



**RÜZGAR ENERJİSİNİN
SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA
ÜZERİNDEKİ EKONOMİK ETKİLERİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Başak ÖZARSLAN

(Yüksek Lisans Tezi)

Eskişehir, 2017

**RÜZGAR ENERJİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR
KALKINMA ÜZERİNDEKİ EKONOMİK ETKİSİ:
TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Başak ÖZARSLAN

T.C.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eskişehir, 2017

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTİSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Başak ÖZARSLAN tarafından hazırlanan “Rüzgar Enerjisinin Sürdürülebilir Kalkınma Üzerindeki Ekonomik Etkileri: Türkiye Örneği” başlıklı bu çalışma 31/05/2017 tarihinde Eskişehir Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddesi uyarınca yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, Jürimiz tarafından İktisat Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan
Doç. Dr. İnci PARLAKTUNA

Üye
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Naci BAYRAÇ
(Danışman)

Üye
Yrd. Doç. Dr. Resul YAZICI

Üye
Doç. Dr. Fatih ÇEMREK

Üye
Doç. Dr. Mustafa Kemal BEŞER

ONAY
.../ .../ 2017

Prof.Dr.Hasan Hüseyin ADALIOĞLU
Enstitü Müdürü

...../...../2017

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi hükümlerine göre hazırlandığını; bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Osmangazi Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla taranmasını kabul ettiğimi ve hiçbir şekilde intihal içermediğini beyan ederim. Yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Başak ÖZARSLAN

ÖZET

RÜZGAR ENERJİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÜZERİNDEKİ EKONOMİK ETKİLERİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

ÖZARSLAN, Başak

Yüksek Lisans - 2017

İktisat Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Naci BAYRAÇ

Toplumların gelişmek ve üretim yapmak amacıyla ihtiyaç duydukları en önemli araç enerjidir. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde enerjinin nasıl elde edildiği ve nasıl kullanıldığı önem arz etmektedir. Fosil kökenli enerji kaynaklarının küresel felaketlere yol açması ve rezervlerle sınırlı olması, yeşil ekonomi olarak adlandırılan ekonomi politikasına geçişte, dikkatleri yenilenebilir enerji kaynaklarına çekmiştir. Bu amaçla başta gelişmiş ülkeler olmak üzere, dünya genelinde uygulanan yenilenebilir enerji politikaları artış göstermiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında bulunan rüzgar enerjisi ise, atmosferdeki sera gazını temizlemeye yardımcı olması bakımından küresel; ülke içinde yarattığı katma değer, istihdam olanakları ve enerjide dışa bağımlılığı azaltması bakımından ekonomik olarak tercih edilebilecek bir enerji kaynağıdır. Bu bağlamda, çalışmada sürdürülebilir kalkınma ile rüzgar enerjisi arasındaki ilişkinin varlığı, 1998- 2014 yılları verilerini kapsayan ARDL modeli ile sınanmaktadır.

Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, Türkiye’de rüzgar enerjisinin birincil üretimi ve sürdürülebilir kalkınma arasında bir ilişki olduğu saptanmıştır. Rüzgar enerjisinin birincil üretiminde meydana gelen artışın, sürdürülebilir kalkınmayı da arttırdığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Enerjisi, Sürdürülebilir Kalkınma, ARDL

ABSTRACT

THE ECONOMIC IMPACTS OF WIND ENERGY ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE TURKEY CASE

ÖZARSLAN, Başak

Master Degree - 2017

Department of Economics

Advisor: Assist.Prof.Dr. Hüseyin Naci BAYRAÇ

Energy is the most important instrument the societies in need in order to be developed and to carry on production. Within the framework of sustainable development, how the energy is obtained and how it is used become more of an issue. Since the fossil origin energy sources lead to global disaster and are limited to the reserve, renewable energy sources have attracted the attention within the transition to economic policy which is called the green economy. Thus, renewable energy policies implemented worldwide are increased, particularly in developed countries.

Among the renewable energy resources, wind energy is a energy resource that preferable globally with regards to its help on decreasing greenhouse gases in the atmosphere and economical in regards to the added value, employment opportunities it provides and that it reduces the dependence on foreign energy. In this context, the existence of relationship between sustainable development and wind energy is tested in this study with ARDL model which contains data between 1998 - 2014.

In line with the findings obtained in the study, it is established that there is a relationship between primary production of the wind energy and sustainable development in Turkey. It is concluded that increase on the primary production of wind energy leads to increase on sustainable development.

Key Words: Wind Energy, Sustainable Development, ARDL

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI ve SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

1.1. ENERJİNİN TANIMI ve ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI	2
1.1.1 Enerji Kavramı	2
1.1.2. Enerji Kaynakları	3
1.2. FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARI.....	4
1.2.1. Kömür	4
1.2.2. Petrol	6
1.2.3. Doğalgaz	7
1.3. NÜKLEER ENERJİ.....	8
1.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	9
1.4.1. Güneş Enerjisi	9
1.4.2 .Hidrolik Enerji	10
1.4.3 .Jeotermal Enerji	11
1.4.4. Biyokütle Enerjisi	12
1.4.5. Dalga Enerjisi	14
1.4.6. Hidrojen Enerjisi	15
1.4.7. Rüzgar Enerjisi.....	15
1.5.SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA.....	16
1.5.1. Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı.....	16
1.5.2. Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları	21

1.5.3. Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Arasındaki İlişkiler	25
---	----

2. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİ ve POLİTİKALARI

2.1. RÜZGAR ENERJİSİ KAVRAMI	29
2.2. RÜZGAR ENERJİSİNİN AVANTAJLARI.....	30
2.3. RÜZGAR ENERJİSİNİN DEZAVANTAJLARI.....	32
2.4. DÜNYA'DA RÜZGAR ENERJİSİ	33
2.4.1. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	33
2.4.2. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları	36
2.4.3. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Politikaları.....	36
2.4.3.1. ABD'de Rüzgar Enerjisi Politikaları	37
2.4.3.2. Avrupa kıtasında Rüzgar Enerjisi Politikaları.....	39
2.4.3.3. Asya- Pasifik'te Rüzgar Enerjisi Politikaları	42

3. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

3.1. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ	45
3.2 TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI	45
3.3. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ POLİTİKALARI	51
3.3.1. 2002 Öncesi Rüzgar Enerjisi Politikaları.....	51
3.3.2. 2002 Sonrası Rüzgar Enerjisi Politikaları.....	53
3.4. RÜZGAR ENERJİSİNİN EKONOMİK ETKİLERİ	55
3.4.1. Ulusal Ekonomik ve GSYH	55
3.4.2. Refah Artışı	57
3.4.3. İş İmkanlarının Artışı	60
3.4.4. Ulusal Ticaretin İyileşmesi	61
3.5. TÜRKİYE'DE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE RÜZGAR ENERJİSİ .	63

4. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÜZERİNDEKİ EKONOMİK ETKİSİ: ARDL MODELİ ANALİZİ

4.1. Literatür Taraması	68
4.2. Metodoloji ve Yöntem	72
4.3. Ampirik Bulgular	75
SONUÇ	80
KAYNAKÇA	84



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	3
Tablo 2: Dünya Petrol Rezervleri.....	6
Tablo 3: Dünya Kanıtlanmış petrol Rezervleri	7
Tablo 4: Dünyada Jeotermal Doğrudan Kullanım Alanları ve Oranları	11
Tablo 5: Sürdürülebilir Kalkınma İçin Uluslararası Platformlarda Atılan Adımlar .	18
Tablo 6: Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkileri.....	30
Tablo 7: Rüzgar Enerjisine Yapılan Yatırımlar	37
Tablo 8: Asya&Pasifik'te Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi.....	42
Tablo 9: Türkiye'de Bölgelere Göre Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunlukları	47
Tablo 10: Türkiye'de Enerji Potansiyeli Yüksek Olan İller	48
Tablo 11: 5346 ve 6094 Sayılı Kanunların Rüzgar Enerjisi ile İlgili Hükümleri	54
Tablo 12: Rüzgar Türbini Kurulu Güç Miktarı ve GSYH'daki Artışlar.....	56
Tablo 13: CO ₂ Emisyonu ve GSYH Değeri Arasındaki İlişki.....	59
Tablo 14: Fosil Kökenli Enerji Kaynaklarının Türkiye'de Üretimi ve İthalatı	62
Tablo 15: Fosil Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektrik Miktarı ve CO ₂ Emisyonu İlişkisi	64
Tablo 16: Rüzgar Enerjisinden Üretilen Elektrik Miktarı Değişimi	67
Tablo 17: Rüzgar Enerjisi ve Yenilenebilir Enerji ile Sürdürülebilir Kalkınma ilişkisinin Araştırıldığı Çalışmalar	69
Tablo 18: Değişkenler ve Gösterimi	73
Tablo 19: ADF ve PP Birim Kök Test İstatistiği Sonuçları	75
Tablo 20: Eşbütünleşme Test Sonuçları	76
Tablo 21: ARDL Modeli Tahmin Sonuçlarına Göre Uzun Dönem Katsayıları	76
Tablo 22: Hata Düzeltme Modeli Test Sonuçları	78
Tablo 23: Tanısal Test İstatistikleri.....	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Bölge Bazında Dünya Kömür Rezervlerinin Ömrü	5
Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Kaynakları	9
Şekil 3: Biyoyakıtların Sınıflandırılması	13
Şekil 4: Sürdürülebilirliği Oluşturan Ekonomi, Çevre ve Toplum Bileşeni.....	17
Şekil 5: Johannesburg Sürdürülebilirlik Zirvesi	20
Şekil 6: Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları.....	22
Şekil 7: Enerji Kaynakları Kullanımı, Çevresel Etki ve Sürdürülebilirlik	26
Şekil 8: Global Rüzgar Enerjisi Kapasitesi	34
Şekil 9: Dünya Teknik Rüzgar Potansiyeli Dağılımı	35
Şekil 10: Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi.....	35
Şekil 11: ABD'de Toplam rüzgar Kurulu Güç Kapasitesi.....	38
Şekil 12: ABD'de En Büyük Rüzgar Kurulu Gücüne Sahip Bölgeler.....	38
Şekil 13: AB'de 2000 Yılı Enerji Kullanımı.....	39
Şekil 14: AB'de 2015 Yılı Enerji Kullanımı.....	40
Şekil 15: Rüzgara En Çok Yatırım Yapan Avrupa Ülkeleri.....	41
Şekil 16: Çin'de Toplam Rüzgar Kurulu Gücünün Yıllara Göre Artışı	43
Şekil 17: Türkiye'de Rüzgar Enerji Santralleri İçin Yıllık Kurulum.....	46
Şekil 18: Türkiye'nin Rüzgar Santralleri İçin Kümülatif Kurulumu	46
Şekil 19: İşletme Halindeki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin İllere Göre Dağılımı	49
Şekil 20: İnşa Halindeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı	49
Şekil 21: Refah Artışına Katkı Sağlayan Bileşenler.....	58
Şekil 22: Enerji Verimliliğinin Ekonomi ve Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri.....	66
Şekil 23: CUSUM ve CUSUM of Squares Testi	79

KISALTMALAR LİSTESİ

CO₂	: Karbondioksit
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GW	: Gigawatt
KW	: Kilowatt
MW	: Megawatt
TW	: Terewatt



ÖNSÖZ

Çalışma süresi boyunca destek ve katkılarını esirgemeyen, çalışmanın her aşamasını büyük bir sabırla okuyan ve her konuda yol gösteren değerli hocam, tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. HÜSEYİN NACİ BAYRAÇ'A sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam boyunca tecrübelerini benimle paylaşan, desteğini tüm hayatım boyunca hissettiğim EMRAH DOĞAN'A ve hayatımın her döneminde bana maddi ve manevi destek olan anneme ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

BAŞAK ÖZARSLAN

GİRİŞ

Sanayi devriminden bu yana artan kitlesel üretim, nüfus artışı, teknolojik ilerleme ve ekonomik gelişmeler iktisadi olarak bir üretim girdisi olan enerjinin öneminin giderek artmasına neden olmuştur. Dünya ülkeleri uzun yıllar boyunca enerjiye olan ihtiyaçlarını önemli ölçüde fosil kökenli enerji kaynaklarından sağlamışlardır. Bu durum ülkeleri sürdürülebilir kalkınma kavramı çerçevesinde uzun dönemde enerjiye bağımlı hale getirmişleridir.

Fosil kökenli enerji kaynaklarının rezervlerle sınırlı olması, çıkarılmaları ve kullanılmaları sırasında ortaya çıkan çevresel zararlardan dolayı, özellikle gelişmiş ülkeler başta olmak üzere dünyanın dikkatinin yenilenebilir enerji kaynakları üzerine kaymasına neden olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, rüzgar, jeotermal, hidroelektrik, dalga ve biyokütle enerjisi yer almaktadır. Bu kaynaklar arasında bulunan rüzgar enerjisi ise hızlı gelişen teknolojisi, çevreye olan olumsuz etkisinin alternatifleri ile karşılaştırıldığında daha az olması ve CO₂ salınımını azaltmaya yardımcı olarak sürdürülebilirliğe yaptığı katkı bakımından diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınmaya olan ekonomik etkilerini incelemektir. Bu sebeple; çalışmada ilk olarak enerjinin tanımı yapıp enerji kaynaklarının neler olduğundan bahsedilmektedir. İkinci olarak, rüzgar enerjisinin dünyada ve Türkiye'de sahip olduğu potansiyel ele alınarak, rüzgar enerjisine dair uygulanan politikalardan söz edilmektedir. Son bölümde ise Türkiye'de rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki olası etkileri, Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL) sınır testi aracılığı ile incelenmektedir. ARDL modelinin avantajı küçük gözlemlerli çalışmalarda daha etkin sonuçlar verebilmesidir. Çalışmada kullanılan model literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak enerji verimliliği, sera gazı emisyonu, Ar-Ge harcamaları gibi parametrelerinin bir arada ele alınarak rüzgar enerjisi ve sürdürülebilir kalkınma arasında dinamik bir ilişki kurmaktadır. Çalışmada kullanılacak olan veri seti, 1998-2014 dönemini kapsamakta ve rüzgar enerjisi üretiminin kullanım etkilerinin görülmesine de olanak tanımaktadır.

1. BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI ve SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

Enerji, insanlık tarihinin başından beri farklı kaynaklardan elde edilmiş ve farklı teknolojilerden yararlanılarak insan ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük katkı sağlamıştır. Bu bölümde enerji kavramının tanımı yapılarak, enerji kaynaklarının çeşitleri olan fosil kökenli enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları genel hatları ile ele alınacaktır.

1.1. Enerjinin Tanımı ve Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji, günümüzde ekonomik gelişmenin sağlanması, kalkınmanın sürdürülebilir olması için topluma hem ekonomik hem de çevresel bakımdan fayda sağlayan bir üretim faktörüdür. Özellikle sanayi devriminden bu yana dünya ekonomisinin üretimde kullandığı enerji kaynaklarının büyük oranda yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağlı olması ve bu kaynakların hem rezervlerle sınırlı olması hem de kullanımları sırasında çevreye vermiş oldukları zararlar nedeniyle ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir.

Yeryüzünde çeşitli yapılarda enerji kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynaklardan en yaygın kullanıma sahip olan fosil kökenli enerji kaynakları (kömür, petrol ve doğal gaz) hem dışa bağımlılığı artırması hem de kullandıkça rezervlerinin tükenmesi nedeniyle olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Yenilenebilir enerji ise (biyokütle, jeotermal, hidroelektrik, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi ve rüzgar enerjisi), doğada sürekli bir biçimde yenilenebilen, tükenmeyen, sonsuz bir enerjiyi ifade etmektedir. Nüfusun ve buna bağlı olarak da tüketimin hızla artması, teknolojinin gelişmesi, fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması ve yenilenebilir enerjinin çevreye zarar vermemesi ve gelecek nesiller için tehlike oluşturmaması bu enerjinin gelişimini hızlandırmıştır.

1.1.1. Enerji Kavramı

Enerji insan hayatını kolaylaştıracak birçok alanda ihtiyaç duyulan bir girdidir. Temel olarak kömürün yanmasıyla elde edilen ısıнын kullanılmasından, insanlığın kaderini değiştirecek bir keşif olan petrolün bulunmasına kadar her süreçte insan hayatının bir parçası olmuştur.

Ekonomik ve toplumsal kalkınmanın temeli olan enerji aynı zamanda üretimde kullanılması zorunlu olan bir girdi ve toplumsal refah için olmazsa olmaz bir faktördür. Buna bağlı olarak toplumların gelişimi kullandıkları enerji türü ve miktarına göre farklılıklar göstermektedir (Karluk, 2007: 239).

Enerji, kökeni yunanca olup 'iç' en ve 'iş' ergon kelimelerinden oluşmaktadır. Teknik olarak ise bir sistemin veya cismin iş yapabilme yeteneğini ifade eder (Gooch, 2011: 268). Enerji doğada fiziksel olarak farklı biçimlerde bulunmaktadır. İlk hareket halindeki cisimlerden elde edilen kinetik enerjidir. Bir diğeri ise cisimlerin içinde bulunduğu durumlardan dolayı ortaya çıktığı kabul edilen potansiyel enerjidir. İfade edilen tanımlar daha çok fizik bilimiyle ilgili olmasının yanı sıra enerjiyi bir üretim faktörü olarak ekonomik açıdan da ele almak mümkündür

1.1.2. Enerji Kaynakları

Bugün insan hayatını kolaylaştıran bir çok alanda (ulaşım, ısınma, barınma, iletişim vb) enerji kullanımı büyük bir öneme sahiptir.

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

ENERJİ KAYNAKLARI	
1. Birincil enerji kaynakları 1.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları 1.1.1. Fosil kaynaklar (Kömür, Petrol ve Doğalgaz) 1.1.2. Nükleer enerji 1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 1.2.1. Geleneksel Kaynaklar (Hidroelektrik, Klasik Biyokütle) 1.2.2. Yeni Kaynaklar (Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Gelgit, Dalga, Çağdaş biyokütle)	2. İkincil Enerji Kaynakları 2.1. Elektrik Enerjisi 2.2. Hidrojen Enerjisi

Kaynak: Onbaşıoğlu, 2005: 59.

Enerji kaynaklarını elde ediliş türlerine göre, birincil ve ikincil enerji kaynakları başlığı altında Tablo 1'de görüldüğü gibi basit bir ayrımla sınıflandırmak mümkündür.

Yeryüzünde enerji kaynakları üç şekilde bulunmaktadır. Bunlar: fosil, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Birincil enerji kaynakları, herhangi bir işleme tabi olmadan direkt olarak doğada bulunan enerjiden elde edilen enerjiyi ifade edilmektedirler. İkincil enerji kaynakları ise; birincil kaynaklardan dönüştürülmüş enerjiyi ifade etmektedir.

Fosil yakıtlar (kömür, doğalgaz, petrol) ve nükleer enerji yenilenemeyen enerji kaynakları içerisinde ve geri dönüşümleri mümkün olmamaktadır. Alternatif olarak elde edilen diğer bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerjinin içerisinde ise geleneksel kaynaklar (hidroelektrik, klasik biokütle) ve yeni kaynaklar (güneş, rüzgar, jeotermal, gelgit, dalga ve çağdaş biokütle) bulunmaktadır.

İkincil enerji kaynakları, üretilmesinde birincil kaynakların varlığına ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ve hidrojen enerjisini ifade etmektedir.

1.2. Fosil Kökenli Enerji Kaynakları

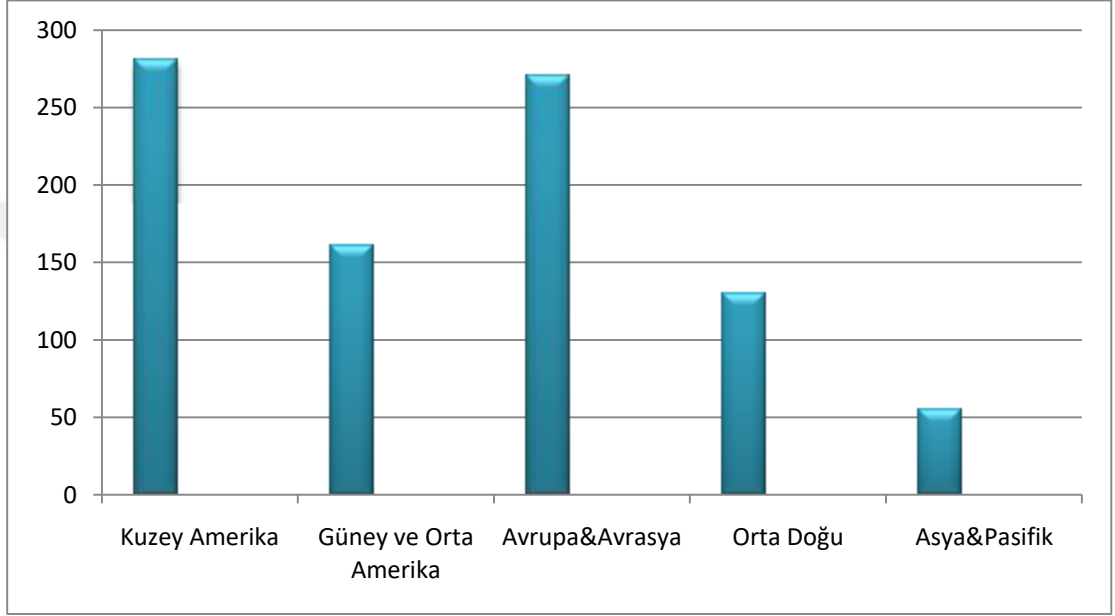
Yeryüzündeki fosil yani; tükenebilir enerji kaynakları kömür, petrol ve doğalgazdır. Bu kaynaklar katı, sıvı ve gaz şeklinde bulunabilirler. Oluşumları milyonlarca yıl süren bu kaynaklar yer altındaki yüksek basınç ve yerküreden gelen yüksek sıcaklık değerlerine maruz kalarak fosilleşirler. Fosil kaynaklar bir kez kullanıldıklarında geri dönüşümleri mümkün olmamaktadır. Gelişen teknoloji, artan nüfus ve tüketim sebebiyle mevcut kaynaklar tükenme eğilimine girmiştir. Bu sebepten ülkeler alternatif enerji kaynaklarına (yenilenebilir enerji kaynakları) yönelmişlerdir.

1.2.1. Kömür

Fosil kökenli bir enerji kaynağı olan kömür, sanayi devriminin ortaya çıkmasıyla beraber kullanım alanını genişletmiş ve insan yaşamı için bugün kullanılan çoğu şeyin yapım ve kullanım alanında oldukça büyük öneme sahip bir enerji hammaddesidir. Özellikle elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılan enerji girdisidir. Kömür, çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan ve az miktarda da kükürt içeren fosil bir enerji kaynağıdır. Kömür rezervleri birçok ülkede

bulunmasına rağmen dünya kömür rezervlerinin % 75'i dört ülkede bulunmaktadır. En fazla rezerve % 29,1 payla ABD sahiptir. Bunu % 17,6 payla Rusya, % 12,8 ile Çin, % 8,6 ile Avustralya ve % 6,8 payla Hindistan izlemektedir (TTK, 2013, 13) . Şekil 1'de dünya kömür rezervleri bölge bazında ve kalan ortalama ömür (yıl) olarak belirtilmiştir.

Şekil 1: Bölge Bazında Dünya Kömür Rezervlerinin Ömrü (Yıl)



Kaynak: BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu, 2016.

Şekil 1'e göre kanıtlanmış dünya kömür rezervinde kalan ömür (yıl) baz alındığında Kuzey Amerika en büyük rezerve/ömre sahiptir. Bunu sırasıyla Avrupa&Avrasya, Güney ve Orta Amerika izlemektedir. Dünya kömür rezervinde en az ömrü kalan bölge ise Asya&Pasifik'tir.

BP Enerji İstatistik Raporu (2016)'na göre kömür, pazar payı itibarıyla (% 29,2) en önemli yakıtlardan biri olmasına karşın 2015 yılında global pazar payı azalan tek yakıt olmuştur. Raporun devamında ise, kömürdeki bu net düşüşün ardında ABD ve Çin'in bulunduğu belirtilmektedir.

Kömürün verimliliği ekonomik anlamda yüksek olmasına karşın, çevreye zarar veren bir enerji kaynağı olduğu için, çevresel etkileri kullanım oranının artmasına paralel olarak çoğalmaktadır. Bu sebeple kömürün kullanımında ve üretim aşamasında verdiği zararı en aza indirmek için yüksek teknoloji kullanılması

gerekmektedir. Bunun için gelişmiş ülkelerin pek çoğu enerji tüketimlerini alternatif kaynaklardan sağlamaya yönelmişlerdir.

1.2.2. Petrol

Petrol, temel olarak hidrojen ve karbondan oluşan ve yoğun olmayan miktarlarda nitrojen, oksijen ve kükürt içeren koyu renkli yanıcı bir sıvıdır. Günümüzde politik açıdan büyük öneme sahiptir. Petrolün dünyadaki dağılımı düzenli bir yapı sergilemediği için bu durum dünya enerji politikasını büyük ölçüde rezervlere sahip olan ülkeler lehine çevirmektedir. Tablo 2'de dünya petrol rezervleri (milyon varil) belirtilmiştir.

Tablo 2: Dünya Petrol Rezervleri (Milyon Varil)

	2011	2012	2013	2014	2015
Kuzey Amerika	30,625	34,661	37,652	40,503	40,503
Ortadoğu	797,155	799,132	802,958	802,512	802,848
Afrika	125,521	128,371	128,150	127,334	128,048
Doğu Avrupa ve Avrasya	117,314	119,881	119,874	119,863	119,860
Batı Avrupa	10,880	10,800	11,336	10,760	10,064
Asya ve Pasifik	47,322	47,552	47,860	48,197	48,597
Dünya Toplamı	94,338	94,784	94,871	95,810	96,589

Kaynak: OPEC Annual Statistical Bulletin, 2016.

Tablo 2'ye göre, petrolün dünyadaki dağılımına bakıldığında kanıtlanmış ham petrol rezervi büyük oranda Ortadoğu ülkelerinde (Suudi Arabistan, İran ve Irak) bulunmaktadır. Bunu Kuzey Amerika ülkeleri (Venezuela, Brezilya ve Meksika) takip etmektedir (OPEC, 2016).

Diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarında olduğu gibi petrolde de rezerv sıkıntısı vardır ve çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır. Petrolün arama yapılırken ya da çıkarılırken oluşan sızıntıları toprağa karışmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca kullanımı sırasında bol miktarda CO₂ gazı yaymakta ve enerji verimliliğinde düşüşe neden olmaktadır. Bu durum temiz bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerjinin önemini daha da artırmaktadır.

1.2.3. Doğalgaz

Doğalgazın önemi 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden sonra artmıştır. Petrole bağımlı kalmak istemeyen ülkeler alternatif olarak doğalgaza yönelmişlerdir. Yatırım maliyetinin diğer fosil kaynaklara oranla düşük olması ve tesis kurulum süresinin nisbeten kısa olması sebebiyle, enerji üretimindeki pay giderek artmıştır. Petrolde olduğu gibi doğalgaz da yeryüzüne eşit miktarda dağılmadığı için rezervleri bünyesinde barındıran ülkeler lehine bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Tablo 3'de dünya kanıtlanmış doğalgaz rezervleri (milyon metreküp) belirtilmiştir.

Tablo 3: Dünya Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervleri (Trilyon Metreküp)

	2011	2012	2013	2014	2015
Kuzey Amerika	10,524	11,121	11,725	13,039	13,053
Asya ve Pasifik	16,529	16,750	16,877	17,058	17,200
Doğu Avrupa ve Avrasya	62,582	64,805	64,793	65,425	65,422
Batı Avrupa	4,799	4,739	4,553	4,301	4,116
Ortadoğu	79,581	80,131	80,087	80,102	79,403
Afrika	14,618	14,569	14,482	14,705	14,665

Kaynak: OPEC Annual Statistical Bulletin, 2016 .

Tablo 3'e göre doğalgazda dünya rezervi bakımından ilk sırada Doğu Avrupa ve Avrasya ülkeleri arasındaki Rusya bulunmaktadır. Bunu sırasıyla İran ve Katar izlemektedir. Dünya'da ve Türkiye'de elektrik üretimi büyük oranlarda doğalgazdan sağlandığı için, doğalgaz dışı bağımlılığı artırmakta ve rezervlerle sınırlı bir enerji kaynağı olması sebebiyle tükenecek olması alternatif enerji kaynaklarının önemini daha da artırmaktadır.

1.3. Nükleer Enerji

Yenilenemeyen bir enerji kaynağı olarak nükleer enerji, nükleer santrallerde atom çekirdeklerinin parçalanması (fission) ya da birleştirilmesiyle (füssion) oluşur. Bu enerjinin oluşmasındaki ana madde uranyum-235'dir. Bu alanda ilk enerji üreten ülkeler ABD ve SSCB'dir.

1970'li yıllarda petrol krizi, bu yakıta bağımlı ülkeleri büyük ölçüde nükleer enerjiye sevk etmiştir. Çünkü nükleer enerjinin krizden önceki fiyatı alternatifleriyle rekabet edemeyecek düzeyde olduğu için uzun süre geniş çapta hayata geçirilememiştir. Daha sonra petrol kriziyle dünyada varillik petrol fiyatları 3 dolardan 10 dolara yükselince rakipleriyle yarışabilir hale gelmiştir (TEF, 2001: 162-165).

Nükleer enerjinin en önemli kullanım alanı enerji üretimidir. Elektrik üretiminde dışa bağımlılığı azaltması bakımından nükleer enerji önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Hammadde rezervinin yüksek olması ve kullanılan hammaddeye oranla açığa çıkan enerji miktarının fazla olması bu enerji kaynağını çekici kılmaktadır.

Bütün bu avantajlara karşın, nükleer enerjinin bir takım dezavantajları da mevcuttur. Nükleer enerjinin açığa çıkma esnasında kaza riski oldukça yüksektir. Kurulacak santralin yer seçiminde, ulaşım ve yerleşim bölgelerinden uzak ve sağlam temelli arazilerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Nükleer enerji konusunda bir diğer dezavantaj ise atıkların saklanması ile ilişkindir. Nükleer atığın doğada kaybolabilmesi için binlerce yıl gerekmektedir ve bu atıkların çevreye zarar vermemesi için uzun yıllar boyunca dikkatli bir şekilde depolanması gerekmektedir (Kaya, 2012: 3). Bu depolama işlemi ise yüksek maliyet ve hassasiyet gerektirmektedir. Nükleer enerjinin yüksek verimle enerji üretileceği avantajının yanı

sıra dezavantajlarının büyük hasarlara yol açacağı göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artmaktadır.

