapılan SWOT analizine göre belirlenen dair fırsatlardan bir tanesi de karbon ticareti yapma imkanı ve kurulması planlanan karbon piyasasına ilişkindir. Rüzgar enerjisi yatırımları sermaye yoğun yatırımlar olması nedeniyle sağlam bir finansal altyapı gerektirmez. Türk yatırımcılar bu nedenle genellikle dış finansman ihtiyacı içine girmektedirler. Bu çalışmada rüzgar enerjisinin temiz enerji olması nedeniyle karbon kredilerinin yatırım aşamasında önemli bir fırsat teşkil ettiği ve Türkiye'de 2015'te kurulması hedeflenen karbon piyasasının da geri ödeme yapmakta olan yatırımcılar için bir kolaylık sağlayabileceğine dikkat çekilmek istenmektedir.

Belirlenen bir diğer faktör yüksek öğretim kurumlarında yeterli olmayan fakat gelişime açık bir rüzgar enerjisi altyapısının bulunmasıdır. Özellikle sektörün istihdam yönünden beslenebilmesi adına bu altyapı umut vericidir. Yüksek öğretim kurumları ve rüzgar enerjisi ilişkisi hakkında daha geniş değerlendirmeler bu çalışma içerisinde Bölüm 2.10.'da sunulmuştur. Aynı konuya Coşkun ve Türker (2012:1271), üniversitelerde yeterli rüzgar enerjisi altyapısı vardır şeklinde yaklaşmışlardır ve SWOT analizlerine o şekilde dahil etmişlerdir.

Güçlü yanlardan bahsederken bahsi geçmiş olduğu üzere şu günlerde geri plana atılmış AB ile yapılan çevre müzakerelerinde Türkiye'nin elini güçlendirecek olması yapılan SWOT analizinde bir fırsat faktörü olarak değerlendirilmiştir. Coşkun

ve Türker (2012:1271)'de de aynı konuya vurgu yapıldığı görülmektedir.

#### **4.1.4. SWOT Analizinde Belirlenen Tehditler**

Bu bölümde belirlenen tehditler hakkında çeşitli açıklamalar yapılmış ve ilgili literatüre dair bilgiler verilmiştir.

Önceki bölümlerde detaylandırıldığı üzere rüzgar enerjisi yatırımları önemli miktarda sermaye ihtiyacı doğuran yatırımlardır. Dolayısıyla Türk yatırımcılar bu ihtiyaçları uygun koşullarla yurt içinden karşılayamadıkları durumda yurt dışına özellikle de yabancı kalkınma bankalarına yönelmektedirler. Coşkun ve Türker (2012:1271) ile Çağlar vd. (2008:5)'in de değindiği bu durum rüzgar enerjisi için bir tehdit olarak kabul edilmiştir.

Dünyadaki başarılı örnekler bakıldığında uygulanan teşvik politikalarının rolünün büyük olduğu görülmektedir. Türkiye'de ise Bölüm 2.9.2'de detaylandırıldığı üzere uygulanan teşvik politikalarının tam bir özendiricilik sağlamadığı görülmektedir, dolayısıyla bu konu bir tehdit unsuru olarak ele alınmıştır.

Belirlenen bir başka tehdit unsuru ise rüzgar enerjisi teknolojisinde dışa bağımlı olunması, ülke olarak inovasyon ve teknoloji üretme kültüründen yoksun olunması halidir. Teknolojik olarak dışa bağımlı olunması her anlamda bir tehdit unsuru teşkil etmektedir. Bununla birlikte Cutt (2010:47)'un üzerinde durduğu ülkelerin inovasyon ve teknoloji üretme geçmişi de bu konuyla ilintilidir. Dünya çapında tanınıp markalaşmış Türk firma sayısının oldukça az olması bu tehdit algısını güçlendirmektedir.

Destek gören linyit, hidrolik gibi diğer kaynaklar dikkat dağıtıcı etki oluşturmaları nedeniyle bir diğer tehdit unsuru olarak SWOT analizinde kendine yer bulmuştur.

Son tehdit unsuru ise maliyetlerde 2004-2007 benzeri bir artış riskidir. Belirtilen dönemde rüzgar enerjisine olan yüksek küresel talep kaynaklı olarak yaşanan bu durum, her ne kadar şu an için bu yönde bir gösterge olmasa da türbin yapımında kullanılan pahalı hammaddeler sebebiyle her zaman için olasılık dahilindedir.

## 4.2. BULANIK AHP ile STRATEJİ SEÇİMİ

SWOT analizi sonrasında sıra belirlenen faktörlerin kantitatif olarak değerlendirilmesi sürecine gelmiştir. Bu aşamada seçilen AHP yönteminin gerektirdiği ikili karşılaştırmaları, konunun uzmanlarının yapmalarına imkan verecek bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket formu örneği EK. A.'da, kullanılan ölçek Tablo 4.2.'de sunulmuştur. Ayrıca A'WOT ile değerlendirilecek olan alternatif stratejiler de bu aşamada netleştirilmiş ve ikili karşılaştırma formları ankete eklenmiştir.

Tablo 4.2. Kullanılan Değerlendirme Ölçeği (Kahraman vd., 2008)

Sayısal Ölçek	Dilsel Ölçek
1	Eşit Derecede Önemli
3	Biraz Daha Önemli
5	Kuvvetli Derecede Önemli
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli
9	Tamamıyla Önemli

SWOT analizi ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen alternatif stratejiler aşağıdaki gibidir:

**St 1:** Üretilen rüzgar enerjisi ve yerli aksam kullanımına dair verilen devlet teşviklerinin sektör tarafından cazip bulunacak düzeye getirilmesi.

**St 2:** Hibrid ve depolamalı sistemleri de içerecek şekilde AR-GE çalışmalarının önemli ölçüde desteklenmesi (üniversiteler/kamu araştırma kurumları/ özel sektör bazında) .

**St 3:** Elektrik piyasasının işleyişine rüzgar enerjisinin doğasına uygun olarak esneklik kazandırılması.

**St 4:** Rüzgar enerji santrallerine lisans verme aşamasından faaliyete geçmelerine kadar ki çok aşamalı sürecin sağlam ve etkili bir prosedüre bağlanması, bürokratik engellerin ortadan kaldırılması.

**St 5:** Rüzgar enerjisi yatırımları için uygun yerli finansman ortamının sağlanması

**St 6:** Türkiye rüzgar atlasının titiz bir biçimde yenilenmesi ve ülkenin rüzgar potansiyelinin gelecek projeksiyonun ortaya konulması

Analize katılan uzmanların anket sonuçlarının toparlanmasıyla A'WOT

analizinin II. ADIM'ına geçilmiştir. Bu adımda her bir anketör için kendilerinden gelen değerlendirmelere uygun olarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, matrislerin AHP'ye uygun olarak tutarlılık analizleri yapılmıştır. AHP prosedürüne göre tutarlılık oranı 0,10'a eşit veya daha küçük olan matrisler değerlendirilmeye tabi olabileceklerdir. Bu nedenle yapılan tutarlılık analizinde bu şartı sağlayamayan ikili karşılaştırmalar analiz dışı bırakılmıştır. Bir diğer ifadeyle analize tutarlılık testinden geçebilen ikili karşılaştırma matrislerine sahip uzmanların cevapları üzerinden devam edilmiştir. Sonuç olarak analize dahil olabilen matrislerden elde edilen tutarlılık oranları güçlü yanlar için 0,0986 olarak, zayıf yanlar için 0,0860, fırsatlar için 0,0955 olarak, tehditler için 0,0715 olarak elde edilmiştir.

Bu noktadan sonra Chang (1996)'da sunulan Derece Analiz Metoduna uygun olarak üçgensel bulanık sayılar kullanılarak analize dahil olan ikili karşılaştırma matrisleri bulanık değerlendirme matrisleri elde edilmiştir. Kullanılan bulanık dönüşüm skalası Tablo 3.3.'te verilmiş olan skaladır.

Anketlerden türetilen güçlü yanlara ait ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.3.'te, bulanık hale dönüştürülmüş hali ise Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Güçlü yanlar ikili karşılaştırma matrisi

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$
$S_1$	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20	0,20	1,00
$S_2$	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20	0,33	0,33
$S_3$	3,00	3,00	1,00	0,20	1,00	0,33	3,00
$S_4$	5,00	5,00	5,00	1,00	5,00	5,00	7,00
$S_5$	5,00	5,00	1,00	0,20	1,00	3,00	3,00
$S_6$	5,00	3,00	3,00	0,20	0,33	1,00	5,00
$S_7$	1,00	3,00	0,33	0,14	0,33	0,20	1,00



Tablo 4.4. Güçlü yanlar için elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$
$S_1$	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.50, 1.00, 1.50)
$S_2$	(0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.50, 0.67, 1.00)
$S_3$	(0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 0.67, 1.00)	(1.00, 1.50, 2.00)
$S_4$	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)	(2.00, 2.50, 3.00)
$S_5$	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)
$S_6$	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.40, 0.50, 0.67)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.50, 2.00, 2.50)
$S_7$	(0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.33, 0.40, 0.50)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.40, 0.50, 0.67)	(1.00, 1.00, 1.00)