1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Temiz enerji veya yeşil enerji olarak da bilinen yenilenebilir enerji, yeryüzünün var olduğu sürece var olmaya devam eden, üretilen enerji tükenene kadar kendini tekrar yenileyebilen ve gelecek nesilleri tehlikeye sokmayan bir enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynakları, daha az hammadde maliyeti gerektirmektedir (Gençoğlu, 2002). Fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımı sırasında açığa çıkan karbondioksit miktarının sera etkisine sebep olması, atmosfer sıcaklığını artırdığı için buzulların erimesine, tarım topraklarının kuraklaşmasına kısaca küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Fosil kaynaklar, bu olumsuz etkileri ve rezerv bakımından günden güne tükenecek olması gibi sebeplerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmektedir.

Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Kaynakları



Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerjisi, biyokütle enerjisi ve dalga enerjisi olarak sıralanabilir (Şekil 2).

1.4.1. Güneş Enerjisi

Dışa bağımlılığının olmaması, bedava ve sürekliliğinin olması, çevreye zarar vermemesi ve fosil yakıtların olumsuz etkilerini azaltmada bir alternatif olarak

geliştirilmesi bakımından güneş enerjisi, son yıllarda kullanım oranı giderek artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

Güneş enerjisinin dünya üzerindeki dağılımı dünyanın şekli nedeniyle bölgelere göre farklıdır. Yeryüzüne birim alanda birim zamanda gelen güneş enerjisi 0-1100 W/m² arasında değişmektedir. Ülkemiz ise dünya yüzeyine dağılan güneş enerjisi açısından orta zenginliktedir (DEK-TMK, 2007, 6). Güneş enerjisi, fosil yakıtlarda olduğu gibi kullanımı sırasında hava kirliliğine ve su kirliliğine neden olmaz ve kullanımı sonrasında atık oluşturmaz. İhtiyaç duyulduğu her bölgede bu enerjiden yararlanmak mümkündür. Uygulanması ve kurulumu için basit teknoloji yeterlidir. Enerji üretimi bakımından dışa bağımlılığı azaltan tamamen yerli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu avantajlarının yanı sıra; görüntü kirliliğine sebep olmak, birim alandan daha çok verim almak için büyük yüzeylere ihtiyaç duymak ve kış aylarında verimin azalması, geceleri ise güneş ısınımının hiç olmaması gibi sebeplerden dolayı güneş ısınımından faydalanan sistemin verimli çalışması için akümülatörlere ihtiyaç duyulması ve bunun da maliyetli olması gibi dezavantajları da mevcuttur.

Dünyada güneş enerjisini en çok 32.411 MW ile Almanya kullanmaktadır. Bunu 16.361 MW ile İtalya ve 8.300 MW ile Çin takip etmektedir (EPIA, 2012). Türkiye' de ise güneş enerji santral sayısı 673 olup bu santrallerin toplam kurulu gücü 505,9 MW'dır (www.enerji.gov.tr, 18.11.2016).

1.4.2. Hidrolik Enerji

Su gücü veya hidrolik güç olarak bilinen, potansiyel su enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi olarak da ifade edilen hidrolik enerji, suyun hızlı akışından veya düşmesinden elde edilen enerjinin çeşitli alanlarda kullanılmasıdır. Fosil kökenli enerji kaynakları gibi çevreye zarar vermediği için en temiz enerji kaynakları arasında sayılmaktadır. Ülkemiz teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin % 1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin % 16'sı kadardır (http://www.enerji.gov.tr, 19.11.2016). Hidrolik enerjinin ekonomik ömrü uzundur ve elde edilen verim debi alanına göre oldukça yüksektir. İlk olarak tarımsal alanların sulanmasında ve su ihtiyacının karşılanmasında kullanılan barajlar günümüzde daha çok hidrolik enerjinin üretimi için kullanılmaktadır. Üretilirken ve kullanılırken hiçbir atık madde bırakmadığı ve atmosfere zararlı gaz salınımı

yaymadığı için temiz, tamamen yerli kaynaklardan elde edildiği için ise dışa bağımlılığı olmayan bir enerji kaynağıdır.

Hidrolik enerjiden elde edilen elektrik depolanamadığı için üretimin sürekli olarak tüketime göre belirlenmesi, baraj yapımının doğal denge üzerindeki olumsuz etkileri ve debi kaynaklarının çok fazla değişken olmasından dolayı sürekli yedek bir debiye ihtiyaç duyulması gibi unsurlar hidrolik enerjinin avantajlarının yanında oluşan dezavantajlarıdır (Öztürk, 2008; 114).

1.4.3. Jeotermal Enerji

Yerkabuğunun derinliklerinde oluşan ısı tarafından elde eden enerji çeşididir. Jeotermal kaynaklar yoğun olarak aktif fay hatları, volkanik veya magmatik bölgelerin çevresinde bulunurlar. Yerkürenin iç ısını ifade eden jeotermal enerjinin 3 bileşeni vardır; bunlardan ilki ısının kaynağıdır. İkincisi ısıyı yer altından yüzeye taşıyan akışkan bir yapı ve üçüncü bileşeni ise suyun dolaşımını sağlamaya yeterli kayaç geçirgenliğidir (www.eie.gov.tr, 19.11.2016).

Jeotermal enerji kaynakları aşağıdaki tabloda ifade edildiği gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır.

Tablo 4: Dünyada Jeotermal Doğrudan Kullanım Alanları ve Oranları

Kullanıldığı Alan	Miktar (%)
Jeotermal Mahal Isıtması	80,4
Kaplıca-Sağlık	13,2
Sera Isıtması	3,1
Jeotermal Balıkçılık	1,3
Endüstriyel Kullanım	1,1
Soğutma, Kar Eritme	0,7
Diğer	0,1

Kaynak: www.jeotermalderneği.org.tr, 19.11.2016.

Jeotermalin doğrudan kullanım alanlarına bakıldığında ilk sırada jeotermal mahal ısıtması yer almakta bunu sırasıyla, kaplıca-sağlık ve sera ısıtması takip etmektedir.

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2016 yılı itibariyle 13,300 MW'dır. Yıllık elektrik miktarı yaklaşık 75 milyar kWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke: ABD, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda ve İtalya'dır. Elektrik dışı kullanım ise 70.328 MW'dır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve Almanya'dır (www.enerji.gov.tr, 04.14.2017). Dünya ülkelerinin 2050 yılı hedefi 250.000 MW kurulu güç elektrik üretimidir (www.jeotermalderneği.org.tr, 21.11.2016).

Jeotermal enerji sürdürülebilir yeni ve tamamen yerli bir enerji kaynağıdır. Elektrik üretiminde verimi oldukça yüksek oranlardadır. Bunlara rağmen jeotermal enerjiden elde edilen elektriğe verilen teşvikler azdır. Özel sektörün jeotermal ısıtma sistemi vb kurmasının önündeki hukuki engeller kaldırılmadığı ve bu alanda bir yasal düzenleme yapılmadığı için özel sektörden bu alana yapılan yatırım harcamaları asgari düzeyde kalmaktadır.

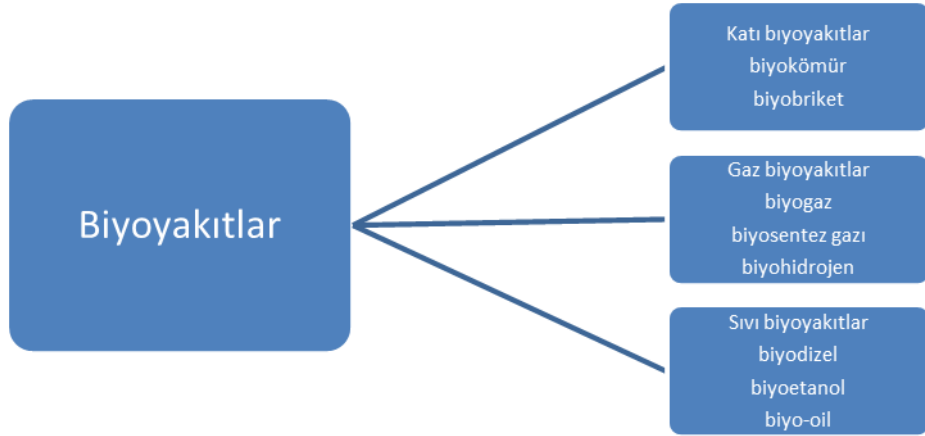
1.4.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi organik atıklardan (tarım, orman veya biyolojik malzemeler) oluşan, daha çok endüstriyel alanda yakıt elde etmek amacıyla kullanılan enerji çeşididir. Bu organik maddeler oksijenin olmadığı alanlarda parçalanarak oluşurlar.

Biyoyakıtlar oldukça yüksek verim ve potansiyele sahip olan alternatif enerji kaynakları arasındadır. Biyoyakıtlar katı, sıvı ve gaz olarak bulunabilirler. Şekil 3'de biyoyakıtların sınıflandırılması belirtilmektedir.

Fosil yakıtların kullanımları sırasında oluşan zararlı atıkların aksine, biyokütle enerjisinin kullanımında çevreye zarar verme gibi bir durum oluşmamaktadır. Biyokütle enerjisi, daha çok tarım potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde kullanılmaktadır

Şekil 3: Biyoyakıtların Sınıflandırılması



Kaynak: Karaosmanoğlu, 2007

Biyokütlenin hammaddesi olarak orman ürünleri, karbonhidratlar, bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, kentsel ve endüstriyel atıkların kullanıldığı düşünüldüğünde bu kaynaktan elde edilecek enerjinin potansiyelinin büyüklüğü ortaya çıkmaktadır.

Biyoyakıtlar ısı ve yakıt üretmek ve en önemlisi elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Şekil 3'de biyoyakıt sınıflandırması içerisinde bulunan ve kullanımı en yaygın olan biyoyakıt çeşidi biyodizeldir. Yağlı tohum bitkilerinden (kanola, ayçiçeği, soya, aspir vb) elde edilen yağların veya hayvansal yağların metanol veya etanol ile ayrıştırılmasıyla ortaya çıkan biyodizel, ekonomik bakımdan uygun ve çevre dostu bir yakıttır (Karaosmanoğlu, 2007). Dünya genelinde başta Brezilya ve ABD olmak üzere, 20'den fazla ülke fosil yakıt bağımlılığını azaltmak için biyodizelden yararlanmaktadır (Akova, 2008: 172).

Biyodizelden sonra kullanım alanı en geniş bir diğer biyoyakıt ise, organizmaların oksijensiz alanda bakteriler aracılığıyla karbondioksit ve metan gazına dönüştürülerek oluşturulan biyogazdır (Karaosmanoğlu, 2007). Biyogaz kullanıldığı kaynağa göre değişken bir yapıya sahip olduğu için kimyasal yapısında belirli bir standart bulunmamaktadır ve ayrıca santrallerde elektrik üretiminde hammadde ve araçlarda motor yakıtı olarak kullanılmasının yanı sıra doğrudan yakıt olarak da kullanılabilir (Akova, 2008: 162). Biyogazın kullanımı sırasında oldukça az miktarda sera gazının açığa çıkmasından dolayı atmosfere verdiği zarar fosil yakıtlara oranla oldukça düşüktür.

Biyoyakıtların içerisinde en çok kullanım alanına sahip bir diğer yakıt türü ise etanoldür. Etanolün içinde şeker kamışı, şeker pancarı, patates, mısır vb enerji bitkileri ve tarımsal içerikli belediye atıkları bulunmaktadır. En çok etanol üreten ülkelerin başında ABD gelmekte ve bunu sırasıyla Brezilya, Çin ve Fransa takip etmektedir (TÇV, 2006: 144). Brezilya'da bulunan araçların yarısında benzinle karıştırılmış etanol kullanılması bu biyoyakıtın kullanılmasına ilişkin en güzel örneklerinden biridir.

Enerji alanında dışa bağımlılığı azaltması, çevre bilincinin artması, bu enerjinin hemen hemen her yerde var olması, depolanabilmesi ve fosil yakıtlar gibi sera etkisine sebep olmaması gibi sebeplerden dolayı, ülkelerin enerji üretiminde biyoyakıt kullanım oranlarını artırmaları bu enerji kaynağının gelişmesine katkı sağlamıştır.

1.4.5. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi dünyanın farklı ısınmasından kaynaklanan rüzgarın deniz veya okyanus yüzeyindeki hareketinden üretilen enerji çeşididir. Dünya yüzeyinin % 75'inin sularla kaplı olduğu düşünüldüğünde dalga enerjisinin potansiyelinin ne kadar çok olduğu ortaya çıkmaktadır. Dalga enerjisi fosil yakıtların aksine çevre dostudur ve asla tükenmezler. Kıyı kesimlerinin nüfusunun yoğun olduğu düşünüldüğünde bu enerjiden elde edilecek elektriğin bu bölgelerde kullanılabilmesi kolayca öngörülebilmektedir. Dalga enerjisi temiz içme suyu elde etmek için de kullanılır. Mekanizması sayesinde tuzlu suyu tatlı suya çevirebilmektedir. Bunun için en güzel örnek, Türkiye'nin KKTC'ye gönderdiği, dünyada bir ilk olan askılı boru sistemiyle deniz geçilerek su aktarılan KKTC su temin projesidir (<http://www.dsi.gov.tr/projeler/kktc-su-temin-projesi>, 27 Aralık 2016).

Dalga enerjisinin bu kadar avantajının yanında bir takım dezavantajları da mevcuttur. Her dalganın boyunun eşit olmaması sebebiyle her dalga için ayrı bir proje yapmak gerekmektedir. Yani standart bir dalga üretim projesi mevcut değildir. Konumu itibarıyla her bölge için uygun değildir. Daha çok üretildiği bölgeler bu enerjiyi kullanabilmektedir. Dalga enerjisi üretmek için kurulan sistemler deniz tabanını rahatsız ettiği için orada yaşayan canlıların yer değiştirmesine neden olmaktadır. Son olarak ise dalga enerjisi jeneratörleri bulundukları okyanus veya deniz yüzeyinde görüntü kirliliğine sebebiyet vermektedirler. Tüm bu

olumsuzluklara rağmen fosil yakıtların olumsuz etkileri göz önüne alındığında yenilenebilir bir enerji kaynağı olan dalga enerjisinin yol açtığı zararlar daha masumdur ve gelişen teknoloji sayesinde yüksek verim ve minimum zarar ortaya çıkabilecektir.

1.4.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz kokusuz ve havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır (www.eie.gov.tr, 21.11.2016). Hidrojen diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında en yüksek verime (birim kütle başına) sahiptir. Hidrojenden elde edilen enerji çeşitli yollarla elde edildiği gibi güneş, rüzgar vb enerji kaynaklarıyla beraber de üretilmektedir. Üretimi ve kullanılması sırasında açığa çıkan tek şey su ve su buharı olduğu için çevreye zararlı hiçbir gaz salınımı yapmaz (Öztürk, 2008: 338). Hidrojen, hafif bir element olmasından dolayı hızlı dağılma özelliğine sahiptir. Olası bir tehlike durumunda diğer yanıcı gazlar gibi tehlike yaratmamakta kolayca dağılmaktadır.

İlk olarak 20. yy'ın ortalarında büyük çaplı nükleer elektrik üretme kapasitesinin kabul edilmesinde yardımcı madde olarak kullanılmış ve küresel ısınma ile ilgili çevresel kaygılar ve sürdürülebilir kalkınmaya olan istek, hidrojenin özellikle yakıt olarak kullanılmasını ortaya çıkarmıştır. Yenilenebilir kaynaklar arasında sayılan hidrojenin en büyük dezavantajı enerji üretiminde fosil yakıtlara göre daha pahalı olmasıdır. Bununla beraber hafif bir elemen olduğu için depolanma sorunu ortaya çıkmakta bunun giderilmesi ise yüksek maliyet gerektirmektedir. Diğer bir dezavantajı ise, hidrojenin günümüzde kullanılan en ekonomik üretim yönteminin içerisinde fosil yakıtlardan buharla reaksiyon yöntemidir. Fakat bu üretim yöntemi fosil yakıtlara olan bağımlılığı artırmakta ve çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir (İskender, 2007: 120).

1.4.7. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi kaynağını güneşten alan temiz, yerli, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Rüzgar, güneşin yeryüzünü farklı ısıtmasından dolayı oluşan basınç ve hava akımının yer değiştirmesiyle oluşur. Rüzgar enerjisinin hammaddesi tamamen yerlidir ve bu durum dışa bağımlılığı ortadan kaldırmakta bir etkidir. Kaynağı

atmosferde sonsuz olarak bulunduğu için rezerv sıkıntısı olmamakta ve bundan dolayı fiyat artışı gibi riskler taşımamaktadır.

Fosil yakıtların olumsuz etkileri uzun süre bilinmemesinden dolayı, enerji üretiminde rüzgar enerjisi 1973 yılında yaşanan petrol krizine kadar geri planda kalmıştır. Petrol krizinin enerji üretim maliyetlerini artırmasıyla beraber rüzgar türbinlerinin gelişimi de hızlanmıştır (İskender, 2007: 85).

Rüzgar enerjisinin elde edilmesi için kurulan türbinlerin bakım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür ve bu durum rüzgar enerjisini cazip hale getirmektedir. Rüzgar enerjisi üretilirken atmosfere zararlı gaz salınımı olmadığı gibi atmosferde oksijen tasarrufu da sağlanmaktadır. Kurulumu için basit teknolojinin yeterli olduğu rüzgar enerjisinin diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında dezavantajları da oldukça azdır. Bu dezavantajlardan en büyüğü görüntü kirliliği ve rüzgar türbininin çevreye yaydığı ses ve titreşimdir ve bunları en aza indirmek gelişen teknoloji ile her geçen gün daha da mümkün hale gelmektedir.

1.5. Sürdürülebilir Kalkınma

Ekonomik büyüme, sanayileşme, nüfusun artması ve fosil kökenli enerji kaynaklarının rezervlerinin sınırlı olması ve bu enerji kaynaklarının gelecek nesiller için yaşam kalitesini düşürücü etki yapması nedeni ile dikkatler yenilenebilir enerji kaynaklarına çekilmektedir. Sürdürülebilirliğin sağlanması ve daha kaliteli bir ekosistem için alternatif enerji kaynakları hiç kuşkusuz büyük önem arz etmektedir. Bu bölümde sürdürülebilir kalkınma kavramı tanımlanacak ve yenilenebilir enerji ile arasındaki ilişkinin boyutu ele alınacaktır.

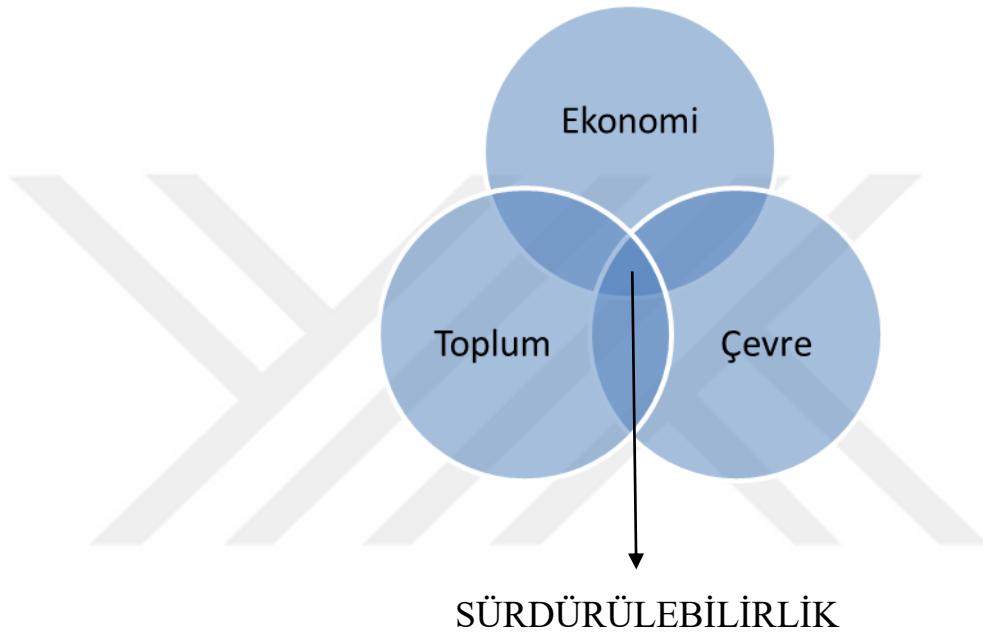
1.5.1. Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı

Günümüzde hızla tükenmekte olan doğal kaynakların varlığı ve bu kaynakların yeryüzüne verdiği zararlardan dolayı gelecek nesilleri tehlikeye sokması sürdürülebilir kalkınma kavramının önemini ortaya koymaktadır. Bir yandan doğal kaynakların tükenme tehlikesi diğer yandan artan nüfus, çevre kirliliği ve enerji kullanımı sırasında dışa bağımlılığın günden güne artması dünya ülkelerini yeni bir arayış içine sokmuştur. Bu arayışın sonunda, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını göz ardı etmeden doğal kaynakların daha makul bir şekilde kullanılmasını öngören bir kavram olan sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilir kalkınma kavramını Hart (1999), ekonominin toplum içinde var olduğu, toplumun ise çevrenin içinde yer aldığı bir kavram olarak ifade etmiştir. Şekil 4'de sürdürülebilirliği oluşturan 3 temel bileşen; ekonomi, çevre ve toplumun birbiriyle ilişkisi şematik olarak gösterilmiştir.

Hart (1999)'a göre sürdürülebilir bir kalkınmanın yolu bu üç bileşenin bir bütün olarak ele alınmasından geçmektedir.

Şekil 4: Sürdürülebilirliği Oluşturan Ekonomi, Çevre ve Toplum Bileşeni



Kaynak: Seydioğulları, 2013.

Sanayi devrimiyle birlikte artan üretim miktarı ve buna paralel bir şekilde nüfusun artması doğal kaynakların kullanımında oluşan çevresel problemleri beraberinde getirmiştir. Bu durum 1970'li yıllara kadar uygulanan büyüme stratejilerinde göz ardı edilmiştir. Klasik iktisatçıların uyguladıkları ekonomi politikalarında çevresel problemler yok sayılmıştır. İkinci dünya savaşıyla beraber işsizliğin azaltılması, enflasyonun kontrol altına alınması gibi konuları benimsemiş olan Keynesyen iktisatçılar ise üretimin ve ekonomik kalkınmanın hızlı bir şekilde artmasını amaçlamışlardır (Dulupçu, 2001). Bu yıllarda dünya üretimi eskisine göre artış göstermiştir fakat bu artış çevresel tahribatı, doğal kaynakların tükenmesini, biyolojik çeşitlilikteki azalmayı ve iklimsel değişiklik gibi bir takım problemleri de beraberinde getirmiştir (Masca, 2009). Bu problemlerin küresel boyutta farkındalık yaratması 1972 yılında “Büyümenin Sınırları” adlı raporun Roma Klubü tarafından

oluşturulmasına zemin hazırlamıştır (Yıkılmaz, 2011: 12). Yine aynı yıllarda Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı (United Nations Environment Programme-UNEP) kurulmuştur. Bu konferans, kuşaklar arası doğal kaynak kullanımının dengelenmesi amacıyla sürdürülebilirlik kavramını tekrar gündeme getirmiştir. Sözü geçen konferans çerçevesinde, çevresel sorunlar önceden tahmin edilip bu sorunların önlenmesine dayanan bir strateji benimsenmiştir (Özer, 1995: 22).

1987 yılına kadar yayınlanan raporlarda üretimin oluşturduğu doğal tahribat giderilmeye çalışılmış fakat tam manasıyla uygulamaya geçirilememiştir. 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya ve Çevre Komisyonunca (World Commission on Environment and Development-WCED) hazırlanan Ortak Geleceğimiz Raporu (Burthland Raporu), sürdürülebilir kalkınma kavramını daha geniş bir şekilde açıklamış ve bu kavramın yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Tablo 5'de sürdürülebilir kalkınma için uluslararası platformlarda atılan adımları göstermektedir.

Tablo 5: Sürdürülebilir Kalkınma İçin Uluslararası Platformlarda Atılan Adımlar

1972	Stockholm Konferansı
1987	Ortak Geleceğimiz Raporu
1992	Rio Zirvesi
1996	Habitat II Zirvesi
1997	Rio +5 Zirvesi
2002	Johannesburg Zirvesi
2006	AB 6. Çerçeve Programı
2010	V. Dünya Kentsel Forumu
2012	Rio +20 Zirvesi

Kaynak: Seydioğulları, 2013 .

WCED (1987)'a göre sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama imkanlarını azaltmadan, şimdiki neslin mevcut ihtiyaçlarını karşılama sürecini ifade etmektedir.

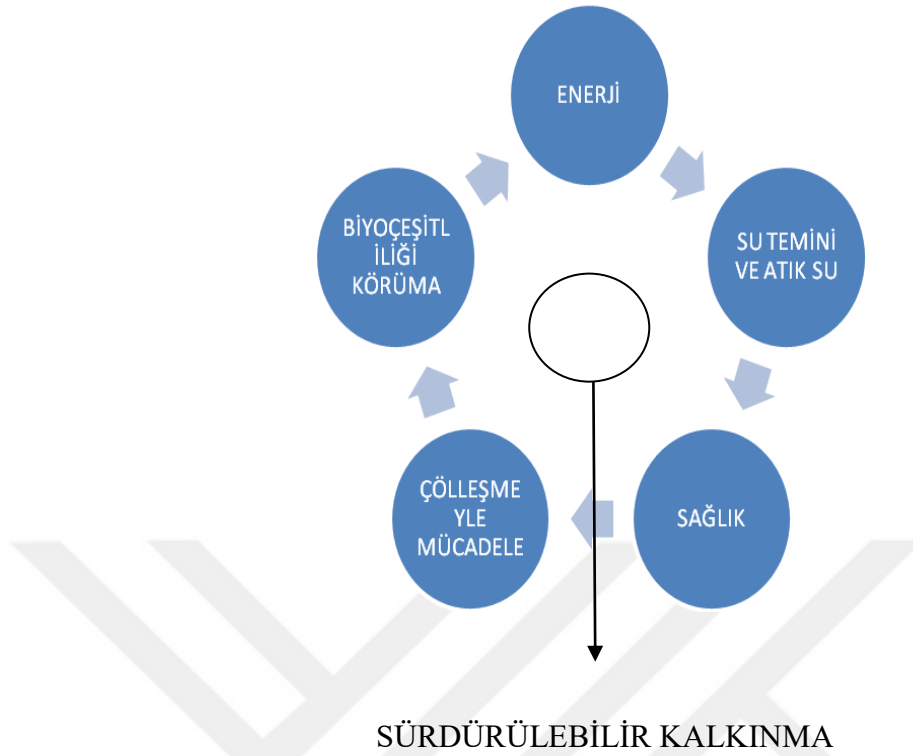
1992 yılında oluşturulan Rio Zirvesinde, 1972'de kabul edilen BM Stockholm Çevre Konferasyonu Deklarasyonu'nun hayata geçirilmesi kabul edilmiştir. Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok ülkenin başkanları tarafından imzalanan deklarasyonda, daha kaliteli bir çevre için ülkelerin sürdürülebilirlikten uzak bütün uyguladıkları politikaların azaltılması ve uluslararası bir çabayla dünya kaynaklarının tasarruflu kullanımının teşvik edilmesi gibi konuların önemi vurgulanmıştır (Özmehmet, 2010: 8).

1996 yılında İstanbul'da toplanan Habitat II Zirvesinde ise BM sözleşmesinden esinlenilmiş ve kentleşmenin hızla arttığı bir dünyada herkes için yeterli barınma ve konut sağlanması ve sürdürülebilirliğin bu yönde gelişmesi üzerinde müzakerelerde bulunulmuştur. Rio+5 Zirvesi ise 1992 yılında toplanan Rio Zirvesini takiben, 1992 yılından itibaren ilk 5 yılda alınan kararların ne kadarının uygulamaya geçtiğini araştırmak için 1997 yılında New York'ta toplanmıştır. Bu zirveden ortaya çıkan sonuç ise, 1992 yılında alınan kararların yeterince uygulamaya geçirilemediği ve daha somut planların uygulanması gerektiği olmuştur (Seydioğulları, 2013).

2002 yılında oluşturulan ve ülkemizin de içinde bulunduğu Johannesburg Zirvesi toplanmış ve sürdürülebilir kalkınma için beş alana öncelik verilmesinin gerekliliği savunulmuştur. Bu 5 alan Şekil 5'de gösterilmiştir.

Yenilenebilir enerjiye geçiş bakımından bu zirvede somut bir sonuç çıkmamış fakat ülkeler, yeşil enerjiyi benimseyen ve sürdürülebilir bir kalkınmayla tutarlı olmayan gelişim projelerini desteklememek konusunda taahhütlerde bulunmuşlardır.

Şekil 5: Johannesburg Sürdürülebilirlik Zirvesi



Kaynak: Seydioğulları, 2013 .

2006 yılında toplanan AB 6. Çerçeve Programı ise, dünyanın 7 değişik ülkesinden (Almanya, Avusturya, Fransa, Finlandiya, İtalya, İspanya ve Türkiye) oluşturulan bir konsorsiyumla Avrupa'nın orta ve büyük ölçekli işletmelerinin üretimlerinde "yeniden kullanılabilirlik" kavramın teşvik etmek üzere toplanmıştır. Son olarak, 2012 yılında toplanan Rio+20 Zirvesinde ise sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğun azaltılması çerçevesinde, yeşil ekonomi ve sürdürülebilir kalkınmanın kurumsal çerçevesi tartışılmıştır. Zirvenin amacı, hem uzmanların hem de kamuoyunun sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi konusundaki bilgilerinin artırılması ve bu konuda kamuoyu farkındalığının sağlanması olmuştur.

Sürdürülebilir kalkınma ile yakından ilişkili olan sürdürülebilir enerji ise; fosil yakıtların çevreye verdiği zararı önleyerek çevre kirliliği oluşturmeyen, kendini sürekli yenileyen temiz enerji kaynaklarının kullanılmasını, atık biçimde ortaya çıkan enerji girdilerinin tekrar kullanılmasını sağlayan ve bunu temiz teknolojilerle yüksek enerji üretimi sağlayarak ekonomik büyüme ve kalkınmayla da içselleştiren bir kavramdır (Selici, Utku ve İlten, 2006: 3). Günümüzde uygulanan iktisadi kalkınma modellerinin neredeyse tümünde ne nitelikli bir çevre ne de doğal kaynakların aşırı kullanımı sorunu göz önüne alınmıştır (Gürlük, 2001). Oysa kaliteli çevreyi ve beşeri

sermayeyi göz önüne alan, uzun vadeli optimum kaynak kullanımını hedefleyen tek kalkınma modeli olarak ifade edilen sürdürülebilir kalkınma, iktisat literatüründe son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (Beyhan, 2008: 12).

Enerji, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, toplumsal ve çevresel boyutları açısından önem arz eden ve bu boyutların kullanımını kuşaklar arasında daha dengeli bir şekilde ortaya çıkaran temel yapı taşlarından biridir.

Enerji kaynakları, yenilenebilir (alternatif) ve yenilenemeyen (fosil) enerji kaynakları olarak ifade edilirler. Enerji üretiminde son derece büyük öneme sahip olan yenilenemeyen fosil kökenli enerji kaynakları doğal dengeyi bozarak canlı yaşamını olumsuz etkilediği için sürdürülebilir kalkınma kavramına ters bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Nüfusun artması, hızlı sanayileşme, yakıt fiyatlarındaki artış, ekonomik darboğaz, işsizlik, dışa bağımlılık, çevre kirliliği ve enerjinin geri kazanılamaması gibi olumsuz faktörler sürdürülebilir kalkınma açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Oskay, 2014).

Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir enerji çerçevesinde, birincil enerji kaynaklarına alternatif olabilecek, doğal dengeye zararı olmayan ve çevre kirliliği yaratmayan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde teknolojisi hızla gelişen enerji kaynağı rüzgar enerjisidir (Yılmaz ve Kösem, 2011: 16). Teknolojik gelişimi hızlı, türbin inşası kısa sürede gerçekleştirilen ve yeryüzünde sonsuz olarak bulunan bir enerji kaynağı olarak rüzgar, sürdürülebilir kalkınma üzerinde önemli etkiye sahiptir (Koçaslan, 2010: 57).

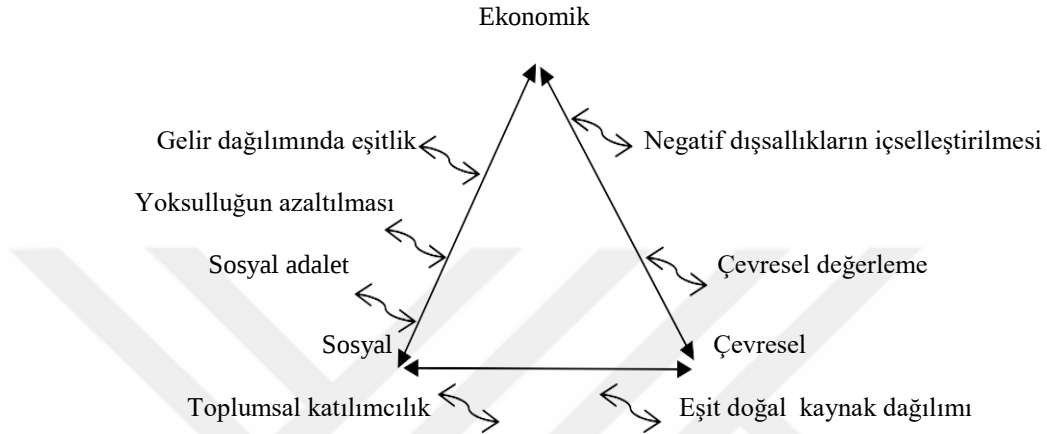
1.5.2. Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya atıldığından bu yana farklı alanlar tarafından farklı görüşler ortaya atılarak tanımlanmıştır. Tanımlar çoğunlukla tanım sahiplerinin çalıştığı alanlarla ilgili olarak yapılmıştır. Bu konudaki en geniş tanımlardan bir tanesi Munasinghe (2001) tarafından yapılmış ve sürdürülebilir kalkınmanın iktisadi (ekonomik), çevresel ve sosyal boyutlarıyla bir bütün olarak ele alınması gerektiğini ifade etmiştir.

Munasinghe (2001) tarafından Şekil 6'deki gibi incelenen yaklaşımına göre, sürdürülebilir kalkınmanın temel öğeleri ve bu öğeler arasındaki ilişkiler görülmektedir. Üçgenin köşeleri sürdürülebilir kalkınmanın temel öğelerini ifade edip, kendine has hedefleri bulunmaktadır. Ekonomi, insan refahını en üst düzeye

çıkarmak için mal ve hizmetlerin tüketilmesi arasındaki ilişkiyi ifade ederken sosyal alan, insan ilişkilerinin güçlendirilmesi, beşeri sermaye ve insanların hedeflerine ulaşmasının önündeki engelleri kaldırmasını ifade etmektedir. Çevresel alan ise, ekosistemin bozulmamasını, canlı yaşamının tehlike oluşturmaktan devamının sağlanmasını ifade etmektedir (Munasinghe, 2009: 34-35).

Şekil 6: Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları



Kaynak: Munasinghe, (2009) .

Sürdürülebilir kalkınmanın bileşenleri ekonomik, sosyal ve çevresel boyut olarak aşağıda ifade edilmektedir.

1. *Ekonomik Boyut:* Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu, sonsuz olan ihtiyaçların sınırlı kaynaklarla karşılanmasını ifade etmektedir. Bir sistemin ekonomik olarak sürdürülebilir olması demek, mal ve hizmetlerin süregelen şekilde üretilmesi, iç ve dış borçların yönetilebilecek düzeyde olması, tarımsal ve endüstriyel üretime zararlı olan sektörlerin üretimden uzak tutulması demektir (Norton ve Toman, 1997).

Hamilton (2006)'da belirtildiği gibi sürdürülebilir kalkınma kavramının ekonomik boyutunda temel dayanak noktası Hicksgil gelir tanımıdır. Hicks, geliri bir kişi ya da ulusun belirli zaman diliminde tüketebileceği ve o zaman diliminin sonunda refah bakımından başlangıçtaki kadar iyi durumda olacağı miktar olarak tanımlamaktadır (Hicks, 1946: 172). Buradan hareketle gelirin en yüksek sürdürülebilir tüketim olduğu söylenebilir. Sürdürülebilir tüketimin yolu ise tüketime konu olan malı ve hizmetleri sağlamak için gerekli sermaye birikiminin sağlanmasından geçmektedir. Sermaye birikiminin artmasıyla birlikte üretimde

verimlilik artacak ve böylece insan refahının sürdürülebilir biçimde artırılması sağlanacaktır. İktisadi açıdan sürdürülebilirlik konusuna kaynak dağılımında etkinlik, kıt kaynakların büyüme üzerine olan etkisi, teknolojik gelişme ve sermaye türlerinin ikame edilebilirliği ölçüsünde yaklaşmıştır (Yeni, 2014).

2. *Sosyal Boyut*: Sosyal sürdürülebilirlik insan odaklı bir kavramdır. Sosyal hizmetlerin ne derece yeterli olduğu, cinsiyet eşitliği, eğitim şartlarının kalitesi, sağlık hizmetlerinin ülkenin her yerine dağılabilmesi bu kavramın içeriğini ifade etmektedir.

1990'lı yıllarda dünyada yoksulluk ve sosyo-ekonomik konuların yanı sıra toplumsal eşitlik, demokrasi, katılımcılık ve toplumun siyasi haklar bakımından güçlendirilmesi vb konularında ortaya çıkması sürdürülebilirliğin sosyal boyutunun da bulunduğunu gözler önüne sermiştir (Wise, 2001).

Benzer özellikteki ülkelerin benzer beşeri ve fiziksel sermayeye sahip olmalarına karşın ekonomik büyüme ve kalkınma bakımından farklılıklar göstermeleri iktisadi ve çevresel etkenler ile açıklanamamakta ve bu etkenler ortaya çıkan sonuçları ifade etmede yetersiz kalmaktadır. Sistemin eksik kalan boyutunu, ekonomik kalkınma ve büyüme üzerinde etkili olan, toplumun birbiri ile olan ilişkisini ve örgütlenme biçimini ifade eden sosyal boyut tamamlamaktadır (World Bank, 1997,1999).

Yeni'nin Blewitt'den (2015: 101) aktardığı üzere, doğa ve toplum arasında doğrudan bir ilişki bulunmakta ve sosyal sürdürülebilirliğin çevresel sürdürülebilirliğe bağlı olduğu her geçen gün daha fazla ortaya çıkmaktadır. Doğanın insan eliyle tahrip edilmesi, onun gıda ve hammadde sağlama kapasitesini zayıflatması devam ettiği sürece toplumsal ilişkiler zayıflayacak ve toplumun üzerinde kendi gereksinimlerinin karşılanmayacağı baskısı ortaya çıkacaktır. Bu baskı kamu düzenini bozacak ve toplumsal çatışmalara yol açacaktır (Cook, 2004).

Toplumun kendi ihtiyaçlarını karşılamakta zorluğa düştüğü ve ihtiyaçlarını karşılamakta kullandığı alanın günden güne azalmasının sonucu olarak sürdürülemez kalkınma ortaya çıkabilecek ve yoksulluk başta olmak üzere toplum birçok sosyal olumsuzluk ile karşı karşıya kalabilecektir. Toplumun içinde bulunduğu bu olumsuz durum çevresel bozulmayı daha artıracaktır.

Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu ile ilişkili olduğu bir diğer kavram da sosyal sermaye kavramıdır. Sosyal sermaye kavramı iktisadi ve sosyolojik açıdan ele alınmaktadır. İktisadi açıdan sosyal sermaye, güven ve karşılıklı davranış kalıplarının bulunduğu topluluklara bağlı kişilerin yaptıkları işlerde başarı şansının diğerlerine göre daha yüksek olduğunu ifade eden faydacılık öğretisini açıklamaktadır. Sosyolojik olarak sosyal sermaye ise uyumlu ve birbiriyle kaynaşmış bir toplumu ifade etmektedir. Kısacası toplumun birbirine olan bağlılığına dayanan sosyal sermaye sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde toplumsal işbirliğini öne çıkarmaktadır (Markandya vd., 2002: 24,25).

3. *Çevresel Boyut*: Çevresel bir sürdürülebilirlik, yenilenebilir kaynak kullanımını işaret eden, ekosisteme verilen zararı en aza indirmeyi hedefleyen, çevresel yatırım fonksiyonlarının istismarından kaçınmalı ve yenilenemeyen kaynakların yatırımlarla telafi edilmiş kısmı bu yatırım fonksiyonlarınca kullanılması gerektiğini ifade etmektedir (Porrit, 2005). Ekonomik sürdürülebilirliğin aksine, çevresel sürdürülebilirlik ekonominin var olmasını sağlayan insan yaşamının devam etmesi için gerekli olan doğal çevrenin kalitesinin azalmamasına ve onun gelecek kuşaklar için tehdit oluşturmamasına odaklanmaktadır.

Yeryüzünde yaşamın devam etmesi için gerekli olan gıda, barınma, uygun iklim koşullarını içinde bulunduran doğal çevrenin kalitesi, sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir. Hiçbir canlı türünün tek başına yeryüzünde var olması mümkün değildir ve her bir canlı türü ekosistemin bir parçası halindedir. Bu sebepten dolayı ekosistemin bir bölümüne verilen zarar ekosistemin diğer parçalarını da etkilemektedir.

Dünya üzerinde yaşamın var olması ve devamı için canlıların birbiriyle rekabet etmesi veya ortak işbirliği yapması gerekmektedir fakat, bunu yaparken doğal dengeye en çok zarar veren canlı türü insandır. İnsan, içinde bulunduğu ekosistemi yok etmek pahasına onu egemenliğine almaya çalışması ekosisteme geri dönülemez zararlar vermektedir ve bunun sonucunda sürdürülebilir bir çevre olgusu önemini yitirmektedir.

İnsanların varoluşundan bu yana en büyük amacı gıda, barınma, giyecek ve enerji gibi bir takım maddi olgular olmuştur (Yeni, 2014). Bunu da içinde bulunduğu ekosistemden sağlamanın çeşitli yollarını bulmuştur. Bu açıdan en büyük

sorun, az önce bahsedilen maddi istekler ile yeryüzünün bu talepler sonucu oluşan baskılara dayanma gücü arasındaki dengeyi kuramamak olmaktadır (Ponting, 2008).

Sanayi devriminin ortaya çıkmasıyla beraber üretimdeki artış enerji kaynaklarına olan talebi artırmış ve bu talep yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Giderek artan sanayileşme, tarımın da yol açtığı çevresel bozulmalara yenilerini eklemiş hava, su, ve toprakta kirlilik, ekosistemde bulunan canlı çeşitliliğinde azalma, çölleşe vb sorunlara yol açmıştır (Childe, 1951/1983; Gowdy ve McDaniel, 1995; Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2009; Ponting, 2008).

Tüm bu gelişmelerden de anlaşılacağı üzere insanoğlunun çevreye verdiği zarar, çevrenin kendini yenileme hızından daha büyüktür. Çevresel esneklik kavramı olarak ifade edilen, ekosistemde meydana gelen olumsuz değişimleri absorbe ederek popülasyonlar arasındaki ilişkileri bozulmadan sürdürülebilirlik yeteneği, ekosistemin ne oranda kendini yenileyebildiğini göstermektedir (Gunderson, 2000; Holling, 1973). Çevresel esneklik kavramı, toplumların ekosistemi kullanırken ortaya çıkan zararlarına karşı ekosistemin ne derece dayanıklı olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Bu bakımdan çevresel esnekliğin azalması istenilen bir durum değildir.

Ekosistemin mevcut dengesinden bir diğer dengeye geçmesiyle beraber, oluşan ani değişimlerden dolayı biyolojik çeşitliliğin azalması ve verimliliğin düşmesi insanoğlunun yaşamını destekleme kapasitesini azaltmaktadır ve geri dönüşümü zor olan değişimler gelecekle ilgili belirsizlikleri artıracaktır. Bu sebepten dolayı sürdürülebilir bir ekonomik sistem ve çevre için çevresel esneklik katsayısının sabitlenmesi büyük önem taşımaktadır.

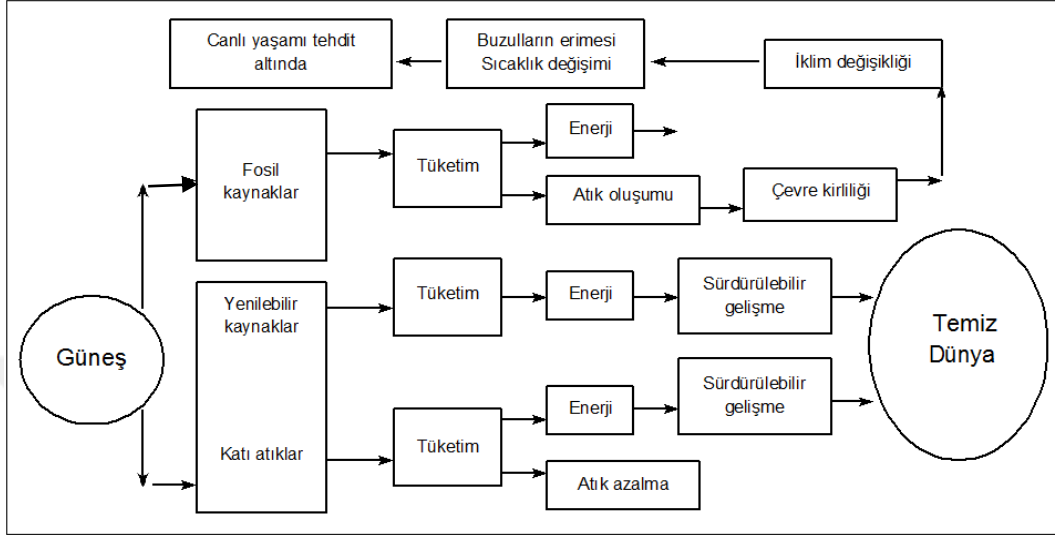
1.5.3. Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Arasındaki İlişkiler

Kalkınmanın sürdürülebilirliğinin sağlanması için, bu amaca hizmet eden iktisat politikalarını hem sosyal politikalarla hem de çevresel politikalarla bir bütün olarak ele almak gerekmektedir. Enerji ise sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde sosyal, iktisadi ve çevresel politikaların temelini oluşturan bir unsurdur. Enerji arzı ve talebini oluştururken doğru iktisadi politikaların uygulanmasının yanında çevresel zararların ve sosyal maliyetlerin en aza indirilmesi gerekmektedir (Koçaslan, 2010).

Çevrenin kalitesinin artırılmasını ve gelecek nesiller için çevresel yaşam standardının şimdikinden daha kötü olmamasını hedefleyen bir politika içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı büyük önem arz etmektedir. Fosil

kökenli enerji kaynaklarının kullanılmasıyla oluşan çevresel tahribat böyle bir uygulamanın gerçekleştirilmesiyle de sürdürülebilir kalkınmanın amacına hizmet etmiş olmaktadır.

Şekil 7: Enerji Kaynakları Kullanımı, Çevresel Etki ve Sürdürülebilirlik



Kaynak: Selici, Utlu ve İlten, 2005.

Sanayi devriminin ortaya çıkmasıyla teknolojiadaki gelişim ve üretimin artması enerjiyi eskisinden daha önemli bir unsur haline getirmiştir (Koçarslan, 2010). Özellikle son yıllarda nüfusun hızla artması, tüketimin yaygınlaşması, kentleşmedeki artış nedeniyle enerjiye olan ihtiyacı artırmış ve bu durum fosil kökenli enerji kaynaklarının günden güne tükenmesine ve buna paralel olarak çevre kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır.

Çevre sorunlarının büyük bir bölümü sanayide, ısınmada, ulaşım ve özellikle elektrik üretiminde fosil yakıtların kullanımından ileri gelmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi fosil kaynakların çıkarılmasından taşınmasına ve kullanılmasına kadar geçen her süreçte bir takım sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bunları hava kirliliği, çevre kirliliği, bir takım sağlık sorunları, küresel ısınma, endüstriyel ve nükleer atıkların oluşturulması ve bu atıkların uzun yıllar boyunca saklanması gereği, yakıt fiyatlarındaki sürekli artışlar, büyük çaplı işsizlik ve nihayetinde savaşlar olarak sıralayabiliriz (Yaman, 2009).

Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirlik açısından önem kazanmasının bir sebebi de, 90'lı yıllarda gelişen çevre bilinci olmuştur. Bu bilinç, geleneksel yöntemlerle üretilen ve tüketilen enerjinin, çevreye olan olumsuz etkilerinin yerel

olmaktan çok küresel bir boyuta ulaşmasının fark edilmesiyle yerini temiz enerji diye adlandırılan yenilenebilir enerjiye bırakmasına zemin hazırlamıştır (Çağlar, 2012:1). Dünyanın karşı karşıya kaldığı önemli problemlerden olan sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği sorunu konunun önemini ortaya koymaktadır.

Dünyadaki fosil yakıt rezervinin 20.yüzyılın ortalarından itibaren tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalması ve bu kaynakların dünyanın sadece belirli bölümlerinde var olması sebebiyle, ekonomik çıkar çatışmalarının yaşanmaya başlanması, diğer taraftan da küresel ısınma tehdidiyle karşı karşıya gelinmesi dikkatleri yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına çevirmiştir (yesap.metu.edu.tr, 20.12.2016).

Yenilenebilir enerji, fosil kökenli enerji kaynakları gibi rezervlerle sınırlı olmaması, sürekli ve sürdürülebilir olmaları gibi özelliklerinden dolayı; çevre ve maliyet konusunda daha iyi bir noktaya ulaşmakta tercih edilmektedirler. Çevresel açıdan küresel ısınma boyutunda azalmaya neden olmaları, ekonomik açıdan ise dışa bağımlılığı azaltarak GSYİH üzerinde olumlu etkiler yarattıkları için sürdürülebilir kalkınmanın amacına hizmet etmektedirler.

Özellikle enerji verimliliğinde düşüşe neden olan CO₂ emisyonu sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesini enerji verimliliğini düşürerek geciktirmektedir. Bu aşamada enerji verimliliğinin artışı ise enerjide sağlanan tasarrufla doğru orantılı ilerlemektedir. Bu açıdan CO₂ emisyonunun azalışına yönelik politikaların hız kazanması, sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir itici gücünü oluşturacaktır.

Enerjinin üretim şekli bir yandan çevresel sürdürülebilirliğin önemini ortaya koyarken, diğer yandan da ekonomik olarak enerji krizleri üzerinde etki yaratmaktadır. Üretimde yenilenebilir kaynakların kullanımı enerjide dışa olan bağımlılığı azaltmakla kalmamakta, enerji çeşitliliği sağlaması nedeniyle potansiyel riskler karşısında yaşanabilecek sorunları en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Böylece ülkelerin kendi kaynakları ile mevcut enerji üretimi gerçekleştirilirken gelecek nesillerin yaşam kalitesinden ödün verilmemiş bir şekilde sürdürülebilir kalkınma gerçekleşmiş olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artışı, ülke içinde ek istihdam olanaklarını da artırarak ülke içi tüketim ve üretim miktarında artışlara neden

olmaktadır. Özellikle bu alana yapılacak yatırımların ülke içindeki üretimle desteklenmesi hem ek bir ithal maliyeti gerektirmemekte hem de iş kollarında çeşitlilik sağlamaya yardımcı olmaktadır.

Az gelişmiş ülkelerdeki ekonomik sıkıntılar, burada yaşayanlar tarafından çevreyi, kendini yenileyebilme kapasitesinden daha hızlı bir şekilde tahrip etmeye zorlamaktadır ve yine bu ülkelerde hızlı nüfus artışı enerji kaynaklarına talebi artırmaktadır (Seydioğulları, 2013). Bu durumun yarattığı olumsuz sonuçları ortadan kaldırmak ve dünyanın her geçen gün artan enerji ihtiyacına karşılık yenilenebilir enerji kaynakları bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Şimdiye kadar yapılan açıklamalardan anlaşıldığı üzere fosil kökenli enerji kaynakları enerji üretimi açısından büyük öneme sahip olsalar bile oluşturdıkları olumsuz etkiler insanlık için büyük sorunlar meydana getirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yaygınlığı gün geçtikçe artan ve teknolojisi en hızlı gelişen enerji kaynağı olarak rüzgar enerjisi, sürdürülebilir kalkınmanın amacına hizmet etmesi bakımından önemli bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi temiz bir enerji kaynağı olduğundan, enerji üretimi sırasında atmosfere karbondioksit (CO₂) salınımı yapmadığı için, dünyanın en büyük problemlerinden biri olan küresel ısınma problemine karşı bir alternatiftir (Koçaslan, 2010). Rüzgar enerjisinin sonsuz oluşu sürdürülebilirliğin amacını gerçekleştirmedeki önemini ortaya koymaktadır.

Sera gazı salınımlarının azaltılması, enerjinin etkin kullanımı ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu, Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve bu amaç doğrultusunda yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gibi bir takım olgular sürdürülebilir bir enerjinin yapı taşlarını oluşturmaktadır (Altuntaşoğlu, 2009).

2. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİ ve POLİTİKALARI

Enerji, geçmişte olduğu gibi günümüzde de insan yaşamının devamı için vazgeçilmez bir unsurdur. Teknolojinin hızla ilerlemesi, insan ihtiyaçlarının günden güne artması ve ülkelerin bu ihtiyaçlara cevap verebilme kabiliyetinin temelinde yatan asıl unsurun enerji olması, bu kavramın insan hayatı için ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaya yeterlidir. Enerjinin insanoğlu için bu kadar önemli olduğu bir noktada, daha da önemli olan şey onun nasıl elde edildiğidir. Kaynağını yenilenebilir çevresel faktörlerden almayan enerji, kullanımı ve ortaya çıkarılması sırasında kontrolsüzce çevre tahribatına sebep olmakta ve gelecek nesillerin yaşam kalitesini onların elinden almaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı çerçevesinde uygulanan enerji politikaları, her şeyden önce gelecek kuşaklara yaşanabilir bir dünya bırakılması açısından önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımı yeşil enerji olmasının yanı sıra sağladığı istihdam olanakları ve yerli sanayinin gelişimine katkı yaparak dışa olan bağımlılığı azaltması gibi sebeplerden dolayı oldukça önem arz etmektedir. Rüzgar enerjisi ise, diğer alternatif enerji kaynakları içerisinde teknolojisi en hızlı gelişen, türbin inşası oldukça kısa sürede oluşturulan, hammadde maliyeti olmayan bir enerji kaynağı olması bakımından önemlidir. Bu bölümde rüzgar enerjisinin avantajlarına ve dezavantajlarına değinilerek, rüzgar enerjisinin diğer enerji kaynaklarından farkı ortaya konulacaktır.

2.1. Rüzgar Enerjisi Kavramı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının neredeyse hepsinin oluşumu güneşe dayanmaktadır. Yeryüzüne gelen güneş ışınlarının ise %1,5- 2'si rüzgar enerjisine dönüşür (Kısar, 2009). Rüzgar enerjisi, yeryüzü var olduğu müddetçe varlığını sürdürecektir bir enerji kaynağıdır. Güneşin yeryüzünü farklı ısıtmasının sonucu olarak, oluşan hava hareketleri rüzgarı oluşturmaktadır.

Rüzgar enerjisinden insanlık tarihinin başından beri çeşitli şekillerde yararlanılmıştır. İlk olarak M.Ö. 2800'lü yıllarda Mısırlılar kürek mahkumlarının gücüne ek olarak rüzgardan faydalanmışlardır. Hollanda'dan Amerika'ya dünya üzerinde birçok coğrafyada rüzgarın gücünden yararlanılmıştır (Baran, 2012: 6).

Günümüzde kullanılan rüzgar enerjisinden ise elektrik enerjisi üretilmektedir. Aslında rüzgar enerjisi, rüzgarı oluşturmaya yarayan hava akımının meydana getirdiği bir kinetik enerji çeşididir ve bu enerjinin içeriği Betz Teoremine göre, hızının küpü oranında değişir (Kısar, 2009). Yani rüzgarın hızı 3 katına çıkarsa rüzgardan elde edilecek enerji miktarı 27 katına çıkmaktadır.

Rüzgar enerjisi endüstri devriminde faydalanan bir enerji kaynağı olamamıştır fakat 1973-74 yıllarında meydana gelen petrol krizi enerjiye ihtiyacı olan ülkelere elektrik üretimi ve su iletimi için rüzgar teknolojisine olan ilgiyi artırmış ve bu konuda vergi indirimlerine gidilmiştir ve ayrıca bu konuda öncü olan bölge 1987'de Kalifornia olmuştur (Baran, 2012).

2.2. Rüzgar Enerjisinin Avantajları

Rüzgar enerjisi, bahçe aydınlatmasından soğutma sistemlerine, su depolama alanlarından taşımacılık sektörüne kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Tablo 6'da enerji kaynaklarının çevreye verdikleri etkiler yer almaktadır. Görüldüğü gibi fosil kökenli enerji kaynaklarının çevresel etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla oldukça fazladır. Rüzgar enerjisinin ise gürültü kirliliğinden başka çevreye bir olumsuz etkisinin bulunmadığı görülmektedir.

Tablo 6: Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkileri

	İklim Değişikliği	Asit Yağmuru	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	+	+	+	+	+	
Kömür	+	+	+	+	+	+
Doğalgaz	+	+	+		+	
Nükleer			+	+		+
Hidrolik	+					
Rüzgar					+	
Güneş						
Jeotermal			+	+		

Kaynak: Bayraç, 2011.

Rüzgar enerjisi sürekli bir enerji kaynağı olduğu için dışa bağımlılığı azaltan, yerli bir enerji kaynağıdır. Bu özelliğinden dolayı arz güvenliliğini sağlamaktadır (Mehel, 2009). Enerji arz güvenliği, yeterli miktardaki enerji kaynaklarına tutarlı fiyatlardan ve ulaşımında herhangi bir fiili tehdit bulunmadan ulaşılmalarını ifade etmektedir (Karaca ve Erdoğan, 2012). Yani enerji arz güvenliği, doğada atıl bulunan birçok yenilenebilir enerji kaynağını, fosil yakıtların çevreye verdiği zararı en aza indirecek şekilde çeşitlendirmek ve rezerv sıkıntısı olmadan enerji üretim potansiyelini gerçekleştirmek için atılan adımları ifade etmektedir.

Rüzgar enerjisinin ikinci bir avantajı ise, rüzgarın hiç bir etkiye maruz kalmadan direkt olarak kullanılmasından kaynaklı taşıma maliyetinin olmamasıdır (Yılmaz, 2000: 9). Bu durum rüzgar enerjisinin kullanılmasında hiç bir ara elemana ihtiyaç duymadan direkt rüzgar türbini ile sağlanmaktadır.

Her geçen gün teknolojinin gelişmesi yenilenebilir enerji kaynakları için oldukça önemli bir durumdur. Özellikle rüzgar enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, teknolojisi en hızlı gelişen enerji kaynağıdır. Bu sebepten her geçen gün kullanım alanı daha da genişlemekte ve daha çok teşvik sağlanmaktadır. Rüzgar var oldukça bu alanda yapılan çalışmalar da devam edecek ve daha da gelişecektir.

Rüzgar enerjisinin işletme maliyeti, diğer alternatif enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında en ekonomik olandır. Düzenli bakımları yapıldığı müddetçe 20 ile 30 yıl arasında kullanılabilirler (Mehel, 2009). Kurulum süresi oldukça kısa olan rüzgar türbinlerinin inşaatının başlamasından itibaren bir kaç ay içerisinde tamamlanması bu enerjinin uygulamaya geçilmesi için gereken zamandan tasarrufu sağlamaktadır. Bunların yanı sıra bir rüzgar santrali kendini 5 yıl gibi kısa vadede kendini amorte edebilmektedir. Bu durum güneş enerjisinde yaklaşık 10 yıl ve fosil kökenli enerji kaynaklarında ise 7-12 yıl arasında değişebilmektedir.

Lisanssız bir rüzgar türbini üretimini gerçekleştirmek için, kurulum dahil kw başına 1,3-1,7 dolar arası bir fiyat gerekmektedir. Bu fiyat rüzgar türbininin kuvvetine göre azalabilmektedir. Ortalama 1,5 dolar kw fiyatı olan 500 KWh'lik bir rüzgar türbininin, kurulum masrafları dahil 750.000 dolar maliyeti bulunmaktadır (www.rüzgarenerjisikulubu.com.tr, 28.03.2017). Rüzgar santrallerinden elde edilen elektriğin yaklaşık 850 Milyon Dolar daha aza doğalgaz ithalini sağladığı ve her

1000 MW’da üretilen rüzgar enerjisinin ise her yıl ortalama 13 Milyar Dolar tasarruf sağladığı düşünüldüğünde ilk üretim maliyetini kısa sürede amorti etmektedir (www.enerjiensitüsü.com.tr, 02.04.2017). Aynı zamanda bu rakam, ülkenin cari işlemler dengesine olumlu katkılar yapmaktadır.