Bulanık güçlü yanlar matrisi (Tablo 4.4) için bulanık sentetik derece değerleri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$Ss_1=(3.7, 5.17,7.01) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.050, 0.092, 0.164)$$

$$Ss_2=(3.90, 5.01, 7.34) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.054, 0.089, 0.172)$$

$$Ss_3=(5.40, 7.67, 10.17) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.073, 0.136, 0.238)$$

$$Ss_4=(10.5, 13.50, 16,50) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.142, 0.239, 0.386)$$

$$Ss_5=(8,070, 10.50, 13.67) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.109, 0.186, 0.320)$$

$$Ss_6=(6.80, 9.00, 11.34) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.092, 0.160, 0.265)$$

$$Ss_7=(4.30, 5.57, 7.84) O (42.74, 56.42, 73.87)^{-1}$$

$$= (0.058, 0.099, 0.183)$$

Elde edilen sentetik derece değeri vektörlerinden yola çıkarak aşağıdaki olasılık dereceleri hesaplanır.

$$V(Ss_1 \geq Ss_2)=1.000, V(Ss_1 \geq Ss_3)=0.672, V(Ss_1 \geq Ss_4) = 0.129,$$

$$V(Ss_1 \geq Ss_5) = 0.367, V(Ss_1 \geq Ss_6) = 0.515, V(Ss_1 \geq Ss_7) = 0.937$$

$$V(Ss_2 \geq Ss_1)= 0.977, V(Ss_2 \geq Ss_3)=0.677, V(Ss_2 \geq Ss_4)=0.164$$

$$V(Ss_2 \geq Ss_5)=0.391, V(Ss_2 \geq Ss_6)= 0.530, V(Ss_2 \geq Ss_7)=0.920$$

$$V(Ss_3 \geq Ss_1) = 1,000, V(Ss_3 \geq Ss_2) = 1,000, V(Ss_3 \geq Ss_4) = 0.481$$

$$V(Ss_3 \geq Ss_5) = 0.720, V(Ss_3 \geq Ss_6) = 0.861, V(Ss_3 \geq Ss_7) = 1,000$$

$$V(Ss_4 \geq Ss_1) = 1,000, V(Ss_4 \geq Ss_2) = 1,000, V(Ss_4 \geq Ss_3) = 1,000$$

$$V(Ss_4 \geq Ss_5) = 1,000, V(Ss_4 \geq Ss_6) = 1,000, V(Ss_4 \geq Ss_7) = 1,000$$

$$V(Ss_5 \geq Ss_1) = 1,000, V(Ss_5 \geq Ss_2) = 1,000, V(Ss_5 \geq Ss_3) = 1,000$$

$$V(Ss_5 \geq Ss_4) = 0.770, V(Ss_5 \geq Ss_6) = 1,000, V(Ss_5 \geq Ss_7) = 1,000$$

$$V(Ss_6 \geq Ss_1) = 1,000, V(Ss_6 \geq Ss_2) = 1,000, V(Ss_6 \geq Ss_3) = 1,000$$

$$V(Ss_6 \geq Ss_4) = 0.607, V(Ss_6 \geq Ss_5) = 0.854, V(Ss_6 \geq Ss_7) = 1.000$$

$$V(S_{S_7} \geq S_{S_1}) = 1.000, V(S_{S_7} \geq S_{S_2}) = 1.000, V(S_{S_7} \geq S_{S_3}) = 0.748$$

$$V(S_{S_7} \geq S_{S_4}) = 0.227, V(S_{S_7} \geq S_{S_5}) = 0.459, V(S_{S_7} \geq S_{S_6}) = 0.600$$

Daha sonra bulanık ağırlık vektörünü elde edebilmek için 5.10 uygulanır:

$$V(S_{S_1} > S_{S_2}, S_{S_3}, S_{S_4}, S_{S_5}, S_{S_6}, S_{S_7}) = (1.000, 0.672, 0.129, 0.367, 0.515, 0.937)$$

$$= 0.129$$

$$V(S_{S_2} > S_{S_1}, S_{S_3}, S_{S_4}, S_{S_5}, S_{S_6}, S_{S_7}) = (0.977, 0.677, 0.164, 0.391, 0.530, 0.920)$$

$$= (0.164)$$

$$V(S_{S_3} > S_{S_1}, S_{S_2}, S_{S_4}, S_{S_5}, S_{S_6}, S_{S_7}) = (1.000, 1.000, 0.481, 0.720, 0.861, 1.000)$$

$$= 0.481$$

$$V(S_{S_4} > S_{S_1}, S_{S_2}, S_{S_3}, S_{S_5}, S_{S_6}, S_{S_7}) = (1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000)$$

$$= 1.000$$

$$V(S_{S_5} > S_{S_1}, S_{S_2}, S_{S_3}, S_{S_4}, S_{S_6}, S_{S_7}) = (1.000, 1.000, 1.000, 0.770, 1.000, 1.000)$$

$$= (0.770)$$

$$V(S_{S_6} > S_{S_1}, S_{S_2}, S_{S_3}, S_{S_4}, S_{S_5}, S_{S_7}) = (1.000, 1.000, 1.000, 0.607, 0.854, 1.000)$$

$$= (0.607)$$

$$V(S_{S_7} > S_{S_1}, S_{S_2}, S_{S_3}, S_{S_4}, S_{S_5}, S_{S_6}) = (1.000, 1.000, 0.748, 0.227, 0.459, 0.600)$$

$$= (0.227)$$

Dolayısıyla bulanık ağırlık vektörü

$W_{S'} = (0.129, 0.164, 0.481, 1.000, 0.770, 0.607, 0.227)$  şeklinde elde edilir. Bu vektör normalize edildiğinde ise güçlü yanlar için ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilir:

$$W_S = (0.038, 0.049, 0.142, 0.296, 0.228, 0.180, 0.067)$$

Normalize edilmiş güçlü yanlar vektörüne bakıldığında öncelik değerlerinin büyükten küçüğe  $S_4, S_5, S_6, S_3, S_7, S_2$  ve  $S_1$  şeklinde sıralandığı görülmektedir. Dolayısıyla rüzgar enerjisinin hiçbir yakıtı ihtiyaç duymaması nedeniyle fiyat belirsizliklerinden azade olması faktörü ile ülkenin değerlendirilmeyi bekleyen yüksek potansiyeli uzmanlarca en çok ön plana çıkarılan özellikler olurken, teknolojinin güvenli ve çevre dostu olması en az önem atfedilen güçlü yan faktörü olmuştur.

Güçlü yanlar için gerçekleştirilen işlemlerin tümü zayıf yanlar için de tekrarlanmıştır. Zayıf yanlar için elde edilen normal ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.5.'te, bulanık ikili karşılaştırma matrisi ise Tablo 4.6.'da sunulmuştur.

Tablo 4.5. Zayıf yanlar için elde edilen ikili karşılaştırma matrisi

	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
$W_1$	1,00	0,14	0,20	3,00	5,00	3,00
$W_2$	7,00	1,00	1,00	3,00	7,00	7,00
$W_3$	5,00	1,00	1,00	3,00	5,00	5,00
$W_4$	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00	1,00
$W_5$	0,20	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00
$W_6$	0,33	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00

Tablo 4.6. Zayıf yanlar için elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
$W_1$	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 0.33, 0.40, 0.50)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 1.00, 1.50, 2.00)
$W_2$	( 2.00, 2.50, 3.00)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 0.50, 1.00, 1.50)	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 2.00, 2.50, 3.00)	( 2.00, 2.50, 3.00)
$W_3$	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 0.67, 1.00, 2.00)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 1.50, 2.00, 2.50)
$W_4$	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 0.50, 0.67, 1.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 0.50, 1.00, 1.50)
$W_5$	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.33, 0.40, 0.50)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 0.50, 1.00, 1.50)
$W_6$	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 0.33, 0.40, 0.50)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.67, 1.00, 2.00)	( 0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)

Zayıf yanlar için bulanık ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$Ww' = (0.547, 1.000, 0.869, 0.383, 0.075, 0.316)$$

Bu vektörün normalize edilmesi ile elde edilen zayıf yanlara ait ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$Ww = (0.171, 0.314, 0.273, 0.120, 0.024, 0.099)$$

Normalize edilmiş zayıf yanlar vektörüne bakıldığında öncelik değerlerinin büyükten küçüğe  $W_2, W_3, W_1, W_4, W_6, W_5$  şeklinde sıralandığı görülmektedir. Dolayısıyla rüzgar enerjisinin kesikli yapısı, santrallerin düşük kapasite oranı ve rüzgar gücü tahminlerinde yapılan hatalar uzmanlarca en çok ön plana çıkarılan özellikler olurken, rüzgar enerjisi santrallerinin çevreye olan etkileri ve düşük kapasiteli santraller için ÇED raporunun istenmiyor oluşu en az önem atfedilen zayıflıklar olarak ortaya çıkmıştır.