Tamamen çevre dostu olan rüzgar enerjisini elde etmek için kurulan 500 kW’lık bir rüzgar türbininin yaklaşık 57.000 ağaç tarafından yapılan CO₂ temizleme işlemini tek başına yaptığı düşünüldüğünde bu enerjinin dünyamız için ne kadar önemli olduğu bir kere daha ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak dünya genelinde üretilen elektrik enerjisinin % 10’luk kısmının rüzgardan elde edilmesi durumunda yeryüzünde bulunan CO₂ miktarı yılda 1.41 Gton azalacağı öngörülmektedir (Karadayı ve Ergan, 2015).

Küresel ekonomiler baz alındığında rekabet gücünün her geçen gün giderek artması üretilen enerjinin de maliyetinin az olması gerektiği sonucunu doğurmaktadır. Fosil yakıtları ellerinde bulunduran ülkeler (özellikle petrol ve doğalgaz) fiyat artışına gittiklerinde, bu enerji hammaddelerini ithal eden ülkeler için maliyette bir artışa sebep olmaktadır (Karaca ve Erdoğan, 2012). Bu yüzden üretim kapasitesi düşmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talepte buna bağlı olarak artış göstermektedir. Rüzgar enerjisinin ise bedava bir enerji kaynağı olduğu düşünüldüğünde böyle bir sıkıntının oluşmayacağı açıkça görülmektedir.

Rüzgar enerjisi geleneksel enerji kaynakları gibi asit yağmurlarına, sera etkisine ve küresel ısınmaya sebep olmadan yerel çevreye duyarlı bir alternatif enerji kaynağıdır. Ayrıca kuruldukları bölgede istihdam olanaklarını artırmaktadırlar.

2.3. Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları

Rüzgarın yeryüzünde eşit oluşmamasından kaynaklanan bir takım dezavantajları mevcuttur. Bu dezavantajlarının içerisinde en sakıncalı olanı, rüzgar hızının sakıncalı olmasından dolayı istenilen her bölgeye güç santrali kurulamamasıdır (Mehel, 2009). Bunu da elde edilen enerjinin depolanması yoluyla ortadan kaldırmak mümkündür.

Rüzgar türbininin ilk kurulum aşaması oldukça maliyetlidir. Fakat maliyetin yüksek oluşu gelişen teknoloji sayesinde her geçen gün daha da azaltılmaktadır. Aynı zamanda bir rüzgar türbininin ömrünün 30-40 yıl olduğu düşünüldüğünde kurulum

maliyeti ortalama uzun vadede oldukça azdır (Varınca ve Varank, 2005). Rüzgar türbinlerinin kuruluş maliyetinin yüksek olmasının altında yatan sebeplerin en başında, kurulumu için gerekli araçların rüzgar üretiminin yapıldığı ülkelerden alınıyor olması gelir. Bu sorunun giderilmesi için yerli üretimin teşvik edilmesi oldukça önemlidir (Tümerdem, 2002: 12).

Rüzgar enerjisinin bir diğer dezavantajı ise, çevreye verdiği gürültüdür. Fakat gelişen teknoloji sayesinde bu durum en aza indirilmektedir. Bunun yanı sıra türbin kanatlarının çok hızlı bir şekilde dönmesi o bölgedeki kuş ölümlerine neden olmakta fakat bu oldukça seyrek oranda meydana gelmektedir (Karadayı ve Ergan, 2015). Görüldüğü üzere rüzgar enerjisinin ortaya çıkardığı dezavantajlar geleneksel enerji kaynaklarıyla kıyaslanmayacak kadar az sayıdadır. Yerel türbin sanayinin teşvik edilmesi ve rüzgarın genelde sabit estiği bölgelere bu türbinlerin inşa edilmesi bu dezavantajları avantaja çevirebilecektir (Mehel, 2009).

2.4. Dünya'da Rüzgar Enerjisi

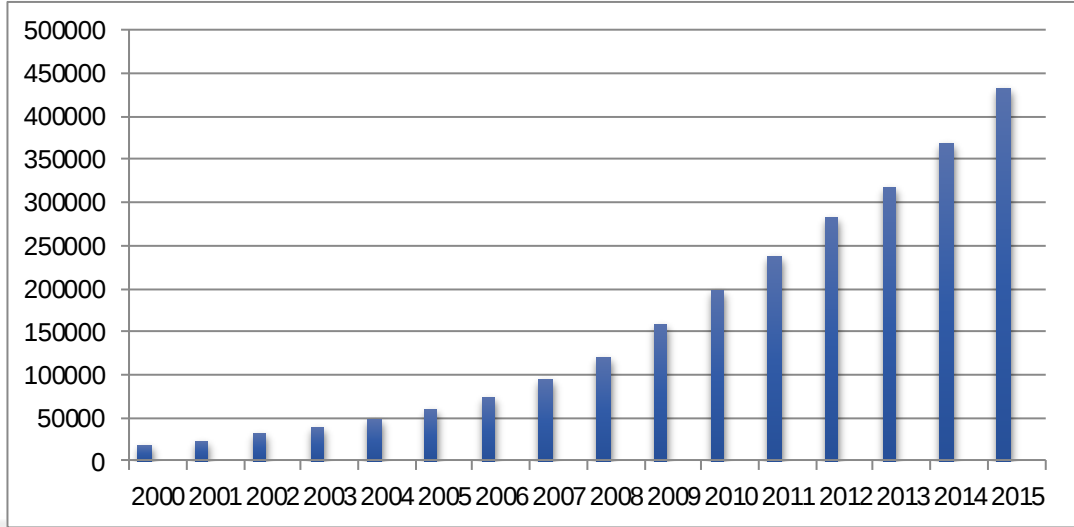
Küresel ısınmanın sonucu olarak çevresel ekonomiye geçiş aşamasında dünya ülkelerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamada fosil kaynaklar giderek önemini yitirmeye başlamıştır. Rüzgar enerjisi ise avantajları sayesinde alternatif enerji kaynakları içerisinde en fazla tercih edilen enerji kaynağı olmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde dünyadaki rüzgar enerjisi potansiyeli, kullanımı ve bu doğrultuda uygulanan politikalar ele alınacaktır.

2.4.1. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar enerjisi hammadde maliyeti olmayan bir enerji kaynağı olmasından ötürü, potansiyeli her geçen gün artmaktadır. Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır. Şekil 8'de rüzgar enerjisinin 2000-2015 yılları arasındaki artışı gösterilmektedir.

Şekil 8'den de anlaşılacağı üzere rüzgar enerjisi kullanımı ve kapasitesi son 15 yılda yaklaşık olarak 7 kat artmıştır.

Şekil 8: Global Rüzgar Enerjisi Kapasitesi 2000-2015 (TW)



Kaynak: GWEC, 2016.

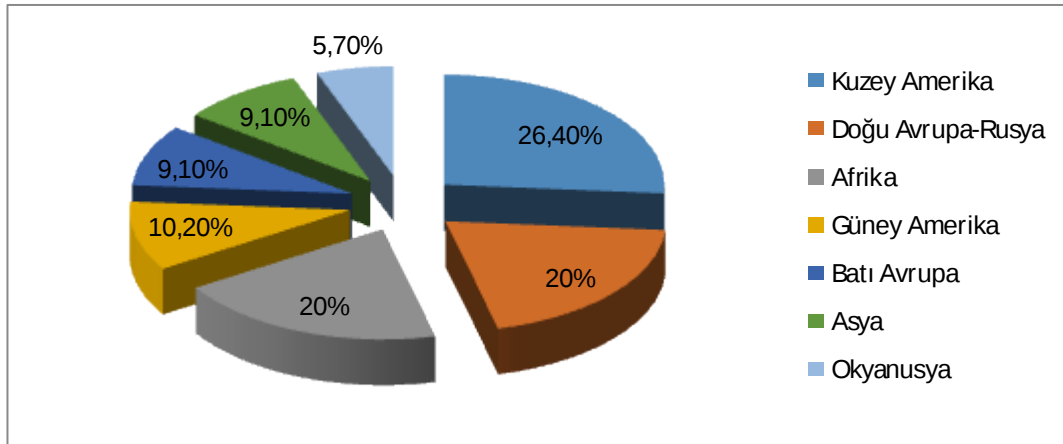
Gelişmiş ülkelerin sahip oldukları rüzgar enerjisi potansiyeli ile ilgili yaptıkları çalışmalar sonucunda bu potansiyeli kullanabilir hale geldikleri gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda ki çalışmalar özellikle Avrupa bölgesinde elde edilen elektrik enerjisinin %10-20 sinin rüzgardan sağlanabildiğini göstermektedir (Mehel, 2009).

Rüzgar enerjisindeki bu potansiyel artışın temelinde, gelişmiş ülkelerin endüstriyellesmesinin yanı sıra ülkelerin, rüzgar enerjisine önem verici çalışmalarını artırmaları ve bu yönde politikalar izlemeleri olmaktadır.

Dünya toplam rüzgar enerjisi potansiyeli 53000 TWh/ yıl olarak hesaplanmış ve Şekil 9'da bölgelere göre dağılımı belirtilmiştir (www.e.i.e.gov.tr, 15.01.2017).

Şekil 9'dan anlaşılacağı üzere rüzgar enerjisi potansiyelinin en yüksek olduğu bölge % 26,40 ile Kuzey Amerika'dır. Bunu sırasıyla Doğu Avrupa-Rusya (% 20), Afrika (% 20), Güney Amerika (% 10,20), Batı Avrupa ve Asya (% 9,10) ve Okyanusya (% 5.70) takip etmektedir.

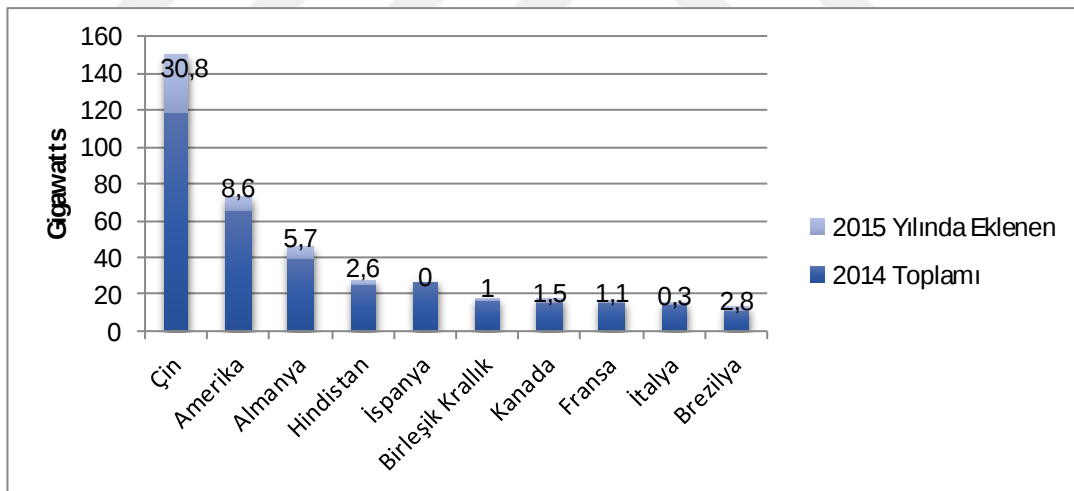
Şekil 9: Dünya Teknik Rüzgar Potansiyeli Dağılımı



Kaynak: www.eie.gov.tr, 15.01.2017.

Şekil 10'da rüzgar enerjisinin kurulu güç kapasitesi ülkeler bazında belirtilmiştir. Buna göre kapasitesini büyük oranda artıran ilk ülke 30,8 GW ile Çin'dir. Çin bu oranla yeni kurulumlara öncülük etmektedir.

Şekil 10: Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi, 2015



Kaynak:Renewables Global Status Report, 2016.

Yenilenebilir Küresel Durum Raporu'na (Renewables Global Status Report) göre, Çin 2015 yılında 186,3 TWh rüzgar enerjisi üretmiştir ve bu oran ülkedeki elektriğin % 3,3 ünü karşılamaktadır. Çin'i 8,6 GW kurulu güçten elektrik üretimi ile ABD takip etmektedir. Yenilenebilir Küresel Durum Raporu'na göre ABD, 2015 yılı boyunca rüzgar enerjisine güçlü yatırımlar yapmaya devam etmiş ve yaklaşık 9,4 GW kapasiteli rüzgar santralleri inşa etmiştir. Şekil 10'a göre kurulu güç kapasitesi bakımından kapasite artışı sağlayan 3. ülke 5,7 GW ile Almanya'dır. Almanya'yı 2,8

GW ile Brezilya, 2,6 GW ile Hindistan, 1,5 GW ile Kanada, 1,1 GW ile Fransa, 1 GW ile Birleşik Krallıklar, 0,3 GW ile İtalya takip etmektedir. Türkiye ise 2015 yılı itibarıyla 1 GW'lık artış ile ilk 10 ülke arasına girmiştir.

Dünya Rüzgar Enerjisi Kurumu'nun (WWEA) 2016 yılında yayınladığı rapora göre, 2016 yılının ortalarında dünya çapında kurulmuş olan tüm rüzgar türbinleri, dünyanın elektrik ihtiyacının yaklaşık % 4.7'sini oluşturabileceği belirtilmiştir.

2.4.2. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları

İnsanlığın ilk varoluşundan beri sulama, yel değirmeni ve buna benzer şekilde bir çok alanda kullanılan rüzgar enerjisi, teknolojik gelişmelere en uygun enerji kaynaklarından biridir. Rüzgar enerjisinin cazip hale gelmesinde iki durum rol oynamıştır. Bunlardan ilki; gelişmiş ülkelerin çevre konusundaki endişelerinin artması sonucu yeşil ekonomi adı altında uyguladıkları politika çerçevesinde, rüzgar enerjisine olan yatırımların artma eğilimidir. İkincisi ise; gelişmekte olan ülkelerin artan enerji ihtiyacını hızlı bir şekilde giderme, dışa olan bağımlılığı azaltma ve enerji kaynağına olabildikçe çabuk bir şekilde ulaşmaya çalışma bakımından rüzgar enerjisine olan eğilimin artmasıdır (Peker, 2001). Bu iki durumdan hangisi rüzgar enerjisinin gelişmesindeki etki olarak kabul edilirse edilsin, rüzgar enerjisinin cazip hale gelmesindeki temel etken teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesidir.

Rüzgar enerjisi su pompalama, ürünleri kesme ve biçme, öğütme, sıkıştırma ve yağ çıkarma gibi mekanik enerjiye ihtiyaç duyulan tüm alanlarda kullanılır (www.enerji.gov.tr, 19.01.2017). Bu kullanımlarının yanında en yoğun kullanıldığı alanlar ise elektriksel uygulamalar ve ısıtma sistemleridir.

2.4.3. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Politikaları

Rüzgar enerjisi gelişmiş ülkelerin sürdürülebilir kalkınma stratejileri arasında oldukça önemli rol oynamaktadır. Çevre bilincinin yayılması, hem temiz hem güvenilir hem de sonsuz olması rüzgar enerjisinin sürdürülebilirlik açısından gelişmesi için önemlidir. Tablo 7'de rüzgar enerjisine yapılan yatırımların 2005-2015 yılları arasındaki artışı verilmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere rüzgar enerjisi dünyada enerjiye yapılan yatırımın neredeyse yaklaşık % 40'ı kadardır. Bu oran

enerji kaynaklarının oldukça çeşitli olduğu düşünüldüğünde küçümsenmeyecek bir orandır.

Tablo 7: Rüzgar Enerjisine Yapılan Yatırımlar (Milyon Dolar)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rüzgar Enerjisi	29,0	39,8	61,2	75,4	79,8	98,7	84,2	81,9	90,6	105,7	109,6
Dünya Toplamı	72,8	112,0	154,0	182,2	178,7	239,2	278,5	257,3	234,0	273,0	285

Kaynak: Global Status Report, 2016.

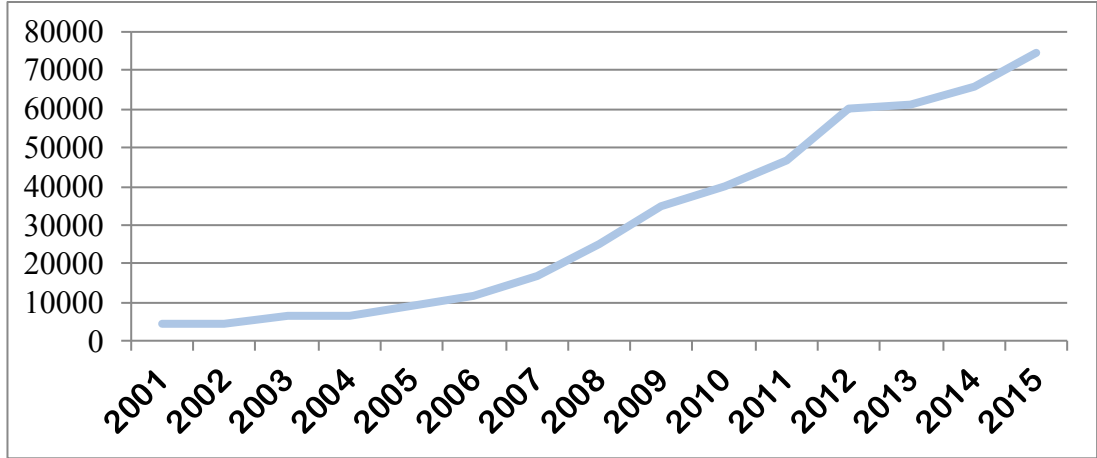
Alt başlıklarda Amerika, Avrupa kıtası ve Asya-Pasifik de rüzgar kurulu gücü belirtilerek uygulanan rüzgar enerjisi politikaları ele alınacaktır.

2.4.3.1. ABD'de Rüzgar Enerjisi politikaları

Rüzgar enerjisi ABD'de son yıllarda hızlı bir şekilde uygulama alanı bulmaktadır. Çevre ve gelişim vizyonunu yenilenebilir enerji kaynakları üzerine oldukça yoğunlaştırırken rüzgar enerjisini ise ilk sıralara almaktadır. ABD'nin 2020 yılı hedefleri arasında kullandığı rüzgarı ikiye katlamak ve 2030 yılına kadar ise kullanılan elektriğin % 20 sini rüzgardan sağlamak bulunmaktadır (GWEC, 2016).

ABD'deki eyaletlerin çoğunluğu ya bir rüzgar enerjisi projesine veya imalat tesisine ya da her ikisine birden sahiptir ve 43 eyalete dağılmış 500'den fazla rüzgar enerjisi üretim tesisi bulunmaktadır. ABD'de Yaklaşık 75.700 MW'lık rüzgar gücü 49.000'den fazla rüzgar türbinini temsil etmektedir (AWEA, 2016). Şekil 11'de görüldüğü gibi 2001 yılından 2016 yılına kadar ABD'de rüzgar enerjisi potansiyelindeki sürekli artış görülmektedir. Bu artışın nedeni ülkede uygulanan rüzgar enerjisi politikalarıdır.

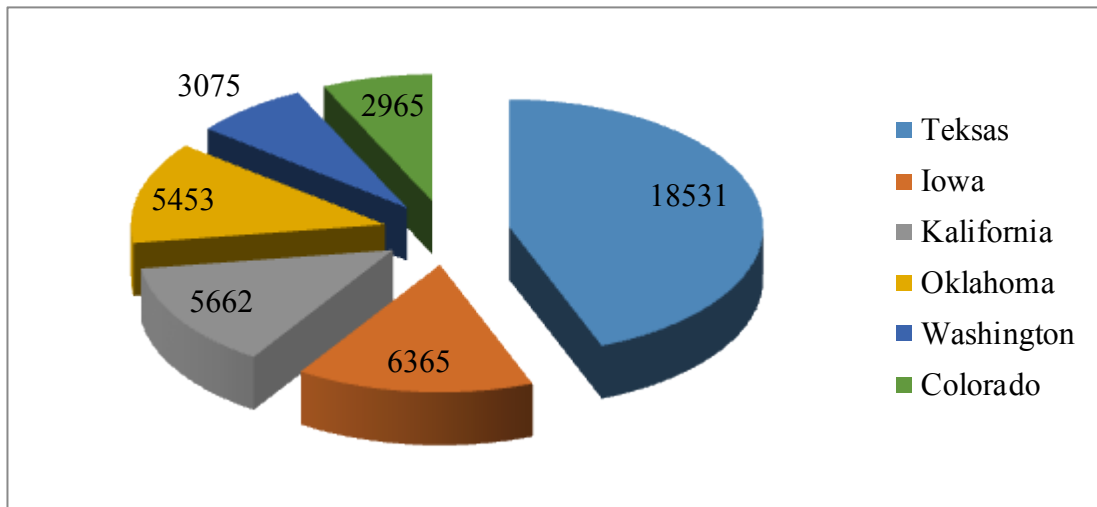
Şekil 11: ABD'de Toplam Rüzgar Gücü Kurulu Kapasitesi Artışı (MW)



Kaynak: GWEC, 2016

Şekil 12'de ABD'deki en büyük rüzgar kurulu gücüne sahip bölgeler belirtilmiştir. Bu bölgelerin başında 18.531 MW'lık kurulu gücü ile Teksas gelmektedir. Bu bölgede hali hazırda rüzgar türbini inşası da oldukça hızlı bir şekilde devam etmektedir. Teksas'ı 6.365 MW'lık kurulu gücü ile Iowa takip etmektedir. Iowa'da kullanılan elektriğin yaklaşık % 35'i rüzgardan elde edilmekte ve bu oran 1.6 milyon hane halkının kullandığı elektriğe eşdeğerdedir. Iowa'yı 5.662 MW kurulu gücü ile Kalifornia, 5453 MW ile Oklahoma, 3075 MW ile Washington ve son olarak 2.965 MW ile Colorado takip etmektedir.

Şekil 12: ABD'de En Büyük Rüzgar Kurulu Gücüne Sahip Bölgeler (MW)



Kaynak: AWEA'nın 2016 verilerinden derlenerek hazırlanmıştır.

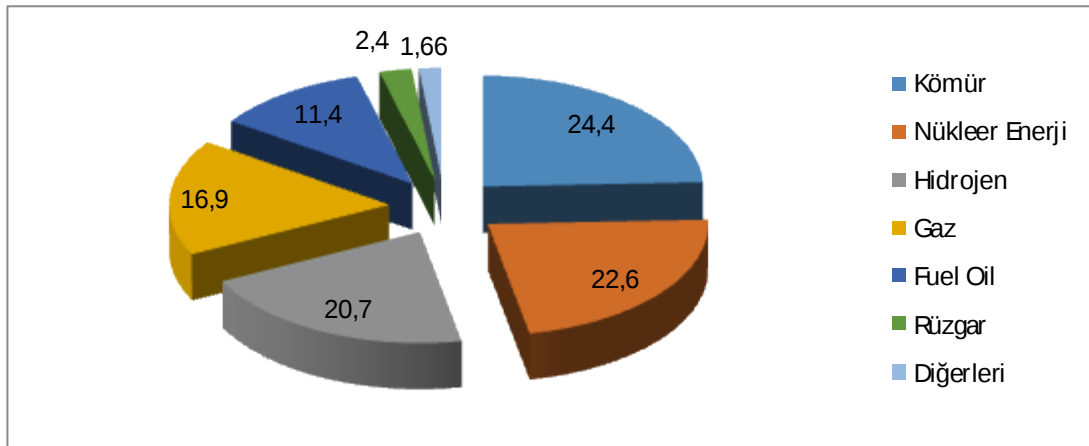
ABD'de sürdürülebilir kalkınma stratejileri arasında rüzgar enerjisine büyük önem vermektedir. Rüzgar enerjisi ABD halkı tarafından da benimsenmiş bir yatırım kanalı olarak görülmektedir. Bu durumun sebebi, kırsal alan sahiplerinin rüzgar enerjisi üretiminde kiraladıkları arazi için megawatt başına 2000 dolar ile 4000 dolar gelir elde edecek olmaları ve bunun yanında yine bu alanlarda yapılacak olan okullar, hastaneler, altyapı çalışmaları ve diğer kamu hizmetleri ile ilgili yatırımlarda emlak vergisinde 1500 dolar kadar indirimle gidilecek olmasıdır (AWEA, 2016). Yapılan bu teşvikler ve vergi indirimleri hem ABD ekonomisine katkı yapmakta hem de halkın rüzgar enerjisine olan kabulünü artırmaktadır.

2.4.3.2. Avrupa Kıtasında Rüzgar Enerjisi Politikaları

Alternatif enerji kaynaklarının özendirilmesi çabaları arasında uygulanan teşvik ve muafiyetler Avrupa kıtasında da oldukça önemsenmiş ve uygulanmıştır. Bunun sonucunda rüzgar kullanım oranındaki artış oldukça fazladır. Rüzgar enerjisi sektörü, Avrupa'nın büyüyen sektörleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Sektör yıllık 300 binin üzerinde istihdam yaratmakta ve 72 Milyar Euro civarında yıllık ciro üretmektedir (EWEA, 2016).

AB ülkeleri rüzgar türbini pazar payını da oldukça genişletmiş ve dünya rüzgar türbini üretiminin yaklaşık % 40'ına sahiptir (EWEA, 2016). Bu oran AB ülkelerinin rüzgar enerjisine verdikleri önemi ortaya çıkarmaktadır. Şekil 12 ve şekil 13'de, rüzgar enerjisinin 2000 ile 2015 yılları arasındaki artışı ve fosil kökenli enerji kaynaklarının azalışları verilmektedir.

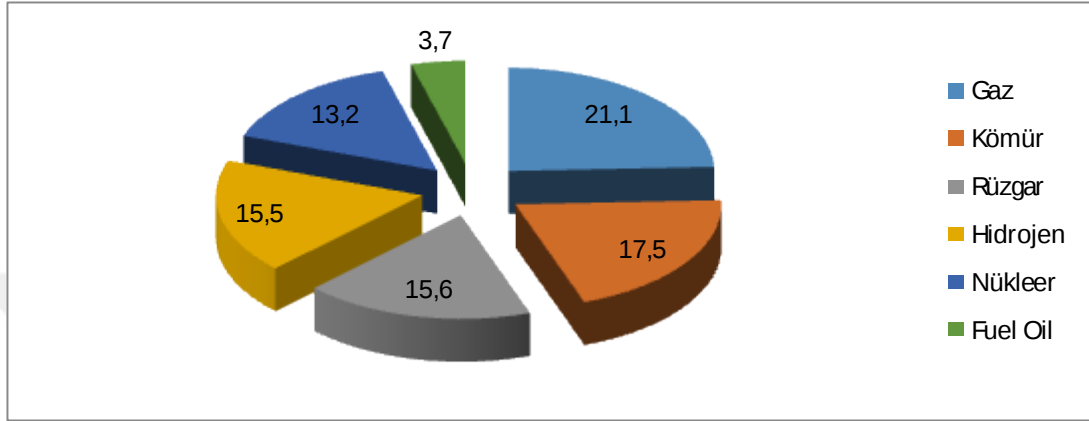
Şekil 13: AB'de 2000 Yılı Enerji Kullanımı (MW)



Kaynak: EWEA, 2015.

Şekil 13'de görüldüğü gibi, 2000 yılında en çok kullanılan enerji kaynağı % 24,4 ile kömür olmuştur. Kömürü sırası ile % 22,6 ile Nükleer enerji, % 20,7 ile Hidrojen, % 16,9 ile Gaz, % 11,4 ile FuelOil ve % 2,4 ile Rüzgar enerjisi takip etmektedir.

Şekil 14: AB'de 2015 Yılı Enerji Kullanımı (MW)



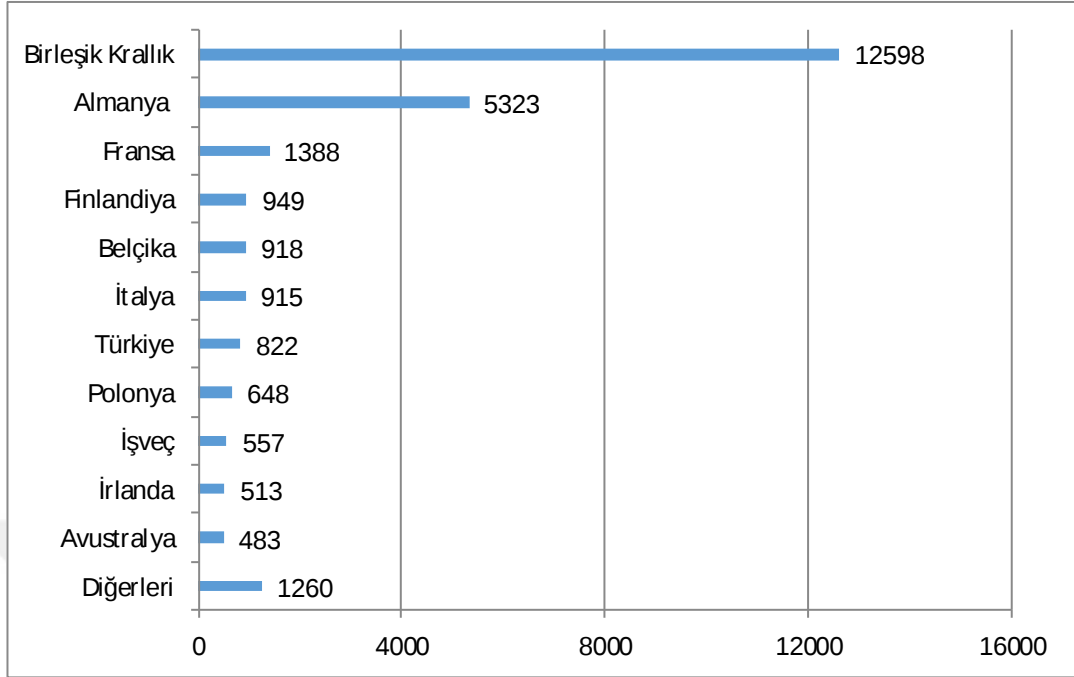
Kaynak: EWEA, 2015.

Şekil 14'de 2015 yılı itibariyle enerji kullanımı oranları belirtilmektedir. Yaklaşık 15 yılda enerji kullanım oranları oldukça değişmiştir. Enerji kullanımında ilk sırada % 21,1 ile gaz bulunmaktadır. 2000 yılında ilk sırada olan kömür 2015 yılında yaklaşık % 5,1 oranında azalmış ve % 17,5 kullanım oranına sahip olarak ikinci sırada yer almaktadır. Aradan geçen 15 yıl boyunca rüzgar enerjisinin gelişimi oldukça hızlı bir şekilde artmıştır. 2000 yılında % 2,4 olan rüzgar enerjisi 2015 yılında % 13,2'lik bir artış göstererek % 15,6'ya yükselmiştir.

Rüzgar enerjisini % 15,5 ile hidrojen ve % 13,2 ile nükleer enerji takip etmektedir. Şekil 15'de 2015 yılı itibariyle rüzgar enerjisine en çok yatırım yapan Avrupa ülkeleri belirtilmektedir.

Rüzgara en çok yatırım yapan Avrupa ülkelerinin başında yaklaşık 12.598 Milyon Euro yatırım tutarıyla Birleşik Krallık vardır. Bunu 5.323 Milyon Euro ile Almanya, 1.388 Milyon Euro ile Fransa, 949 Milyon Euro ile Finlandiya, 918 Milyon Euro ile Belçika, 915 Milyon Euro ile İtalya ve 822 Milyon Euro ile Türkiye takip etmektedir. Avrupa'da uygulanan rüzgar enerjisi teşvikleri bakımından ilk üç sırada yer alan Birleşik Krallık, Almanya ve Fransa'nın uyguladığı teşvik programları örnek oluşturması bakımından oldukça önemlidir.

Şekil 15: Rüzgara En çok Yatırım Yapan Avrupa Ülkeleri, 2015 (Milyon Euro)



Kaynak: EWEA, 2015.

İngiltere'de 2002 yılında uygulamaya konan Yenilenebilir Enerjiler Yükümlülüğü (Renewables Obligation) ile elektrik üretiminde yenilenebilir enerjileri kullanan üreticiler ödüllendirilmektedir. Bu sayede ülkede yenilenebilir enerji kullanımı artırılmaya çalışılmakta ve atmosfere salınımı yapılan sera gazlarının oranının azaltılması hedeflenmektedir. Rüzgar enerjisinin atmosfere sera gazı salınımı yapmadığı ve hatta bu sera gazlarını tolere edici etkisinin varlığı düşünüldüğünde bu uygulamanın önemi açıkça ortaya çıkmaktadır. İngiltere hükümetinin İklim Değişikliği Kanunu ile sera gazı salınımını 1990 yılına oranla 2050'ye kadar % 80 oranında azaltılmasını öngörmektedir (Uluatam, 2010: 38).

Yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmesi bakımından ilk sıralarda bulunan Almanya 2000 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu ile rüzgar, Hidrolik, güneş, biyokütle ve jeotermal kaynaklardan üretilen elektrik enerjisine alım garantili tarife uygulamaktadır. Bu alım garantili tarife oranı her bir yenilenebilir enerji kaynağına göre değişmektedir. Rüzgar enerjisinde ise kullanılan alan ve kurulu güce göre 3.50-13 Euro cent/kWh arasında değişmektedir (Uluatam, 2010: 37).

Fransa'da ise yenilenebilir enerji teşvikleri iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan ilki alım garantili tarifeler ve ikincisi ise ihale usulüdür. Devlet, 2 yıllık periyodlarla elektrik üretimi kapasitesini kontrol etmekte ve eğer uygulamaya konan programın verimsiz olduğu belirlenirse kullanılan enerji kaynağını tekrar bir ihaleye çıkarmaktadır. Fransa'da 2005 yılında alınan bir kararla rüzgar çiftliklerinin bir arada bulunacağı bir yenilenebilir enerji alanı kurulmakta ve burada üretilen elektrik enerjisine devlet alım garantisi vermektedir (Uluatam, 2010: 38).

2.4.3.3. Asya-Pasifik'te Rüzgar Enerjisi Politikaları

Rüzgar enerjisinde uygulanan politikalar tüm dünyada olduğu gibi Asya&Pasifik'te de oldukça önemsenmiş ve bu bölgedeki ülkelerde uygulanmıştır. Bahsedilen bölgede Tablo 8'e göre en büyük rüzgar enerjisi kurulu gücü Çin olmakta ve bu ülkeyi sırasıyla Hindistan, Japonya, Güney Kore ve Taiwan izlemektedir. Tablo 8'e bakıldığında bölgedeki rüzgar enerjisinin neredeyse % 82'sini 145.363 MW ile Çin üretmektedir.

Tablo 8: Asya&Pasifik'te Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi (MW)

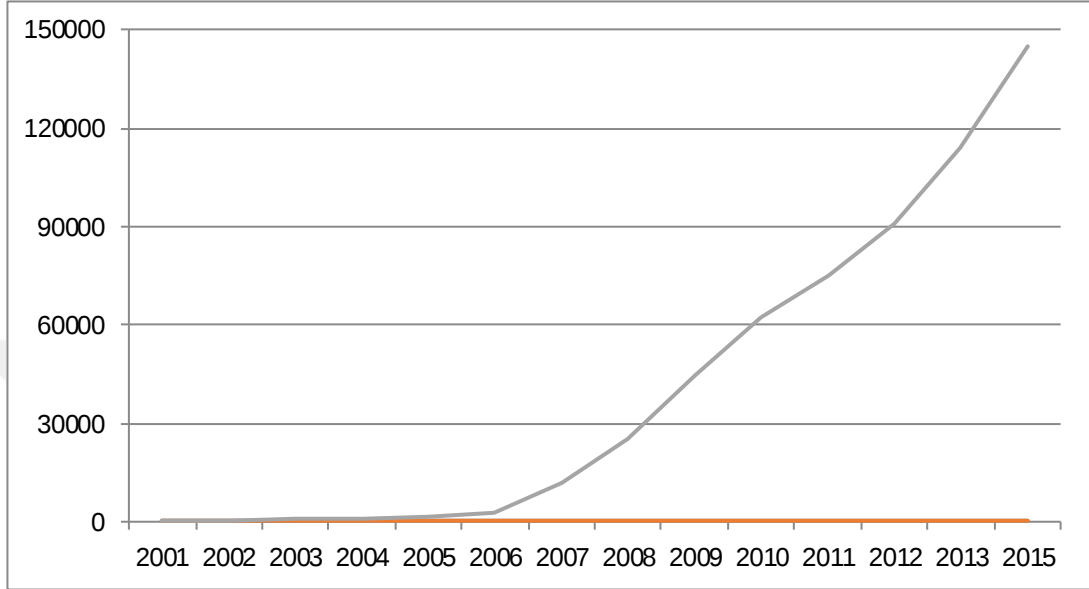
	2014 yılı sonu	2015 yılında eklenen	2015 yılı sonu
Çin	114,609	30,753	145,362
Hindistan	22,465	2,623	25,088
Japonya	2,794	245	3,038
Güney Kore	610	225	835
Taiwan	256	14	647
Pakistan	223	-	223
Tayland	216	-	216
Filipinler	167	-	167
Toplam	141,973	33,859	175,831

Kaynak: GWEC, 2016.

Çin'in haricinde bölgedeki diğer ülkelere baktığımızda Hindistan'da 2,623 MW'lık rüzgar enerjisi kurulu gücü ile ikinci sırada yer almaktadır. Bu oran bile Çin'in oldukça gerisinde kalmaktadır. Pakistan, Tayland ve Filipinler de ise 2015

yılında herhangi bir rüzgar kurulumu gerçekleşmediği görülmektedir. Bölgedeki en etkili rüzgar gücü üreticisi Çin olduğu için, bu bölümde daha çok Çin'in uyguladığı politikalar üzerinde durulacaktır.

Şekil 16: Çin'de Toplam Rüzgar Gücü Kurulumunun Yıllara Göre Artışı (MW)



Kaynak: GWEC, 2016.

Şekil 16'de görüldüğü gibi, 2001-2015 yılları arasında Çin'de bulunan rüzgar gücü kurulu kapasitesi sürekli olarak artış göstermiştir. Çin kullandığı rüzgar enerjisinin yaklaşık % 3.3'ünü elektrik talebinde kullanmakta ve ülkede yaklaşık 280.000 kişiye rüzgar enerjisinden istihdam sağlanmaktadır (GWEC, 2016: 32).

Çin'in aynı zamanda nüfus yoğunluğu ve sanayi yapısına bağlı olarak yoğun hava kirliliği ile karşı karşıya kalmasından dolayı ülkede gerek bu duruma karşı direnen halkın tepkisi gerek de hükümetin bu konuda attığı adımlar temiz enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin kullanımının artmasına neden olmuştur.

Çin'in 2020 yılına kadar rüzgar enerjisinde kurulu güç kapasitesinin 250 GW'a yükseltme hedefi, bu yönde atılan adımların ve teşviklerin oldukça önemli bir rol oynadığı ve Çin hükümetinin bu konuya verdiği önemi ortaya çıkarmaktadır (GWEC, 2016: 37). Rüzgar enerjisinin artırılması için rüzgar türbininin üretilmesinde yerli imalat sanayine önem verilmesi, yerli kurulumu destekleyen gümrük vergisi uygulamasının hayata geçirilmesi ve en önemlisi de devletin bu konu hakkında oldukça bütçesinden yüksek miktarlarda Ar-Ge ödenekleri ayırması bu

gelişimin en büyük katkıları yapan politikalar olarak görülmektedir. Bu politikaların yanında rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin, elektrik dağıtım şirketleri tarafından bir kısmının zorunlu alınması gerektiği ve alınmazsa bir takım cezalara çarptırılması kuralı da bu gelişimin önemli kaynakları arasındadır (Yıldırım, 2011).



3. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

3.1. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi ve Sürdürülebilir Kalkınma

Yeşil ekonomiye geçişte ve sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde rüzgar enerjisi dünyadaki örneklerinin yanı sıra Türkiye'de de son yıllarda önemli ölçüde gelişmeye başlamıştır. Rüzgardan elde edilen enerji hem yerli enerji olarak dışa bağımlılığı azaltmakta hem de istihdam olanaklarını artırarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Ülkemiz rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa'da pek çok ülkeden daha üst sıralarda yer almasına rağmen bu potansiyeli yeteri kadar kullanamamaktadır. Bu amaçla gerekli yasal altyapılar oluşturulup gerek firmaları gerekse tüketicileri rüzgar enerjisi konusunda bilinçlendirilmesi büyük bir öneme sahiptir. Aşağıda Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyeli, kullanımı ve 2002-2016 yılları arasında rüzgar enerjisine yönelik uygulanan politikalar ele alınacaktır.

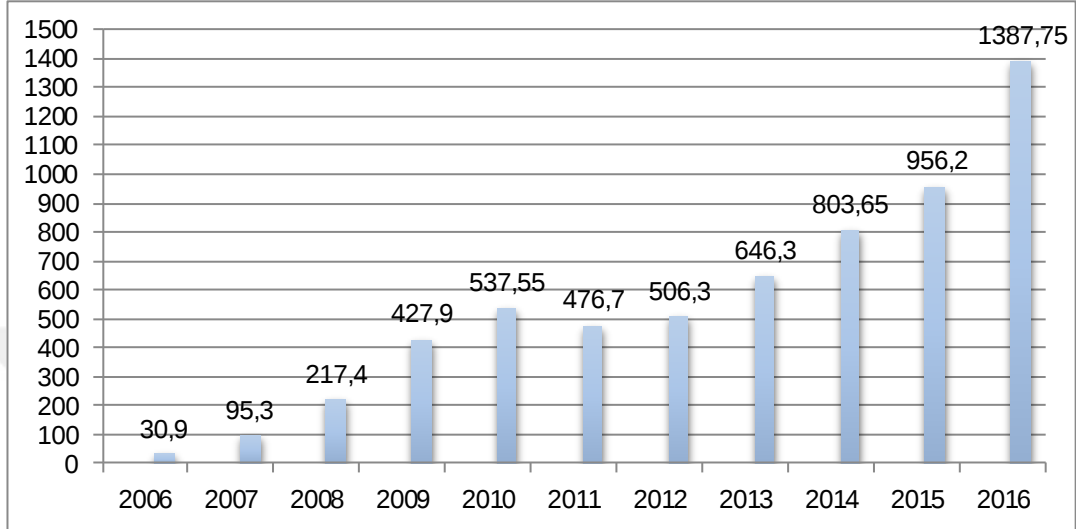
3.2. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı

Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde Türkiye'de gelişime en açık olan enerji kaynağıdır. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olmasından dolayı denizden karaya doğru olan hava akımlarının ortasında kalması rüzgar enerjisinin kaynağının bol olmasını sağlamaktadır.

Türkiye'de 1998 yılında Çeşme-Germiyan'da kurulan rüzgar enerjisi santrali ilk kullanılan santral olup bunu aynı yıl Çeşme-Alaçatı'da kurulan santral takip etmektedir. Bu santallerin gücü sırası ile 1.7 MW ve 7.2 MW olarak bilinmektedir (Koçarslan, 2010: 7). Bununla beraber 2008 yılında kurulan Balıkesir- Şamlı'da her birinin kurulu gücü 3.000 MW olan toplam 38 adet türbin Türkiye'nin 90.000 MW ile en büyük rüzgar santrali olarak ifade edilmektedir (Koçarslan, 2010: 7). Şekil 17'de Türkiye'nin 2006 yılından itibaren rüzgar enerjisi santralleri için yıllık kurulumu gösterilmektedir. Buna göre 2006 yılında toplam 30,9 MW gücünde rüzgar türbini kurulmuştur. Bu rakam günümüz rüzgar enerjisi kurulu gücüne oranla oldukça düşük kalmaktadır. Bunun sebebi ise o yıllarda ülkemizde rüzgar enerjisine olan farkındalığın henüz oluşmaması ve yatırım teşviklerinin daha az olması olarak

ifade edilmektedir. 2016 yılında kurulan rüzgar gücü kapasitesi ise 2006 yılına oranla oldukça yüksek bir düzeyde seyretmekte ve bu rakam 1387 MW olarak belirtilmektedir.

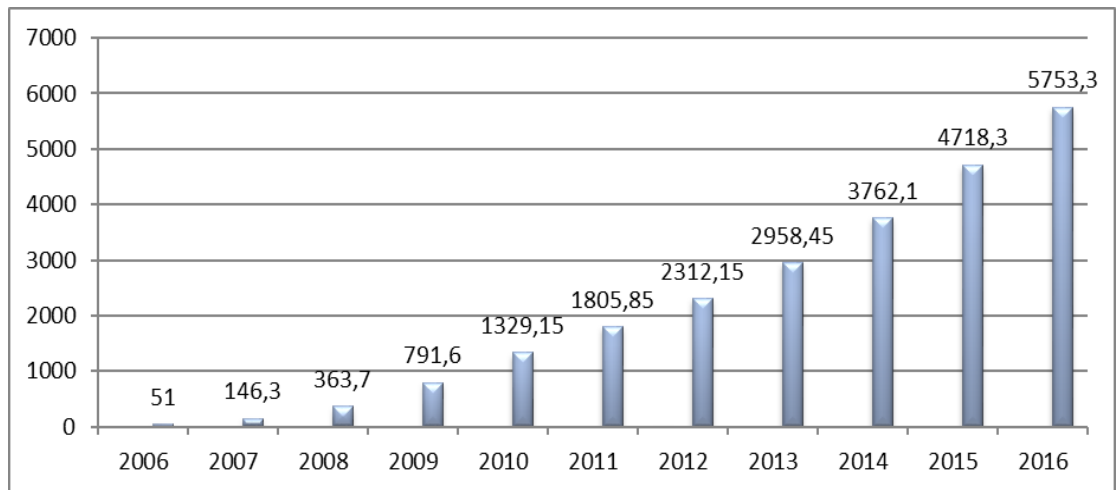
Şekil 17: Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Santralleri İçin Yıllık Kurulum (MW)



Kaynak: TUREB, 2016: 6.

Rüzgar enerji potansiyeli olarak Türkiye 48 GW ile oldukça yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu potansiyele rağmen Türkiye, Avrupa ülkelerine kıyasla rüzgar enerjisi üretiminde geri kalmaktadır. Şekil 18'de rüzgar enerjisinin yıllara göre kümülatif olarak santral kurulumu ifade edilmektedir.

Şekil 18: Türkiye'nin Rüzgar Santralleri İçin Kümülatif Kurulumu (MW)



Kaynak: TUREB, 2016: 8.

Yaklaşık 48 GW rüzgar potansiyeline sahip olan Türkiye’de, 2016 yılında toplam 5753,3 MW kurulu güce sahiptir. Bu oran ülke potansiyeli ile karşılaştırıldığında oldukça azdır.

Türkiye’de rüzgar enerjisi ölçümleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmaktadır. Türkiye’de en iyi rüzgar kaynağı alanları daha çok kıyı bölgeler, yüksek dağ tepeleri, bayırlar ve açık alanlardır. Ülkemizde tüm bölgelerin MGM tarafından ölçülen 10 m yükseklikteki rüzgar hızları Tablo 9’da belirtilmektedir.

Tablo 9: Türkiye’de Bölgelere Göre Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunlukları

BÖLGE	Ortalama Rüzgar Hızı(m/s)	Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m²)
Marmara Bölgesi	3.3	51.91
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	2.7	29.33
Ege Bölgesi	2.6	23.47
Akdeniz Bölgesi	2.5	21.36
Karadeniz Bölgesi	2.4	21.31
İç Anadolu Bölgesi	2.5	20.14
Doğu Anadolu Bölgesi	2.1	13.19
Toplam	2.54	24

Kaynak: Şenel ve Koç, 2015: 6.

Tablo 9’a göre rüzgar enerjisi potansiyeli en yüksek olan bölge Marmara bölgesi olup, onu sırasıyla Güneydoğu Anadolu, Ege, Akdeniz, Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri takip etmektedir. Bu bölgeler içinde en düşük rüzgar potansiyeline sahip bölge Doğu Anadolu olmasından dolayı bu bölgede kurulu herhangi bir rüzgar santrali bulunmamaktadır.

Bir rüzgar türbininin ekonomik bir yatırım olabilmesi için kurulacağı bölgenin 50 m yükseklikte ve rüzgar hızının ise en az 7.0 m/s olması gerekmektedir (Şenel ve Koç, 2015: 6). Rüzgar enerjisine yatırım yapmak isteyen yatırımcılar, bu potansiyelin en yüksek olduğu bölgeleri tercih etmektedirler. Tamamen yerli, çevre dostu ve sonsuz olan rüzgar enerjisinin kullanımının artması, rüzgar potansiyelinin bulunduğu bölgelerin gelişimini hızlandırmaya ve istihdam olanaklarını arttırmaya

yardımı olmaktadır. Tablo 10'da Türkiye'de en yüksek rüzgar potansiyeline sahip iller belirtilmektedir.

Tablo 10: Türkiye'de Enerji Potansiyeli Yüksek Olan İller (MW)

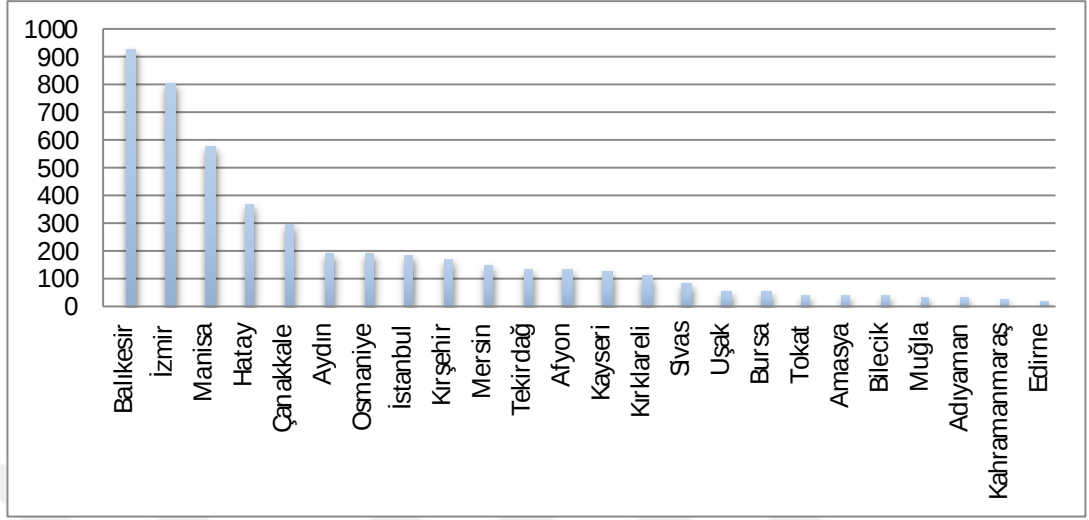
50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Balıkesir	Çanakkale	İzmir	Manisa	Samsun	Muğla
6.8-7.5	7557	4318	4665	2371	4499	4519
7.5-8.1	4254	4014	4341	1507	722	650
8.1-8.6	1422	3805	1588	969	0.00	0.64
8.6-9.5	576	873	1258	453	0.00	0.00
>9.5	16	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
Toplam	13827	13012	11854	5302	5222	5170

Kaynak: www.eie.gov.tr, 09.02.2017.

Tablo 10'a göre Türkiye'de yüksek rüzgar potansiyeline sahip olan iller Balıkesir, Çanakkale, İzmir, Manisa, Samsun ve Muğla'dır. Ayrıca YEGM'e göre Bursa, İstanbul, Mersin, Tokat, Edirne, Hatay ve Aydın da yüksek rüzgar potansiyeline sahip olan diğer iller arasındadır (Şenel ve Koç, 2014: 4).

Şekil 19'da işletme halindeki rüzgar enerjisi santrallerinin illere göre dağılımı (MW) belirtilmektedir. Şekil 19'a göre rüzgar enerjisi kurulu gücü bakımından en yüksek il Balıkesir (923,6 MW)'dir. Bunu sırasıyla İzmir (807,2 MW), Manisa (574,95 MW), Hatay (364,5 MW), Çanakkale (293,05 MW), Aydın (185,6 MW), Osmaniye (185 MW), İstanbul (178,55 MW), Kırşehir (168 MW) takip etmektedir. En az rüzgar kurulu gücü ise Edirne (15 MW)'dir.

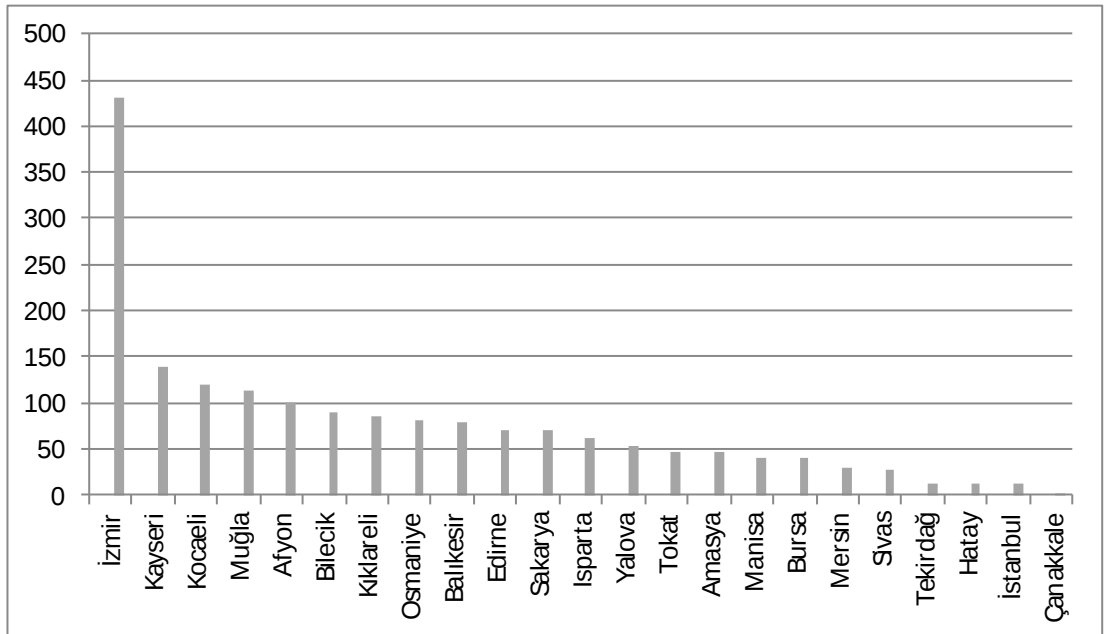
Şekil 19: İşletme Halindeki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin İllere Göre Dağılımı (MW)



Kaynak: TUREB, 2016: 16.

İnşası bitmiş rüzgar santrallerinin yanı sıra henüz inşası bitmemiş rüzgar enerji santralleri de bulunmaktadır. Şekil 20’den de anlaşılacağı üzere inşa halindeki RES’ler en çok İzmir’de bulunmakta ve Kayseri, Kocaeli, Muğla, Afyon, Bilecik ve Kırklareli önemli potansiyel RES alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 20: İnşa Halindeki RES’lerin İllere Göre Dağılımı (MW)



Kaynak: TUREB, 2016: 26.

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili bir ülke olduğu göz önüne alındığında kurulacak olan RES'lerin genellikle iç bölgelerde olması oldukça dikkat çekicidir. Bu durumun sebebi iç bölgelerimizin de rüzgar potansiyeline sahip olması ve rüzgar enerjisi kullanımının giderek ülke çapında yaygınlaştırılmak istenmesi olarak gösterilebilir.

Ülkemizde 7.0 m/s ve üzeri rüzgar hızına bakıldığında 48000 MW olan kara rüzgar hızı potansiyeli 6.5 m/s ve üzerindeki kara rüzgar hızı potansiyeline bakıldığında 17393,20 MW olarak karşımıza çıkmaktadır ve deniz üzerine kurulmuş herhangi bir rüzgar enerji santrali henüz ülkemizde mevcut bulunmamaktadır (Şenel ve Koç, 2015).

Deniz tipi rüzgar santralleri, kara tipi rüzgar santrallerine göre daha büyük ve daha verimli yapılardır. Ayrıca deniz ortamında rüzgarı kesecek bir etmen olmadığı için rüzgar profili daha düzgün olabilmektedir. Türkiye’de deniz tipi rüzgar santralinin henüz kurulmamasının nedeni; bu tip santrallerin inşaatının zor olması, inşaatın kurulacağı deniz derinliğinin 50 metre civarında olması ve deniz tabanının incelemesinin yapıp uygun zeminin bulunmasının maliyet gerektirmesidir. Türkiye’de bu çalışmaları yapacak firma sayısı da sınırlı olduğu için henüz deniz tipi rüzgar santralleri kurulamamıştır.

Dünyanın çeşitli bölgelerinde deniz rüzgar enerjisi uygulamaları bulunmaktadır. Buna en güzel örnekler 1970’li yıllardan itibaren Danimarka, ABD ve İsveç’te uygulanmaya başlanmıştır. Deniz rüzgar enerjisinin maliyet artırıcı yönlerinin yanında rüzgar hızının denizde karaya oranla daha yüksek olması ve bu durumun verim artışına neden olması ve denizlerde yerleşim alanı olmadığı için pervane gürültüsünü tolere edecek ek maliyete gerek olmayışı gibi olumlu yönleri deniz rüzgar enerjisini cazip hale getirmektedir (Hayli, 2001: 22-23).

Ülkemizin jeopolitik durumu göz önüne alındığında en az karadan faydalanılan rüzgar potansiyeli kadar denizden de rüzgar enerjisi elde etmek için yatırım çalışmalarını genişletmek gerekmektedir. Rüzgar enerjisi elde etmede denizden faydalanamamak enerji maliyeti açısından önemli bir eksiklik olarak ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizin toplam 48000 MW olan kara rüzgar enerjisi potansiyelinin sadece 3.424,48 MW'ı kullanılmakta ve bu rakam toplam kurulu gücün yaklaşık % 7'sine karşılık gelmektedir (Şenel ve Koç, 2015:6). Potansiyel olarak bu derece yüksek bir rüzgar gücüne sahip olan ülkemizde rüzgar enerjisinin kullanımı artırılmalı ve bunun için gerekli yasal düzenlemeler güçlendirilmelidir. Enerji tüketimine katkı sağlamasının yanında istihdam olanaklarını artırması ve yeşil ekonomiye geçişte oldukça önemli bir enerji kaynağı olduğundan, % 7 olan rüzgar enerjisi kurulu gücü oranı daha da artırılmalıdır.

3.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Politikaları

Dünyada bir çok ülkenin dışa bağımlılığını azaltmak, sürdürülebilir kalkınma amacını geliştirmek ve kaynak kullanımında çeşitliliği sağlamak vb amaçları olduğu gibi Türkiye’nin de bu konu ile ilgili bir takım yatırım ve teşvik uygulamaları geçmişten günümüze devam etmektedir.

Rüzgar enerjisi ile ilgili geliştirilen Ar-Ge projeleri özellikle, Avrupa ülkeleri başta olmak üzere tüm dünyada önemli bir yere sahiptir. Bu ülkeler, enerji üretiminde belli bir oranın rüzgar enerjisinden sağlanmasını zorunlu tutmaktan, üretilen rüzgar enerjisinin birimi başına prim ödenmesine kadar bir çok teşvik ve sübvansiyonları içinde barındıran bir çok uygulamayı günümüzde dikkate almakta ve gelecek enerji planlamasını bu yönde belirlemektedir.

Türkiye’de de rüzgar enerjisinin kullanımının yaygınlaşması, kaynak çeşitliliğinin artması ve atmosfere zararlı gaz salınımının azaltılması kapsamında sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması amacıyla teşvik kanunları çıkarılmıştır (Oskay, 2014: 13). Aşağıdaki bölümde rüzgar enerjisi politikalarının 2002 öncesi ve 2002 yılları sonrası uygulanan teşvik ve politikalarına değinilecektir.

3.3.1. 2002 Öncesi Rüzgar Enerjisi Politikaları

Türkiye rüzgar enerjisi bakımından oldukça yüksek potansiyele sahip bir ülkedir. Ülkemizin 50 metre yüksekliğe ve 7,5 m/s’de üretilen rüzgar enerjisi potansiyeli yaklaşık 48.000 MW’dır (www.eie.gov.tr; 20.02.2017). Bu rakamı ekonomik açıdan ifade etmek gerekirse 1 varil petrol 775 KWh enerji üretmekte ve 48.000 MW rüzgar enerjisi yaklaşık 61935 varil petrole eşdeğerdir. Yani Şubat 2017 tarihi itibarıyla 1 varil petrolün değeri yaklaşık 55 ABD Doları olduğu

düşünüldüğünde rüzgar enerjisinden yaklaşık 3.4 milyar ABD Doları kaynak tasarrufu sağlanmaktadır (Özen, vd., 2015: 6).

Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi kavramlarına geçiş olarak ülkemizde de önemli adımlar atılmaktadır. Bu amaca yönelik çeşitli kamu kurumları özellikle kalkınma stratejilerine bu iki kavramı da dahil etmeye başlamışlardır. Bu durum neticesinde kalkınma planları önem arz etmektedir. Fakat Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967), İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968-1972) ve Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planını (1973-1977) kapsayan planların hiç birinde sürdürülebilir kalkınma ve çevresel problemlere değinilmemiştir. Bunları takiben Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planında (1979-1983) ise su, hava ve gürültü kirliliği ve erozyon konularına çekilen dikkat ile sözü edilen kalkınma planı çevresel anlamda planlama yapan ilk belge olma özelliği taşımaktadır (Özen, vd., 2015: 2). Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (1985-1989) ise; ilk defa sürdürülebilir kalkınma kavramından bahsedilmiş ve nüfusun artmasından dolayı çevrenin kirlenmesi, doğal afetler ve erozyon konularına tekrar dikkat çekilmiştir. Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında (1990-1995), ilk defa yenilenebilir enerjiye vurgu yapılmış ve bu konuda toplumsal farkındalığın artırılması için çalışmalar yapılmıştır. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (1996-2000) ise hali hazırda uygulanan çevresel kalkınma planlarının yetersizliği üzerinde durulmuş ve sürdürülebilir kalkınma stratejisi uygulanırken çevresel tahribatların göz ardı edildiği belirtilmiştir.