Anket sonuçlarından türetilen fırsatlar matrisi Tablo 4.7.'de, bulanık fırsatlar matrisi ise Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Fırsatlar ikili karşılaştırma matrisi

	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$	$O_5$	$O_6$	$O_7$	$O_8$
$O_1$	1,00	0,33	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00
$O_2$	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00	5,00
$O_3$	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00
$O_4$	1,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$O_5$	3,00	1,00	1,00	0,20	1,00	3,00	1,00	1,00
$O_6$	1,00	0,33	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00
$O_7$	1,00	0,33	0,33	0,20	1,00	1,00	1,00	3,00
$O_8$	1,00	0,20	0,33	0,20	1,00	1,00	0,33	1,00

Tablo 4.8. Fırsatlar bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$	$O_5$	$O_6$	$O_7$	$O_8$
$O_1$	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 1.00, 1.50)
$O_2$	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(1.00, 1.50, 2.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)
$O_3$	(1.00, 1.50, 2.00)	(0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 1.00, 1.50)	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)	(1.00, 1.50, 2.00)
$O_4$	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)	(1.50, 2.00, 2.50)
$O_5$	(1.00, 1.50, 2.00)	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.00, 1.50, 2.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 1.00, 1.50)
$O_6$	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.50, 0.67, 1.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.50, 1.00, 1.50)	(0.50, 1.00, 1.50)
$O_7$	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.67, 1.00, 2.00)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.00, 1.50, 2.00)
$O_8$	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.50, 0.67, 1.00)	(0.40, 0.50, 0.67)	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.67, 1.00, 2.00)	(0.50, 0.67, 1.00)	(1.00, 1.00, 1.00)

Daha sonra diğerleri için yapılan işlemler fırsatlar içinde sırayla uygulanmış ve bulanık ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$W_o' = (0.637, 0.922, 0.893, 1.000, 0.791, 0.599, 0.709, 0.619)$$

Bu vektörün normalize edilmesiyle bulanık olmayan ağırlıklara ulaşılmıştır.

$$W_o = (0.103, 0.149, 0.145, 0.162, 0.128, 0.097, 0.115, 0.100)$$

Normalize edilmiş fırsatlar vektörüne bakıldığında öncelik değerlerinin büyükten küçüğe  $O_4, O_2, O_3, O_5, O_7, O_1, O_8, O_6$  şeklinde sıralandığı görülmektedir. Dolayısıyla istihdam ve döviz kazandırıcı etkisi nedeniyle yerli rüzgar türbini üretim çabaları ile yenilenmeye açık rüzgar enerjisi teknolojisi uzmanlarca en çok ön plana çıkarılan özellikler olurken, finansmanda karbon kredisi kullanabilme imkanı ile AB'ye girme yolunda avantaj sağlayacak bir koz olması en az önem atfedilen fırsatlar olarak ortaya çıkmıştır.

Tehditler için elde edilen klasik ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.9'da, bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Tehditler ikili karşılaştırma matrisi

	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
$T_1$	1,00	0,33	0,33	3,00	5,00
$T_2$	3,03	1,00	3,00	5,00	7,00
$T_3$	3,03	0,33	1,00	5,00	5,00
$T_4$	0,33	0,20	0,20	1,00	3,00
$T_5$	0,20	0,14	0,20	0,33	1,00

Tablo 4.10. Tehditler bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
$T_1$	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 1.50, 2.00, 2.50)
$T_2$	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 2.00, 2.50, 3.00)
$T_3$	( 1.00, 1.50, 2.00)	0.50, 0.67, 1.00)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 1.50, 2.00, 2.50)
$T_4$	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 1.00, 1.50, 2.00)
$T_5$	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.33, 0.40, 0.50)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 1.00, 1.00, 1.00)



Daha sonra diğer gruplar için yapılan işlemler tehditler için de sırasıyla uygulanmış ve bulanık ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$WT' = (0.626, 1.000, 0.827, 0.279, 0.000)$$

Bu vektörün normalize edilmesi ile elde edilen tehditlere ait ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$WT = (0.229, 0.366, 0.303, 0.102, 0.000)$$

Normalize edilmiş fırsatlar vektörüne bakıldığında öncelik değerlerinin büyükten küçüğe  $T_2, T_3, T_1, T_4, T_5$  şeklinde sıralandığı görülmektedir. Dolayısıyla uzmanlarca uygulanmakta olan yetersiz teşvik sistemi ve teknolojiye dış bağımlılık konularının en çok önemsendiği, maliyetlerde 2004-2007 benzeri bir artış trendinin ise beklentiler dahilinde olmadığı görülmektedir.

ADIM III: Bu aşamada SWOT gruplarının ikili karşılaştırmaları yapılmalıdır. Bu adıma göre her bir SWOT grubunda en yüksek önceliğe sahip olan faktörler belirlenerek kendi aralarında ikili karşılaştırmalar yoluyla belirlenmiştir. Dolayısıyla karşılaştırılacak vektörler  $S_4, W_2, O_4$  ve  $T_2$  olarak belirlenmiştir. Tablo 4.11.'de SWOT gruplarının klasik mantığa göre hazırlanmış ikili karşılaştırma matrisleri, Tablo 6.12'de bulanık ikili karşılaştırma matrisleri verilmiştir.

Tablo 4.11. SWOT grupları ikili karşılaştırma matrisi

	$S_4$	$W_2$	$O_4$	$T_2$
$S_4$	1,00	0,20	0,33	3,00
$W_2$	5,00	1,00	3,00	5,00
$O_4$	3,00	5,00	1,00	7,00
$T_2$	0,33	0,20	0,14	1,00

Tablo 4.12. SWOT grupları bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	$S_4$	$W_2$	$O_4$	$T_2$
$S_4$	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 1.00, 1.50, 2.00)
$W_2$	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 0.50, 1.00, 1.50)	( 1.50, 2.00, 2.50)
$O_4$	( 1.00, 1.50, 2.00)	( 1.50, 2.00, 2.50)	( 1.00, 1.00, 1.00)	( 2.00, 2.50, 3.00)
$T_2$	( 0.50, 0.67, 1.00)	( 0.40, 0.50, 0.67)	( 0.33, 0.40, 0.50)	( 1.00, 1.00, 1.00)

SWOT gruplarının ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,06405 olarak elde edilmiş olup, tutarlılık şartını sağlamaktadır. SWOT gruplarının kendi içlerinde ayrı ayrı yapılan tüm işlemler gruplar içinde de aynen tekrarlanarak aşağıdaki bulanık ağırlık vektörü elde edilmiştir.

$$WGrup' = (0.311, 0.836, 1.000, 0.000)$$

Bulanık vektörün normalizasyonu sonucu SWOT gruplarına ait elde edilen ağırlıklar şu şekildedir:

$$WGrup = (0.145, 0.389, 0.466, 0.000)$$

Normalize edilmiş grup vektörüne bakıldığında en yüksek grup öncelik değerinin fırsatlar grubuna, daha sonra sırasıyla zayıf yanlar ve güçlü yanlar grubuna atandığı görülmüştür. Tehditler grubu ise 0 öncelik değeri almıştır. Kısacası Türkiye’de rüzgar enerjisi sektörü için herhangi bir tehdit algısı içinde bulunulmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bir strateji formülasyonu durumunda ise fırsatların mümkün olduğunca realize edilebilmesine imkan verecek adımlar atılarak zayıf yanların elimine edilmesinin sağlanması gerektiği görülmektedir.

ADIM IV: Bu aşamada stratejiler, her bir SWOT faktörü baz alınarak ikili olarak karşılaştırılmıştır. Önceki matrisler için yapılan işlemler tekrarlanarak elde edilen öncelik değerleri diğer ağırlıklarla beraber özet tablolarda sunulmuştur (Tablo 4.13., Tablo 4.14., Tablo 4.15., Tablo 4.16.).

Tablo 4.13. Stratejilerin güçlü yanlar faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo

	S (Güçlü Yanlar)						
	0,145						
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$
	0.038	0.049	0.142	0.296	0.228	0.180	0.067
$ST_1$	0.189	0.137	0.255	0.373	0.000	0.253	0.226
$ST_2$	0.202	0.194	0.235	0.096	0.000	0.440	0.120
$ST_3$	0.222	0.125	0.000	0.355	0.000	0.000	0.220
$ST_4$	0.204	0.171	0.270	0.000	0.330	0.029	0.266
$ST_5$	0.070	0.187	0.189	0.176	0.000	0.261	0.093
$ST_6$	0.112	0.187	0.051	0.000	0.670	0.016	0.075

Tablo 4.14. Stratejilerin zayıf yanlar faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo

W (Zayıf Yanlar)						
0,389						
	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
	0.171	0.314	0.273	0.120	0.024	0.099
$ST_1$	0.446	0.000	0.000	0.188	0.114	0.157
$ST_2$	0.538	0.498	0.000	0.316	0.132	0.159
$ST_3$	0.000	0.463	0.463	0.220	0.135	0.154
$ST_4$	0.000	0.000	0.059	0.136	0.062	0.184
$ST_5$	0.000	0.005	0.069	0.139	0.204	0.175
$ST_6$	0.017	0.034	0.409	0.000	0.353	0.171

Tablo 4.15. Stratejilerin fırsatlar faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo

O (Fırsatlar)								
0.466								
	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$	$O_5$	$O_6$	$O_7$	$O_8$
	0.103	0.149	0.145	0.162	0.128	0.097	0.115	0.100
$ST_1$	0.167	0.352	0.123	0.429	0.158	0.229	0.181	0.098
$ST_2$	0.167	0.489	0.284	0.546	0.077	0.041	0.470	0.176
$ST_3$	0.167	0.125	0.161	0.000	0.318	0.078	0.046	0.130
$ST_4$	0.167	0.000	0.138	0.000	0.106	0.086	0.099	0.310
$ST_5$	0.167	0.000	0.163	0.005	0.087	0.424	0.091	0.086
$ST_6$	0.167	0.034	0.132	0.020	0.254	0.141	0.113	0.200

Tablo 4.16. Stratejilerin tehdit faktörlerine göre ağırlıkları özet tablo

	T (Tehditler)				
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
	0.229	0.366	0.303	0.102	0.000
$ST_1$	0.275	0.706	0.053	0.167	0.167
$ST_2$	0.000	0.231	0.624	0.167	0.167
$ST_3$	0.000	0.000	0.051	0.167	0.167
$ST_4$	0.008	0.000	0.082	0.167	0.167
$ST_5$	0.672	0.063	0.110	0.167	0.167
$ST_6$	0.045	0.000	0.080	0.167	0.167

Sonuç olarak stratejilere ait elde edilen ağırlıklar Tablo 4.17.'deki gibidir.