İlk kez sera gazı emisyonuna vurgu yapmasıyla ön plana çıkan bir diğer kalkınma planı ise 2001-2005 yılları arasındaki Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma planıdır. Sözü geçen planda sera gazı emisyonu için tedbirlerin alınması gerektiği, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı içinde ekonomik ve sosyal dengeyi sağlayacak, çevresel tahribatı en aza indirecek ve asgari maliyetle enerji üretimini sağlayacak kalkınma planlarının yapılması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Yine bu kalkınma planında elektrik üretimi için optimal sistem anlayışına geçilmesi gerektiği belirtilmiş ve yeni projelere (hidrolik, nükleer ve rüzgar) atıf yapılmıştır.

Enerji ithalatı bakımından dışa bağımlı ülkeler arasında bulunan Türkiye hem bu durumu en aza indirmesi hem de sürdürülebilir kalkınma kavramına uygun olarak hareket etmesi için, enerji üretiminde artış sağlamalıdır. Rüzgar enerjisi ise bu adımda oldukça önem arz etmektedir. Yukarıda sayılan amaçlar doğrultusunda

Türkiye’de uygulanan çeşitli teşvik ve politikalara baktığımızda 2002 yılı öncesi uygulamaların çoğu başarıya ulaşamamıştır.

3.3.2. 2002 Sonrası Rüzgar Enerjisi Politikaları

2002 yılı öncesi uygulanan politikalarda sürdürülebilir kalkınma ve çevresel ekonomi sadece bir amaç olarak görülmüş ve bu konuda adım atılmakta yetersiz kalmıştır. Kalkınmanın daha çok ekonomik etkileri üzerinde durulurken çevresel etkileri göz ardı edilmiştir.

Türkiye’nin mevcut rüzgar kapasitesine bakıldığında Avrupa ülkelerinden yaklaşık % 20- % 30 daha fazla potansiyele sahiptir (TUREB, 2012). Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyeli göz önüne alındığında mevcut RES kurulu gücü oldukça düşük düzeyde kalmaktadır.

Bu anlamda yenilenebilir enerjiden elektrik üretmek için çıkarılan ilk kanun 2005 yılında 25819 sayılı resmi gazetede belirtilen 5346 sayılı Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin kanundur. Bu kanuna ilişkin elektrik üretiminde kullanılan YEK (Yenilenebilir Enerji Kaynakları) teşvikler; alım garantisini, düşük lisans ücretlerini, tarife desteğini ve inşaat sahasını alımına ilişkin kolaylıkları içinde barındırmaktadır (Oskay, 2014: 13).

5346 sayılı kanun çerçevesinde rüzgar enerjinin kullanımında artışlar meydana gelmesine rağmen yaşanan gelişim beklenenin altında kalmıştır. Bunun sebebi olarak teşvik fiyatının yeterli olmadığı gösterilmektedir (Özdemir ve Bağiran, 2012: 4).

5346 sayılı kanunun beklenen gelişimi sağlamaması üzerine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının bu kanun üzerine eklemeler yaparak yeni maddelerle tekrar oluşturulan kanun tasarısı 2010 yılı itibarıyla 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji kaynaklarının Elektrik Enerjisi üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasını Dair Kanun olarak 2011 yılında resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yukarıda belirtilen kanunların rüzgar enerjisi ile ilgili kısımları Tablo 11’de belirtilmektedir.

Tablo 11: 5346 ve 6094 Sayılı Kanunların Rüzgar Enerjisi İle İlgili Hükümleri

Rüzgardan elde edilen elektriğe teşvik alım fiyatı 5,5 eurocent/kWh'tır	Rüzgardan elde edilen elektriğe teşvik alım fiyatı 7,3 dolar cent/kWh'tır.
Bu fiyatı her yılın başında en fazla % 20 oranında artırmaya Bakanlar Kurulu yetkilidir.	Yurt içinde üretilen rüzgar türbini parçalarının işletmeye giriş tarihinden itibaren 5 yıl ek destek sağlanacaktır
Orman veya Hazinesinin özel mülkiyetinde ya da devletin tasarrufunda olan alanlarda rüzgardan elektrik enerjisi kullanımı için, Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı'ndan belirli ücretler ödenerek izin alınabilecek, kiralama yapılabilecektir	Milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ve tabiatı koruma alanlarında, muhafaza ormanlarında, yaban hayatı geliştirme sahalarında, özel çevre koruma bölgelerinde ilgili Bakanlığın, doğal sit alanlarında ise ilgili koruma bölge kurulunun olumlu görüşü alınarak elektrik üretim tesislerinin kurulmasına izin verilebilecektir
Yatırım döneminde % 50 indirim uygulanacaktır. Orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri alınmamaktadır	31 Aralık 2015 yılına kadar devreye alınacak üretim tesislerine, yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında, enerji nakil hatlarından izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedelleri için % 85 indirim uygulanacaktır

Kaynak: Oskay, 2014: 14.

Sekizinci kalkınma planında CO₂ emisyonunun azaltılması, alternatif enerjilere yönelme konusunda dikkat çekilmesi ve sürdürülebilir kalkınma konusuna vurgu yapılması gibi konuların ele alındığı daha önce belirtilmiştir. Bu kalkınma planını takiben Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma planında (2007-2013) diğer kalkınma planlarından daha farklı bir yaklaşım ele alınmıştır. Bu yaklaşımın içeriğinde “kirleten öder” mantığı yer almaktadır. Bunun yanı sıra AB standartları getirilmeye çalışılmıştır.

Nitekim Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2014-2018) kapsamında rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesinin artırılması için mevcut bulunan aksaklıkların en aza indirilmesi ve teşvik politikalarının bu yönde daha sağlam temeller üzerine oturtulması gerektiği vurgulanmıştır. TUREB (2012) Ön Raporu'na göre teşviklerin para biriminden kaynaklanan kur riski, yerli katkı ilavesinin uygulanmasındaki belirsizlikler, teşvik süresinin kısalığı ve rüzgarın doğası gereği dengesizlik maliyetlerinin giderilmesi gibi teşvik mekanizması revüzyonlarının olması gerektiği belirtilmiştir.

3.4. Rüzgar Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Enerji ihtiyacının artması ekolojik dengenin bozulmasının yanında ekonomik ve sosyal bir takım bozulmaları da meydana getirmektedir. Özellikle hammadde fiyatlarında artış, rekabette dengesizlikler, bunun neticesinde dış ticarete bozulmalar ve nihayetinde dışa bağımlılık sorununu da beraberinde getirmektedir. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak rüzgar enerjisinin de çevresel etkilerinin yanı sıra ekonomik etkileri de özellikle gelişen ekonomiler için önem arz etmektedir.

Bir enerji kaynağının ekonomik olması için yenilenebilir veya yenilenemeyen enerji kaynağı olarak ayırt edilmeksizin şüphesiz en önemli şartı enerji verimliliğinin yüksek olmasıdır. Enerji verimliliği kavramı, kullanılan minimum enerji miktarıyla mevcut durumdan feragat etmeden daha fazla üretim yapmak anlamına gelmektedir (İZODER, 2010: 4). Enerji verimliliğinin sağlanması demek üretim artışıyla beraber üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve ürün kalitesinde, üretim performansında ve refah seviyesinde artışa karşılık kullanılan enerjideki miktarın düşürülmesi demektir. Bu bölümde rüzgar enerjisinin ekonomik etkileri 4 başlık altında incelenecektir.

3.4.1. Ulusal Ekonomi ve GSYİH

Rüzgar enerjisinin ekonomi üzerindeki rolünü anlamak için ilk önce ekonominin en yaygın ölçütü olan GSYİH değerine bakmak gerekmektedir. Rüzgar enerjisi kullanımının artmaya başlamasıyla beraber GSYİH değerlerindeki oransal artış miktarı paralel bir seyir izlemektedir. GSYİH miktarındaki bu artışlar rüzgar enerjisi elde etmek için yapılan yatırımlardaki artışı da kapsamaktadır çünkü GSYİH'daki büyüme büyük oranda artan yatırımlar tarafından yönlendirilmektedir.

Rüzgar enerjisi kullanım kapasitesi artışı ve buna paralel GSYİH'daki artış değişimleri Tablo 12'de belirtilmektedir.

Tablo 12: Rüzgar Türbini Kurulu Güç Miktarı ve GSYİH'daki Artışlar

YILLAR	Rüzgar Türbini Kurulu Gücü (MW)	Rüzgar Türbin Kurulu Gücü Değişimi (%)	GSYH (Milyon Dolar)	GSYİH'daki değişim (%)
2002	18,9	0	72.520	6.1
2003	20,1	5.9	76.338	5.2
2004	20,1	0	83.486	9.3
2005	20,1	0	90.500	8.4
2006	51	60	96.738	6.8
2007	146,3	65	101.255	4.6
2008	363,7	59	101.922	0.6
2009	791,6	54	97.003	-4.8
2010	1329,15	40	105.886	9.1
2011	1805,85	26	115.175	8.7
2012	2312,15	21	117.625	2.1
2013	2958,45	21	122.556	4.1
2014	3762,1	21	126.128	2.9
2015	4768,3	21	130.971	3.8

Kaynak: TUREB ve İMF'den alınan verilerle düzenlenmiştir.

Tablo 12'de görüldüğü gibi 2006 yılından önceki yıllarda rüzgar enerjisi kurulum gücünde ciddi bir artış görülmemektedir. Bu artışın nedeni; verilen

teşviklerin yetersiz oluşu ve rüzgar enerjisinin farkındalığının günümüzden oldukça az olduğu ile ilgilidir. 2005 yılına kadar yapılan neredeyse tüm Kalkınma Planlarında; sürdürülebilir kalkınma ve rüzgar enerjisine atıf yapılmamıştır. Fakat 2006 yılına gelindiğinde rüzgar kurulu gücü 20.1 MW'dan 51 MW'a çıkmaktadır. Bunun sebebi 2005 yılında 25819 sayılı resmi gazetede belirtilen 5346 sayılı Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin kanundur. Sözü geçen kanunda rüzgar enerjisine ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına ait alım garantisi, düşük lisans ücretleri, tarife desteği gibi teşviklerin verilmesiyle beraber rüzgar enerjisi kullanımında artış meydana gelmiştir.

Nitekim 5346 sayılı kanun neticesinde rüzgar enerjisi yatırımları artmış ancak bu artışlar istenen düzeyde olmamıştır. Teşviklerin yeniden değerlendirilmesi ve yapılandırılmasına ilişkin 6094 sayılı kanunun yürürlüğe girdiği tarih olan 2011 yılında, rüzgar kurulu gücü kapasitesini büyük oranda artırmıştır. Bu artış GSYİH değerinde de bir önceki yıla göre % 8.7'lik bir artışı beraberinde getirmiştir. Artışın en büyük sebebi rüzgar türbinlerine olan yatırım talebindeki artış olmakla beraber, rüzgardan elde edilen elektriğin ithal giderlerini azaltması da GSYİH değerindeki artışın bir diğer nedenidir.

Elektrik üretiminin artışı, üretim artışını beraberinde getirmektedir. Üretilen elektriğin fosil kaynaklara (petrol, doğalgaz ve kömür) bağımlı olması ve fosil kaynaklarının fiyatlarının sürekli değişikliği, ekonomik kırılganlığı artırmaktadır. Rüzgar enerjisi yatırımlarının artışı, gelişen teknolojiyle beraber, fosil yakıtların aksine düşük üretim maliyetlerine sahip olmaktadır. Bunun sonucu olarak rüzgar gücünden elde edilen elektrik fiyat düşüşüne katkı yapmakta ve daha düşük elektrik fiyatlarında enflasyonu düşürerek ve reel gelir ve hane halkı tüketimini artırmaktadır. Bu durum doğrudan elektrik yoğun sektörlerde üretim artışını tetiklemekte ve bu döngü GSYİH rakamlarının artışına katkı yapmaktadır.

3.4.2. Refah Artışı

Günümüz mevcut ekonomik durum göz önüne alındığında, uygulanacak ekonomik temelli politikalar toplumun faydasını maksimize edecek şekilde tasarlanmalıdır. Eğitim, sağlık, gelir ve istihdam politikaları bu açıdan oldukça önem arz etmektedir. GSYİH'nın en önemli alternatiflerinden biri de refahtır. Bir ekonominin uzun vadeli sürdürülebilir kalkınma hedefini gerçekleştirebilmesi için

sınırlı doğal kaynağa sahip kalkınma yollarının yerine sonsuz kaynaklardan enerji ihtiyacını gidermeyi amaçlaması gerekmektedir. GSYİH artışı bu durumu açıklamada yetersiz kalmaktadır. Sürdürülebilirliği açıklamada refah artışı ölçütü de kullanılan ölçütlerden biri olmakta ve bu anlamda CO₂ emisyonu da önem arz etmektedir. Refahın ekonomik temelleri arasında CO₂ emisyonu, hem ekosistemin sürdürülebilirliğini hem de ekonominin sürdürülebilirliğini etkileyen başlıca faktördür. Türkiye gibi gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde üretim miktarının artırılması ana amaç olarak görülmekte ve bu doğrultuda ihtiyaç duyulan enerji fosil yakıtlardan sağlanmaya çalışılmaktadır. Bilindiği gibi fosil yakıtlar atmosferde CO₂ salınımını artırmakta ve enerji verimliliğinde düşüş meydana gelmektedir. Enerji veriminin düşüşü üretim maliyetlerini artırmaktadır.

CO₂ düzeyinde meydana gelen artışların en önemli sebebi üretimde kullanılan enerjideki artıştan kaynaklanmaktadır ve CO₂ gazı, sera gazı toplamının % 60'ını oluşturduğu düşünüldüğünde üretimde kullanılacak enerji kaynağının önemi ortaya çıkmaktadır (Aytun, vd 2017: 2). Rüzgar enerjisi kullanımında, fosil yakıtların ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine rüzgar türbinleri CO₂ salınımına neden olmadığı gibi bu salınımı da azaltmaya yardımcı olmaktadır. Kurulan 500 kWh'lık bir rüzgar türbininin yaklaşık 57.000 tane ağaç tarafından yapılan CO₂ temizleme işini tek başına yaptığı düşünüldüğünde rüzgar enerjisinin bu konuda çevreye ve enerji verimliliğine yaptığı katkının büyüklüğü bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Sera gazının azaltılmasına ilişkin maliyet doğrudan sağlık, eğitim vb alanlara aktarıldığında rüzgar enerjisinin kalkınmanın sağlanmasında ve refah artışına katkı sağlanmasında etkisi oldukça önemlidir.

Şekil 21: Refah Artışına Katkı Sağlayan Bileşenler



Kaynak: IRENA (2016).

Şekil 21'de görüldüğü gibi; sağlık ve eğitim harcamalarında, istihdamda, tüketim ve yatırım harcamalarında artış ve sera gazı emisyonunda azalış refahı beraberinde getirmektedir. Sera gazı emisyonu azalışı için yapılacak harcamalar sağlık ve eğitime kaydırıldığında bu alanda hem istihdamda bir artış meydana gelecek hem de artan istihdamdan dolayı tüketimde artışı meydana getirecektir. Tüketime artması üretimi tetikleyerek yatırımı artıracak ve bu artışla beraber refah seviyesinin artışı gerçekleşmiş olacaktır. Tablo 13'de ise CO₂ emisyonunun satın alma gücü paritesine göre GSYİH içindeki değerlerinin yıllar itibari ile azalışı belirtilmiştir. CO₂ emisyonunu ortadan kaldırmak için katlanılan maliyet azaldıkça, bu azalış GSYİH miktarında artışa neden olmaktadır.

Tablo 13: CO₂ Emisyonu ve GSYH Değeri Arasındaki İlişki

Yıllar	CO ₂ Emisyonu(Satın alma gücü paritesine göre GSYİH içindeki değeri)	Yıllar	CO ₂ Emisyonu(Satın alma gücü paritesine göre GSYİH içindeki değeri)
2002	0.347	2008	0.263
2003	0.354	2009	0.264
2004	0.319	2010	0.249
2005	0.305	2011	0.239
2006	0.291	2012	0.237
2007	0.288	2013	0.221

Kaynak: www.worldbank.org, 23.03.2017.

Fosil kökenli enerji kaynaklarının çıkarımından sonra ülke içine dağıtımı belirli bir maliyet gerektirmektedir. Oysa rüzgar enerjisi yeryüzünün her yerinde sınırsız bulunduğu için hem kullanıldığı bölgenin kalkınması ve refah artışını sağlayacak hem de dağıtım maliyetini ortadan kaldıracaktır. Yani rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik yerel ihtiyaçlara masrafsız ve zamanında sunum imkanı verecektir. Bu sayede de bölgesel gelir dağılımının düzensizliğini ortadan kaldırmaya yardımcı olmakta ve bölgenin kalkınmasına katkıda bulunmaktadır.

3.4.3. İş İmkanlarının Artışı

İş imkanlarının artması hem toplumsal gelişime hem de ekonomik hedeflere ulaşmak için bir araçtır. Yoksulluğun azaltılması gibi uzun vadeli hedeflere ulaşmada ücretin verimliliği ve çeşitli kaynaklardan üretimin gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir. İş yaratma, beceri edinme, ekonomik istikrarın sağlanması ve toplumsal uyum gibi politikalar hükümetler için kilit rol oynamaktadır. İstihdam olanaklarının artırılması GSYH ve refahla birlikte sürdürülebilir kalkınmanın önemli araçlarından biridir.

Türkiye gelişmekte olan bir ekonomidir ve genç nüfusa sahiptir. TÜİK'in 2016 verilerine göre çalışma çağındaki nüfus toplam nüfusun %68'ini oluştururken, 2016 genç işsizlik rakamı ise %22,5 gibi oldukça yüksek bir rakamdır. 2002 yılından itibaren GSYH da düzenli artışlar yaşanmasına rağmen Türkiye iş alanları yaratmada yetersiz kalmaktadır. İç tasarruf oranlarının talebi karşılamaya yetmemesi ve bu yetersizliğin dış kaynaklardan karşılanmaya çalışılmasını ifade eden istihdamsız büyüme ise; ikilem yaratan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Rüzgar enerjisinin istihdamı artırıcı etkileri, genel itibariyle ihracat kaleminde sağlanmaktadır. Genellikle sağlanan istihdam ara malları üretimi, ürünlerin geliştirilmesi, ön pazarını oluşturma ve teknolojik alt yapının sağlanması gibi alanlarda sağlanmaktadır. Bu da hem ithalat maliyetini düşürerek bütçe dengesini sağlamakta hem de yurt içinde iş gücü olanaklarını artırarak ülke ekonomisine ilave katkı sağlamaktadır.

Enerji tüketiminde % 75 civarında dışa bağımlı olan Türkiye ekonomisi için her anlamda gelecek vaat eden rüzgar enerjisi, gerek hızlı gelişen teknolojisi gerek ülkenin sahip olduğu rüzgar potansiyeli ve enerji kullanımına yaptığı en önemli katkılardan biri olan CO₂ salınımını azaltıcı etki yaparak enerji verimliliğini artırması bu alana yatırım yapılmasını cazip hale getirmektedir. Rüzgar gücünden enerji üretiminde, istihdamının ekonomiye olan katkısını ölçmek için iki formül kullanılmaktadır: bunlardan ilki Doğrudan İstihdam/ Kurulu Kapasite (MW), ikincisi ise; Doğrudan İstihdam/Bir Yıl İçinde İnşa Edilmiş Kurulu Kapasite (MW)'dir (Erdal, 2012: 7). Rüzgar enerjisinin, ülkeden ülkeye değişen inşa süresinden işletme süresine kadar geçen her bir aşamasında Avrupa Rüzgar Enerjisi Ajansı'nın (EWEA) yaptığı hesaplamalara göre rüzgar çiftliği tesisinin büyüklüğüne göre her bir MW

başına ortalama olarak % 0.1 ile % 0.33 arasında istihdam yaratma kapasitesi mevcuttur. Fakat Türkiye’de henüz daha yeni sayılacak bir enerji kaynağı olarak bilinen rüzgarın istihdam yaratma kapasitesine ulaşmada veriler yetersiz kalmaktadır. Türkiye’de 2016 yılı sonu itibariyle toplam kurulu güç miktarının 5753,3 MW olduğu düşünüldüğünde, istihdam yaratma kapasitesi önemli derecede etkileyebileceği açıkça görülmektedir. Türkiye sürdürülebilir kalkınma hızını artırmak için kullandığı sosyal, siyasal ve ekonomik mekanizmaların yanı sıra yenilenebilir kaynaklardan olan rüzgar enerjisine daha çok önem vermeli ve ülkenin rüzgar enerjisi üretiminde sahip olduğu jeopolitik konum üstünlüğünü de kullanmalıdır.

3.4.4. Ulusal Ticaretin İyileşmesi

Küresel ekonomilerde olduğu gibi Türkiye’de de GSYİH’nın artırılması ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi genel anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla doğrudan ilişkilidir. Rüzgar enerjisi diğer alternatif enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında en ekonomik olanıdır. Düzenli bakım yapıldığı müddetçe yıllarca kullanılabilmesi ve kendi kendini amorti edebilmesi onu diğerlerinden ayırmaktadır. Rüzgar enerjisinin kaynak israfına neden olmaması ülkeye ekonomik açıdan bir yük getirmemektedir. Türkiye enerji üretiminde dışa bağımlı bir ülke konumunda olduğundan dolayı, fosil kökenli enerji kaynakları ithalatı ülke ekonomisinin sırtında adeta bir yük oluşturmaktadır. Her yıl Türkiye GSYİH miktarının önemli bir kısmını enerji ithalatına ayırmaktadır

Rüzgar enerjisinin sosyo- ekonomik etkileri, proje planlaması, imalatı, kurulumu, şebeke bağlantısı vb değer zincirlerinin her bir bölümüne ayrı ayrı değerlendirilir. Diğer yandan sürdürülebilir kalkınma anlamında ise finansal hizmetler, Ar-Ge, danışmanlık ve eğitim gibi destekleyici kesimler bulunmakta ve bu kesimler boyunca iç değer yaratma kapasitesi ithal edilen tamamlanmış veya ara mallarının ülke içi üretiminin artmasına bağlıdır. Yerel olarak üretilen teknoloji, yerel bir sanayinin gelişmesiyle yerel değer yaratmak için daha fazla fırsatı da içinde barındırmaktadır. Bir rüzgar türbini kule, rotor, dişli kutusu, jeneratör vb gibi bir çok elektrik-elektronik parçalardan oluşmaktadır. Her bir parçanın üretimi farklı girdiler içermekte ve bir rüzgar enerjisi projesi oluşturulmasında hepsi ayrı birer ithalat kalemi olarak değerlendirildiğine, GSYİH değerine etkisi ürettiği katma değerden ilk

bir kaç yıl daha fazla gider yaratmaktadır. Rüzgar enerjisi projesinde, maliyetin büyük çoğunluğu kurulum evresinde meydana geldiği için hükümetlerin ve özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan, enerji üretiminde büyük oranda dışa bağımlı ekonomilerin bu alanda verecekleri teşvikler büyük önem arz etmektedir. Rüzgar enerjisinin artışıyla beraber rüzgar enerjisi ekipmanına olan talep artışı yerel üretimden karşılandığında fosil kaynakların ithal maliyetinde ciddi oranlarda düşüş sağlayacaktır.

Tablo 14: Fosil Kökenli Enerji Kaynaklarının Türkiye'de Üretimi ve İthalatı

YILLAR	Kömür İthalat(Bin Ton)	Kömür Üretim(Bin Ton)	Petrol İthalat(Bin Ton)	Petrol Üretim(Bin Ton)	Doğalgaz İthalat(10⁶ Sm³)	Doğalgaz Üretim(10⁶ Sm³)
2002	7.857	11.358	32.867	2.564	15.767	344
2003	10.546	10.633	34.003	2.494	18.949	510
2004	10.929	10.222	35.334	2.389	19.835	644
2005	11.432	10.832	35.519	2.395	24.522	816
2006	13.361	12.965	37.356	2.284	27.976	825
2007	14.334	14.461	38.233	2.241	33.167	827
2008	12.708	16.409	36.681	2.268	34.013	931
2009	13.119	16.926	33.887	2.349	32.827	627
2010	13.734	17.016	36.566	2.671	34.823	625
2011	15.351	17.445	36.099	2.555	36.219	652
2012	19.237	18.955	37.856	2.440	37.910	533
2013	16.951	14.963	37.881	2.485	37.347	443
2014	19.202	15.948	38.524	2.471	40.641	414
2015	21.815	12.380	43.415	2.641	39.952	314

Kaynak: www.eigm.gov.tr, 27.03.2017.

Tablo 14'de 2002-2015 yılları arasında fosil kökenli enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz ve kömür), üretim ve ithalat miktarları verilmektedir. 2002 yılından 2016 yılına kadar kömür ve doğalgaz ithalatı yaklaşık 2,5 kat ve petrol ithalatı ise yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Enerjiye büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye için bu durum GSYH'dan büyük miktarları enerji ithalatı giderlerine verdiği bir göstergesi olmaktadır. Türkiye'de 48 GW rüzgar potansiyeline karşın 5753,3 MW rüzgar enerjisi elde edildiği düşünüldüğünde, bu oranın artırılması ithalat değerlerini düşürmeye etki edecek unsurlardan biridir. Rüzgar enerjisi kullanımının artırılması yeni pazarları ortaya çıkaracak, yeni ticaret akışları yaratacak ve aynı zamanda enerji üretiminde kullanılan ekipmanların üretiminin yerelleşmesi ekonomi için fırsat sağlayacaktır. Rüzgar enerjisi mal ve hizmet piyasası genişledikçe ölçek ekonomisi aracılığıyla üreticilerin teknolojileri daha da ticarileştirmesine neden olacaktır. Buna bağlı olarak düşen maliyetler söz konusu enerjiyi daha da rekabetçi hale getirecektir.

3.5. Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma ve Rüzgar Enerjisi

Sürdürülebilirlik ve çevre arasındaki ilişkiden 1980'li yıllara kadar bahsedilse de bu konuda ciddi adımların atılması ve konunun farkındalığının artması ne yazık ki uzun yıllar almıştır. Sanayi devrimiyle başlayan kitlesel üretim artışı enerjiye olan ihtiyacı artırmıştır. Atmosferdeki sera gazlarının oluşturduğu küresel ısınma felaketi tüm dünyayı etkilemiş ve yaşanan büyük iklim sorunları ancak insanlığın bu konuda ilgisini son yıllarda çekmeye başlamıştır. Kalkınma kavramı ilerleme, daha iyi yaşam standardı ve gelişme olarak ifade edilirken son yıllarda yeryüzünün kendini yenileme kapasitesini ciddiye alan sürdürülebilir kalkınma kavramı daha çok kullanılmaktadır. Çevreye olan ilgi, gelecek nesillerin yaşam hakkına saygı duyma ve üretirken yeryüzünün tüm kaynaklarını tüketmeme gibi bir çok ayrıntının da artık günümüzde daha ciddi sorunlar olarak görülmeye başlanması, bu konuda bilincin uyandığının bir işareti olarak karşımıza çıkmaktadır.

Fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan sera gazlarının çevresel etkilerinin ölçülmesi Karbon ayak izi gibi bir takım terimleri beraberinde getirmiştir. Günlük yaşantımızda kullandığımız konut ısıtması, ulaşım, tükettiğimiz en basit ürünlerin üretim aşamasında ortaya çıkan karbon miktarı atmosferdeki karbon ayak izimizi oluşturmaktadır (Kaypak, 2013: 2). Karbon maliyeti, enerjinin üretildiği hemen hemen her şeyde ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda karbon ayak izi, fosil

yakıtların tutuşmasından ortaya çıkan CO₂ salınımını tolere etmek için gerekli olan biyolojik kapasiteyi ormanlar vasıtası ile ölçmektedir. Sahip olunan orman arazisi miktarı, atmosferdeki karbon miktarını dengeleyecek kapasitede değil ise bu durum ekolojik açığı ortaya çıkaracaktır (Özsoy ve Erden 2015: 5) .

Tablo 15: Fosil Kökenli Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektrik Miktarı ve CO₂ Emisyonu İlişkisi (2002- 2014)

Yıllar	Fosil Kökenli Kaynaklardan Üretilen Elektrik (Kömür)	CO₂ Emisyonu (Kişi Başına Metrik Ton)	Yıllar	Fosil Kökenli Kaynaklardan Üretilen Elektrik (Kömür)	CO₂ Emisyonu (Kişi Başına Metrik Ton)
2002	24.845	3.158	2008	29.088	4.037
2003	22.942	3.308	2009	28.583	3.899
2004	22.859	3.366	2010	26.063	4.121
2005	26.669	3.498	2011	28.866	4.363
2006	26.461	3.808	2012	28.398	4.403
2007	27.893	4.095	2013	26.560	4.243

Kaynak: www.worldbank.org, 06.04.2017.

Tablo 15'de görüldüğü gibi 2002 yılında 3.158 Metrik Ton olan CO₂ emisyonu 2013 yılında 4.243 Metrik Ton'a yükselmiş ve yaklaşık % 25 oranında artmıştır. Türkiye'de 2016 yılında üretilen elektriğin % 66'sı fosil kaynaklardan (% 32,1' i doğalgaz ve % 33,9'u kömür) üretilmektedir (www.enerji.gov.tr, 06.04.2017). Bu durum hem enerji ithalat miktarını artırmakta hem de CO₂ emisyonundaki % 25'lik artışı beraberinde getirmekte ve enerji verimliliğini düşürerek üretimde kaynak israfına neden olmaktadır. Enerji verimliliği ekosistemin işleyişine verilen zararı en aza indirmekte ve bu sayede çeşitli kazanımlar yaratarak sürdürülebilir kalkınmaya yardımcı olmaktadır.