Tablo 4.17. Stratejilerin genel ağırlıkları

Strateji	Ağırlık
$ST_1$	0,18482
$ST_2$	0,27355
$ST_3$	0,14312
$ST_4$	0,08973
$ST_5$	0,12328
$ST_6$	0,1426

Tablo 4.17.'de sunulan verilere göre en yüksek öncelik St 2: Hibrid ve depolamalı sistemleri de içerecek şekilde AR-GE çalışmalarının önemli ölçüde desteklenmesi (üniversiteler/kamu araştırma kurumları/ özel sektör bazında) için elde edilmiştir. İkinci en yüksek öncelik St 1: Rüzgar enerji santrallerinde üretilen enerji ve yerli aksam kullanımına dair verilen devlet teşviklerinin sektör tarafından cazip bulunacak düzeye getirilmesi için, üçüncü en yüksek öncelik St 3: Elektrik piyasasının işleyişine rüzgar enerjisinin doğasına uygun olarak esneklik kazandırılması stratejilerine ait olmuştur. Dördüncü, beşinci ve altıncı sıralara sırasıyla St 6: Türkiye rüzgar atlasının titiz bir biçimde yenilenmesi ve ülkenin

rüzgar potansiyelinin gelecek projeksiyonun ortaya konulması, St 5: Rüzgar enerjisi yatırımları için uygun yerli finansman ortamının sağlanması, St 4: Rüzgar enerji santrallerine lisans verme aşamasından faaliyete geçmelerine kadar ki çok aşamalı sürecin sağlam ve etkili bir prosedüre bağlanması, bürokratik engellerin ortadan kaldırılması stratejileri yerleşmiştir.

A'WOT analizinin önceki aşamalarında uzmanlarca en çok fırsatlar grubuna ve bu grupta yer alan yerli türbin üretimi çabaları ile gelişmeye açık rüzgar enerjisi teknolojisi faktörlerine önem verildiği hatırlanırsa St 2: Hibrid ve depolamalı sistemleri de içerecek şekilde AR-GE çalışmalarının önemli ölçüde desteklenmesi stratejisinin en öncelikli strateji seçilmiş olması şaşırtıcı olmayacaktır. Ayrıca bu stratejinin benimsenmesi yine rüzgar enerjisinin en büyük zayıflıkları olarak belirlenen  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_1$ ,  $W_4$ 'ün de minimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Kısacası bu stratejinin başarılı bir biçimde uygulanması halinde önemli miktarda döviz kaybından korunmak ve istihdamda artış sağlamak mümkün olacaktır.

Analiz sonucunda şaşırtıcı olan tehditler grubunun 0 öncelik değeri almasına rağmen bu grupta yer alan bir faktöre dayalı olarak türetilen St 1: Rüzgar enerji santrallerinde üretilen enerji ve yerli aksam kullanımına dair verilen devlet teşviklerinin sektör tarafından cazip bulunacak düzeye getirilmesi stratejisinin ikinci en yüksek önceliği kazanmasıdır. Bu sonuç uzmanların özendirici bir teşvik sistemi uygulanması halinde rüzgar endüstrisinin daha da ivmeleneceği görüşünde olduklarını göstermektedir.

St 3: Elektrik piyasasının işleyişine rüzgar enerjisinin doğasına uygun olarak esneklik kazandırılması stratejisi ile St 6: Türkiye rüzgar atlasının titiz bir biçimde yenilenmesi ve ülkenin rüzgar potansiyelinin gelecek projeksiyonun ortaya konulması stratejisi yaklaşık olarak aynı önem derecesine sahip olarak değerlendirilmişlerdir. İlgili kurumların bu iki stratejiye konu olan faaliyetlere önem vermesinin sektöre katkı sağlayacağı görülmektedir.

St 5: Rüzgar enerjisi yatırımları için uygun yerli finansman ortamının sağlanması ve St 4: Rüzgar enerji santrallerine lisans verme aşamasından faaliyete geçmelerine kadar ki çok aşamalı sürecin sağlam ve etkili bir prosedüre bağlanması, bürokratik engellerin ortadan kaldırılması stratejileri ise en son sıralarda yer alarak sektörün gelişimi için belirleyici olmadıklarını ortaya koymuşlardır.

## **BEŞİNCİ BÖLÜM**

### **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Artan nüfus ve sanayileşmeye bağlı olarak hızlı artış gösteren dünya birincil enerji talebi ve dünya enerji karmasında en büyük paya sahip olan fosil yakıtların tükenme eğilimine girmesi enerji arzının sürdürülebilirliği konusunda şüpheler oluşturmuştur. Aynı süreçte somut etkileri görülmeye başlayan küresel ısınma tehlikesi ise enerji arzının sürdürülebilirliği konusunu ulusal bir mevzu olmaktan çıkarıp dünya ölçeğine taşımıştır. Bir başka ifadeyle enerji güvenliği sorunu tek tek ülkelerin güvenli ve sürdürülebilir enerji arzına makul fiyatlarla ulaşabilmesi noktasından, güvenli ve sürdürülebilir enerji arzını içinde yaşadığımız dünyayı yaşanmaz hale getirmeden yapabilmeleri noktasına gelmiştir. Bu sürecin sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları stratejik unsurlar halini almıştır. Rüzgar enerjisi ise yenilebilir enerji kaynakları arasından olgunlaşan teknolojisi ve rekabetçi düzeye gelen fiyatlarıyla ön plana çıkabilen bir seçenek olmuştur. Henüz küresel rüzgar enerjisi potansiyelinin oldukça küçük bir kısmının değerlendirilmiş olması ve yenilenmeye açık teknolojisi rüzgar enerjisinden beklentileri artırmaktadır.

Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan Türkiye kendi bünyesinde yaşadığı son ekonomik kriz olan 2001 krizinden sonra toparlanmış ve ekonomik performansı ile dünyada ön plana çıkan ülkelerden olmuştur. Yaşanan bu ekonomik büyüme ve nüfus artışı, birincil enerji talebini hızlandırmıştır. Halihazırda Türkiye'nin fosil yakıt yoksunu olması nedeniyle oluşan enerjide dışa bağımlılık, talep artışı karşısında daha da ağırlaşarak enerji arz güvenliğini büyük tehlikeye düşürmüştür. Bu sorunun çözümü ise büyük oranda Türkiye'nin elindeki yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımından geçmektedir. Ayrıca enerji verimliliği politikalarının da sıkı bir biçimde uygulanması önem arz etmektedir.

Küresel ölçekte kendini ispatlayan rüzgar enerjisi enerji problemlerine karşı Türkiye'nin elindeki en önemli fırsatlardan biridir. Üç tarafı denizlerle çevrili ve coğrafi konumu nedeniyle farklı hava akımlarının etkisi altında olan Türkiye'nin değerlendirilmeyi bekleyen yaklaşık 48 GW'lık rüzgar enerjisi potansiyeli yatırımcıların yoğun ilgisini çekmekte ve elverişli yasal çerçeve içerisinde rüzgar enerjisi sektörü gelişmektedir (İlkılıç vd., 2011:961; Akdağ ve Güler, 2010; TMMOB, 2012:170).

Bir ülkede bir endüstri dalı gelişirken o sektörden en büyük faydayı elde edebilmek için en baştan titizlikle belirlenmiş adımlar atılması, bir başka deyişle bir strateji belirlenmesi gereklidir. Fakat bu aşamada rüzgar enerjisi sektörünün gelişimine dair gerçekçi temellere dayanan ulusal bir strateji eksikliği göze çarpmaktadır ve bu eksikliğin sektörden maksimum faydanın elde edilmesinin önüne geçtiği görülmektedir. Bu çalışmada bahsi geçen eksikliğin giderilmesine yönelik olarak öncelikle SWOT analizi ile rüzgar enerjisi sektörünün mevcut durumu ortaya konulmuş, sonrasında bulanık AHP ile SWOT faktörleri değerlendirilerek sektör için strateji seçimi yapılmıştır.

Gerçekleştirilen SWOT analizi incelendiğinde fırsatların tehditlere açık biçimde ağır bastığı, sektöre dair olumlu beklentilerin gayet yüksek olduğu gözlenmektedir. Ayrıca rüzgar enerjisinin pek çok önemli güçlü yana sahip olmasına rağmen özellikle kesikli üretim yapma durumu ve rüzgar gücü tahminlerinde yapılan hatalar gibi rüzgar enerjisinin kendi doğasından kaynaklanan ve çözümlenmesi çok da kolay olmayan zayıflıkları bulunduğu ortaya çıkmıştır.

SWOT analizinin devamında bulanık AHP ile SWOT faktörleri ve önerilen alternatif stratejiler değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda stratejilere ait ağırlıklar hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Türkiye'de rüzgar enerjisi hakkında önemli bulgulara ulaşıldığı görülmektedir.

Grupların değerlendirilmesi sonucu Türkiye'de rüzgar enerjisi endüstrisine yönelik herhangi bir tehdit algısının bulunmadığı görülmüştür, bir başka deyişle rüzgar enerjisinin Türkiye'de büyümeye devam edeceği noktasında genel görüş birliği bulunmaktadır. Bu sonuç rüzgar enerjisini ele alan tüm literatürle uyumludur. Bir diğer önemli bulgu rüzgar enerjisinin ülkeye en büyük katkısının fırsatların değerlendirilmesi ve zayıf yanlarda belirtilen sorunlara çözüm getirebilmesi halinde elde edilebileceği yönünde şekillenmiştir. Grup değerlendirmelerinde en büyük

öncelik 0,466 ile fırsatlara, ikinci en büyük öncelik 0,389 ile zayıf yanlara, üçüncü en büyük öncelik 0,145 ile güçlü yanlara ait olarak elde edilmiştir. Bu grup öncelik değerleri bir strateji formülasyonu durumunda fırsatların mümkün olduğunca realize edilebilmesine imkan verecek adımlar atılarak zayıf yanların elimine edilmesinin sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu savın gerçekleştirilen bulanık A'WOT analizinin nihai sonucuyla da uyumlu olduğu görülmüştür.

Fırsatlar grubu içerisinde en çok devam etmekte olan yerli türbin geliştirme çabaları ve olası yerli üretim durumunda üretimi desteklemeye yetecek kadar iç talep bulunması faktörünün üzerinde durulduğu görülmüştür. Bu fırsatın yakalanabilmesi halinde önemli miktarda döviz tasarrufu sağlanabilecektir. Hatta türbin ihracatı yapan bir ülke konumuna yükselmesi durumunda döviz kazandırıcı etkisi de ortaya çıkacaktır. Oluşturacağı istihdam etkisi ve eğitim alanında ilerlemeyle sonuçlanacak olması da göz ardı edilmemelidir. Zayıf yanlar değerlendirilirken çevreyle ilgili olan faktörlerin en geri plana atıldığı, rüzgar enerjisinin kesikli enerji üretim yapısı ile düşük kapasite oranlarının ise en yüksek şekilde önceliklendirildiği görülmüştür. İkinci en yüksek önem derecesi karlılık üzerinde önemli ölçüde etkisi olduğu bilinen rüzgar hızı tahminleri için atanmıştır. Dolayısıyla bu zayıflıklara nitelikli çözümler sunulmasının önemi vurgulanmıştır. Şebeke bağlantı problemlerinin ise çevreye dair olan zayıflıklardan sonra en az önceliğe sahip zayıflıklar olarak görüldüğü analiz edilmiştir.

Güçlü yanların değerlendirilmesinde rüzgar enerjisinin Türkiye'nin acil enerji sorununa yapabileceği katkının ön plana çıkarıldığı ve Türkiye'nin değerlendirilmeyi bekleyen potansiyeli ile yakıtı ihtiyaç duymaması nedeniyle fiyat belirsizliği riski taşımaması faktörlerine en yüksek önceliğin atandığı görülmektedir. Bu faktörleri rüzgar enerjisinin Türkiye'nin enerji arz güvenliği politikası ile uyumlu olması ve rüzgar enerji santrallerinin kısa sürede devreye alınıp, kaldırılabilmesi faktörleri takip etmiştir.

Analiz sonucu ortaya konulan bir diğer önemli sonuç ise Türkiye'de rüzgar enerjisi için herhangi bir tehdit algısı bulunmamakla birlikte tehdit faktörlerinden bir tanesinin, teşvik sisteminin özendirici hale getirilmesinin, tüm faktörler arasında en yüksek önceliğe sahip olduğunun görülmesidir. Bu durumun sebeplerinden birisi tehditler grubunun diğer gruplara oranla daha az sayıda faktör içermesi iken asıl sebebi sektörde çok yakınılan teşvik sisteminin arzulan seviyelere ulaşması halinde



sektörün patlama yapabilecek imkana sahip olmasıdır. Sonuç olarak ortaya çıkan tabloya göre rüzgar enerjisi sektörü, uygulamadaki teşvik sistemi ile bile büyümeye devam edebilecek dinamiklere sahiptir.

Stratejilerin değerlendirildiği A'WOT analizinin son bölümünde rüzgar enerjisinin ülkeye en büyük katkıyı sağlayabilmesi için döviz kazandırıcı etkisinin bir an önce devreye alınması gerekliliği ortaya konularak her seviyede hibrid ve depolamalı sistemleri de içerecek şekilde Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi en öncelikli strateji olarak belirlenmiştir. Bu stratejinin benimsenmesi halinde ülke hem teknolojik, hem bilimsel, hem istihdam açısından sıçrama gösterebileceği bir alana sahip olacaktır. Böylece rüzgar enerjisi sadece enerji alanındaki dış bağımlılığa değil, cari açığa da ilaç olabilecektir. Ayrıca bu stratejinin benimsenmesi rüzgar enerjisinin en büyük zayıflıkları olarak belirlenen sorunların minimize edilmesine katkıda bulunarak da endüstrinin önünü açacaktır. Elde edilen bu sonuç, bu stratejinin olası getirilerinin Türkiye için önemine vurgu yapan ve Ar-Ge desteklerinin gerekliliğini ön plana çıkartan literatürle uyumludur (Balat, 2010; Kaygusuz, 2010; Akdağ ve Güler, 2010; Erdem, 2010; Şirin, 2010; Apak, 2011).

Stratejiler arasında ikinci en yüksek öncelik St 1: Rüzgar enerji santrallerinde üretilen enerji ve yerli aksam kullanımına dair verilen devlet teşviklerinin sektör tarafından cazip bulunacak düzeye getirilmesi stratejisine, üçüncü en yüksek öncelik St 3: Elektrik piyasasının işleyişine rüzgar enerjisinin doğasına uygun olarak esneklik kazandırılması stratejisine atanmıştır. Dördüncü, beşinci ve altıncı sıralara sırasıyla St 6: Türkiye rüzgar atlasının titiz bir biçimde yenilenmesi ve ülkenin rüzgar potansiyelinin gelecek projeksiyonun ortaya konulması, St 5: Rüzgar enerjisi yatırımları için uygun yerli finansman ortamının sağlanması, St 4: Rüzgar enerji santrallerine lisans verme aşamasından faaliyete geçmelerine kadar ki çok aşamalı sürecin sağlam ve etkili bir prosedüre bağlanması, bürokratik engellerin ortadan kaldırılması stratejileri yerleşmiştir. Bu stratejilerin gerektirdiği adımların ilgili kurumların gündemine alınması ve Danimarka, Finlandiya gibi rüzgar enerjisi penetrasyonu yüksek ülkelerin uygulamalarının incelenmesi yerinde olacaktır.

Daha sonraki çalışmalarda strateji seçiminin PROMETHEE, ELECTRE, TOPSIS, ANP, GRA gibi farklı teknikler kullanılarak yenilenmesi ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması faydalı olacaktır.

Ayrıca rüzgar enerjisi alanında başarılı ülkelerin benimsedikleri Ar-Ge destek sistemlerinin incelenerek Türkiye’de uygulamaya konulması halinde rüzgar enerjisi sektörü üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi de katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Acaroğlu M., Aydoğan Hasan. (Basımda). Biofuels Energy Sources and Future of Biofuels Energy in Turkey. *Biomass and Bioenergy*,1-8.
- Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan SWOT Analizler*. Yüksek Lisans Tezi. T.C. Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Akdağ, S.A., Güler, Ö. (2010). Evaluation of Wind Energy Investment Interest and Electricity Generation Cost Analysis for Turkey. *Applied Energy*, 87(8): 2574-2580.
- Akdemir, İ.O. (2011). Global Energy Circulation, Turkey's Geographical Location and Petropolitics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19: 71-80.
- Akpınar, E.K., Akpınar, S. (2004). Determination of The Wind Energy Potential for Maden-Elazığ, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(18-19): 2901-2915.
- Albostan, A., Çekiç, Y., Eren, L. (2009). Rüzgar Enerjisinin Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliğine Etkisi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 24(4): 641-649.
- Ambrosini, G., Benato, B., Garavaso, C., Botta G., Cenerini, M., Comand, D., Stork, C. (1992). Wind Energy Potential in Emilia Romagna, Italy. *Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*,39:211-220.
- Apak, S., Atay, E., Tuncer, G. (2011). Financial Risk Management in Renewable Sector: Comparative Analysis Between the EU and Turkey. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 24(1):935-945.
- Arslan, E.T. (2010). Analitik Hiyerarşı Süreci ile Strateji Seçimi: Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2):455-477.
- Arslan, O. (2010). Technoeconomic Analysis of Electricity Generation From Wind Energy in Kütahya. *Energy*, 35(1): 120-151.