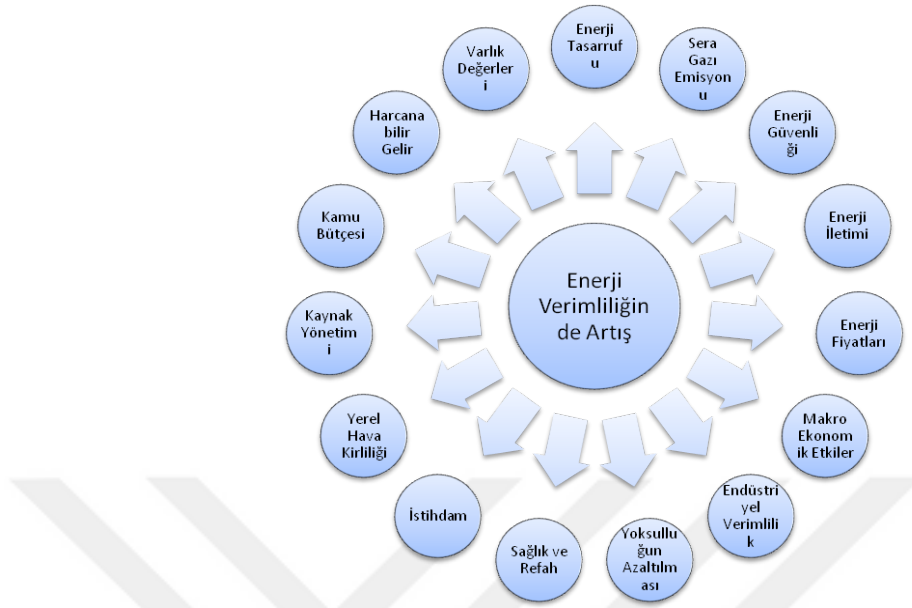
Atmosferdeki karbon miktarını fotosentez yoluyla depolama gibi büyük görevi olan ormanlar, biyolojik açıdan insanlığın çevreye vermiş olduğu tahribatı gidermek için büyük öneme sahiptir. Rüzgar enerjisinin ekolojik dengeye olan olumlu etkisi onu diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayırmaktadır. Rüzgar enerjisinin atmosferdeki CO₂ miktarını azaltmaya yardımcı olması ve 500 kWh'lık bir rüzgar türbininin 57.000 ağaca eşdeğer şekilde CO₂ gazı temizlemesi, sürdürülebilir kalkınma göstergelerinden olan karbon ayak izine katkısının ne derece büyük olduğunu ortaya koymaktadır.

Karbon ayak izini tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de artıran sektörlerin başında elektrik sektörü gelmektedir (WWF, 2012: 11). Karbon ayak izini büyük ölçüde artıran fosil kökenli enerji kaynaklarından elde edilen elektrik, hem girdi maliyetini artırmakta hem de sürdürülebilirliğin önünde engel oluşturmaktadır.

Enerji tüketiminin her geçen gün artması rekabet, istihdam, büyüme, refah artışı, çevresel tahribat ve ekonomik rekabet gibi bir çok durum, sürdürülebilir kalkınma aşamalarını etkilemektedir (Aydın, 2016: 11).

Şekil 22'de enerji verimliliğinin ekonomiye ve sürdürülebilirliğe olan çeşitli kazanımları verilmiştir. Enerjide tasarruf sağlaması, sera gazlarını azaltmaya yardımcı olması, yerel ve küresel hava kirliliğini azaltması ve buna benzer bir takım çevresel faktörlere ve bunların yanı sıra yoksulluğun azaltılması, istihdam, kaynak yönetimi gibi ekonomik faktörlere olan katkısı; enerji verimliliğinin önemini artırmaktadır. Üretim alternatifleri geliştirirken, mevcut fosil kaynakları azaltmamak ve bu kaynakların ikamesini artırmak sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır (Seydioğulları, 2013: 25). Türkiye'de rüzgar potansiyelinin yüksek olması, enerji verimliliği açısından bir avantaj olurken, bu avantajı kullanmak için gerekli yatırımların yavaş seyretmesi enerji bağımlılığını artırmaya devam etmektedir.

Şekil 22: Enerji Verimliliğinin Ekonomi ve Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri



Kaynak: IEA, Capturing The Multiple Benefits of Energy Efficiency, s,20.

Türkiye'de sahip olunan rüzgar potansiyelin çok altında bir kısmı elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Oysa ki sürdürülebilir kalkınma açısından üretime bir girdi olarak kullanılan elektriğin rüzgardan sağlanması fosil kökenli enerji kaynaklarına bağımlı üretimi de düşürecek, ekonomik ve çevresel bir çok sorunun çözümüne de katkı yapacaktır. Tablo 16'da rüzgar enerjisinden üretilen elektrik miktarının 2002-2015 yılları arası değişimi verilmektedir.

Tablo 16'ya göre 2002 yılında rüzgardan üretilen elektrik miktarı 48,0 GWh olmakla beraber, 2006 yılında kayda değer bir artış göstererek 126,5 GWh'e ulaşmıştır. Bu yükselişin en önemli sebebi rüzgar enerjisine verilen teşviklerin 2005 yılından sonra daha kapsamlı hale getirilmesi olmuştur. 2015 yılı itibariyle Türkiye'de rüzgardan üretilen elektrik miktarı 11,650 GWh'dir. 2002 yılında üretilen 48,0 GWh elektrik, toplam tüketimin yaklaşık % 0,04'ünü karşılarken, 2015 yılında üretilen 11,650 GWh elektrik, toplam tüketimin yaklaşık % 4,39 oranında karşılamaktadır (www.enerjiatlası.com.tr; 20.04.2017).

Tablo 16: Rüzgar Enerjisinden Üretilen Elektrik Miktarı Değişimi (2002-2015)

Yıllar	Elektrik Üretimi (GWh)	Kurulu Güç (MW)	Yıllar	Elektrik Üretimi (GWh)	Kurulu Güç (MW)
2002	48,0	18,9	2009	1495,0	792,0
2003	61,0	19,0	2010	2.916	1.320
2004	58,0	19,0	2011	4.724	1.729
2005	94,4	15,0	2012	5.861	2.261
2006	126,5	59,0	2013	7.558	2.760
2007	355,1	146,3	2014	8.520	3.630
2008	847,0	364,0	2015	11.650	4.718

Kaynak: ETKB, Genel Enerji Tabloları (2002-2015)

Dünya'da rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik miktarının 2025 yılına kadar % 10 artması durumunda atmosferdeki CO₂ miktarının yılda 1,41 Gton azalacağı düşünüldüğünde, Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyelinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır (Aydın, 2013: 33).

Rüzgardan verimli elektrik enerjisi elde etmek için 7,5-8 m/s hızında rüzgara sahip olmak gerekmekte ve Türkiye'de bu hızda rüzgara sahip olan bölgeler ise oldukça fazladır. 7,5-8 m/s rüzgar hızına sahip bir rüzgar türbini, 580 MWh/Yıl elektrik enerjisi üretebilmekte ve bu enerji her yıl 250 ton kömürle elektrik enerjisi üreten bir santrale eşdeğer elektrik üretebilmektedir (Aydın, 2013: 33). Türkiye'nin 7,0 m/s 'den fazla kara rüzgar gücü potansiyelinin 48,000 MW olduğu bilindiğine göre, bu rakam rüzgardan üretilen elektrik miktarının kullanılması sonucunda, fosil kaynaklara bağımlılığı azaltmadaki ve çevreyi korumadaki öneminin yadsınamaz olduğunu gözler önüne sermektedir.

4. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÜZERİNDEKİ EKONOMİK ETKİSİ: ARDL MODELİ ANALİZ

4.1. Literatür Taraması

Enerji tüketimindeki artış, CO₂ miktarındaki artışla beraber sürdürülebilir kalkınma üzerinde büyük öneme sahiptir. Son yıllarda bu konu ile ilgili çalışmaların artmasının en büyük nedeni sürdürülebilir kalkınma açısından enerji tüketiminin büyük öneme sahip olmasıdır (Farhani ve Rejeb, 2012:1). Literatürde yapılan çalışmaların çoğu özellikle yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme üzerine toplanmakta ve yapılan son çalışmalara bakıldığında yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Rüzgar enerjisinin ise sürdürülebilir kalkınmaya olan etkisi literatürde iki başlık altında incelenebilir. Bunlardan ilki rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini teorik boyutta araştırmaktadır. Bu çalışmalardan Koçaslan (2010), Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma hedefi için rüzgar enerjisinin önemini araştırdığı çalışmada yerli, yenilenebilir ve temiz bir kaynak olarak rüzgar enerjisinin, yerli üretimin birkaç kat üzerinde seyreden toplam nihai enerji tüketimini karşılayacak bir kaynak olmasının yanısıra; iktisadi, çevresel ve toplumsal alanlarda katkı sağlayacağı sonucuna ulaşmıştır. Karaca ve Erdoğan (2012), yaptıkları çalışmada sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde çevre dostu bir niteliğe sahip olan yenilenebilir enerji kaynakları sadece istihdamda artış ve yerel sanayinin güçlendirilmesi değil aynı zamanda kırsal ve bölgesel kalkınma açısından da büyük öneme sahip olduğu, özellikle rüzgar enerjisinin kullanımının yaygınlaştırılmasıyla çevre kirliliği ve istihdam sorunlarına çözüm sağlanacağını belirtmiştir. Güler (2009), Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisi potansiyelinin Türkiye'de yüksek olduğu, gerekli hükümet destekleri ve teknolojik alt yapı ile birlikte ucuza enerji elde etmek ve iş imkanlarını artırmak için rüzgar enerjisine yatırım yapmanın gerekli olduğu ve enerji bağımsızlığı çerçevesinde hem çevresel hem de ekonomik iyileşme için rüzgar enerjisinin gerekli olduğunu çalışmada belirtmiştir. Comsan (2008), Mısır için

yaptığı çalışmada 2022 yılına kadar kurulması planlanan rüzgar türbinleri aracılığıyla ülkede elde edilen elektriğin % 8.8'i karşılanabileceğini ve dışa bağımlığı azaltmada rüzgar enerjisinin büyük rol oynayacağını, bu sayede sürdürülebilir kalkınmanın da önemli ölçüde artmasına yardımcı olacağı sonucuna ulaşmıştır.

Rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınmaya olan etkisini inceleyen çalışmalardan ikincisi ise; ampirik olarak yapılanlardır. Bu çalışmalardan çoğu özellikle yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme üzerine yoğunlaşmakla beraber, rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınmaya olan etkisini inceleyen çalışmalar ise sınırlı düzeyde kalmaktadır. Bu çalışmaların bazıları Tablo 17'de yer almaktadır.

Tablo 17: Rüzgar Enerjisi ve Yenilenebilir Enerji ile Sürdürülebilir Kalkınma ilişkisinin Araştırıldığı Çalışmalar

Çalışma	Ülke/Dönem	Yöntem	Sonuçlar
Ağpak (2013)	Türkiye	A'WOT Analizi ve AHP	Rüzgar enerji sektörüne yönelik yaptığı analiz sonucunda üretimin her seviyesinde, hibrid ve depolamalı sistemleri de içerecek şekilde Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi en öncelikli strateji olarak belirlenmiştir.
Bloch vd (2015)	Çin (1977-2013 ve 1965-2011)	ARDL ve VECM	Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin pozitif yönde ilişkinin olduğu sonucuna ulaşmıştır.
Bozkurt ve Destek (2015)	OECD Ülkeleri(1980-2012)	ARDL	Ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, sabit sermaye yatırımı ve toplam işgücü arasındaki ilişkiyi sürdürülebilirlik açısından ARDL modeli aracılığıyla araştırmıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminin, seçilen OECD ülkelerinden ABD ve Almanya'da yenilenebilir

			enerji tüketiminin GSYH'yı pozitif etkilediği bulunurken, İtalya ve Türkiye'de bu etkinin negatif olduğu bulguları elde edilmiştir. Elde edilen ampirik sonuçlara göre yenilenebilir enerji tüketiminin gelişmiş ülkelerde ekonomik büyüme üzerine daha olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
İbrahiem (2015)	Mısır	ARDL	Yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik tüketimi, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, değişkenler arasında pozitif ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Bakırtaş ve Çetin (2016)	G-20 Ülkeleri (1992-2010)	Pedroni Panel Eş Bütünleşme, POLS, REM , FGSL Analizi	Kişi başına gelirde meydana gelen artışın kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminde bir artışa neden olduğu saptanmıştır.
Bhattacharya vd. (2016)	Yenilenebilir enerjinin en çok tüketildiği ilk 38 ülke (1991-2012)	FMOLS	Yenilenebilir enerji üretiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Atay (2016)	G-7 ve G-20 (2003-2012)	Pedroni-Kao Eşbütünleşme ve FMOLS	Rüzgar enerjisi tüketiminde % 1'lik bir artışın ekonomik büyümeyi % 6 arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
Armeanu vd. (2017)	AB ülkeleri (2003-2014)	Panel VECM, Granger	Elde edilen sonuçlara göre biyokütle, hidroelektrik,

		Nedensellik, FMOLS, DOLS	jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi kaynaklarının kişi başı GSYH üzerinde olumlu etkisi olduğu bulgularına ulaşılmıştır
--	--	--------------------------------	--

Çalışmada kullanılan model, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak; enerji verimliliği, sera gazı emisyonu, Ar-Ge harcamaları gibi parametrelerin bir arada ele alınarak rüzgar enerjisi ve sürdürülebilir kalkınma arasında geniş bir yelpazede dinamik bir ilişki kurmaktadır. Çalışmanın literatürdekilerden ikinci bir farklılığı ve önemi ise, Türkiye’de bu konu ile ilgili önceki çalışmaların sınırlı olmasıdır.

4.2. Metodoloji ve Yöntem

Çoğunlukla durağanlıktan uzak olan iktisadi zaman serilerinde, sahte regresyon sorunu gündeme gelmektedir. Durağanlığın sağlanması için fark alma işlemi gerçekleştirilmekte fakat bu durum serilerin sahip olduğu bilgiyi ortadan kaldırmakta ve seriler arasındaki ilişkiyi yok etmektedir (Tarı ve Yıldırım, 2009: 100). Bu nedenle, durağanlıktan uzak serilerin, durağan birleşiminin var olacağını ve ekonometrik olarak tahmin edilebileceğini ortaya koyan eşbütünleşme testine başvurulmaktadır (Eriçok ve Yılancı, 2013: 95).

Rüzgar enerjisinin, sürdürülebilir kalkınma üzerindeki olası ekonomik etkilerini araştıran bu çalışmada Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen Autoregressive Distributed Lag (ARDL) modeli kullanılmıştır. ARDL yaklaşımının diğer sınır testi yaklaşımlarına göre bir takım avantajları bulunmaktadır. Bunlardan ilki analizde kullanılan değişkenlerin $I(0)$ ya da $I(1)$ olmasına bakılmadan modelin uygulanabilmesidir (Pesaran vd., 2001: 290; Pamuk ve Bektaş, 2014: 82). Yani değişkenlerin derecelerini belirlemeden de analize devam edilebilecektir. ARDL modelinin ikinci bir avantajı ise, Unrestricted Error Correction Model (UECM) kullanıldığı için, Engle- Granger'dan istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar ortaya çıkarmasıdır (Narayan ve Narayan, 2005: 429). Ayrıca kısıtlı gözlem sayısının kullanıldığı çalışmalarda ise Engle- Granger'dan daha güvenilir sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Narayan ve Smyth, 2005: 103).

Çalışmada kullanılan zaman serisi verileri, Dünya Bankası'nın veri tabanından, EUROSTAT verilerinden ve EİGM verilerinden elde edilmiş olup, 1998-2014 dönemini kapsamaktadır. Türkiye'de rüzgar enerjisi ile sürdürülebilir kalkınma üzerindeki ekonomik etkileri arasındaki ilişki literatürde yoğun olarak kullanılan GSYİH ile rüzgar enerjisinin birincil üretimi, sera gazı emisyonu (CO_2), enerji verimliliği, Ar-Ge harcamaları (%) ve işgücü değişkenlerinin yer aldığı model ile analiz edilmiştir. Ayrıca modelde yer alan değişkenler logaritmik olarak ele alınmıştır. Böylece, logaritmanın alınması ile üstel büyüme gösteren seri lineer hale dönüşmekte, varyans stabilize olmakta ve aykırı gözlemlerin etkileri azalmaktadır.

Tablo 18: Değişkenler ve Gösterimi

Değişkenler	Gösterimi	Kaynak
GDP	Kişi Başına Düşen GSYİH (US\$)	Dünya Bankası
WIND	Rüzgar Enerjisinin Birincil Kullanımı (1000 tona eşdeğer petrol)	EİGM
GGE	Sera Gazı Emisyonu Endeksi (CO2 Eşdeğeri),baz yılı 1990	EUROSTAT
EP	Enerji Verimliliği (kilogram petrol eşdeğer karşılığı)	EUROSTAT
RD	Ar-Ge Harcamalarının GSYİH içindeki payı (%)	Dünya Bankası
LF	Toplam İş Gücü	Dünya Bankası

Kullanılan model 1 no'lu eşitlikte gösterilmektedir.

$$GDP=\beta_0+\beta_1WIND+\beta_2GGE+\beta_3EP+\beta_4RD+\beta_5LF+\varepsilon_t \quad (1)$$

Eşitlik 1'de verilen modele ilişkin değişkenler ve açıklamaları Tablo 18'de belirtilmektedir. Bu modelin amacı, WIND, GGE, EP, RD ve LF değişkenlerinin GDP değişkeni üzerindeki etkilerini sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde ortaya çıkarmaktır. Diğer bir deyişle, rüzgar enerjisinin kullanımındaki bir artışın yanı sıra; diğer değişkenlerinde GSYİH üzerinde yaratacağı etkinin olumlu sonuçlar ortaya çıkaracağı beklenmektedir. Ortaya çıkan sonuçların pozitif ve anlamlı olması durumunda, GSYİH miktarından ödün vermeden hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilirliğe katkı sağlanacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan değişkenlerin GDP üzerindeki etkisi araştırılmaya çalışılmış olup, Bozkurt ve Destek (2015)'de kullanılan LF; Chindo (2014)'de kullanılan, GGE ve LF; Atay (2016)'da kullanılan, WIND ve Armeneu vd. (2017)'de kullanılan; WIND, GGE, RD ve LF değişkenlerinin kullanımına ek olarak EP değişkeni de analize dahil edilmiş olup, değişkenler arasındaki ilişki geniş açıdan ele alınmıştır.

ARDL yönteminin tercih edilmesinin nedeni, gözlem sayısının az olduğu durumlarda Engle-Granger ve Johansen eşbütünleşme testlerine göre daha güvenilir sonuçlar vermesidir. Ayrıca yöntemin tercih edilmesinde diğer bir neden ise, değişkenlerin gecikmeli değerleri de analize dahil edildiği için, açıklayıcı değişkenlerin düzey ve gecikmeli değerlerinin de açıklanan değişken üzerindeki etkilerinin görülebilmesidir. Zaman serisi analizinde kullanılan veriler sınırlı bir döneme ait ise tüm verilerin I(1) olması durumunda eşbütünleşme olmama riski de söz konusu olması da bu yöntemin tercih edilme sebebidir. Bütün bu nedenlerden dolayı ARDL yaklaşımı en uygun yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu amaçla GDP ile WIND, GGE, EP, RD ve LF değişkenlerinin arasındaki eşbütünleşme ilişkisine ait model 2 no'lu eşitlikte verilmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta LGDP = & \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_1 \Delta LGDP_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_2 \Delta LWIND_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_3 \Delta LGGE_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_4 \Delta LEP_{t-p} \\ & + \sum_{i=1}^p \beta_5 \Delta LRD_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_6 \Delta LLF_{t-p} + \beta_7 LGDP_{t-1} + \beta_8 LWIND_{t-1} + \beta_9 LGGE_{t-1} \\ & + \beta_{10} LEP_{t-1} + \beta_{11} LRD_{t-1} + \beta_{12} LLF_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

2 no'lu eşitlikte sınır testi yaklaşımının uygulanabilmesi için p olarak gösterilen gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Sonraki aşamada ise, eşbütünleşme ilişkisinin varlığının araştırılmasında bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birinci dönem gecikmelerine F istatistiği uygulanması gerekmektedir. Bu teste ilişkin gerekli hipotezler aşağıda verilmiştir.

$$H_0: \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = \beta_{10} = \beta_{11} = \beta_{12} = 0$$

$$H_1: \beta_7 \neq \beta_8 \neq \beta_9 \neq \beta_{10} \neq \beta_{11} \neq \beta_{12} \neq 0$$

Kurulan hipotezlerden sonra hesaplaması yapılan F istatistik değeri, Peseran vd. (2001)'deki tablo alt ve üst kritik değerleri ile karşılaştırılır. Eğer F istatistik değeri kritik alt değerden küçükse seriler arasında eşbütünleşmenin olmadığına karar verilir. Diğer taraftan hesaplanan F değeri kritik üst değerden fazla ise seriler arasında eşbütünleşme olduğuna karar verilir. Sonuncu olarak ise, F değeri kritik alt ve üst değerler arasında ise eşbütünleşme hakkında yorum yapılamamaktadır.

2 nolu eşitlik tahmin edilerek yapılan F istatistiğine göre eş bütünleşme ilişkisinin varlığı bulunduğundan sonra, 3 ve 4 nolu eşitlik tahminleri yapılır ve değişkenler arasındaki uzun dönem katsayıları ve kısa dönemli ilişkiyi gösteren ARDL hata düzeltme modeli analiz edilir.

$$\Delta LGDP = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta LGDP_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} \Delta LWIND_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{3i} \Delta LGGE_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{4i} \Delta LEP_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{5i} \Delta LRD_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{6i} \Delta LLF_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta LGDP = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta LGDP_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} \Delta LWIND_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{3i} \Delta LGGE_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{4i} \Delta LEP_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{5i} \Delta LRD_{t-p} + \sum_{i=1}^p \beta_{6i} \Delta LLF_{t-p} + \beta_7 ECT_{t-1} \quad (4)$$

4.3. Ampirik Bulgular

Zaman serilerinde yapılan analizlerde, serilerin durağan olmaması değişkenler arasında güvenilir olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, model tahmininden önce serilerin durağanlıklarının incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, serilerin durağanlık özelliklerinin test edilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden; Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) (1981) ve Phillips-Peron (PP) (1988) birim kök testleri yapılmış ve test sonuçları Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 19: ADF ve PP Birim Kök Test İstatistiği Sonuçları

Değişkenler	ADF	PP
LGDP	-0.67	-0.71
$\Delta LGDP$	-5.97*	-9.84*
LWIND	-2.19	-2.19
$\Delta LWIND$	-4.27*	-4.86*
LGGE	-0.24	-0.18
$\Delta LGGE$	-4.27*	-4.29*
LEP	0.97	1.13
ΔLEP	-4.04*	-4.44*
LRD	0.38	-0.65
ΔLRD	-6.72*	-6.40*
LLF	1.18	1.62
ΔLLF	-7.45*	-7.65*

Not: * işareti %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. Değişkenlerin düzey ADF ve PP birim kök testi sonuçları % 1, % 5 ve % 10 önem düzeyinde anlamsızdır.

Tablo 19'daki birim kök test sonuçlarına göre; GDP, WIND, GGE, EP, RD ve LF değişkenleri, düzeyde durağan olmadıklarından dolayı birinci farkları alındıklarında durağan hale geldiğinden durağanlık düzeyleri I(1) olarak ele alınmıştır.

Tablo 20: Eşbütünleşme Test Sonuçları

k	F-İstatistiği	Alt Sınır %5	Üst Sınır %5
5	61.35	2.62	3.79

Tablo 20'deki tahmin sonuçlarına göre, F istatistik değerinin, Peseran vd. (2001) tarafından hesaplanan üst sınır kritik değerinden daha büyük F istatistiği değerine sahip olduğundan, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla, değişkenler arasında uzun dönemli ve kısa ilişkileri belirlemek için ARDL modeli kurulabilir. Buradan yola çıkarak, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler tahmin edilebilecektir. Değişkenlere ait uzun dönemde rüzgar enerjisi ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkinin tahmin edilmesi için, öncelikle değişkenlere ait gecikme değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Modelde yer alan değişkenlere ait SIC bilgi kriterine göre uygun gecikme değerlerinin bulunmasıyla elde edilen ARDL (2,2,0,0,1,1) uzun dönem katsayı sonuçları Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21: ARDL Modeli Tahmin Sonuçlarına Göre Uzun Dönem Katsayıları

Değişkenler	Katsayılar	P Değeri
DLWIND	0.058256	0.0002*
DLGGE	2.225881	0.0000*
DLEP	0.371827	0.0001*
DLRD	0.492690	0.0153**
DLLF	0.489584	0.2523

Not: * ve ** sırasıyla % 1 ve % 5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 21'e göre rüzgar enerjisinin birincil üretimi, enerji verimliliği, CO₂ emisyonu, Ar- Ge Harcamaları değişkenlerinin GSYİH üzerinde istatistiki olarak anlamlı ve pozitif etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Tahmin edilen modelde rüzgar enerjisinin birincil üretimini ifade eden katsayı 0.05 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç GSYİH'nın artmasında rüzgar enerjisinin de payının olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Model, diğer koşullar değişmezken uzun dönemde rüzgar enerjisi kullanımının %1

artışı, GSYİH miktarında % 0.05'lik bir artışa yol açacağını göstermektedir. Bu rakam mevcut enerji üretiminde rüzgar enerjisinin payının yaklaşık % 4'üne karşılık geldiği düşünüldüğünde, rüzgar enerjisi artışının GSYİH'yı da arttırmaya yardımcı olacağı sonucunu ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, sera gazı emisyonundaki bir artışın GSYİH'yı artıracığı sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye enerji üretiminde fosil kaynaklara bağımlı bir ülke konumunda olduğu için, üretiminin büyük miktarını bu kaynaklardan temin etmektedir. Bu yüzden sera gazı artışı GSYİH artışı ile paralel bir seyir izlemektedir. Modelde sözü geçen sera gazı emisyonuna ilişkin katsayı 2.22 olarak tahmin edilmiştir ve bu sonuç sera gazı emisyonundaki %1'lik bir artışın GSYİH'yı % 2.22 bir artışa neden olacağını göstermektedir. Bu sonuç literatür ile de uyumlu olup; Chindo, S., Abdulrahim, A. Vd. (2014) Nijerya için yaptıkları çalışmada, CO2 emisyonu ve GSYH arasında uzun dönemli pozitif sonuçlar elde etmişlerdir. Tahmin edilen modelde enerji verimliliği katsayısı 0.37 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç enerji verimliliğinde meydana gelecek %1'lik bir artışın GSYİH'da % 37 bir artışa neden olacağını göstermektedir. Türkiye enerji verimliliğinde dünya ortalamasının altında bir ülke olması ve her yıl enerji üretimi için GSYİH'sının yaklaşık % 3 ile % 5'ini enerji ithalatına ayırması gibi sebeplerden dolayı enerji tasarrufunu sağlamakta güçlük çekmektedir. Enerji verimliliğinde artış sağlayacak politikaları artırması GSYİH'nın da artışını beraberinde getirmesine neden olacaktır. Türkiye'de gerek doğrudan yabancı yatırımların artması gerek ileri teknolojinin benimsenmesi her alanda gelişim sağlamaya yardımcı olacaktır. Bu anlamda üretim artışlarını sağlayacak olan Ar- Ge harcamalarının da bu gelişimi destekleyecek katkılar yapması ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkiler yaratacaktır. Tahmin edilen modelde Ar-Ge harcamalarının GSYİH üzerindeki etkisi 0.49 olarak elde edilmiş ve bu sonuç beklendiği gibi pozitif ve anlamlı çıkmıştır. Ar-Ge harcamasında meydana gelen % 1'lik bir artış GSYİH'yı % 49 artıracaktır. Bu sonuç Armeanu vd. (2017) ile de uyumludur. Rüzgar enerjisinin gelişimi için yapılan Ar- Ge harcamaları yurt içi üretim artışını da beraberinde getirerek, rüzgar enerjisinin gelişimine katkı sağlayacaktır. Böylece enerji ithalatını azaltarak cari işlemler dengesini sağlamaya yardımcı olacak ve aynı zamanda ülke içinde üretim kalemlerinin gelişimini destekleyerek GSYİH'nın artışını sağlayacaktır. Modelde işgücü katsayısı 0.48'dir. Katsayı beklenen işarete sahip olsa da istatistiksek olarak anlamlı değildir. Böylece uzun dönemde işgücünün GSYİH'ya duyarlı olmadığını göstermektedir.

Değişkenlere ait uzun dönemli ilişki tahmininden sonra değişkenlere ait kısa dönemli ilişkiyi gösteren ARDL hata düzeltme modelinin tahmininden önce değişkenlere ait gecikme değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Modelde yer alan değişkenler için uygun gecikme değerlerinin bulunmasıyla, elde edilen hata düzeltme modeli tahmin sonuçları Tablo 22’de yer almaktadır.

Tablo 22: Hata Düzeltme Modeli Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	T istatistiği	P değeri
DLGDP(-1)	-0.391562	-4.818218	0.0405
DLGDP(-2)	-0.393453	-5.889276	0.0276
DLWIND	0.003882	0.390343	0.7339
DLWIND(-1)	0.062302	3.178629	0.0863
DLWIND(-2)	0.044074	8.159693	0.0147
DLGGE	4.172534	5.925950	0.0273
DLDEP	0.743828	5.858472	0.0279
DLRD(-1)	0.972117	3.570464	0.0703
DLLF(-1)	1.637819	1.166720	0.3636
ECM(-1)	-0.366100	-0.664288	0.5748
C	-0.535029	-4.713428	0.0422

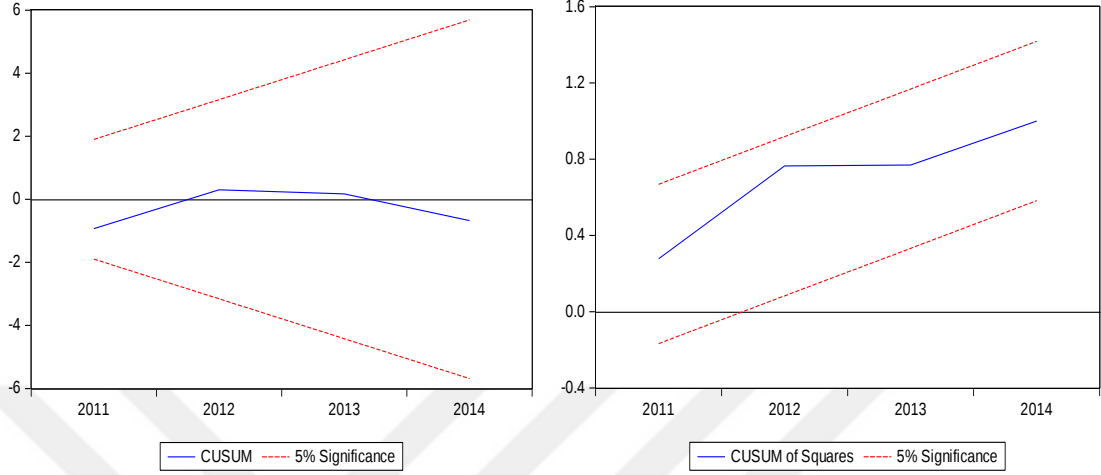
Tablo 22’de yer alan hata düzeltme modeli (ECM), değişkenlerin kısa dönem dinamiklerini göstermektedir. Hata düzeltme mekanizmasının çalışabilmesi için hata düzeltme teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. -0,36 olarak tahmin edilen ECM katsayısı beklenildiği gibi negatif işaretli çıkmış, ancak istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır. Bu sonuca göre modelde yer alan değişkenlerin uzun dönemde yarattığı dengesizlik kısa dönemde hata düzeltme modeliyle giderilememektedir. Çalışmada otokorelasyon, değişen varyans ve modelin istikrarlı olup olmadığına ilişkin testler yapılmıştır. Elde edilen test sonuçları Tablo 23 ve Şekil 23’de verilmiştir.