- Ay, A. (2010). *Energy Sources and Investment Project Assesment: A Case Study About Wind Energy in Turkey*. Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, N., Kentel, E., Düzgün, Ş. (2010). GIS-based Environmental Assessment of Wind Energy Systems for Spatial Planning: A Case Study From Western Turkey. *Renewable and Sustainable Reviews*, 14(1):364-373.
- Balat, M. (2010). Security of Supply in Turkey: Challenges and Solutions. *Energy Conversion and Management*, 51(10):1998-2011.
- Bakanlar Kurulu. (2010). 2011 Yılı Programının Uygulanması, Koordinasyonu ve İzlenmesine Dair Karar, Karar Sayısı 2010/966.
- Barış, K. (2011). The Role of Coal in Energy Policy and Sustainable Development of Turkey: Is It Compatible to The EU Energy Policy?. *Energy Policy*, 39(3):1754-1763.
- Barış, K., Küçükkali, S. (2012). Availability of Renewable Energy Sources in Turkey: Current Situation, Potential, Government Policies and the EU Perspective. *Energy Policy*, 42(Mart 2012): 377-391.
- Bayrakçı, A.G., Koçar, G. (2012). Utilization of Renewable Energies in Turkey's Agriculture. *Renewable and Sustainable Reviews*, 16(6):618-633.
- Behesthi, H. (2010). *Exploring Renewable Energy Policy in Lebanon: Feed-in tariff As A Policy Tool in The Electricity Sector*. Yüksek Lisans Tezi. American University of Beirut Environmental Sciences, Beirut.
- Bilgili, M., Şahin, B. (2009). Investigation of Wind Energy Density in The Southern and Southwestern Region of Turkey. *Journal of Energy Engineering*, 135(1):12-32.
- Bilgili M., Şahin B., Yaşar A., Şimşek E. (2012). Electric Energy Demands of Turkey in Residential and Industrial Sectors. *Renewable and Sustainable Reviews*, 16(2): 404-414.
- Blanco, M.I. (2009). The Economics of Wind Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7): 1372-1382.
- Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg). 2011. *Wind Turbine Prices Fall to Their Lowest in Recent Years*. <http://bnef.com/PressReleases/view/196> (26.05.2012)
- British Petroleum Inc. (BP). (2011). *Statistical Review of World Energy June 2011*. London:BP Plc  
[http://www.bp.com/assets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.pdf](http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf)

- British Petroleum Inc. (BP). (2012). *Statistical Review of World Energy June 2012*. London:BP plc. [http://www.bp.com/assets/bp\\_internet/globalbp/global\\_bp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/Statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2012.pdf](http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/global_bp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/Statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf)
- Boccard, N. (2009). Capacity Factor of Wind Power Realized Values vs. Estimates. *Energy Policy*, 37(7):2679-2688.
- Chang, D.Y. (1996). Applications of The Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operation Research*, 95(3): 649-655
- Clean Edge Inc. (2012) *Clean Energy Trends 2012*. <http://cleanedge.com/reports/clean-energy-trends-2012> (19.05.2012)
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B.V., Pican, E., Leahy, M. (2012). The Technical and Economic Implications of Integrating Fluctuating Renewable Energy Using Energy Storage. *Renewable Energy*, 43:47-60.
- Coşkun, A.A., Türker, Y.Ö. (2012). Wind Energy and Turkey. Environmental Monitoring Assessments, 184 (3): 1265-1273.
- Cutt, A. (2010). *Is China Winning The Renewable Energy Race?*. Yüksek Lisans Tezi, Murdoch University, Perth, USA.
- Çağlar, Ü., Cengiz, C., Çakan, E., Onan, M.T., Kocaoğlu, Ş. (2008). *Türkiye'nin atıl enerji kaynağı: Rüzgar enerjisi*. DEÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi II. Ulusal İktisat Kongresi, 20-22 Şubat 2008, İzmir.
- Çelik, A.N. (2011). Review of Turkey's Current Energy Status: A Case Study for Wind Energy Potential of Çanakkale Province. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6):2743-2749.
- Çeliktaş, M.S, Koçar, G. (2009). A Quadratic Helix Approach to Evaluate The Turkish Renewable Energies. *Energy Policy*, 37(11):4959-4965.
- Çeliktaş, M., Koçar, G. (2010). From Potential Forecast to Foresight of Turkey's Renewable Energy with Delphi Approach. *Energy*, 35(5):1973-1980.
- Çetin, M., Eğrican, N. (2011). Employment Impacts of Solar Energy in Turkey. *Energy Policy*, 39(11):7184-7190.
- Çınar, D., Kayakutlu, G., Daim, T. (2010). Development of Future Energy Scenarios With Intelligent Algorithms: Case of Hydro in Turkey. *Energy*, 35(4):1724-1729.

- Deloitte. (2011). Turkish Electricity Market: Developments and Expectations 2010-2011. [http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Turkey/Local %20Assets/Documents/turkey-en\\_er\\_ElektrikEPIyasasi2010\\_221010.pdf](http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Turkey/Local%20Assets/Documents/turkey-en_er_ElektrikEPIyasasi2010_221010.pdf) (27.12.2012)
- Demirel, T., Demirel, N.Ç., Kahraman, C. (2008). Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Its Applications. Kahraman, C. (Ed.). *Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Theory and Applications with Recent Developments (vol. 16)*, Springer, İstanbul.
- Demirören, A., Yılmaz, U. (2010). Analysis of Change in Electric Energy Cost with Using Renewable Energy Sources in Gökçeada, Turkey: An Island Example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1):323-333.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2009). Elektrik Enerjisi Piyasası ve Enerji Arz Güvenliği Strateji Belgesi, DPT: Ankara.
- Diamond, K. (2011). *Global Warming's Impact on Wind Speeds: Long-term Risks for Wind Farms May Impact Guarantees and Wind Derivatives Tied to Wind Energy Production*. 40th Annual Conference on Environmental Law, 17-20 Mart, Salt Lake City, Utah.
- Durak, M., Şen, Z. (2002). Wind Power Potential in Turkey and Akhisar Case Study. *Renewable Energy*, 25(3):463-555.
- Dursun, B., Alboyacı, B. (2010). The Contribution of Wind-Hydro Pumped Storage Systems in Meeting Turkey's Electric Energy Demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7):1979-1988.
- Dünya Enerji Konseyi Türkiye Milli Komitesi (DEK TMK). (2011). *Enerji Raporu 2011*. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Derneği: Ankara.
- Dündar, C., Canbaz, M., Akgün, N., Ural, G. (2002). *Türkiye Rüzgar Atlası*. EİE&DMİ Yayınları, Ankara.
- Energy Information Administration (EIA). (2011). *International Energy Outlook 2011*. Washington, DC: EIA. [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf) (18.04.2012)
- Erdem, Z.B., (2010). The Contribution of Renewable Resources In Meeting Turkey's Energy-Related Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 2710-2722.
- Erdinç, O., Uzunoğlu, M. (2012). Optimum Desing of Hybrid Renewable Energy Systems: Overview of Different Approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3): 1412-1425.
- Erkımay, P.U. (2012). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisi Üzerine Bir İnceleme*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Eşkin, N., Artar H., Tolun, S., (2008). Wind Energy Potential of Gökçeada Island in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(3): 839-890.
- European Renewable Energy Council (EREC) (2010). Re-Thinking 2050- A 100 Percent Renewable Energy Vision for The EU. [http://www.rethinking2050.eu/fileadmin/documents/ReThinking2050\\_full\\_version\\_final.pdf](http://www.rethinking2050.eu/fileadmin/documents/ReThinking2050_full_version_final.pdf) (03.05.2012).
- European Wind Energy Association (EWEA). (2012). Green Growth: The Impact of Wind Energy on Jobs and The Economy. [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/reports/Green\\_Growth.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Green_Growth.pdf) (21.05.2012)
- Exxon Mobile Corp. (2012). *2012 The Outlook for Energy: A View to 2040*. [http://www.exxonmobil.com/Corporate/files/news\\_publication.pdf](http://www.exxonmobil.com/Corporate/files/news_publication.pdf) (23.04.2012)
- Fıçıcı, F., Dursun, B., Gökçöl, G. (2007). Rüzgar Enerji Sistemlerinden Kaynaklanan Gürültünün İncelenmesi. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1): 63-71.
- Fornaco, R. (2002). *Removal of Barriers to the Use of Renewable Energy Sources for Rural Electrification in Chile*. Yüksek Lisans Tezi. MIT Engineering System Division, Massachusetts, ss. 9.
- Ghazinoorey, S., Abdi, M., Mehr, M.A. (2011). SWOT Methodology: A State-of-The-Art Review for The Past, A Framework for The Future. *Journal of Business Economics and Management*, 12(1): 24-48.
- Global Wind Energy Council (GWEC). (2011). Global Wind Report: Annual Market Update 2011. [http://www.gwec.net/fileadmin/documents/NewsDocuments/Annual\\_report\\_2011\\_lowres.pdf](http://www.gwec.net/fileadmin/documents/NewsDocuments/Annual_report_2011_lowres.pdf) (20.05.2012)
- Goyal, M. (2010). Repowering-next Big Thing in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 1400-1409
- Gökçek, M., Genç, M.S. (2009). Evaluation of Electricity Generation and Energy cost of Wind Energy Conversion Systems In Central Turkey. *Applied Energy*, 86(12): 2731-2740.
- Gross, R., Heptonstall, P., Leach, M., Anderson, D., Green, T., Skea, J. (2007). Renewables and The Grid: Understanding Intermittency. *Energy*, 160:31-41.
- Gültaş, İ. (2007). *Endüstri Mühendisliği Eğitimde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesinde Bulanık AHP ile Çözüm Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Halıcıoğlu, F. (2011). A Dynamic Econometric Study of Income, Energy and Exports in Turkey. *Energy*, 36(5): 3348-3354.

- Hamilton, J., Liming, D. (2010). Careers in Wind Energy. [http://www.bls.gov/green/wind\\_energy/wind\\_energy.pdf](http://www.bls.gov/green/wind_energy/wind_energy.pdf) (02.06.2012)
- Heo, E., Kim, J., Boo, K. (2010). Analysis of The Assessment for Renewable Energy Dissemination Program Evaluation Using Fuzzy AHP. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 14(8):2214-2220.
- Holttinen, H. (2005). Optimal Electricity Market for Wind Power. *Energy Policy*, 33 (16): 2052-2063
- Hoogvijk, M., Graus, W. (2008). Global Potential of Renewable Sources: A Literature Assesment. [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/Publications/REN21\\_RE\\_Potentials\\_and\\_Cost\\_Background\\_document.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/Publications/REN21_RE_Potentials_and_Cost_Background_document.pdf) (18.05.2012)
- International Energy Agency (IEA) (2011a). *2011 Key World Energy Statistics*. Paris: OECD/IEA. [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key\\_world\\_ener gy\\_stats.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_ener gy_stats.pdf) (18.04.2012)
- International Energy Agency (IEA) (2011b). *World Energy Outlook 2011 Energy For All*. Paris: OECD/IEA. [http://www.iea.org/papers/2011/weo2011\\_energy\\_for\\_all.pdf](http://www.iea.org/papers/2011/weo2011_energy_for_all.pdf) (18.04.2012)
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2012). *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Volume 1: Power Sector, Issue 5/5, Wind Energy*. [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE\\_Technologies\\_Cost\\_Analysis-WIND\\_POWER.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf) (09.06.2012)
- Ishizaka, A., Labib, A. (2011). Review of The Main Developments in The Analytic Hierarchy Process. *Expert Systems with Applications*, 38(11): 14336-14345.
- İlkılıç, C., Aydın, H., Behçet, R. (2011). The Current Status of Wind Energy in Turkey and In The World. *Energy Policy*, 39(2): 961-967.
- İlkılıç, C. (2012). Wind Energy and Assessment of Wind Energy Potential in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2): 1165-1173.
- İncecik, S., Erdoğmuş, F. (1995). Investigation of Wind Power Potential on The Western Coast of Anatolia. *Renew Energy*, 6(7): 863-868.
- Kahraman, C., Demirel, N.Ç., Demirel, T., Ateş, N.F. (2008). A SWOT-AHP Application Using Fuzzy Concept: E-Goverment in Turkey. *Fuzzy Multi-Criteria Decison-Making Theory and Applications with Recent Developments (vol. 16)*. Kahraman, C. (Ed.). Springer, New York.
- Kahraman, C., Kaya, T., Cebi, S. (2009). A Comparative Analysis for Multiattribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Energy*, 34(10): 1603-1616.



- Kahraman, C., Kaya, T. (2010). A Fuzzy Multicriteria Methodology for Selection Among Energy Elternatives. *Expert Systems with Applications*, 37(9): 6270-6281.
- Kajanus, M., Kangas, J., Kurtilla, M. (2004). The Use of Value Focused Thinking and The Hybrid Method in Tourism Management. *Tourism Management*, 25: 499-506.
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurtilla, M., Kajanus, M. (2001). *A'WOT: Integrating The AHP With SWOT Analysis*. ISHAP 2001, 2-4 Ağustos, Berne, Switzerland.
- Karabulut, A., Gedik, E., Keçebaş, A., Alkan, M.A. (2011). An Investigation on Renewable Energy Education at The University Level in Turkey. *Renewable Energy*, 36(4): 1293-1297.
- Karamanlıoğlu, T. (2011). *Farklı Rüzgar Türbinleri İçin Santral Yer Seçimi ve Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesinde Yapay Zeka Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Karşlı, V.M., Geçit, C. (2003). An Investigation on Wind Power Potential of Nurdağı-Gaziantep, Turkey. *Renewable Energy*, 28(5): 823-853.
- Kaya, T., Kahraman, C. (2010). Multicriteria Renewable Energy Planning Using An Integrated Fuzzy VIKOR&AHP Methodology:The Case of Istanbul. *Energy*, 35(6): 2517-2527.
- Kaygusuz, K. (2010). Wind Energy Status In Renewable Electrical Energy Production in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7): 2104-2112.
- Kaygusuz, K. (2011) Energy for Sustainable Development: A Case of Developing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2): 1116-1126.
- Kentli, A. (2011). Studies on Fuzzy Decision Making in Turkish Universities: An Overview. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(4): 140-159.
- Kıran M.S., Özceylan E., Gündüz M., Paksoy M. (2012). A Novel Hybrid Approach Based on Particle Swarm Optimization to Forecast Energy Demand of Turkey. *Energy Conversion and Management* 53(1): 75-83.
- Knight, E., Howard, I.N. (2011). *Clean Energy Technology and The Role of Non-carbon Price Based Policy: An Evolutionary Economics Perspective*. CCEP Working Paper 1102. Centre for Climate Economics & Policy, Crawford School of Economics and Government, The Australian National University.
- Koçaslan, G., (2006). *Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Alternatif Bir Kaynak Olarak Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Koltukçu, H. (2010). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından SWOT Analizi*. Yüksek Lisans Tezi. T.C. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Kotçioğlu, İ. (2011). Clean and Sustainable Energy Policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,15(9): 5111-5119.
- Kurtilla, M., Pesonen, M., Kangas, J., Kajanus, M. (2000). Utilizing The Analytic Hierarchy Process (AHP) in SWOT Analysis-A Hybrid Method and Its Application to A Forest-Certification Case. *Forest Policy and Economics*, 1:41-52.
- Li, J. (2010).Decarbonising Power Generation in China – Is The Answer Blowing in The Wind? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4):1154-1171
- Lu, X., McElroy, M., Kiviluoma, J. (2009). Global Potential for Wind-Generated Electricity. <http://www.pnas.org/content/106/27/10933.full.pdf> (20.05.2007)
- Mehel, N. (2009). *Dünyada ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi: Potansiyeli, Kullanımı ve Almanya-Türkiye Karşılaştırması*. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Mendes, G., Ioakimidis, C., Ferrao, P. (2011). On The Planning and Analysis of Integrated Community Energy Systems: A Review and Survey of Available Tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,15(9): 4836-4854.
- Milborrow, D. (1998). Dispelling The Myths of Energy Payback Time. *Windstats*,11(1), Spring 1998.
- Milligan, M., Lew, D.J., Corbus,D., Piwko, P., Miller, N., Clark, K., Jordan, G., Freeman, L., Zavadil, B., Schuerger, M. (2009). *Large-Scale Wind Integration Studies in The United States: Preliminary results*. 8th International Workshop on Large Scale Integration of Wind Power and on Transmission Networks for Offshore Wind Farms, 14-15 Ekim 2009, Almanya, ss:1-8.
- Mutlu,Ö.S., Akpınar, E., Balıkçı, A. (2009). Power Quality Analysis of Wind Farm Connected to Alaçatı Substation in Turkey. *Renewable Energy*, 34(5): 1312-1320.
- Oksay, S., İşeri, E. (2011). *A New Paradigm for Turkey: A Political Risk -Inclusive Cost Analysis for Sustainable Energy*. *Energy Policy*, 39(5): 2386-2395.
- Osuna, E.E., Aranda, E. (2007). *Combining SWOT and AHP Techniques for Strategic Planning*. ISHAP 2007, 2-6 Ağustos, Vina del Mar, Chile.
- Özcan, H.H. (2009). *Rüzgar Enerjisi Yatırımları ve Isparta İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santralinin Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

- Özdemir, A., Yüksel F. (2006). Türkiye'de Enerji Sektörünün İleri ve Geri Bağlantı Etkileri. *Yönetim ve Ekonomi*, 13(2):2-17.
- Özgener, L. (2010). Investigation of Wind energy Potential of Muradiye in Manisa, Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 3232-3236.
- Öztürk, İ., Acaravcı, A. (2010). CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 3220-3225.
- Pesonen, M., Ahola, J., Kurtilla, M. N., Kajanus, M, Kangas, J. (2000). Investment Strategies of Finnish Forest Industry in North America: A Case Study Using A'WOT. Munn, I., Bullard, S. H., Grado, S. C., Grebner, D.L (der). *SOFEW'99 Southern Forest Economics Workshop*, 18-20 Nisan, Biloxi.
- Pohekar, S.D., Ramachandran, M. (2004). Application of Multi-criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning- A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4): 365-381.
- Post, W. (2011). Wind Energy Does Little to Reduce The CO2 Emissions. <http://theenergycollective.com/node/64492> (03.06.2012)
- Renewable Energy Policy Network for 21th Century (REN21) (2011). *Renewables 2011 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat. [http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21\\_GSR2011.pdf](http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf)(18.04.2012)
- Saaty,T. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *Journal of Services Sciences*, 1(1): 83-98.
- Saaty, T., Vargas, L.G. (2001). *Models, Methods, Concepts and Applications of Fuzzy Process*. Kluwer Academics Publishers, Boston, MA.
- Sevim, C. (2010). Economic Evaluation of Onshore Wind Energy Plants for Turkey. *Energy Sources, Part B*, 5:308-313.
- Sevim, C. (2011a). Enerji Teknolojilerindeki Model Anlayış Değişimi ve Hızlı İklim Değişikliği. *Journal of Yaşar University*, 21(6): 3515-3522.
- Sevim, C. (2011b). *Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbin Kanadı Üretim Metodolojisi*. Yıldız Teknik Üniversitesi Rüzgar Enerjisi Klubü Rüzgar Günleri, Mart 2011, İstanbul.
- Smith, J.C., Milligan,M.R., DeMeo, E.A., Parsons, B. (2007).Utility Wind Integration and Operating Impact State of The Art. *IEEE Transactions on Power Systems*, 22(3): 900-908.