Tablo 23: Tanısal Test İstatistikleri

R ²	0.97	AIC	-3.29
Log likelihood	33.05	SIC	-2.83
Breusch-Godfrey LM Testi	0.74(0.45)	ARCH Testi	0.08 (0.77)
F istatistiği	20.84 (0.005)		

Elde edilen test sonuçlarına göre, Breusch-Godfrey LM testi sonucunda otokorelasyon olmadığı; ARCH testi sonucunda değişen varyans sorununun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 23: CUSUM ve CUSUM of Squares Testi



Ayrıca CUSUM ve CUSUM of Squares testlerine göre, hata terimlerine yönelik test istatistikleri sonucu elde edilen eğriler %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar arasında bulunuyorsa tahmin edilen parametreler kararlıdır. Şekil 23'deki grafikler değerlendirildiğinde CUSUM ve CUSUM of Squares testleri de modelin kararlı olduğunu göstermektedir.

Ampirik bulgular GSYİH üzerinde, Rüzgar enerjisinin birincil kullanımı, CO₂ emisyonu, enerji verimliliği ve Ar-Ge harcamaları arasında uzun dönemde pozitif bir ilişki olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Değişkenler arasındaki bu pozitif sonuç, fosil yakıt tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan CO₂ emisyonundaki artışın GSYİH artışını beraberinde getirdiğini doğrulamaktadır. Ar-Ge harcamaları ile beraber rüzgar enerjisi kullanımının artması, enerji verimliliğinde artış sağlamaya yardımcı olacak ve aynı zamanda CO₂ emisyonunu arttırmadan GSYİH miktarını artırmaya yardımcı olacaktır. Bunun yanı sıra İşgücü ise uzun dönemde GSYİH üzerinde duyarsız kalmaktadır.

Türkiye için oldukça yeni olan rüzgar enerjisi kullanımının artması; modelde kullanılan diğer değişkenlerle beraber uzun dönemde istikrarlı bir sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Aynı zamanda hem yerel hem sınırsız bir enerji kaynağı olan rüzgarın kullanımı çevresel tehlikeleri azaltarak GSYİH miktarından da ödün vermeden kalkınmanın sağlanabileceğine işaret etmektedir. Elde edilen ekonometrik bulgular rüzgar enerjisinin, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji kaynağı sorununun çözümüne katkı yapacağı ve her yıl GSYİH miktarının büyük oranlarını enerji ithalatına ayrılan kısmın azalmasına yardımcı olacağını göstermektedir.

SONUÇ

Kitlesel üretimin vazgeçilmez bir unsuru olan enerji, insanlığın başından itibaren önemli bir girdi olarak kullanılmıştır. Özellikle sanayi devriminde önemi artan enerji, daha çok fosil kökenli enerji kaynaklarından elde edilmiş ve kullanımları sırasında çevresel ve ekonomik açıdan bir çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Çevresel açıdan, atmosferdeki CO₂ salınımını artırarak enerji verimliliğini düşürmüş, ekonomik açıdan ise enerjiyi ithal eden ülkeler aleyhine dışa bağımlılığı artırmıştır. Enerjinin bu denli önemli olması, fosil kökenli enerji kaynaklarına bir alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gündeme getirmiştir.

1990'lı yıllarda önemi artan sürdürülebilirlikle beraber yenilenebilir enerji kaynaklarının da önemi artmıştır. Fosil kökenli enerji kaynaklarının yarattığı zararlar yerel olmaktan çıkıp küresel bir boyut kazanmasıyla çevre bilinci daha da artmış ve alternatif enerji kaynakları özellikle gelişmiş ülkeler tarafından uygulanmaya başlanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi ise Türkiye'de sahip olduğu potansiyel bakımından oldukça önemlidir. Rüzgar enerjisinin atmosferde sera gazı salınımını azaltıcı etki yapması, Türkiye gibi enerjide yüksek oranlarda dışa bağımlı olan ülkeler için enerji ihtiyacını büyük oranda karşılayacak kapasitede olması onu, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayırmaktadır.

Rüzgar enerjisinden henüz istenilen düzeyde yararlanılamamaktadır. İlk kurulum maliyetinin alternatiflerine göre yüksek olması bu alanda yatırım yapacak firmalar için istenmeyen bir durum olmaktadır. Fakat, yerel bir kaynak olduğu ve enerji üretimi sırasında ek bir maliyet gerektirmediği için enerji verimliliğinde önemli bir kaynaktır.

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelinde Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında üst sıralarda yer almaktadır. Rüzgar enerjisi yatırımlarının artması için verilen teşviklerin artırılması ve halkın bu konuda bilinçlendirilmesi, söz konusu enerjinin kullanımını artıracaktır. Enerji ihtiyacının büyük bir bölümü rüzgar enerjisinden sağlandığında sürdürülebilir kalkınma adına büyük bir adım atılmış olacak ve Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı sorunu azalacaktır. Rüzgar enerjisinin

artırılması ÷lkeye ek istihdam yaratarak ÷lke refahına da önemli katkılarda bulunacaktır.

Bu çalışmada 1998-2014 dönemi yıllık verileri kullanılarak, rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki olası ekonomik etkilerini incelemek için kişi başına düşen GSYİH ile rüzgar enerjisinin birincil üretimi, enerji verimliliği, işgücü, CO₂ emisyonu, Ar- Ge harcamaları arasındaki ilişki Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL) sınır testi aracılığı ile tahmin edilmiştir. Gerçekleştirilen testler eşbütünleşme ilişkisinin varlığını doğrulamaktadır.

Elde edilen analiz bulgularına göre, rüzgar üretiminin birincil artışı, GSYİH’da pozitif bir artışa neden olacaktır. Fosil kökenli enerji kaynaklarından üretilen enerjinin neticesinde, atmosfere yayılan sera gazı oluşumunun, enerji üretiminde bir alternatif olan rüzgar enerjisi ile azaltılması mümkündür. Rüzgar enerjisinin diğer alternatif enerji kaynaklarından farklı olarak atmosferdeki CO₂ miktarında azalma sağlaması sürdürülebilir kalkınma için oldukça önem arz etmektedir. Rüzgar enerjisinin kullanımının artması aynı zamanda, bu sektörde ek istihdam olanakları yaratacaktır. Böylelikle tamamen yerli ve çevre dostu olan rüzgar enerjisi kullanımı sayesinde yurt içi üretim ve tüketimde artış meydana gelecektir.

Analizde, CO₂ emisyonu ve GSYİH arasındaki ilişki pozitif gözlemlenmektedir. Fosil kökenli enerji kaynaklarının tüketiminden kaynaklı CO₂ miktarı, ekonomik büyümeyi etkileyecektir. Bu bulgu, CO₂ emisyonu sorunuyla mücadele etmek ve aynı zamanda ekonomik büyümeden ödün vermeden sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için rüzgar enerjisinin önemine işaret etmektedir. Bu durum literatür ile de uyumlu olup; Chindo, S., Abdulrahim, A. Vd. (2014) Nijerya için yaptıkları çalışmada, CO₂ emisyonu ve GSYH arasında uzun dönemli pozitif sonuçlar elde etmişlerdir.

Sürdürülebilir kalkınma kriterlerinden biri olan CO₂ emisyonunu azaltmak ve GSYİH’ya katkısını artırmak için rüzgar enerjisi kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Rüzgar enerjisinin atmosferdeki sera gazı salınımını azaltıcı etki yapması, enerjide verimliliği artırması ve bu alanda hükümet desteğinin sağlanması, uzun dönemde sürdürülebilir bir ekonomik büyümeye yardımcı olacaktır.

Elde edilen analiz bulgularına göre, Ar-Ge harcamalarının sürdürülebilir kalkınma üzerinde güçlü pozitif bir etkiye sahiptir. Girişimcilerin kar elde etmek için yenilik kavramı üzerinde durmaları Ar-Ge faaliyetlerinin önemini ortaya koymaktadır. Hükümetlerin de Ar-Ge faaliyetlerine önem vermeleri, sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme için önem arz etmektedir. Rüzgar enerjisi alanında Ar-Ge çalışmalarının artması gerekmektedir. Türkiye rüzgar potansiyeli yüksek bir ülke olmasına rağmen, rüzgar enerjisi kullanımının hala istenilen düzeye erişmemesi, var olan enerji sorunun devamıyla sonuçlanacaktır. Rüzgar enerjisinden daha fazla yararlanmak için, devletin bu konu hakkında bütçesinden yüksek miktarlarda Ar-Ge ödenekleri ayırması bu gelişimin en büyük katkılarını yapan politikalardan biri olacaktır.

Çalışmada, enerji verimliliğinin uzun dönem katsayısının sürdürülebilir kalkınma üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir enerji kaynağının ekonomik olup olmadığının en belirgin kanıtı, enerji verimliliğine sahip olup olmadığıdır. Enerji verimliliği sağlandığı takdirde, üretilen enerji maliyetinden tasarruf sağlanacak ve ihtiyaç duyulan enerji, doğada daha az tahribat yaratarak elde edilecektir. Bu açıdan rüzgar enerjisinin kullanımı, fosil yakıtların aksine enerji verimliliğinde azalışa neden olmadan, ihtiyaç duyulan enerjiyi temin etmede kullanılarak sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında oldukça önemlidir.

Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülkedir. Türkiye'de 2016 yılında üretilen elektriğin % 66'sı fosil kaynaklardan (% 32,1' i doğalgaz ve % 33,9'u kömür) üretilmektedir. Enerjide dışa bağımlılıkta, fosil enerji kaynakları yerine rüzgar enerjisinin kullanımının tercih edilmesi hem bu sorunun çözümüne katkı sağlayacak hem de çevresel açıdan küresel ısınma tehdidini ortadan kaldırarak sürdürülebilir kalkınmaya yardımcı olacaktır.

Türkiye rüzgar potansiyeli bakımından bir çok Avrupa ülkesinden daha üstün durumdadır. Rüzgar enerjisinden daha fazla yararlanmak, kalkınmayı sürdürülebilir hale getirmek ve ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerle rekabet edebilmek için, var olan rüzgar enerjisi potansiyelinin maksimum şekilde kullanılması gerekmektedir. Bunun için, rüzgar enerjisi üreten firmalara sabit fiyat garantisi veya vergi indirimleri sağlanmalıdır. Dünya ülkeleri ile kıyaslandığında Türkiye'deki teşvik oranları süresi 10 yıl ile sınırlı kalmaktadır. Bu oran dünya genelinde ortalama 15-20 yıl

arasındadır. Rüzgar türbini üretiminde teşvik oranı ise %10'da kalmaktadır. AB örneğinde olduğu gibi %20- %40 yatırım teşviki ve Hollanda örneğinde olduğu gibi 1-5 yıl içerisinde kurumlar ve gelir vergisi muafiyeti sağlanmalıdır. Türkiye'deki rüzgar teşvik oranı (EUR 0.07/ kWh, 10 yıllık ortalama) çoğu ülkeden düşüktür ve Avrupa ortalamasının (EUR 0.10 / kWh %30) altındadır. Bu oranın artırılması gerekmektedir. Coğrafik konumu gereği sadece karadan değil aynı zamanda ABD, Danimarka ve İsviçre gibi denizden de rüzgar enerjisi elde edilecek yatırım çalışmalarına önem verilmelidir. Denizde kurulacak rüzgar türbinlerinin maliyeti ilk kurulum aşamasında yüksek olmasına karşın, 5 sene gibi kısa bir sürede kendini amorti edecek ve enerji verimliliğinde artışa neden olarak GSYİH'da katma değer yaratmaya başlayacaktır. Rüzgar enerjisi kullanan firmalara sabit fiyat garantisi, vergi indirimleri ve bu enerjiyi kullandıkları için İngiltere örneğinde olduğu gibi teşvik ödülleri verilmelidir. Ayrıca, Fransa da olduğu gibi rüzgar çiftliklerinin bir arada bulunacağı bir yenilenebilir enerji alanı kurulabilir. Bu alanda üretilen elektriğe devlet alım garantisi uygulayarak rüzgar enerjisinin kullanımında artış sağlanabilecektir.

Rüzgar enerjisinden maksimum fayda sağlamak için göz önüne alınması gereken bir konu da, rüzgar türbinleri imalatında, AB ülkeleri gibi yerli üretimin teşvik edilmesidir. AB ülkeleri dünya rüzgar türbini pazar payının % 40'ını üretmektedir. Türkiye ise bu oranın oldukça gerisinde kalmakta ve kullandığı rüzgar türbinlerinin büyük çoğunluğunu ithal etmektedir. Tüm bunların yanı sıra, tüketicinin de rüzgar enerjisinin kabulüne destek vermesi, rüzgar enerjisi üretimini arttırmaya fayda sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Ağpak, F. (2013), “ Türkiye'de Rüzgar Enerjisi İçin Strateji Seçimi: Bulanık A'WOT uygulaması’’, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, basılmamış Yüksek Lisans Tezi.

Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Nobel Yayınları, Yayın No: 1294, Teknik Bilimler No: 100, Ankara.

Altuntaşoğlu, Z., “Sürdürülebilir Kalkınma Yenilenebilir Enerji ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanun Tasarısı Taslağı”, (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/46709aa58ba5101_ek.pdf, 21 Ocak 2017.

Armeanu, D. Ş, Georgeta V., ve Gherghina, Ş. C. (2017), “Does Renewable Energy Drive Sustainable Economic Growth? Multivariate Panel Data Evidence for EU-28 Countries” , *Energies*, C:10, No:3 ss: 381.

American Wind Energy Association, <http://www.awea.org/>, 23 Aralık 2016.

Ar, F. (2008), “Biyoyakıtlar Tehdit mi - Fırsat mı ?”, *Mühendis ve Makina*, C : 49, No: 581, ss:3-9.

Atay, G. (2016), “ G-7 ve G-20 Ülkelerinde Rüzgâr Enerjisi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Panel Eşbütünleşme Yaklaşımı ile Analizi ”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.

Aytun C., Akın C.S., Algan N. (2017), “Gelişen Ülkelerde Çevresel Bozulma, Gelir ve Enerji Tüketimi İlişkisi”, *Ömer Halis Demir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C:10, no.1, ss.1-11.

Aydın, M. (2016), “Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi”, *Journal of Administrative Sciences/Yonetim Bilimleri Dergisi* , C:14, No: 28, ss: 409- 441.

Aydın, İ. (2014), “Balıkesir’de Rüzgar Enerjisi.”, *Doğu Coğrafya Dergisi*, C: 18. No: 19, ss: 29-50.

Bakırtaş, İ. ve Mümin A. Ç. (2016), “Yenilenebilir Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri”, *Sosyoekonomi Dergisi*, C:24, No: 28, ss: 131-145.

Baran, B. (2012). “Çevre Dostu Enerji Tüketimi: Güneş ve Rüzgar.” , Çevre Konulu Makaleler, No:1.

Bayraç, H. N. (2011), “ Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları”, *Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C:1, No: 30, ss: 37-57.

Beyhan, E., (2008), “Sürdürülebilir Kalkınma – Çevre ve Yerel Yönetimler”, *Yerel Siyaset Aylık Bilimsel Siyasi Dergi*, No: 35, ss:12-17.

Bhattacharya, M. vd. (2016), “The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence From on Top 38 Countries”, *Applied Energy*, C: 162, ss. 733-741.

Blewitt, J. (2015), “Understanding Sustainable Development”, Routledge, Abingdon.

Bloch, H. vd. (2015), “Economic Growth with Coal, Oil and Renewable Energy Consumption in China: Prospects for Fuel Substitution”, *Economic Modelling*, C: 44, ss. 104-115.

Bozkurt, C, ve Destek, M. A. (2015), “Renewable Energy and Sustainable Development Nexus in Selected OECD Countries” *International Journal of Energy Economics and Policy*, C:5, No:2, ss: 507- 514.

British Petroleum, BP Statistical Review of World Energy , June 2016, (Çevrimiçi),<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>, 2 Aralık 2016.

Childe, G. (1951/1983), *Man makes himself*, NAL Penguin, New York.

Chindo, S., Abdulrahim, A., Waziri, S. I., Huong, W. M., & Ahmad, A. A. (2015). Energy consumption, CO2 emissions and GDP in Nigeria. *GeoJournal*, C: 80, No: 3, ss: 315-322.

Comsan, M.N.H. (2008), “Wind Energy for Sustainable Development”, In: *Proceedings of the 3rd Environmental Physics Conference*, Aswan, Egypt; ss: 13–24.

Cook, D. (2004) *The Natural Step: A Framework for Sustainability*, Schumacher Briefings, Green Books, Totnes, UK.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi), <http://www.dsi.gov.tr/projeler/kktc-su-temin-projesi>, 27.12.2016.

Dickey, D. ve Fuller, W. A. (1981), “Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root”, *Econometrica*, C: 49, No: 4, ss:1057-1072.

DPT. (1963). Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1963-1967, Ankara.

DPT. (1967). İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1968-1972, Ankara.

DPT. (1972). Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1973-1977, Ankara.

DPT. (1978). Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1979-1983, Ankara.

DPT. (1984). Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1985-1989, Ankara.

DPT. (1990). Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1990-1994, Ankara.

DPT. (1995). Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 1996-2000, Ankara.

DPT. (2000). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001-2005, Ankara.

DPT. (2006). Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007-2013, Ankara.

Dulupçu, M.A. (2001), “Sürdürülebilir Kalkınma Politikasına Yönelik Gelişmeler”, *Dış Ticaret Dergisi*, C:6, No:2, ss: 46-70.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi , (2007), Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Güneş Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu, 2007, (Çevrimiçi), http://www.dektmk.org.tr/upresimler/2007calismagrubu/gunes_enerjisi_raporu_304.pdf, 20 Aralık 2017.

Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, (Çevrimiçi), <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, 18.11.2016.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2002, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2003, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2004, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2005, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2006, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2007, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2008, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2009, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2010, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2011, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2012, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2013, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2014, (Çevrimiçi),<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.

Enerji Atlası, (Çevrimiçi), <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/ruzgar>, 20.04.2017.

Erdal, L. (2012), “ Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve İstihdam Yaratma Potansiyeli”, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, C:4, No: 1, ss: 171-181.

Eriçok, R. E. ve V. Yılancı (2013), “Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı”, *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, C:8, No:1, ss: 87-101.

European Photovoltaic Industry Association , Global Market Outlook for Photovoltaic 2012- 2017, Brussels, (Çevrimiçi),

<https://cleantechnica.com/2013/05/13/european-global-solar-pv-2012-2017-epia-report/>, 2 Ocak 2017.

Eurostat, (Çevrimiçi), <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, 05.03.2017.

Farhani, S, ve Jaleleddine B. R. (2012), “Energy Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions: Evidence from Panel Data for MENA Region”, , C:2, No: 2, ss:71-81.

Gençoğlu, M. T. (2002), “Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemi”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, C: 14, No: 2, ss: 57-64.

Global Wind Energy Council, http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf, 17 Aralık 2016.

Gooch, J. W. (2011). *Encyclopedic Dictionary of Polymers*, Springer Science Business Media LLC: New York.

Gowdy, J. M. ve Mcdaniel, C. N. (1995), “One world, one experiment: addressing the biodiversity-economics conflict”, *Ecological Economics*, C:15, No:3, ss: 181-92, doi:10.1016/0921-8009(95)00046-1.

Gunderson, L. H. (2000), “Ecological Resilience: in Theory and Application”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, C: 31, No:1, ss. 425-439.

Güler, Ö. (2009), “Wind Energy Status in Electrical Energy Production of Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, C: 13, No: 2 ss: 473-478.

Gürlük, S., (2001), “Dünyada ve Türkiye’de Kırsal Kalkınma Politikaları ve Sürdürülebilir Kalkınma”, *Uludağ Üniversitesi İktisat Fakültesi Dergisi*, C:19, No:4, Kış Dönemi Aralık.

Hamilton, C. (2007), “Measuring sustainable economic welfare”, (Ed.) G. Atkinson, S. Dietz, & E. Neumayer, *Handbook of Sustainable Development*, Edward Elgar, Cheltenham, ss. 307-318.

Hart, M. (1999), “*The guide to sustainable community indicators*” (2. Baskı), Hart Environmental Data, North Andover.

Hayli, S. (2001), “Rüzgâr enerjisinin önemi Dünya’da ve Türkiye’deki durumu”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, C:11, No:1, ss: 1-26.

Hicks, J. (1946), *Value and Capital: An Inquiry into some Fundamental Principles of Economic Theory*, Oxford University Press, Oxford.

Holling, C. S. (1973), “Resilience and Stability of Ecological Systems”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, C:4, No: 1, ss. 1-23.

Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER), Binalarda Enerji Verimliliği Stratejiler ve Türkiye’de Yapılması Gerekenler, 2010-2023 Isı Yalıtımı Planlama Raporu, İstanbul.

Ibrahiem, D. M. (2015), “Renewable Electricity Consumption, Foreign Direct Investment and Economic Growth in Egypt: An ARDL Approach”, *Procedia Economics and Finance*, C: 30, ss: 313- 323.

İskender, S. (2007). *Asrın Çözülemeyen Problemi Enerji*, Tütev Yayınları, Ankara.

International Energy Agency, 2014, (Çevrimiçi), <https://www.iea.org/search/?q=capturing#gsc.tab=0&gsc.q=capturing&gsc.page=1,1> 4 Şubat 2017.

Karaca, C, ve Erdoğan, M.(2012), “Türkiye’de Rüzgar Çiftliklerinden Elektrik Üretilmesiyle Sağlanabilecek Çevresel ve Ekonomik Kazançlar”, *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C:12, No:23, ss:156-188.

Karadayı, S. ve Ergen, Z. H. (2015), “Geleneksel/Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Arttırılması İçin Öneriler.”, C:2, No: Özel Sayı.

Karaosmanoğlu, F. (2007), “Türkiye Biyoyakıt Potansiyeli ve Son Gelişmeler”, 10. Enerji Kongresi, http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/filizkaraosmanoglu.pdf, 9 Ocak 2017.

Karluk, S.R., (2007). *Cumhuriyet’in İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisi’nde Yapısal Dönüşüm*, Beta Yayınları, (11. Baskı), İstanbul.

Kaya, İ. S. (2012), “Nükleer Enerji Dünyasında Çevre ve İnsan”, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal bilimler Dergisi*, C:1, No:24, ss: 71-90.

Kaypak, Ş. (2013), “Ekolojik Ayak İzinden Çevre Barışına Bakmak”, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, C:6, No: 1, ss: 154-159.

Keleş, R., Hamamcı, C. ve Çoban, A. (2009). Çevre Politikası, İmge Yayınları, Ankara.

Kısar, O. A. (2009), “Rüzgardan Enerji Üretimi ve Rüzgar Türbinlerinin Evrimi” .

Koçaslan, G. (2010), “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi Çerçevesinde Türkiye’nin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yeri ve Önemi”, *Sosyal Bilimler Dergisi*, No:4, ss: 53- 61.

Markandya, A., Harou, P., Bellü, L. G. ve Cistulli, V. (2002). *Environmental Economics for Sustainable Growth: A Handbook for Practitioners*, Edward Elgar, Cheltenham.

Masca, M. (2009), “Sürdürülebilir Kalkınma: Kalkınma ve Doğa Arasında Denge Arayışları”, *2.Ulusal Davraz Kongresi, SDÜ İİBF Isparta*, ss: 195-206.

Mehel, N. (2009), “Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi: Potansiyeli, kullanımı ve Almanya-Türkiye karşılaştırması”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.

Munasinghe, M. (2001), “Sustainable Development and Climate Change : Applying the Sustainomics Transdisciplinary Meta-framework”, *International Journal of Global Environmental Issues*, C: 1, No:1, ss:13-55.

Munasinghe, M. (2009). *Sustainable Development in Practice: Sustainomics Methodology and Applications*, Cambridge University Press, New York.

Narayan, P. K. ve R. Smyth (2005), “Trade Liberalization and Economic Growth in Fiji. An Empirical Assessment Using the ARDL Approach”, *Journal of The Asia Pacific Economy*, C: 10, No: 1, ss: 96-115.

Narayan, P. K. ve S. Narayan (2005), “Estimating Income and Price Elasticities of Imports For Fiji in a Cointegration Framework”, *Economic Modelling*, C: 22, ss: 423-438.

Norton, B. ve Toman, M. (1997), “Sustainability: Ecological and Economical Perspectives”, *Land Economics*, C:73, No: 4 , ss: 553-568.

Onbaşıoğlu, S. (2005), “Neden Yenilenebilir Enerji ?”, *Termodinamik Dergisi*, c: 128, No: 59.

Organization of Petroleum Exporting Countries, Annual Statistical Bulletin 2016, (Çevrimiçi),

http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2016.pdf, 9 Aralık 2016.

Oskay, C. (2012), “Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C: 7, No: 1, ss: 76-94.

Oskay, C. (2014), “Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler”, *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, C: 7, No: 1, ss: 76-94.

Özdemir, E. ve Bağır, H. E. (2012), “Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Ülkemizde ve AB Ülkelerinde Verilen Teşvikler”. Türkiye 12.Enerji Kongresi, Ankara.

Özen, A., Şaşmaz, M. Ü. ve Bahtiyar, E. (2015), “Türkiye’de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi” , C:17, No: 28, ss:85-93.

Özer, A. Ö., (1995), ”Güncel Bir Tartışma: Sürdürülebilir Kalkınma”, *Planlama Dergisi*, C:95, No:3-4, ss: 21-26.

Özmehmet, E. (2008), “Türkiye’de ve Dünyada Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları”. e-journal of Yaşar University, C:3 , No: 12, ss:1-23, http://journal.yasar.edu.tr/wp-content/uploads/2012/11/vol_3_no_12_Ecehan_OZ_Makale.pdf, 18 Nisan 2017.

Özsoy, C., Erden, C. (2015) “Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi”, *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, C: 4, No: 9, ss: 198-215.

Öztürk, H. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*, Teknik Yayınevi, Ankara.

Pamuk, M., Bektaş, H. (2014), “Türkiye’de Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”, *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, C:2, No:2, ss: 77-90.

Peker, Z. (2001), “Rüzgâr Enerjisinin Çevresel Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasında Planlamanın Rolü”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, II. Çevre ve Enerji Kongresi, C:43, No:509, İstanbul.

Pesaran, M. H., Y. Shin ve R. J. Smith (2001), “Bounds Testing Approaches to The Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, C: 16, ss: 289-326.

Phillips, P. C. B. ve Peron, P. (1988). “Testing for a Unit Root in Time Series Regression”, *Biomètrika*, C: 75, No: 2, ss: 336-346.

Pontng, C. (2008). *Dünyanın Yeşil Tarihi: Çevre ve Büyük Uygarlıkların Çöküşü*, (Çev.) A. Başçı, Sabancı Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

REN21 (2016). Renewables 2016 Global Status Report, (Çevrimiçi), http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf

Selici, T., Utlu, Z. Ve İlten, N. (2005), “Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri Ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi”, *EMO-III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin. http://www.emo.org.tr/ekler/f096d0e005a8c79_ek.pdf

Seydioğulları, H. S. (2013), “Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji” , Planlama, C:23, No:1, ss: 19-25.

Şenel, M. C, ve Koç, E. (2015), “Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Durumu- Genel Değerlendirme”, *Engineer & the Machinery Magazine*, C:56, No: 663, ss:46-56.

Tarı, R. ve D. Ç. Yıldırım (2009), “Döviz Kuru Belirsizliğinin İhracata Etkisi: Türkiye İçin Bir Uygulama”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, C: 16, No:2, ss: 95- 105.

Türkiye Taşkömürü Kurumu, Taşkömürü Sektör Raporu 2015, Ankara, (Çevrimiçi), <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTTK%202015%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf>

Türkiye Enerji Forumu, Türkiye'nin Yeni Enerji Stratejileri 2001, Ankara.

Türkiye Jeotermal Derneği, (Çevrimiçi), <http://www.jeotermaldernegi.org.tr>, 19.11.2016.

Tümerdem, O. (2002). “Rüzgar Enerjisi Teknolojisi ve Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Türkiye Çevre Vakfı , *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları 2006*, Ankara, (Çevrimiçi), <http://www.cevre.org.tr/tr/yayinlar/turkiyenin-yenilenebilir-enerji-kaynaklari>, 5 Şubat 2017.

Uluatam, E. (2010), “Yenilenebilir Enerji Teşvikleri” AB proje Geliştirme ve İzleme Müdürlüğü, *Ekonomik Forum*, ss: 34- 41.

UN, “WCED Report – Our Common Future 1987”, (Çevrimiçi), <http://www.undocuments.net/our-common-future.pdf>, 23 Nisan 2017.

Varınca, K. B. ve Varank, G. (2005), “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, ss: 24-25.

Wise, T. A., “Economics of Sustainability: The Social Dimension-Overview Essay”, Derleyen: J. M. Harris, T. A. Wise, K. P. Gallagher, ve N. R. Goodwin, *A Survey of Sustainable Development: Social and Economic Dimensions*, Island Press, Washington, 2001, ss: 47-57.

Yaman, Y. (2009), “21.Yüzyılda Türkiye'nin Enerji Sorunu ve Gerçekler”, http://www.emo.org.tr/ekler/835acf1b5aaa6ad_ek.pdf, 18.04.2017.

Yenilenebilir Enerji, Ekosistemler ve Sürdürülebilirlik İçin İleri Araştırmalar Platformu, (Çevrimiçi), <http://yesap.metu.edu.tr>, 20.12.2016.

Yeni, O. (2014), “Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C:16, No: 3, ss: 181-208.

Yıkılmaz, R. F., (2011). “Sürdürülebilir Kalkınmanın Ölçülmesi ve Türkiye İçin Yöntem Geliştirilmesi”, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Yayın No:2820.

Yıldırım, H. (2011). “Çin’de Rüzgar Nasıl Eser?”, <http://yesilekonomi.com/kose-yazilari/hakan-yildirim/cinde-ruzgr-nasil-eser>, 12 Şubat 2017.

Yılmaz, Ö. ve Kösem, L. (2011), “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Kullanımı Ve Dışa Bağımlılığı”, İzmir, www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm, 23 Nisan 2017.

Yılmaz, M. (2000), “Türkiye’nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Maliyet Analizi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.