- Sweeney, J. (1993). Economics of Energy. <http://www.stanford.edu/%7Ejsweeney/paper/Energy%20Economics.PDF> (11.06.2012)
- Şengüler, (2010). *Kömür-Linyit-Çevre Üçgeninin SWOT Analizi*. 16. Uluslararası Çevre ve Enerji Fuarı ve Konferansı, 12-14 Mayıs, İstanbul.
- Şevik, S. (2009). Küresel Ekonomik Kriz ve Türk Enerji Sektörüne Yansımaları. *Enerji ve Çevre Dergisi*, 68: 40-48.
- Şirin, S.M. (2010). An Assesment of Turkey's Nuclear Energy Policy in Light of South Korea's Nuclear Experience. *Energy Policy*, 38: 6145-6152.
- Şirin, M.S. (2011). Energy Market Reforms in Turkey and Their Impact on Innovation and R&D Expenditures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9): 4579-4585.
- Talinli, İ., Topuz, E., Akbay, M.U. (2010). Comparative Analysis for Energy Production Processes (EPPs): Sustainable Energy Futures for Turkey. *Energy Policy*, 38(3): 4479-4488.
- Talu, N. (2007). *Status Assesment Report for Sustainable Development: In Integration of Sustainable Development Into Sectoral Policies Project*. DPT: Ankara.
- Taşgetiren, S. (1998). Rüzgar Enerjisi. *Ekoloji*, 8(29): 25-30.
- The University of Melbourne Energy Institute (MEI). (2011). Renewable Energy Technology Cost Review. Technical Paper Series. <http://energy.unimelb.edu.au/index.php?page=technical-publication-series> (26.05.2012)
- Toklu M., Güney, M.S., Işık, M., Comaklı, O., Kaygusuz, K. (2010). Energy Production, Consumption, Policies and Recent Developments in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4): 1172-1186.
- Topel, A. (2006). *Analitik Hiyerarşi Prosesinin Bulanık Mantık Ortamındaki Uygulamaları- Bulanık Hiyerarşi Prosesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tsoutsos, T., Drandaki, M., Frantzeskaki, N., Iosifidis, E., Kiosses I. (2009). Sustainable Energy Planning by Using Multi-Criteria Analysis Application in the Island of Crete. *Energy Policy*, 37(5): 1587-1600.
- Tükenmez, M., Demireli, E. (2012). Renewable Energy Policy in Turkey With The New Legal Regulations. *Renewable Energy*, 39(1): 1-9.
- Türkeş, M. (2003). *Sera Gazı Salınımlarının Azaltılması İçin Sürdürülebilir Teknolojik ve Davranışsal Seçenekler*. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı: Ankara, ss: 267-285.

- Türkiye İstatistik Kurumu. (TÜİK) (2009). Türkiye İstatistik Yıllığı 2009. Ankara:TÜİK.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (TÜİK) (2011). Türkiye İstatistik Yıllığı 2011. Ankara: TÜİK.
- Türkiye Makine Mühendisleri Odası (TMMOB) (2011). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2011 Raporu*. Ankara: TMMOB. [http://www.TMMOB.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/c1dd404122ef558\\_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7\(18.04.2012\)](http://www.TMMOB.org.tr/resimler/dosya_ekler/c1dd404122ef558_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7(18.04.2012))
- Türkiye Makine Mühendisleri Odası (TMMOB) (2012). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2012 raporu*. Ankara: TMMOB. [http://www.TMMOB.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/dd924b618b4d692\\_ek.pdf\(11.05.2012\)](http://www.TMMOB.org.tr/resimler/dosya_ekler/dd924b618b4d692_ek.pdf(11.05.2012))
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (2012). *Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2012*. [http://tureb.com.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=168:turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-2012-turkish-wnd-energy-statistics-report-2012&catid=60:turb-duyurulari&Itemid=72](http://tureb.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=168:turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-2012-turkish-wnd-energy-statistics-report-2012&catid=60:turb-duyurulari&Itemid=72) (09.06.2012).
- Türkiye'nin en önemli uranyum rezervi Yozgat'ta. (2011). <http://www.haberler.com/turkiye-nin-en-onemli-uranyum-rezervi-yozgat-ta-3131700-haberi/> (02.05.2012)
- United Nations Economic and Social Commission for Asia and The Pacific (UNESCAP). (2008). *Energy Security and Sustainable Development in Asia and Pacific*, 64. oturum, 24-30 Nisan, Bangkok.
- Uzlu, E., Akpınar, A., Kömürcü, M.İ. (2011). Restructuring of Turkey's Electricity Market and The Share of Hydropower Energy: The Case of The Eastern Black Sea Basin. *Renewable Energy*, 36(2): 676-688.
- Yalçın, U. (2007). *Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Rüzgar Enerjisi Santral Yeri Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yalta, T. (2011). Analyzing Energy Consumption and GDP Nexus Using Maximum Entropy Bootstrap: The Case of Turkey. *Energy Economics*, 33(3): 453-460.
- Yarbay, R.Z., Güler, A.Ş., Yaman, E. (2011). *Renewable Energy Sources and Energy Policies in Turkey*. 6th International Advanced Technologies Symposium, May 2011, Elazığ.
- Yüksek O., Komurcu M., Yuksel I., Kaygusuz, K. (2006). The Role of Hydropower in Meeting Turkey's Energy Demand. *Energy Policy*, 34(17): 3093-3103.

- Yüksel, İ. (2010a). As A Renewable Energy Hydropower for Sustainable Development in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9):3213-3219.
- Yüksel, İ.(2010b). Energy Production and Sustainable Energy Policies in Turkey. *Renewable Energy*, 35(7): 1469-1476.
- Wang, C., Prinn, R. (2009). *Potential Climatic Impacts And Reliability of Very Large Scale Wind Farms*. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No:175, Massachusetts.
- Wiser, R., Bolinger, M. (2010). *2009 Wind Technologies Market Report*. US Department of Energy, Washington, DC.
- Wiser, R., Lantz, E., Bolinger, M., Hand, M. (2012a). Recent Developments in The Levelized Cost of Energy From U.S. Wind Power Projects. <http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/wind-energy-costs-2-2012.pdf> (26.05.2012)
- Wiser, R., Yang, Z., Hand, M., Hohmeyer, O., Infield, D., Jensen, P.H., Nikolaev, V., O'Malley, M., Sinden, G., Zervos, O. (2012b). 2011:Wind Energy. *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., von Stechow, C. (der). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

## İNTERNET KAYNAKLARI

- <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Sunumlar/Emisyon.ticareti.pdf> (05.05.2012)
- <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Sunumlar/id.ulusal.faaliyetler.pdf> (08.05.2012)
- <http://telosnet.com/wind/early.html> (19.05.2012)
- [http://tdk.gov.tr/index.php?option=com\\_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.4fe840333454c6.00560162](http://tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.4fe840333454c6.00560162) (25.06.2012)
- [www.awea.org/learnabout/industry\\_stats/index.cfm](http://www.awea.org/learnabout/industry_stats/index.cfm) (17.05.2012)
- [www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp\\_](http://www.centreforenergy.com/AboutEnergy/Wind/History.asp_) (19.05.2012)
- [www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/total-primary-energy-consumption-per-capita-tec-and-final-energy-consumption-per-capita-fec-in-2006-and-projections-in-2030](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/total-primary-energy-consumption-per-capita-tec-and-final-energy-consumption-per-capita-fec-in-2006-and-projections-in-2030) (24.06.2012)
- [www.eia.gov/oiaf/aeo/pdf/2016levelized\\_costs\\_aeo2011.pdf](http://www.eia.gov/oiaf/aeo/pdf/2016levelized_costs_aeo2011.pdf) (23.12.2012)
- [www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html) (08.05.2012)

[www.eie.gov.tr/eie-web/duyurular/EV/EV-strateji\\_Belgesi/ Energy\\_Efficiency\\_Strategy\\_Paper\\_2012.pdf](http://www.eie.gov.tr/eie-web/duyurular/EV/EV-strateji_Belgesi/Energy_Efficiency_Strategy_Paper_2012.pdf) (27.12.2012)

[www.enerdata.net/enerdatauk/knowledge/eshop/oecd-energy-data.php](http://www.enerdata.net/enerdatauk/knowledge/eshop/oecd-energy-data.php) (02.05.2012)

[www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=215&hn=12&nm=384&id=384](http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=215&hn=12&nm=384&id=384) (01.05.2012)

[www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=komur&bn=511&hn=&nm=384&id=40692](http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=komur&bn=511&hn=&nm=384&id=40692) (07.05.2012)

[www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/impacts/](http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/impacts/) (11.05.2012)

[www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilir-enerji.aspx?s=ruzgaratlasi](http://www.mgm.gov.tr/arastirma/yenilenebilir-enerji.aspx?s=ruzgaratlasi) (23.05.2012)

[www.repa.eie.gov.tr](http://www.repa.eie.gov.tr) 22.05.2012

[www.thewindpower.net/statistics\\_world\\_en.php](http://www.thewindpower.net/statistics_world_en.php) (22.05.2012)

[www.un.org/en/](http://www.un.org/en/) (05.05.2012)

[www.windcoalition.org/wind-energy/history](http://www.windcoalition.org/wind-energy/history) (02.05.2012)

[www.windenergyupdate.com/operations-maintenance-usa/ documents /WindOMReportSamplePages\\_29Nov2011.pdf](http://www.windenergyupdate.com/operations-maintenance-usa/WindOMReportSamplePages_29Nov2011.pdf) (09.06.2012)

**EKLER**





### **ÖZGEÇMİŞ**

Fatma AĞPAK 1981 Konya doğumludur. 2003 yılı Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği mezunudur. 2003-2009 yılları arasında özel sektörde Endüstri Mühendisi olarak görev almıştır. 2010 yılında Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim dalında yüksek lisansa başlamıştır.

### **VITAE**

Fatma AĞPAK was born in 1981 in Konya. She is graduated from Gazi University Department of Industrial Engineering in 2003. She served in private sector as Industrial Engineer between 2003-2009. She has started Graduate School of Economics, University of Gaziantep in 2010.